RICHARD DAWKINS

Ataların Hikâyesi

Yaşamın Kökenine Yolculuk



Gen Bencildir, Kör Saatçi ve Tanrı Yanılgısı'nın yazarından, evrim hakkında bugüne dek yayımlanmış en anlaşılır, en sürükleyici kitap...

HİL YAYIN



hil yayın
büyükparmakkapı sokak, no:3/5
beyoğlu, istanbul, türkiye
www.hilyayin.com
tel: (90) (212) 230 09 62
faks: (90) (212) 219 42 92
e-posta: editor@hilyayin.com

ataların hikâyesi
yazar: richard dawkins

kitabın özgün adı: **ancestor's tale**
ingilizceden çeviren: **ahmet fethi yıldırım**
redaksiyon: **alev özgüner**
editör: **bahadır vural**

görsel tasarım: **mehmet ulusel**
kapak resmi : **malcolm godwin**

baskı: **ofset filmcilik matbaacılık a.ş.**
çağlayan mahallesi şair sokak, no:4 kağıthane, istanbul
tel: (212) 295 86 01 faks: (212) 295 64 55

isbn: 978-975-7638-34-6
1. baskı: hil yayın, eylül, 2008
© richard dawkins, 2004
© hil yayın 2006 (türkçe yayın için)

bu kitap, phoenix'in 2005 ingilizce baskısından, kitabın tüm yayın haklarının sahibi **orion publishing ltd**. ile anlaşmalı olarak çevrilmiştir. tanıtım amacıyla kullanılacak kısa alıntılar dışında, hiçbir bölümü hil yayın'ın izni olmaksızın çoğaltılamaz, kullanılamaz.

hil yayın

pandora yayın ve bilgisayar ltd. şti.'nin yayın markasıdır.

Ataların Hikâyesi

Yaşamın Kökenine Yolculuk

Richard Dawkins

Yan Wong'un araştırma katkılarıyla

Türkçeleştiren:
Ahmet Fethi

İçindekiler

Teşekkürler 11
GERİ GÖRÜŞ KİBRİ 13
GENEL GİRİŞ 24
HAC BAŞLIYOR 37
Çiftçi'nin Hikâyesi 38
Cro-Magnon'un Hikayesi 46
0 TÜM İNSANOĞLU 48
Tasmanyalı'nın Hikâyesi 51
Havva'nın Hikâyesi 59
ARKAİK HOMO SAPİENS 74
Neanderthal'in Hikâyesi 76
ERGASTLAR 78
Ergast'ın Hikâyesi 83
YETENEKLİLER 87
Becerikli'nin Hikâyesi 92
İNSAYMUN-İNSANLAR 98
Küçük-Ayak'ın Hikâyesi 101
Küçük-Ayak'ın Hikâyesi'ne Sonsöz 107
1. ŞEMPANZELER 112
Bonobo'nun Hikâyesi 116
2. GORİLLER 118
Goril'in Hikayesi 120
3. ORANGUTANLAR 124
Orangurtan'ın Hikayesi 126
4. GİBONLAR 131
Gibon'un Hikayesi 135
5. ESKİ DÜNYA MAYMUNLARI 149
6. YENİ DÜNYA MAYMUNLARI 153
Uluyanmaymun'un Hikayesi 157
7. CADI MAKİLER 168

8. LEMURLAR, ÇALIBEBEKLERİ AKRABALARI 172
Ay-Ay'ın Hikayesi 175
BÜYÜK KRETASE FELAKETİ 180
9. KOLUGOLAR VE AĞAÇ SİVRİFARELERİ 185
Kolugo'nun Hikayesi 188
10. KEMİRGENLER VE TAVŞANLAR 190
Fare'nin Hikayesi 193
Kunduz'un Hikayesi 196
11. LAVRASYA MEMELİLERİ 203
Hipopotam'ın Hikayesi 207
Hipopotam'ın Hikayesi'ne Sonsöz 213
Fok'un Hikâyesi 213
12. TUHAF EKLEMLİLER 223
Armadillo'nun Hikâyesi 223
13. AFRİKA MEMELİLERİ 228
14. KESELİLER 234
Keseliköstebek'in Hikayesi 238
15. TEKDELİKLİLER 242
Ördek-Gagalı'nın Hikâyesi 245
Tepeliköstebek Ördek-Gagalı Ornitorenke Ne Dedi? 254
MEMELİ-BENZERİ SÜRÜNGENLER 258
16. SAUROPSİDLER 264
Galapagos İspinozu'nun Hikâyesine Önsöz 265
Galapagos İspinozu'nun Hikâyesi 269
Tavuskuşu'nun Hikâyesi 272
Dodo'nun Hikayesi 283
Dev-Boylu Kuş'un Hikâyesi 288
Dev-Boylu Kuş'un Hikâyesi'ne Sonsöz 297
17. AMFİBYUMLAR 303
Semender'in Hikâyesi 309
Dar-Ağızlı Kurbağa'nın Hikâyesi 320
Aksolotl'ın Hikayesi 322

18. AKCİĞERLİ-BALIKLAR 329
Akciğerli-Balık'ın Hikâyesi 331
19. KOELAKANTLAR 334
20. IŞINSAL-YÜZGEÇLİ BALIKLAR 337
Yapraklı Denizejderi'nin Hikâyesi 337
Turnabalığı'nın Hikâyesi 341
Çamur Zıpzıpı'nın Hikâyesi 343
Sihlid'in Hikâyesi 345
Kör Mağara Balığı'nın Hikâyesi 352
Köpekdili'nin Hikâyesi 355
21. KÖPEKBALIKLARI VE AKRABALARI 357
22. TAŞEMENLER VE MİKSİNLER 361
Taşemen'in Hikâyesi 365
23. BATRAKLAR 369
Batrak'ın Hikayesi 371
24. DENİZFISKİYELERİ 374
25. TÜPAYAKLILAR 378
26. BİRİNCİL-AĞIZLILAR 382
Nereyis'in Hikâyesi 390
Tuzlu Karides'in Hikâyesi 394
Yaprakkesen'in Hikâyesi 399
Çekirge'nin Hikâyesi 401
Meyvesineği'nin Hikâyesi 417
Rotator'un Hikâyesi 428
Kayamidyesi'nin Hikâyesi 437
Kadifekurtçuk'un Hikâyesi 440
Kadifekurtçuk'un Hikâyesi'ne Sonsöz 452
27. SÖLOMSUZ YASSISOLUCANLAR 461
28. KNİDLİLER 466
Denizanası'nın Hikâyesi 470
Polipifer'in Hikâyesi 472
29. TARAKLILAR 479

30. PLACOZOA 481
31. SÜNGERLER 484
Sünger'in Hikayesi 487
32. YAKALIKAMÇILILAR 489
Yakalıkamçılı'nın Hikayesi 489
33. DRIP'LER 494
34. MANTARLAR 497
35. AMİPLER 502
36. BİTKİLER 505
Karnabahar'ın Hikâyesi 509
Sekoya'nın Hikâyesi 512
37. BELİRSİZLER 523
Mıxotrıcha'nın Hikâyesi 528
BÜYÜK TARİHSEL RANDEVU 535
38. ARKELER 539
39. ÖBAKTERİLER 542
Rhizobium'un Hikâyesi 542
Tak'ın Hikâyesi 551
CANTERBURY 558
HANCI'NIN DÖNÜŞÜ 580

Filogenilere ve Canlandırımlara İlişkin Notlar 611
Görsellere İlişkin Bilgi 618
Kaynakça 622
Dizin 637

Taslağı gördü ve kitabın kendisine ithaf edilmesini yücegönüllülükle kabul etti.

Ne yazık ki, ithaf artık böyle yapılmak zorunda:

John Maynard Smith'in anısına
(1920 – 2004)

"Seminerlere ya da 'atölye çalışmaları'na hiç aldırmayın; güzel yerlere araba gezilerini düşünün; son moda görsel araçlarınızı ve kablosuz mikrofonlarınızı unutun; bir konferansta gerçekten önemli olan tek şey, John Maynard Smith'in orada olması ve ferah, neşeli bir barın bulunmasıdır. Zamanı, sizin kafanızdaki tarihlere uygun değilse, konferans programını yeniden yapmalısınız. (...) Genç araştırma çalışanlarını büyüleyip eğlendirecek, öykülerini dinleyecek, onlara esin verecek, azalan coşkularını yeniden alevlendirecek ve onları, canlanıp dinçleşmiş, onlarla paylaştığı yeni düşünceleri denemeye can atan kişiler olarak laboratuvarlarına ve çamurlu tarlalarına geri gönderecektir."

Eskisi gibi olmayacak olan, yalnızca konferanslar değil.

Teşekkürler

Beni, bu kitabı yazmaya Orion Books'un kurucusu Anthony Cheetham ikna eti. Kitap yayımlanmadan gitmiş olması, kitabı bitirmeyi ölçüsüzce geciktirmemi açıklıyor. Michael Dover bu gecikmeyi esprili bir biçimde ve metanetle karşıladı; yapmaya çalıştığım şeye gösterdiği anlayışla her zaman bana cesaret verdi. Verdiği birçok iyi karar arasında en iyisi, dışarıdan çalışmak üzere Latha Menon'u işe almaktı. *A Devil's Chaplain*'de olduğu gibi, Latha'nın desteği her türlü takdirin ötesinde oldu. Büyük resmi ayrıntılarıyla birlikte eşzamanlı kavramasının, ansiklopedik bilgisinin, bilim sevgisi ve bilimi geliştirmeye özverili adanmışlığının, bana ve bu kitaba sayamayacağım kadar yararı dokundu. Yayınevindekilerin büyük yardımı dokundu; ama Jennie Condell ile tasarımcı Ken Wilson, görev icabının ötesine geçtiler.

Araştırma asistanım Yan Wong, bu kitabın her evresinde, planlama, araştırma ve yazma evrelerinde yer aldı. Becerikliliği ve modern biyolojiyle ayrıntılı tanışıklığı, bilgisayar becerisine denkti. Burada ben çıraklık rolünü üstlenmiş olsaydım, daha önce de onun benim çırağım olduğu söylenebilirdi, zira New College'de onun hocasıydım. Sonra, yine bir zamanlar benim öğrencim olan Alan Grafen'in denetiminde doktorasını yaptı; bu yüzden, Yan'a hem öğrencim, hem torun-öğrencim denilebilir. Çırak ya da usta olarak, Yan'ın katkısı o kadar büyük oldu ki, bazı hikâyeler için onun adını eş-yazar olarak belirtmekte ısrar ettim. Yan, Patagonya'yı dolaşmaya gittiğinde son evrelerinde olan kitap, Sam Turvey'in olağanüstü zooloji bilgisinden ve gösterdiği özenden büyük ölçüde yararlandı.

Michael Yudkin, Mark Griffith, Steve Simpson, Angela Douglas, George McGavin, Jack Pettigrew, George Barlow, Colin Blakemore, John Mollon, Henry Bennet-Clark, Roben Elisabeth Cornwell, Lindell Bromham, Mark Sutton, Bethia Thomas, Eliza Howlett, Tom Kemp, Malgosia Nowak-Kemp, Richard Fortey, Derek Siveter, Alex Freeman, Nicky Warren, A.V. Grimstone, Alan Cooper ve özellikle Christine DeBlase-Ballstadt çeşitli öğütler verdiler ve yardımlarda bulundular. Diğerlerine, sondaki notlarda teşekkür ediliyor.

Yayımcının eleştirel okur olarak işe aldığı ve bana doğru öğütlerde bulunan Mark Ridley ve Peter Holland'a minnettarım. Geride kalan

yetersizliklerden yazarın sorumluluğunu ilan etmesi âdettendir; ama bu çalışmada âdetten öte bir zorunluluktur.

Her zaman olduğu gibi, Charles Simonyi'nin yaratıcı cömertliğine minnettarım. Ve eşim Lalla Ward, yine benim yardımcım ve gücüm oldu.

RICHARD DAWKINS

Geri Görüş Kibri

Tarih kendini tekrarlamaz, uyak düşürür.

MARK TWAIN

Tarih kendini tekrarlar; ters taraflarından biri de budur.

CLARENCE DARROW

Tarih, bir laneti izleyen başka bir lanet olarak tarif edilmiştir. Bu belirleme iki ayartıya karşı bir uyarı olarak görülebilir; ama ben gerekli uyarıyı alarak, her iki ayartıyla da dikkatli bir biçimde flört edeceğim. Birincisi, tarihçi, kendini tekrarlayan örüntüler bulmak için ya da Mark Twain'in izinden gidersek, en azından her şeyin nedenini ve uyağını aramak için geçmişi taramaya kapılır. Bu örüntü iştahı, yine Mark Twain'in söylemekten hoşlanacağı gibi, "Tarih genellikle rasgele, dağınık bir iştir," hiçbir yere varmaz ve hiçbir kurala uymaz diyenleri gücendirir. Bununla bağlantılı ikinci ayartı, şimdinin kendini beğenmişliğidir: Sanki tarih oyunundaki kahramanların bizi haber vermekten başka yapacak bir şeyleri yokmuş gibi, geçmişi bizim zamanımıza varmayı amaçlayan bir şey olarak görmek.

Bunlar, bizi rahatsız etmemesi gereken adlar altında, insan tarihindeki canlı konulardır ve evrimin daha uzun zaman ölçeğinde daha büyük bir güçle ve daha az anlaşmayla ortaya çıkarlar. Evrim tarihi, bir türü izleyen başka bir tür olarak ifadelendirilebilir. Ama birçok biyolog, bunu güdükleştirici bir görüş olarak kabul etmekte bana katılacaktır. Evrime böyle bakarsanız, önemli olan birçok şeyi gözden kaçırırsınız. Evrim uyak düşürür, örüntüler tekrarlanır. Bu da tesadüfen olmaz. Anlaşılır nedenlerle öyle olur: Darvinci nedenlerin, insan tarihi, hatta fizikten farklı olarak biyoloji için, değişik biçimlerde ve yorumlarla da olsa tüm bilgili uygulayıcıların kabul ettiği birleştirici büyük kuramı vardır. Evrim tarihini yazarken, örüntü ve ilke aramaktan çekinmiyorum; ama bu konuda dikkatli olmaya çalışıyorum.

Ya ikinci ayartı, geri görüş kibri, geçmişin tikel şimdimizi doğurmak için çalıştığı düşüncesi? Merhum Stephen Jay Gould'un haklı olarak işaret ettiği gibi, ayağa kalkıp dikildikten sonra gelişip haşmetli *Homo sapiens sapiens* figürüne dönüşen maymunsu ataların paytak yürüyüş sırası, popüler mitolojideki egemen evrim putlarından biridir, neredeyse

uçurumlardan atlayan yabansıçanları (ve bu mit de sahtedir) kadar her yerde hazır ve nazır bir karikatürdür: Evrimin son sözü olarak insan (ve bu bağlamda her zaman kadın değil, erkek); tüm girişimin işaret ettiği şey olarak insan; evrimi geçmişten kendi doruğuna çeken bir mıknatıs olarak insan karikatürü.

Bunun, kendini beğenmişliği daha az aleni olan ve geçerken değinmem gereken bir fizikçi versiyonu vardır. Bu, bizatihi fizik yasalarının ya da evrenin temel değişmezlerinin, dikkatlice hazırlanmış, sonunda insanlığı var etmesi hesaplanmış bir tuzak olduğuna ilişkin "insancı" nosyondur. Bunun kibre dayanması zorunlu değil. Evrenin biz var olalım diye bilinçli olarak meydana getirildiği anlamına gelmesi gerekmez. Yalnızca bizim burada olduğumuz, bizi üretme yeteneğinden yoksun bir evrende var olamazdık anlamına gelmelidir. Fizikçilerin işaret ettiği gibi, gökyüzümüzde yıldızları görmemiz rastlantı değildir; zira yıldızlar, bizi üretme yeteneğine sahip her evrenin zorunlu bir parçasıdırlar. Yine bu, yıldızların bizi meydana getirmek için varolduklarını ima etmez. Yalnızca yıldızlar olmasaydı, periyodik tabloda lityumdan ağır atomlar olmazdı ve yalnızca üç elementli bir kimya, yaşamı destekleyemeyecek kadar yoksuldur. Görmek, yalnızca yıldızları gördüğünüz bir evren türünde devam edebilen türden bir etkinliktir.

Ama bir şeyler daha söylenmeli. Varlığımızın, bizi üretebilir fiziksel yasaları ve değişmezleri gerektirdiğini kabul etsek bile, böylesine etkili temel kuralların varlığı, hayal kırıklığı yaratacak ölçüde olasısız görünebilir. Varsayımlarına bağlı olarak fizikçiler, olası evrenler kümesinin, yasaları ve değişmezleriyle fiziğin -yıldızlar üzerinden kimyaya ve gezegenler üzerinden biyolojiye- olgunlaşmasına izin veren bu altkümeden sayıca çok olduğunu hesaplayabilirler. Bazılarına göre bu, yasaların ve değişmezlerin başından itibaren bilinçli bir biçimde önceden tasarlandığı anlamına gelir.

Bazı fizikçiler, yasaların ve değişmezlerin ilk önce serbestçe değiştiklerinden daha az eminler. Küçükken, beş kere sekiz ile sekiz kere beşin aynı sonucu vermesinin nedeni benim için aleni değildi. Bunu, büyüklerin ısrarla öne sürdükleri gerçeklerden biri olarak kabul etmiştim. Ancak daha sonra, belki de dikdörtgenlerin görselleşmesiyle, bu tür çarpma çiftlerinin neden serbestçe birbirinden bağımsız değişmediklerini anladım. Bir dairenin çevresinin ve çapının bağımsız olmadıklarını biliyoruz; aksi takdirde her birinin π değeri farklı bir olası evrenler bolluğu

varsayma eğiliminde olurduk. Nobel ödülü sahibi kuramcı Steven Weinberg gibi fizikçiler, evrenin şu anda birbirinden bağımsız ele aldığımız temel değişmezlerinin, zamanın "büyük birleşik" bir tamlığında, şimdi hayal ettiğimizden daha az özgür olduklarını anlayacağımızı herhalde öne sürerler. Belki, bir evrenin var olmasının tek yolu vardır. Bu, insancı örtüşme görüntüsünü zayıflatırdı.

Şimdiki Kraliyet Astronomu Sir Martin Rees de aralarında olmak üzere, bazı fizikçiler de, açıklanması gereken gerçek bir örtüşme olduğunu kabul ediyor ve bunu, her biri kendi yasalarına ve değişmezlerine sahip, karşılıklı iletişimsiz, paralel birçok evrenin varlığını kabul ederek açıklıyorlar.* Açıktır ki, bu tür şeyler üzerinde düşünen bizlerin, ne kadar ender olursa olsun yasaları ve değişmezleri gelişmemize uygun olan evrenlerden birinde olmamız gerekiyor.

Kuramsal fizikçi Lee Smolin, varlığımızın açık istatistiksel olasısızlığını azaltan usta işi Darvinci bir ek yaptı. Smolin'in modelinde evrenler, yasaları ve değişmezleri farklı kız evrenler doğurur. Kız evrenler, ebeveyn bir evrenin ürettiği kara deliklerde doğarlar ve onun yasalarını ve değişmezlerini miras alırlar, ama rasgele küçük değişiklikler olasılığıyla birlikte –"mutasyon." Üremek için gerekli şeylere sahip olan (örneğin kara delikler meydana getirecek kadar uzun sürmek) bu evrenler, yasalarını ve değişmezlerini kızlarına geçiren evrenlerdir. Yıldızlar, Smolin'in modelinde doğum olayları olan kara deliklerin habercileridir. O nedenle, yıldızları meydana getirmek için gerekli olan şeye sahip olan evrenler, bu kozmik Darvincilikte kayırılır. Bu hüneri geleceğe sunan bir evrenin öznitelikleri, yaşamsal karbon atomları da dahil büyük atomların imalatına şans eseri yol açan özniteliklerle tıpatıp aynıdır. Yalnızca yaşamı üretebilen bir evrende yaşamakla kalmıyoruz. Peş peşe evren kuşakları ileri doğru evrilip, bir yan ürün olarak yaşamı üretebilen türden bir evren haline geliyor.

Smolin kuramının mantığının, bir Darvinciye, aslında imgelem sahibi herkese çekici gelmesi kaçınılmazdır; ama fizik konusunda karar verecek durumda değilim. Kuramı kesinlikle yanlış diye mahkûm edecek bir fizikçi bulamam –en fazla gereksiz olduğunu söylerler. Bazıları,

*Bu "birçok evren" düşüncesi, David Deutsch'un *The Fabric of Reality*'de zekice savunduğu, Hugh Everett'in kuantum kuramının "üç dünya" yorumuyla karıştırılmamalıdır (çoğu kez karıştırılır). İki kuram arasındaki benzerlik yüzeyseldir ve anlamsızdır. Her iki kuram doğru da olabilir, yanlış da ya da biri doğru diğeri yanlış olabilir. Tamamen farklı sorunlara yanıt vermek için önerildiler. Everett kuramında farklı evrenler, temel değişmezleri bakımından farklı değildirler. Burada ele almakta olduğumuz kuram açısından, farklı evrenlerin farklı temel değişmezleri vardır.

gördüğümüz gibi, ışığıyla evrenin sözde ince ayarının bir yanılgı olduğunu açığa vuracak nihai bir kuram düşü görür. Bildiklerimiz, Smolin'in kuramını çürütmez ve –bilim insanlarının, meslekten olmayanlardan daha fazla değer verdikleri– sınanabilirlik meziyetinin olduğunu iddia eder. Kitabı, *The Life of the Cosmos*'tur ve öneriyorum.

Ama bu, fizikçinin geri görüş kibri versiyonuyla ilgili bir arasözdü. Biyoloğun versiyonunu, önceleri daha zor olsa da Darwin'den beri bir tarafa bırakmak daha kolaydır ve buradaki konumuz da budur. Biyolojik evrimin ayrıcalıklı bir soy çizgisi ve belirlenmiş bir amacı yoktur. Evrim, milyonlarca ara amaca ulaştı ve bir amacı diğerlerinden daha ayrıcalıklı ya da doruk olarak atamak için kibir –tesadüfen insan kibri, çünkü konuşuyoruz– dışında hiçbir neden yoktur.

Daha ileride de savunacağım gibi, bu, evrim tarihinde toptan bir nedenler ya da uyaklar kıtlığı olduğu anlamına gelmez. Tekrarlanan örüntüler olduğuna inanıyorum. Ayrıca, bugün eskiden olduğundan daha tartışmalı olmasına karşın inanıyorum ki, bazı anlamlarda evrimin yönelimli, ilerlemeci, hatta öngörülebilir olduğu söylenebilir. Ama ilerleme, insanlığa doğru emin adımlarla ilerlemeyle aynı şey değildir; zayıf ve yaltaklanmayan bir 'öngörülebilir olan' anlayışıyla yaşamalıyız. Tarihçi, zerre kadar da olsa, insan doruğunu hedef almış gibi görünen bir anlatı örmekten uzak durmalıdır.

Elimdeki bir kitap (esasında iyi bir kitap, bu yüzden adını verip lekelemeyeceğim) bunun bir örneğini verir. *Homo habilis*'i (bir insan türü, muhtemelen atamız) *avustralopitesin*lerle karşılaştırıyor.*

Kitap, *Homo habilis*'in "Avustralopitesinlerden epeyce daha fazla evrilmiş" olduğunu söylüyor. Daha fazla evrilmiş? Bu, evrimin önceden saptanmış bir yönde hareket ettiğinden başka ne anlama gelebilir? Kitap, varsayılan yönün ne olduğu konusunda bizi kuşkuda bırakmaz. "Bir çenenin ilk işaretleri, bellidir." "İlk" bizi "tam" bir insan çenesine doğru ikinci ve üçüncü işaretleri beklemeye teşvik eder. "Dişler bizimkine benzemeye başlar..." Sanki o dişler, *habilin*e beslenmeye uygun oldukları için değil, bizim dişlerimiz olma yoluna girdikleri için öyleydiler. Pasaj, nesli tükenmiş daha sonraki bir insan türüyle, *Homo erectus*'la ilgili

*Zoolojik terminolojinin katı kuralları vardır ve korkarım, *Australopithecus* (güney maymunu) adını, klasik eğitimden yoksun çağdaş çoğunluğa daha az karışık gelecek bir şeye çevirme umudu yoktur. Bu adın Avustralya ile bir ilgisi yoktur. Cinsin hiçbir üyesine Afrika dışında rastlanmamıştır. *Australo*, güney demektir. Australia, büyük güney kıtasıdır; Aurora australis, Aurora borealis'in (boreal kuzey demektir) güney eşdeğeridir ve *Australopithecus*, ilk kez Güney Afrika'da, Taung bebeği olarak bulundu.

gevşek ağızlı bir belirlemeyle biter:

> Yüzleri hâlâ bizimkinden farklı olmasına karşın, gözlerinde çok daha insani bir bakış vardır. Yapım halinde heykellere, "bitmemiş" eserlere benzerler.

Yapım halinde? Bitmemiş? Yalnızca geri görüşün akılsızlığıyla öyle görünür. Bu kitabın özrü olarak, belki doğrudur; bir *Homo erectus*'la yüz yüze gelseydik, yapım halinde bitmemiş bir heykel gibi gözlerimize bakabilirdi. Ama, bu yalnızca insan geri görüşüyle baktığımız içindir. Canlı bir yaratık her zaman bulunduğu çevre içinde hayatta kalmakla meşguldür. Asla bitmemiş değildir –ya da başka bir anlamda, her zaman bitmemiştir. Galiba biz de öyleyiz.

Geri görüş kibri, tarihimizin diğer evrelerinde de bizi ayartır. İnsan bakış açısından, uzak balık atalarımızın sudan karaya çıkması çok önemli bir adımdı, evrimde yeni bir dönemin başlangıcıydı. Bu sudan karaya çıkma işini, Devoniyen Dönem'de, bugünkü akciğerli-balığa biraz benzeyen lop-yüzgeçli balık üstlendi. Dönemin fosillerine, atalarımızı görmeye yönelik bağışlanabilir bir hasretle bakarız ve daha sonra gelene ilişkin bir bilgi bizi baştan çıkarır: Bu Devoniyen balıkları kara hayvanları olmaya doğru "yarı yol" olarak görme eğilimine gireriz; onlarla ilgili her şey kesinlikle geçicidir, karayı istila edip evrimin bir sonraki büyük evresini başlatma arayışı içindedir. O zaman öyle değildi. Bu Devoniyen balıkların, kazanmaları gereken bir yaşamları vardı. Bir evrim görevi, bir uzak gelecek arayışı yoktu. Başka konularda omurgalıların evrimiyle ilgili kusursuz bir kitapta, şöyle bir cümle var: Balıklar,

> Devoniyen Dönem'in sonunda sudan karaya çıkmayı göze aldılar ve deyim yerindeyse, bir omurgalı sınıfı ile diğeri arasındaki aralığı atlayıp ilk ikiyaşayışlılar haline geldiler. ...

"Aralık", geri görüşten kaynaklanır. O sırada aralığı andıran bir şey yoktu ve şimdi tanıyıp kabul ettiğimiz "sınıflar", o günlerde iki türden daha fazla birbirinden ayrı değillerdi. Yine göreceğimiz gibi, evrimin yaptığı şey aralıkları atlamak değildir.

Tarihsel anlatımızı *Homo sapiens*'e doğru yöneltmek, diğer modern türlere –sözgelişi *Octopus vulgaris*, *Panthera leo* ya da *Sequoia sempervirens*– yöneltmekten daha anlamlı değildir. Yaşamın açıkça ilk başarısı olarak gördüğü uçma yeteneğiyle gurur duyan tarihsel kafalı bir çobanaldatan kuşu, çobanaldatan-benzerlerini –bir yıl havada kalan, hatta uçarken çiftleşen, kanatları geriye yatık görkemli uçan makineleri– evrimci ilerlemenin doruğu sayar. Steven Pinker'ın bir fantezisini temel

alarak, filler tarih yazabilseydi, tapirleri, fil fareleri, fok balıklarını ve hortumlu maymunları, evrimin ana yolunda ilk beceriksiz adımları atan, ama her biri –bir nedenle– tam başaramayan geçici acemiler olarak betimleyebilirlerdi: Hem çok yakın hem çok uzak. Fil astronomlar, başka bir dünyada burun engelini aşıp, tam hortum-buruna nihai sıçrayışı yapabilen yabancı yaşam biçimlerinin var olup olmadığını merak edebilirlerdi.

Biz çobanaldatan ya da fil değil, insanız. Çoktan ölmüş bir çağı hayali olarak dolaşırken, o eski manzarada hangi sıradan türün atamız olduğunu merak etmek ve ona özel bir sıcaklık duymak insani açıdan doğaldır (her zaman böyle tek bir türün var olduğu, alışılmamış bir düşüncedir). Bu tek türü evrimin "ana çizgi"sinde, diğerlerini yardımcı oyuncu, figüran olarak görme hevesimizi yadsımak zordur. Bu yanlışa düşmeden, tarihsel adaba saygı gösterirken meşru bir insan-merkezciliğe dalmanın tek yolu vardır. Bu yol tarihimizi geriye doğru yazmaktır ve bu kitabın yolu budur.

Aslında, ataları arayışta geriye doğru kronolojinin makul biçimde amaçlayabileceği tek bir uzak hedef vardır. Uzak hedef, tüm yaşamın büyük atasıdır ve nereden başlarsak başlayalım –ister filden ister kartaldan, ister çobanaldatandan ister salmonelladan, ister sekoya ağacından ister kadından– o hedefte buluşmadan edemeyiz. Geriye doğru kronoloji ve ileriye doğru kronoloji, farklı amaçlar için uygundurlar. Nereden başlarsanız başlayın, geriye doğru gittiğinizde, sonunda yaşamın birliğini kutlarsınız. İleriye doğru giderseniz, çeşitliliği yüceltirsiniz. Bu, büyük zaman ölçeklerinde olduğu gibi, küçük zaman ölçeklerinde de işe yarar. Memelilerin ileriye doğru kronolojisi, memelilerin büyük ama yine de sınırlı zaman ölçeği içinde, bu kıllı sıcakkanlılar grubunun zenginliğini açığa çıkaran bir dallanıp çeşitlenme öyküsüdür. Bugünün memelilerinden birini başlangıç noktası alan geriye doğru kronoloji, her zaman aynı benzersiz kök-memelide – dinozorların geceleri dolaşan böcekçil çağdaşında– buluşur. Bu sınırlı bir buluşmadır. Daha sınırlı bir buluşma, tüm kemirgenlerin, dinozorların yok oldukları zamana yakın bir zamanda yaşamış olan en yakın atasında gerçekleşir. Tüm insaymunların (insanlar da dahil), yaklaşık 18 milyon yıl önce yaşamış ortak atalarında geriye doğru buluşmaları, daha da sınırlıdır. Daha büyük bir ölçekte, herhangi bir omurgalıdan geriye doğru gidersek bununla karşılaştırılabilir bir buluşma söz konusu olur, herhangi bir hayvandan geriye doğru tüm hayvanların atasına gidersek daha büyük bir buluşma

olur. En büyük buluşma bizi bugünün herhangi bir yaratığından -hayvan, bitki, mantar ya da bakteri– tüm canlı organizmaların, büyük olasılıkla bir tür bakteriyi andıran evrensel atasına götürür.

Önceki paragrafta "buluşma" sözcüğünü kullandım; ama bu sözcüğü ileriye doğru kronolojide tamamen farklı bir anlam için saklamak istiyorum. Bu yüzden şimdiki amaç için onun yerine "kavşak"ı ya da dolaysızca anlaşılabilecek nedenlerle "randevu"yu kullanacağım. Göreceğimiz gibi, genetikçiler benim "kavşak"ıma benzer, ama türlerden çok genlere odaklanan daha kesin bir anlamda benimsememiş olsalardı, "kaynaşma" sözcüğünü kullanabilirdim. Geriye doğru bir kronolojide, herhangi bir tür kümesinin ataları, eninde sonunda, belirli bir jeolojik uğrakta buluşmalıdır. Randevu noktaları, hepsinin paylaştığı ve benim "ortak-ata"ları* diyeceğim son ortak atalarıdır; sözgelişi, odak kemirgen, odak memeli ya da odak omurgalı. En eski ata, varlığını sürdüren tüm yaşamın büyük atasıdır.

Bu gezegende varlığını sürdüren tüm yaşam biçimlerinin gerçekten tek bir atası olduğundan çok emin olabiliriz. Bunun kanıtı, şimdiye kadar incelenen tüm şeylerin aynı genetik kodu paylaşmalarıdır (pek çok durumda tamı tamına, geri kalanlarda neredeyse tamı tamına); ve genetik kod, karmaşıklığının keyfi boyutlarıyla, iki kez icat edilmeyecek kadar ayrıntılıdır. Her tür incelenmemiş olmasına karşın, bizi bir sürpriz beklemediğinden emin olmaya yetecek kadar inceleme yapılmıştır. Şimdi tamamen farklı bir genetik koda sahip olacak kadar yabancı bir yaşam biçimi keşfetmiş olsaydık, ister bu gezegende ister başka bir gezegende yaşasın, bu, yetişkin yaşamımdaki en heyecan verici biyolojik keşif olurdu. Öyle görünüyor ki, bilinen tüm yaşam biçimlerinin izi, üç milyardan fazla yıl önce yaşamış tek bir ataya kadar götürülebilir. Başka, bağımsız yaşam kaynakları vardıysa da, keşfedeceğimiz torunlar bırakmamışlar. Yenileri çıksaydı, hızla yeneceklerdi; muhtemelen bakteriler tarafından.

Varlığını sürdüren tüm yaşamın büyük kavşağı, bizzat yaşamın kökeniyle aynı şey değildir. Bunun nedeni, varlığını sürdüren tüm türlerin, yaşamın kökeninden sonra yaşamış bir ortak-atayı paylaşmalarıdır: Başka bir durum, umulmadık bir tesadüf olurdu; zira ilk yaşam biçiminin *derhal* dallandığını ve birden fazla dalının bugüne kadar varlığını sürdürdüğünü gösterirdi. Şu andaki ortodoks ders kitapları en eski bakteri fosillerini, yaklaşık 3,5 milyar yıl önceye tarihler; bu yüzden yaşamın

*Bu sözcüğü önerdiği için Nicky Warren'a minnettarım.

kökeni, en az ondan önce olmalı. Açıkça eski bu fosillere ilişkin yakın zamanda yapılan bir tartışmayı kabul edersek, yaşamın kökenini biraz daha yakına tarihleyebiliriz.*

Büyük kavşak –varlığını sürdüren tüm yaratıkların son ortak atası–, en eski fosilden önce olabilir (fosilleşmemiştir) ya da bir milyar yıl sonra da yaşamış olabilir (tek bir soyun dışındakilerin soyu tükenmiştir).

Nereden başlanırsa başlansın, geriye doğru tüm kronolojiler tek bir büyük kavşakta son bulduğuna göre, kendimizi insani meşguliyetimize verip, atalarımızın tek bir soy çizgisine yoğunlaşabiliriz. Evrimi bizi amaçlayan bir şey olarak ele almak yerine, tersinden bir kronoloji için keyfi, ama hoşgörülebilir bir şekilde tercihli başlangıç noktamız olarak bugünkü *Homo sapiens*'i seçiyoruz. Geçmişe giden tüm olası güzergâhlar içinde bu güzergâhı seçiyoruz; çünkü kendi yüce büyük ortak-atalarımızı merak ediyoruz. Aynı zamanda, ayrıntılı izlemek zorunda olmasak da, unutmamalıyız ki, bağımsız bir biçimde kendi başlangıç noktalarından geriye doğru yürüyen, bizimle paylaştıkları da dahil, kendi atalarını ziyaret için hac yolculuğuna çıkan, başka türlere mensup başka tarihçiler, hayvanlar ve bitkiler vardır. Atalarımızın izini geriye doğru sürersek, bu diğer hacılarla kaçınılmaz olarak karşılaşırız ve belirli bir düzende, onların soylarının bizimkiyle randevulaştığı düzende, giderek daha fazla kapsayıcı bir kuzenlik düzeni içinde onlarla birleşiriz.

Hac yolculukları? Hacılarla birleşme? Evet, neden olmasın? Hac yolculuğu, geçmişe yolculuğumuzu düşünmek için uygun bir yoldur. Bu kitap, şimdiden geçmişe bir hac yolculuğu destanı biçiminde şekillenecek. Bütün yollar yaşamın kökenine gider. Ama biz insan olduğumuz için, izleyeceğimiz yol kendi atalarımızın yolu olacaktır. İnsanın atalarını keşfetmek için yapılan insani bir hac yolculuğu olacaktır. Yol alırken, onlarla paylaştığımız ortak atalara ulaştıkça bize katılan diğer hacıları selamlayacağız.

5 milyon yıl kadar önce, Afrika'nın derinliklerinde, Stanley'in Livingstone'la el sıkıştığı yerde selamlayacağımız ilk hacı kafilesi, şempanzelerdir. Şempanze ve bonobo hacılar, biz onlarla selamlaşmadan "önce" birbirleriyle birleşmiş olacaklar. Burada işin başında, ileride başımıza iş

*Oxford'taki meslektaşım Martin Brasier, J. W. Schopf'un 3,5 milyar yıllık bakteriye ilişkin kanıtını şiddetli bir biçimde eleştirdi. Brasier, Schopf'un kanıtı konusunda haklı olabilir; ama bu kitap matbaadayken yayımlanan yeni kanıtlar, en eski fosillerin tarihini yine 3,5 milyar yıl olarak saptayabilir. Norveçli bilim insanı Harald Furnes ile çalışma arkadaşları, Güney Afrika'da o çağın volkanik camlarında küçük delikler buldular; bunların mikroorganizmalar tarafından oyulduğuna inanıyorlar. Bu "oyuklar" karbon içeriyor ve mucitler, bunun biyolojik kökenli olduğunu iddia ediyorlar. Bizzat mikroorganizmaların izi kalmamış.

açmadan yüzleşmem gereken küçük bir dil sorunumuz var. Kafa karıştıracağı için "önce" sözcüğünü tırnak içine aldım. Geriye doğru anlamında önceyi –"geçmişe hac yolculuğunun seyri içinde, önce"– anlatmak için kullandım. Ama bu, kronolojik anlamda *sonra* demektir, tam tersi bir anlam! Sanırım, bu tikel durumda hiçbir okurun kafası karışmadı; ama ileride okurun sabrının sınanabileceği durumlar olacak. Bu kitabı yazarken, geriye doğru bakan tarihçinin kendine özgü ihtiyaçlarına uygun yeni bir önerme uydurmaya çalıştım. Ama olmadı. Onun yerine, tırnak içinde "önce"yi benimseyeceğim. Tırnak içinde "önce"yi gördüğünüzde, aslında sonra demek olduğunu unutmayın! Tırnaksız önce'yi gördüğünüzde, bu, gerçekten önce anlamına gelir. Aynısı gerekli değişikliklerle birlikte "sonra" ve sonra sözcükleri için de geçerlidir.

Geriye doğru yolculuğumuza devam ederken randevulaşacağımız bir sonraki hacılar, goriller ve ardından orangutanlardır (geçmişin epey derininde, belki artık Afrika'da da değil). Sonra gibonları, ardından Eski Dünya maymunlarını, peşinden Yeni Dünya maymunlarını, daha sonra da çeşitli memeli gruplarını selamlayacağız; ta ki, yaşamın tüm hacıları, yaşamın kökenine geriye doğru gidiş yolunda tek bir kolda birleşip yürüyene kadar. Geriye doğru hızla giderken, bir randevunun gerçekleşeceği kıtayı adlandırmanın artık anlamlı olmadığı bir zaman gelecektir: Levha tektoniği görüngüsü nedeniyle, dünyanın haritası o zaman çok farklıydı. Daha da geriye gidildiğinde, tüm randevular denizde gerçekleşir.

Biz insan hacıların, yaşamın kökenine gidene kadar toplam 40 randevu noktasından geçmemiz oldukça şaşırtıcıdır. Bu 40 adımın her birinde, randevuyla aynı sayı numarasını taşıyacak belirli bir ortak ata buluruz. Örneğin, Randevu 2'de karşılaşacağımız Ortak Ata 2, bir yanda gorillerin ve diğer yanda [insanlar + [şempanzeler + bonoboların]] en yakın ortak atasıdır. Ortak Ata 3, orangutanlar ile [[insanlar + [şempanzeler + bonobolar]] + gorilerin] en yakın ortak atasıdır. Ortak Ata 39, varlığını sürdüren tüm yaşam biçimlerinin büyük atasıdır. Ortak Ata 0, özel bir durumdur, varlığını sürdüren tüm insanların en yakın atasıdır.

Sonra, bizimle randevularına gelirken safları kabaran diğer hacı kafileleriyle, ilerledikçe daha kapsayıcı olan bir arkadaşlığı paylaşan hacılar oluruz. Her buluşmadan sonra, ortak Arkeyen üst zaman hedefimize, "Canterbury"mize giden ana yolda birlikte yürümeye devam ed-

eriz. Elbette "Canterbury" dışında başka edebi anıştırmalar da vardır ve neredeyse Bunyan'ı modelim, *Pilgrim's Regress*'i başlığım yapıyordum. Ama Chaucer'in *Canterbury Hikâyeleri*'ne, araştırma asistanım Yan Wong'la tartışmalarımızda sürekli geri döndük ve kitap boyunca, Chaucer'i düşünmek giderek daha fazla doğal göründü.

Chaucer'in hacılarından (pek çoğundan) farklı olarak benim hacılarım, aynı zamanda, şimdiki zamanda yola çıkmalarına karşın, hep birlikte yola koyulmazlar. Bu diğer hacılar, farklı başlangıç noktalarından yola çıkıp kendi Canterbury'lerine yönelirler, yol boyunca farklı randevu noktalarında biz insan hacılara katılırlar. Bu bakımdan benim hacılarım, Londra'da Tabard Inn'de toplananlardan farklıdır. Benimkiler, Canterbury'ye beş mil kala, Boughton-under-Blee'de Chaucer'in hacılarına katılan fesat rahip ve onun vefasız kâhyasına benzerler. Hepsi, yaşayan yaratıkların farklı türleri olan benim hacılarım, Chaucer'in önderliğinde, yaşamın kökeni olan kendi Canterbury'lerine giderken hikâyeler anlatma fırsatı bulacaklar. Bu kitabın ana maddesini bu hikâyeler oluşturur.

Ölüler hikâye anlatmaz ve trilobitler gibi soyu tükenmiş yaratıklar, hikâyelerini anlatabilen hacılardan olamazlar; ama iki özel durumu istisna sayacağım. Tarihsel zamana kadar varlığını sürdüren ve elimizde DNA'sı bulunan dodo gibi hayvanlar, bizimle aynı zamanda hacca çıkan ve belirli bir randevu noktasında bize katılan modern faunanın onurlu üyeleri olarak ele alınırlar. Yakın zamanda soylarının tükenmesinden biz sorumlu olduğumuza göre, az şey yapmamışız. Ölüler hikâye anlatmaz kuralının istisnası olan diğer onurlu hacılar, insanlardır (erkekler ve kadınlar). Biz insan hacılar doğrudan kendi atalarımızı aradığımız için, atalarımız *olmaya* aday sayılabilecek fosiller de insan hacılar arasında kabul ediliyor ve bu "gölge hacılar"dan da, örneğin Yetenekli'den, *Homo habilis*'ten, hikâyeler dinleyeceğiz.

Hayvan ve bitki hikâye anlatıcılarımın birinci tekil şahısla konuşmalarına izin vermenin tuhaf olacağına karar verdim; ama ben öyle konuşacağım. Bazen iç monologlar ve önsöz niteliğinde açıklamalar hariç, Chaucer'in hacıları da öyle konuşmazlar. Chaucer'in birçok hikâyesinin kendi girişi, bazılarının sonsözü vardır; bunların hepsi de, haccın anlatıcısı olarak Chaucer'ın ağzıyla yazılmıştır. Ara sıra ben de bu örneği izleyeceğim. Chaucer'de olduğu gibi, bir sonsöz, bir hikâyeden sonrakine bir köprü işlevi görebilir.

Chaucer, hikâyelerine başlamadan önce, oyuncu listesini, meslekleri ve bazı durumlarda handan yola çıkmak üzere olan hacıların adlarını açıkladığı uzun bir Genel Giriş yapar. Bunun yerine ben, bize katıldıkça yeni hacıları tanıtacağım. Chaucer'in neşeli hancısı, hacılara yol gösterir ve onları hikâyelerini anlatmaya teşvik eder. Hancı olarak ben de, evrim tarihini yeniden inşa etmenin sorunlarıyla ve yöntemleriyle, ister ileriye ister geriye doğru olsun tarih yaparken karşılaşacağımız ve çözmemiz gereken sorunlarla ve yöntemlerle ilgili hazırlık açıklamaları için Genel Giriş'i kullanacağım.

Ondan sonra geriye doğru tarihimize başlayacağız. Kendi atalarımıza yoğunlaşacak, yalnızca bize katıldıklarında diğer yaratıklara değinecek olmamıza karşın, ara sıra durup, az çok bağımsız kendi güzergâhlarında bizim nihai durağımıza doğru yol alan başka hacıların olduğunu anımsayacağız. Numaralı randevu taşları, kronolojiyi pekiştirmek için gerekli birkaç ara işaret, anlatımızın iskelesini oluşturacak. Her biri, durup hac yolculuğumuzu değerlendirdiğimiz ve belki bir iki hikâye dinlediğimiz yeni bir bölümün işareti olacak. Ender durumlarda, etrafımızdaki dünyada önemli bir şey olur ve hacılarımız, kısa bir süre mola verip, bu duruma kafa yorabilirler. Ama çok büyük ölçüde, yaşamın şafağına ilerleyişimizi bu 40 doğal kilometre taşı ölçüsüyle, hac yolculuğumuzu zenginleştiren buluşmalarla belirleyeceğiz.

Genel Giriş

Geçmişi nasıl bilmeli ve nasıl tarihlemeliyiz? Hangi destekler, eski yaşam tiyatrolarına derinlemesine bakıp, çok öncenin sahnelerini ve oyuncularını, giriş ve çıkışlarını yeniden inşa etmemize yardımcı olur? Geleneksel insan tarihinin üç ana yöntemi vardır ve evrimin daha geniş zaman ölçeklerinde onların taydaşlarını bulacağız. Birincisi, kemikleri, temrenleri, çömlek parçalarını, istiridye kabuklarını ve geçmişten bugüne sağlam kanıt olarak gelen diğer kalıntıları inceleyen arkeoloji var. Evrim tarihinde, en belirgin sağlam kalıntılar kemikler ve dişlerdir, ve sonunda dönüştükleri fosillerdir. İkincisi, *yenilenmiş kalıntılar*, kendileri eski olmayan, ama eski olanın bir kopyasını ya da temsilini içeren ya da cisimleştiren kalıntılar var. İnsan tarihinde bunlar, geçmişten bugüne aktarılan, tekrarlanan, yeniden basılan ya da başka türlü ikilenen yazılı ya da sözlü anlatımlardır. Evrimde, yazılı ya da kopyalanmış kalıntının eşdeğeri olarak, yenilenmiş esas kalıntı olarak DNA'yı önereceğim. Üçüncüsü, *üçgenleme* var. Bu ad, açıları ölçerek mesafeleri belirleme yönteminden gelir. Bir hedefi kerteriz alın. Yanlamasına belirli bir mesafe yürüyün ve bir kerteriz daha alın. İki açının kesiştiği yerden, hedefin uzaklığını hesaplayın. Bazı kameraların uzaklık ölçerleri bu ilkeyi kullanır ve haritacılar da geleneksel olarak buna dayandılar. Evrimcilerin de, bir atayı, varlığını sürdüren iki (ya da daha fazla) torununu karşılaştırarak "üçgenledikleri" söylenebilir. Sağlam kalıntılardan, özellikle de fosillerden başlamak üzere, üç kanıt türünü sırayla ele alacağım.

Fosiller

Vücutlar ya da kemikler, sırtlanların bir şekilde gözünden kaçıp, böceklere ve bakterilere mezar olarak varlıklarını sürdürebilirler. İtalyan Tirolü'nün "Buz Adam"ı, 5.000 yıldır buzulu içinde korunmaktaydı. Böcekler 100 milyon yıldır kehribarla (ağaçlardan sızan sakız) mumyalanmışlardı. Buz ve kehribar olmasa, en fazla korunacak olanlar diş, kemik ve kabuk gibi sert parçalardır. En uzun ömürlü olan da dişlerdir; çünkü hayattayken işlerini yapmaları için, sahiplerinin yiyebileceği şeylerden daha sert olmak zorundaydılar. Kemikler ve kabukların da farklı nedenlerle sert olmaları gerekir ve onlar da uzun ömürlü olabilirler. Bu tür sert parçalar ve olağanüstü şanslı koşullarda yumuşak

parçalar, bazen, yüzlerce milyon yıllık taş fosiller olarak taşlaşırlar.

Fosillerin büyüsüne karşın, evrim geçmişimizi fosilsiz de şaşırtıcı ölçüde fazlasıyla öğreniriz. Tüm fosilleri sihirle ortadan kaldırsaydık bile, modern organizmalara, benzerlik örüntülerinin, özellikle genetik dizilişlerinin türler arasında nasıl dağıldığına ve türlerin kıtalar ya da adalar arasında nasıl dağıldığına ilişkin karşılaştırmalı inceleme, tarihimizin evrimci olduğunu ve yaşayan tüm yaratıkların kuzen olduklarını hiçbir kuşkuya yer bırakmayacak şekilde gösterirdi. Fosiller, bir ikramiyedir. Kuşkusuz, hoş bir ikramiye, ama özsel bir ikramiye değil. Yaratılışçılar durmadan usanmadan fosil kalıntılardaki "boşluklar"dan söz ettiklerinde (hep yaptıkları gibi) bunu hatırlamak gerekir. Fosil kalıntı büyük bir boşluk olabilir; yine de evrimin kanıtı ezici ölçüde güçlü olur. Aynı zamanda, başka hiçbir kanıtımız olmasaydı, *yalnızca* fosillerimiz olsaydı, yine evrim olgusu önemli ölçüde desteklenirdi. Gördüğümüz gibi, her ikisiyle de kutsanmışız.

Fosil sözcüğü, geleneksel olarak, 10.000 yıl öncesine tarihlenen herhangi bir kalıntıyı anlatmak için kullanılır: Yararlı bir gelenek değil; çünkü, 10.000 gibi yuvarlak bir rakamın hiçbir özelliği yoktur. On taneden az ya da fazla parmağımız olsaydı, farklı bir sayı kümesini yuvarlak kabul ederdik.*

Bir fosilden söz ederken, normalde, kimyasal bileşimi farklı bir mineralin özgül malzemenin yerine geçtiğini ya da özgün malzemeye sızdığını, dolayısıyla, deyim uygunsa yeni bir ölüm süresi verdiğini anlatmak isteriz. Özgün biçimin bir izi gerçekten çok uzun bir süre bir kayada korunmuş, bir olasılıkla özgün malzemenin bir kısmıyla karışmış olabilir. Bu çeşitli yollarla gerçekleşebilir. Ayrıntıları –teknik olarak tafonomi denilen– Ergast'ın Hikâyesi'ne bırakıyorum.

Fosiller ilk kez keşfedilip haritalandırıldıkları sırada, çağları bilinmiyordu. En fazla eskilik sırasına koymayı umabiliyorduk. Çağ sıralama, Üstdüşüm Yasası olarak bilinen varsayıma dayanır. İstisnai koşullar olmadıkça, genç tabaka yaşlı tabakanın üstünde olur. Bu tür istisnalar, bazen geçici muammaya neden olsalar da, genellikle oldukça alenidirler. Fosillerle dolu bir kaya kütlesi, sözgelişi bir buzul tarafından genç bir tabakanın üzerine taşınmış olabilir. Ya da bir dizi tabaka tamamen altüst olmuş ve dikey sıralaması tam tersine dönmüş olabilir. Bu anor-

*Sekiz (ya da on altı) parmağımız olsaydı, doğal olarak sekizlik (ya da on altılık) aritmetikle düşünürdük, ikili mantığı anlamak daha kolay olurdu ve bilgisayarlar daha önce icat edilebilirdi.

mallikler, dünyanın diğer parçalarındaki eşdeğer kayalar karşılaştırılarak halledilebilir. Bu yapıldıktan sonra paleontolog, dünyanın farklı kesimlerinden üst üste binen dizilişlerden oluşan bir yap-bozla, bütünsel fosil kalıntının gerçek sıralanışını ortaya çıkarabilir. Çağlar geçtikçe dünya haritasının da değişmesi olgusu (bkz. Dev-boylu Kuş'un Hikâyesi) bu mantığı, ilke olarak olmasa da, pratikte karmaşıklaştırır.

Yap-boz neden zorunludur? Neden istediğimiz kadar derin kazmayalım ve bunu, zamanda geriye doğru kazmayla eşdeğer saymayalım? Evet, zaman pürüzsüz akabilir; ama bu, dünyanın her yerinde, jeolojik zaman içinde başından sonuna kadar düzgün ve sürekli kalmış tek bir tortu dizisi bulunduğu anlamına gelmez. Fosil yataklar, koşullar uygun olduğunda, düzensiz oluşurlar.

Herhangi bir yerde, herhangi bir zamanda hiçbir tortul kayanın ve hiçbir fosilin olmaması oldukça olasıdır. Ama dünyanın bir kesiminde fosillerin verili bir zamanda saklanmış olmaları da epeyce olasıdır. Dünyanın her tarafında, farklı tabakaların tesadüfen yüzeye yakın olduğu bir kazı alanından diğerine koşan paleontolog, sürekli bir kayda yaklaşan bir şey oluşturmak isteyebilir. Elbette bireysel paleontologlar bir kazı alanından diğerine sıçramazlar. Müzeden müzeye koşup çekmecelerdeki örneklere bakar ya da üniversite kütüphanelerinde dergileri tarayıp, keşif alanının özenle etiketlendiği fosillerin yazılı betimlemelerine bakarlar ve bu betimlemeleri, yapbozun dünyanın farklı kesimlerinden gelen parçalarını bir araya getirmek için kullanırlar.

Tanınabilir ölçüde karakteristik kaya özellikleri olan ve sürekli aynı tür fosilleri barındıran belirli tabakaların farklı bölgelerde ortaya çıkmaları, işi kolaylaştırıyor. Devoniyen kaya (ilk önce güzel Devon'un "Eski Kızıl Kumtaşı" olarak tanındığı için bu ad verilen) Britanya Adaları'nın çeşitli kesimlerinde, Almanya'da, Grönland'da, Kuzey Amerika'da ve başka yerlerde de ortaya çıkar. Devoniyen kayalar, kısmen kayanın niteliğinden ötürü, ama içerdikleri fosil kanıtlardan ötürü de, nerede bulunurlarsa bulunsunlar, Devoniyen olarak kabul edilir. Bu döngüsel bir muhakeme gibi görünür, ama aslında öyle değildir: Bir bilginin, kitaptan kaynaklanan kanıtlarla bir Lut Gölü Rulosu'nu Samuel'in Birinci Kitabının bir parçası kabul etmesinden daha fazla döngüsel değil. Devoniyen kayalar, belli karakteristik fosillerin varlığıyla, güvenilir bir biçimde tanımlanabilir.

Aynı şey, en eski sert-vücutlu fosillerin zamanına kadar, diğer jeolo-

jik zamanların kayaları için de geçerlidir. Eski Kambriyen Dönem'den şimdiki Holosen Devre'ye kadar, resim 1'de sıralanan jeolojik zamanlar, büyük ölçüde, fosil kalıntıdaki değişiklikler temelinde birbirlerinden ayrıldılar. Dolayısıyla, bir dönemin sonu ile bir diğerinin başlangıcı, çoğu kez, fosillerin sürekliliğini bariz bir biçimde kesintiye uğratan yok olmalarla belirlenir. Stephen Jay Gould'un dediği gibi, hiçbir paleontolog, bir kaya kütlesinin, Permiyen Dönem sonundaki büyük kitlesel yok oluştan önce mi, yoksa sonra mı olduğunu saptamakta güçlük çekmez. Hayvan tiplerinde neredeyse hiç örtüşme yoktur. Aslında fosiller (özellikle mikro-fosiller) kayaları tanımlamada ve tarihlemede o kadar yararlıdırlar ki, petrol ve madencilik sanayileri başlıca kullanıcıları arasındadır.

Bu şekilde "göreli tarihleme," çoktan beri, kaya yap-bozları dikey biçimde bir araya getirmekle olanaklı olmaktaydı. Mutlak tarihleme olanaklı hale gelmeden önce, jeolojik zamanlar göreli tarihleme amacıyla adlandırıldılar. Hâlâ da yararlıdırlar. Ama göreli tarihleme, kıt fosilli kayalar için daha zordur –Kambriyen kayalardan daha eski olan tüm kayalar böyledir: Yeryüzü tarihinin ilk sekizinci-dokuzuncu dönemleri [Bkz. resim 1].

Mutlak tarihleme yakın zamanda fizikte, özellikle radyoaktivite fiziğinde gerçekleşen gelişmeleri beklemek zorundaydı. Bunun biraz açıklanmaya ihtiyacı var ve ayrıntılar, Sekoya'nın Hikâyesi'ni beklemelidir. Şimdilik, fosillerin ya da fosilleri barındıran ya da kuşatan kayaların mutlak yaşını saptamak için bir dizi güvenilir yönteme sahip olduğumuzu bilmek yeter. Dahası bu yelpaze içinde farklı yöntemler yüzyıllardan (ağaç halkaları), binyıllara (karbon 14), milyon, yüz milyon yıllara (uranyum-toryum-kurşun) ve milyar yıllara (potasyum-argon) kadar uzanan tüm çağlara duyarlılık gösterir.

Yenilenmiş Kalıntılar

Fosiller, arkeolojik örnekler gibi, geçmişin az çok doğrudan kalıntılarıdır. Şimdi ikinci tarihsel kanıt kategorimize, peş peşe kuşaklar boyunca kopyalanan *yenilenmiş kalıntılara* dönüyoruz. İnsani işler tarihçileri için bu, sözlü gelenekle ya da yazılı belgelerde aktarılan görgü tanığı anlatımları anlamına gelebilir. Yaşayan herhangi bir tanığa, on dördüncü yüzyıl İngiltere'sinde yaşamanın nasıl bir şey olduğunu soramayız; ama Chaucer'inki de dahil, yazılı belgeler sayesinde neye benze-

diğini biliyoruz. Bunlar, kopyalanmış, basılmış, kütüphanelerde saklanmış, bugün okumamız için yeniden basılıp dağıtılmış bilgileri içerirler. Bir öykü bir kez baskıya, ya da bugünlerde bir bilgisayara girdi mi, uzak gelecekte de kopyalarının bulunma şansı epeyce fazladır.

Yazılı kayıtlar, beklenmedik bir farkla sözlü gelenekten daha güvenilirdirler. Pek çok çocuk kadar ebeveynlerini tanıyan her çocuk kuşağının, ebeveynlerin ayrıntılı anılarını dinleyip bir sonraki kuşağa aktaracağını düşünebilirsiniz. Beş kuşak sonra muazzam bir sözlü gelenek oluşmuş olmalı. Dört büyük ebeveynimi anımsıyorum; ama sekiz büyük-büyük ebeveynimden, bölük pörçük bir avuç anekdot anımsıyorum. Bir büyük-büyükbabanın, ayakkabılarının bağını bağlarken saçma bir ilahi okuma alışkanlığı vardı. Biri kremaya bayılırdı ve yenilince, satranç tahtasını tekmeleyip devirirdi. Üçüncüsü bir köy doktoruydu. Benden bu kadar. Koskoca sekiz yaşam nasıl bu kadar kısaldı? Bizi görgü tanığına bağlayan bilgi kaynakları zinciri bu kadar kısayken ve insan muhabbeti bu kadar zenginken, sekiz bireyin yaşamını oluşturan binlerce kişisel ayrıntı nasıl bu kadar hızlı unutulabildi?

Sözlü gelenek, sonunda Homeros tarafından yazıya dökülenler gibi şiirsel bir ezber biçiminde kutsanmadıkça, neredeyse anında uçup gider; yazıya döküldüğünde bile, tarih doğru olmaktan çok uzaktır. Birkaç kuşak sonra bozulup saçmalığa ve yalana dönüşür. Gerçek kahramanlar, kötüler, hayvanlar ve volkanlarla ilgili tarihsel olgular hızla bozulup (ya da zevkinize bağlı olarak çiçeklenip) yarı-tanrılar, şeytanlar, kentaurlar ve ateş soluyan ejderhâlârla ilgili mitlere dönüşür. *

Ama sözlü gelenekler ve kusurlu halleri, bizi yolumuzdan alıkoymamalıdır; çünkü evrim tarihinde eşdeğerleri yoktur.

Yazı, muazzam bir gelişmedir. Kâğıt, papirüs, hatta taş tabletler yıpranıp ya da çürüyüp yok olabilir; ama yazılı kayıtların, sayısız kuşak için doğru bir biçimde kopyalanma potansiyeli vardır; pratikte doğruluk toptan olmasa da. Doğruluk sözcüğüyle kastettiğim özel anlamı ve aslında kuşaklar sözcüğüyle kastettiğim özel anlamı açıklamalıyım. Siz bana el yazısıyla bir mesaj yazsanız ve ben de kendi el yazımla kopyasını çıkarıp üçüncü bir kişiye (sonraki kopyalama kuşağı) aktarsam, tam bir kopya olmaz; çünkü benim el yazım sizinkinden

*John Reader, *Man on Earth*'ünde, yazılı dilleri olmayan (yakın zamanda öne sürülüğü gibi, düğümlü ipleri saymanın yanı sıra dil için de kullanılmamışsa) Inkaların, sözlü geleneklerinin doğruluğunu geliştirmek için telafi edici bir çaba içine girdiklerini belirtir. Resmi tarihçiler, "çok miktarda bilgiyi ezberlemek ve yöneticilerin yararına tekrarlamak zorundaydılar. Tarihçi rolünün babadan oğula geçmesi şaşırtıcı değil."

farklıdır. Ama siz özenli yazarsanız ve ben eğri büğrü çizgilerinizden her birini, ortak alfabemize ait olanlardan biriyle titizlikle tamı tamına eşleştirirsem, mesajınızın benim tarafımdan toptan doğrulukla kopyalanma şansı yüksektir. Kuramda bu doğruluk, sonsuz sayıda kâtip "kuşak" boyunca korunabilir. Yazarın ve okurun üzerinde anlaştığı belirli bir alfabenin varlığı nedeniyle, kopyalama bir mesajın, özgün mesajın ölümünden sonra varlığını sürdürmesine izin verir. Yazmanın bu özelliğine "kendini normalleştirme" denilebilir. Gerçek bir alfabenin harfleri birbirlerinden kopuk oldukları için, işe yarar. Analog kodlar ile dijital kodlar arasındaki ayrımı andıran bu noktanın biraz daha açıklanmaya ihtiyacı var.

İngilizce sert c ile g arasında olan ünsüz bir ses vardır (Fransızca *comme*'daki c gibi). Hiç kimse, c ile g'nin arasındaymış gibi görünen bir karakter yazarak bu sesi temsil etmeye çalışmayı düşünmezdi. İngilizcede yazılı bir karakterin, 26 harflik alfabemizin bir üyesi, yalnızca bir üyesi olması gerektiğini hepimiz biliriz. Fransızların, bizimkiyle tamı tamına ayrı olmayan sesler için aynı 26 harfi kullandıklarını da biliyoruz. Her dil, aslında her yerel aksan ya da lehçe, farklı seslerle kendini normalleştirmek için alfabeyi kullanır.

Kendini normalleştirme, kuşaklar boyunca mesajları bozan "kulaktan kulağa" oyununa karşı savaşır. * Aynı koruma, çizim üslubu kendine ait "kendini normalleştirme" versiyonu olarak ritüel gelenekleri birleştirmiyorsa, taklit sanatçıları tarafından kopyalanan bir çizim için söz konusu olmaz. Bir resim olarak çizilmeye karşıt olarak, yazılmış bir olayın görgü tanığı kaydın, yüzyıllar sonra tarih kitaplarında doğru bir biçimde yeniden üretilme şansı yüksektir. Pompei'nin MS 79'daki yıkımına ilişkin doğru olması muhtemel bir anlatıma, bir görgü tanığının, Genç Plinius'un, tarihçi Tacitus'a yazdığı iki mektupta gördüklerini yazıya dökmesi, Tacitus'un bazı yazılarının ardıllarınca kopyalanmaları ve sonunda da basılarak bugüne kadar varlıklarını sürdürmeleri sayesinde sahibiz. Belgelerin kâtipler tarafından çoğaltıldığı Gutenberg-öncesi günlerde bile yazı, anı ve sözlü gelenekle karşılaştırıldığında büyük bir ilerlemeyi temsil etmekteydi.

Tekrar kopyalamanın kusursuz doğruluğu sağlaması, yalnızca kuram-

*Kulaktan Kulağa oyununda (Amerikalı çocuklar "telefon," İngiliz çocuklar "Çin fısıltısı" der) birçok çocuk sıraya dizilir. İlk çocuğun kulağına bir öykü fısıldanır, o da kendisinden sonrakine fısıldar ve böylece her çocuk kulağına fısıldananı kendisinden sonrakine fısıldar. En son çocuk kulağına fısıldananı açıklar ve sonuç öykünün, ilk öykünün bozulmuş bir versiyonu olduğu anlaşılır.

sal bir idealdir. Pratikte katipler de hata yapar ve özgün belgeyi kopyalarken, söylemesi gerektiğini düşündükleri şeyleri söyletmek için metinle oynayabilirler. Bunun en ünlü örneği, Alman teologların on dokuzuncu yüzyılda belgeledikleri gibi, Yeni Ahit tarihinin Eski Ahit kehanetlerine uyacak şekilde değiştirilmesidir.* Olumlu düzeltme dışında, tekrarlanan tüm kopyalar bir satırı ya da bir listede bir sözcüğü atlama gibi hatalara da açıktır. Ama ne olursa olsun, yazı bizi icat edildiği zamanın, yani 5.000 yıl öncesini ötesine götüremez. Özdeşleşme simgeleri, sayma işaretleri ve resimler biraz daha geriye, belki on binlerce yıl kadar geriye giderler; ama bu tür dönemler, evrim zamanıyla karşılaştırıldığında devede kulak kalır.

Şansımıza, evrime döndüğümüzde, neredeyse düşünülemeyecek kadar çok sayıda kopyalama kuşağına geri giden ve yazılı bir metnin eşdeğeri sayabileceğimiz başka bir kopyalanmış bilgi türü var; tıpkı bizim yazı sistemimiz gibi kendini normalleştiren bir alfabesi olduğu için, yüz milyonlarca kuşak boyunca ve şaşırtıcı bir doğrulukla kendini yenileyen tarihsel bir kayıt. Tüm canlı yaratıklardaki DNA bilgisi, uzak atalardan olağanüstü bir sadakatle bugüne aktarılmıştır. DNA'daki bireysel atomlar sürekli yer değiştirirler; ama örüntülerine kodladıkları bilgi, milyonlarca, bazen yüz milyonlarca yıl boyunca kopyalanır. Modern moleküler biyoloji sanatını kullanıp, fiili DNA harf dizilişini ya da biraz daha dolaylı bir biçimde, çevrildikleri proteinin aminoasit dizilişini harfleyerek bu kaydı okuyabiliriz. Ya da biraz daha dolaylı bir biçimde, DNA'nın embriyolojik ürünlerini, vücut şekillerini, organlarını ve kimyalarını inceleyerek okuyabiliriz. Tarihe bakmak için fosillere ihtiyacımız yok. DNA kuşaklar boyunca çok yavaş değiştiği için, tarih modern hayvanların ve bitkilerin dokusuna örülüdür ve şifreli harflerine kazılıdır.

DNA mesajları, gerçek bir alfabeyle yazılır. Roma, Yunan ve Kiril yazı sistemleri gibi, DNA alfabesi de, kendi başına anlamı olmayan sınırlı simgelerden oluşur. Sınırsız karmaşıklıkta ve büyüklükte anlamlı mesajlar oluşturmak için keyfi simgeler seçilip birleştirilir. İngiliz alfabesinin 26, Yunan alfabesinin 24 harfi varken, DNA alfabesi yalnızca

*Söz konusu kâtipler, olasılıkla, kasıtlı yalancılar değildi. Isa'nın ölümünden çok sonra yaşamış olan İncil-yapıcılar gibi, Isa'nın, Eski Ahit'in mesih kehanetinin cisimleşmesi olduğuna sahiden inanıyorlardı. Bu yüzden Beytüllahim'de doğmuş ve Davud'un soyundan gelmiş "olmalı" dır. Eğer belgeler anlaşılmaz bir biçimde böyle dememişse, eksiği gidermek katibin vicdan borcuydu. Sanırım, yeterince dindar bir kâtip bunu bir çarpıtma olarak görmezdi; bizim bir yazım yanlışını ya da dilbilgisi hatasını otomatik olarak düzeltmemizi bir çarpıtma olarak görmememiz gibi.

dört harfli bir alfabedir. En işe yarar DNA, 64 sözcükle sınırlı bir sözlükten üç harfli sözcükler oluşturur; her sözcüğe bir "kodon" denir. Sözlükteki kodonlardan bazıları diğerleriyle eşanlamlıdır; yani genetik kod, teknik olarak "soysuz"dur. *

Sözlük 64 kod sözcüğü 21 anlamla –20 biyolojik aminoasit, artı her amaca uygun bir noktalama işareti– eşleştirir. İnsan dilleri çoktur ve değişir, sözlükleri on binlerce farklı sözcük içerir; ama 64 sözcüklük DNA sözlüğü evrenseldir ve değişmez (birkaç ender durumda çok küçük değişikliklerle birlikte). 20 aminoasit, tipik olarak birkaç yüz diziliş biçiminde dizilir; her diziliş, belirli bir protein molekülüdür. Harf sayısı dörtle ve kodon sayısı 64'le sınırlı olduğu halde, farklı kodon dizilişleriyle ifade edilebilen protein sayısının kuramsal bir sınırı yoktur. Her türlü sayının ötesindedir. Tek protein molekülünü belirten bir kodon "cümle"si, genellikle gen denilen ve tanımlanabilir bir birimdir. Dizilişlerinden okunabilen şey dışında herhangi bir ayırıcı, genleri komşularından (ister diğer genler olsun, ister yinelemeli saçmalık olsun) ayırmaz. Genler bu bakımdan, virgül işaretinden yoksun olan ve virgül işareti yerine virgül sözcüğünü kullanmak zorunda olan telgraflara benzerler; hatta telgrafların, sözcükler arasında boşluk avantajı varken, DNA bundan da yoksundur.

DNA, anlam adaları, asla çeviri-yazısı yapılamayan bir saçmalık deniziyle ayrıldıkları için, DNA yazılı dilden ayrılır. "Bütün" genler, çeviri-yazı sırasında, metinleri okuma aygıtı tarafından atlanan anlamsız "intronlar" tarafından ayrılan anlamlı "eksonlar"dan oluşurlar. DNA'nın anlamlı kısmı bile birçok durumda okunmaz –bunlar muhtemelen, karışık bir sabit diskte bir bölümün ilk taslakları gibi orada boşu boşuna duran bir zamanlar yararlı genlerin yenilenen kopyalarıdırlar. Aslında, bir bahar temizliğine şiddetle ihtiyacı olan eski bir sabit disk olarak genom imgesi, bu kitap boyunca zaman zaman işimize yarayacak bir imgedir.

Uzun zaman önce ölmüş hayvanların DNA moleküllerinin korunmadıklarını tekrarlamak gerekir. DNA'daki *bilgi* sonsuza kadar korunabilir, ama yalnızca sıkça yeniden kopyalanma sayesinde. *Jurassic Park*'ın

*Bazen yanlış yere soysuz yerine "artık" kullanılır; ama bu farklı bir şey anlatır. Genetik kod, artıktır da; çünkü ikili sarmalın iki telinden birinin şifresi çözülerek aynı bilgiye ulaşılabilir. Alsında yalnızca birinin şifresi çözülür, diğeri yanlışları düzeltmek için kullanılır. Mühendisler de, yanlışları düzeltmek için artıklığı –tekrarlılığı– kullanırlar. Genetik kodun soysuzluğu farklı bir şeydir ve burada söz ettiğimiz şeydir. Soysuz bir kod eşanlamları içerir ve bu nedenle, fiilen barındırdığından daha büyük bir anlamlar yelpazesini barındırabilir.

olay örgüsü, ahmakça olmasa da, pratik olgulara toslar. Kan emici bir böcek, bir kehribara gömüldükten sonra kısa bir süreliğine, bir dinozoru yeniden inşa etmek için gerekli talimatları içermiş olabilirdi. Ama ne yazık ki, bir organizma öldükten sora, vücudundaki ve emdiği kandaki DNA, birkaç yıldan fazla –bazı yumuşak dokularda birkaç günden fazla– bir süre varlığını değişmeden sürdürmez. Fosilleşme de DNA'yı korumaz.

Derin dondurucu bile çok uzun süre korumaz. Ben bu kitabı yazarken, bilim insanları Sibirya'daki kazılarda, modern bir filin rahminde klonlanmış yeni bir mamut büyütmeye yetecek kadar DNA elde etme umuduyla, donmuş bir mamut çıkarıyorlar. Mamut öleli birkaç bin yıl olmasına karşın, korkarım bu umut boşa çıkacak. Güvenilir DNA çıkarılan en eski cesetlerden birinin sahibi, Neanderthal insandır. Birisi onu klonlamayı başarsa, oluşacak hengâmeyi düşünün. Ama ne yazık ki, 30.000 yıllık DNA'sının yalnızca bölük pörçük parçaları geri alınabiliyor.

DNA'da önemli olan şudur: Yaşamı yeniden üretme zinciri kopmadığı sürece, DNA'nın şifreli *bilgisi*, eski molekül yok olmadan önce yeni bir moleküle kopyalanır. Bu biçimde DNA bilgisi, DNA moleküllerinden çok daha uzun süre yaşar. Yenilenebilir –kopyalanır– ve kopyalar kusursuz oldukları için, potansiyel olarak sonsuza kadar sürebilirler. Atalarımızın DNA bilgisinin büyük miktarı, yüz milyonlarca yıl öncesinden bu yana hiç değişmeden varlığını sürdürmektedir; peş peşe gelen kuşakların canlı vücutlarında korunmuştur.

Bu şekilde anlaşılan DNA kaydı, tarihçi için neredeyse inanılmaz derecede zengin bir armağandır. Tarihçi, her türün her bireyinin kendi vücudunda uzun ve ayrıntılı bir metin, zaman içinde aktarılan yazılı bir belge taşıdığı bir dünyadan başka ne isteyebilir? Dahası, kaydı bozmayacak kadar seyrek, ama ayrı etiketler yapıştırmaya yetecek kadar sık gerçekleşen rasgele küçük değişikliklere sahip. Bundan da iyisi var. Metin keyfi değil. *Unweaving the Rainbow*'da, bir hayvanın DNA'sını, "Ölülerin Genetik Kitabı" olarak, atalara ait dünyaların betimleyici bir kaydı olarak görmeyi savundum. Darvinci evrime göre, bir hayvan ya da bitkiyle ilgili her şey, vücut biçimi, kalıtımsal davranışı ve hücrelerinin kimyası, o hayvanın ya da bitkinin atalarının içinde yaşadıkları dünyalarla, peşinde koştukları yiyeceklerle, kaçtıkları yırtıcılarla, katlandıkları iklimlerle, birlikte vakit geçirdikleri arkadaşlarla ilgili şifreli bir mesajdır. Bu mesaj, ardışık eleklerden, yani doğal seçilimden geçen DNA'da

yazılıdır. Doğru okumayı öğrendiğimiz zaman, bir yunus balığının DNA'sı, hayvanın anatomisinin ve fizyolojisinin ortaya koyduğu ipuçlarından öğrendiklerimizi, yani zamanında atalarının kuru karada yaşadığını bir gün doğrulayabilir. Üç yüz milyon yıl önce, yunusların karada yaşayan ataları da dahil, karada yaşayan tüm omurgalıların ataları, yaşamın başlangıcından beri yaşadıkları denizden geldiler. DNA'mızı okuyabilseydik, kuşkusuz bu gerçeği kaydetmiş olduğunu görürdük. Modern bir hayvanla ilgili her şey, özellikle DNA'sı, ama aynı zamanda kol ve bacakları, kalbi, beyni, üreme döngüleri de, geçmişinin bir arşivi, bir vakayinamesi sayılabilir; bu vakayiname, birçok kez yeniden yazılmış bir parşömen olsa da.

DNA vakayinamesi, tarihçi için bir nimet olabilir; ama okunması zor bir vakayinamedir, derin bilgili yorumu gerektirir. Tarihi yeniden inşa etmeye ilişkin üçüncü yöntemimiz olan üçgenlemeyle birleşirse, daha da güçlü olur. Şimdi üçgenlemeye dönüyoruz ve yine, insan tarihiyle, özellikle dil tarihiyle benzerlik kurarak başlıyoruz.

Üçgenleme

Dilbilimciler, tarih içinde dilin izlerini sürmek isterler. Yazılı kayıtların varlığını sürdürdüğü yerlerde iş kolaydır. Tarihsel dilbilimci, iki yeniden inşa yöntemimizden ikincisini kullanarak, yenilenmiş kalıntıların, bu durumda sözcüklerin izini sürebilir. Modern İngilizce, Shakespeare, Chaucer ve *Beowulf*'le devam eden edebiyat geleneğini kullanarak Orta İngilizce üzerinden Anglosakson diline geri gider. Konuşma, yazının icadının çok öncesine gider ve birçok dilin yazılı biçimi yoktur. Dilbilimciler, ölü dillerin erken tarihi için, benim üçgenleme dediğim şeyin bir çeşidine başvururlar. Modern dilleri karşılaştırıp, hiyerarşik olarak aile içinde aileler biçiminde gruplandırırlar. Roma, Germen, Slav, Kelt ve diğer Avrupa dil aileleri, bazı Hint dil aileleriyle birlikte Hint-Avrupa olarak gruplandırılır. Dilbilimciler, "Proto-Hint-Avrupa" dilinin, yaklaşık 6.000 yıl önce tikel bir kabile tarafından konuşulan fiili bir dil olduğuna inanırlar. Hatta bu dil grubunun torunlarının ortak özelliklerinden yola çıkarak, birçok ayrıntısını yeniden inşa etmeye bile hevesleniyorlar. Dünyanın diğer kesimlerinde, Hint-Avrupa dil ailesine eşdeğer başka dil ailelerinin de aynı şekilde geriye doğru izi sürülmüştür; örneğin Altay, Dravid ve Ural-Yukagir dil aileleri. Bazı iyimser (ve tartışmalı) dilbilimciler daha da geri gidip, bu tür büyük aileleri daha da kucaklayıcı bir

ailelerin ailesi şeklinde birleştirebileceklerine bile inanıyorlar. Bu şekilde, Nostratik diyebildikleri ve 12.000 ila 15.000 yıl önce konuşulduğuna inandıkları varsayımsal bir kök-dilin öğelerini yeniden kurabileceklerine inanıyorlar.

Birçok dilbilimci, Proto-Hint-Avrupa ve onun eşdeğeri diğer ata dillerden memnun olduğu halde, Nostratik dil kadar eski bir dili yeniden inşa etme olanağı konusunda kuşkuludur. Onların profesyonel kuşkuculuğu, benim amatör inanmazlığımı güçlendiriyor. Ama kuşku yok ki, eşdeğer üçgenleme yöntemleri –modern organizmaları karşılaştırmanın çeşitli teknikleri– evrim tarihi bakımından işe yarar ve yüz milyonlarca yıl öncesine sızmak için kullanılabilirler. Fosillerimiz olmasa da, modern hayvanların bilgece karşılaştırılması atalarının adil ve makul bir yeniden inşasına izin verir. Nasıl ki bir dilbilimci modern dilleri ve zaten yeniden inşa edilmiş ölü dilleri üçgenleyerek geçmişe sızıp, Proto-Hint-Avrupa diline ulaşıyorsa, biz de modern organizmalarla aynı şeyi yapıp, dışsal özelliklerini ve protein ya da DNA dizilişlerini karşılaştırabiliriz. Dünya kütüphaneleri daha modern türlerden DNA listeleri toplayıp biriktirdikçe, özellikle DNA metinleri çok büyük bir örtüşmeler yelpazesine sahip oldukları için, üçgenlemelerimizin güvenilirliği artacaktır.

"Örtüşmeler yelpazesi"yle ne anlatmak istediğimi açıklamama izin verin. Son derece uzak ilişkilerden, örneğin insanlardan ve bakterilerden alındığında bile, DNA'nın büyük kesimleri birbirine benzer. İnsanlar ve şempanzeler gibi çok yakın ilişkilerin DNA ortaklığı daha fazladır. Moleküllerinizi akıllıca seçerseniz, ortak DNA oranının sürekli arttığı tam bir yelpaze oluşur. Karşılaştırma gamı insanlar ve bakteriler gibi uzak kuzenlerden, iki kurbağa türü gibi yakın kuzenlere kadar uzanan moleküller seçilebilir. Almanca ve Hollandaca gibi yakın dil çiftleri hariç, diller arasındaki benzerlikleri ayırt etmek daha zordur. Bazı umutlu dilbilimcileri Nostratik dile götüren akıl yürütme zinciri, halkaları diğer dilbilimcilerin kuşku nesnesi yapmaya yetecek kadar zayıftır. Nostratik dile eşdeğer DNA nirengilemesi, sözgelişi insanlarla bakteriler arasında olur muydu? Ama insanlarla bakterilerin, Nostratik dile eşdeğer ortak atalarından beri pek değişmemiş bazı genleri vardır. Ve genetik kod tüm türlerde fiilen özdeştir ve ortak atalarda da aynı olmalı. Almanca ile Hollandaca arasındaki benzerliğin, herhangi bir memeli çifti arasındaki benzerlikle karşılaştırılabilir olduğu söylenebilir. İnsan ve şempanze DNA'sı o kadar benzerdir ki, biraz farklı iki aksanla konuşulan İngilizce gibidirler. İngilizce ile Japonca ya da İspanyolca ile Bask dili arasındaki

benzerlik o kadar azdır ki, karşılaştırılabilir bir canlı organizma çifti bulunamaz; insanlarla bakteriler bile. İnsanların ve bakterilerin, tüm paragraflar kelimesi kelimesine özdeş olacak kadar birbirine benzeyen DNA dizilişleri vardır.

Üçgenleme için DNA dizilişlerini kullanmaktan söz ediyorum. İlke olarak bu, bariz morfolojik karakterler için de işe yarar; ama moleküler bilgi olmayınca, uzak atalar aşağı yukarı Nostratik dil kadar uçucudurlar. DNA'da olduğu gibi morfolojik karakterlerde de, bir atanın birçok torununun paylaştığı özelliklerin, o atadan miras alınmış olmasının olası olduğunu varsayarız. Tüm omurgalıların bir belkemiği vardır ve bu belkemiğini, fosillerin gösterdiği gibi yarım milyar yıl önce yaşamış ve bir belkemiği bulunan uzak bir atadan miras aldıklarını (belkemiğini geliştiren genleri miras aldıklarını) varsayarız. Bu kitapta ortak ataların vücut biçimlerini hayal etmeye yardımcı olmak için, bu tür bir morfolojik üçgenleme kullanılmıştır. Doğrudan DNA kullanan üçgenlemeye daha fazla dayanmayı tercih ederdim; ama bir gendeki değişimin bir organizmanın morfolojisini ne kadar değiştireceğini tahmin etme yeteneğimiz, bu iş için yeterli değil.

Çok sayıda türü dahil edersek, üçgenleme daha etkili olur. Ama bunun için, doğru inşa edilmiş bir aile ağacına dayanan bilgece yöntemlere ihtiyacımız var. Bu yöntemler, Gibon'un Hikâyesi'nde açıklanacak. Üçgenleme, herhangi bir evrim kolunun istediğiniz noktadaki tarihini hesaplama tekniğine uygundur. Bu, "Moleküler Saat"tir. Kısaca yöntem, varlığını sürdüren türler arasındaki moleküler diziliş uyumsuzluklarını saymaktır. Yakın ortak ataları olan yakın kuzenlerin, uzak kuzenlerden daha az uyumsuzlukları vardır; ortak atanın yaşı, iki torunu arasındaki moleküler uyumsuzlukların sayısıyla orantılıdır –ya da öyle umulur. Sonra, bilinen tarihli fosilleri kullanarak moleküler saatin keyfi zaman ölçeğini ayarlayıp, gerçek yıllara çevirirız. Pratikte iş bu kadar basit değil ve karışıklıklar, güçlükler ve bunlarla bağlantılı anlaşmazlıklar, Kadife-kurtçuk'un Hikâyesi'ne Sonsöz'ü işgal edecek.

Chaucer'in Genel Giriş'i hacılarının tamamını birer birer tanıtır. Benim oyuncu listem, onunkinden çok daha büyüktür. Anlatının kendisi uzun bir takdimler –40 randevu noktasında– dizisidir. Ama Chaucer için zorunlu olmayan bir ön sunuş gereklidir. Onun oyuncu listesi bir bireyler kümesidir. Benimki bir gruplar kümesi. Hayvanları ve bitkileri gruplandırma şeklimizi tanıtmamız gerekir. Randevu 10'da hac kafilemi-

ze topluca Glires denilen 2.000 kemirgen türüne ek olarak, 87 tavşan, yaban tavşanı ve ıslıklıtavşan türü katılıyor. Türler hiyerarşik olarak kapsayıcı bir biçimde gruplandırılıyor ve her grubun kendi adı var (fare benzeri kemirgenler familyasına Muridae, sincap benzeri kemirgenlere Sciuridae deniliyor). Her grup kategorisinin de bir adı vardır. Muridae bir familyadır, Sciuridae de. Rodentia, ikisinin mensup olduğu takımın adıdır. Glires, kemirgenleri tavşanlarla birleştiren üst-takımdır. Bu tür kategori adlarının bir hiyerarşisi vardır; familya ile takım, hiyerarşinin ortasında bir yerdedir. Tür, hiyerarşinin dibine yakın bir yerdedir. Alt- ve üst- gibi öneklerle birlikte, cins, familya, takım, sınıf ve filum şeklinde ilerliyoruz.

Çeşitli hikâyelerin seyri içinde öğreneceğimiz gibi, türün özel bir statüsü vardır. Her türün, baş harfi büyük cins adı ile baş harfi küçük tür adından oluşan ve italik yazılan bilimsel iki adı vardır. Leopar (panter), aslan ve kaplan *Panthera* cinsinin üyeleridirler; tür adları sırasıyla *Panthera pardus*, *Panthera leo* ve *Panthera tigris*'tir: Kordalılar filumunun ve Omurgalılar alt-filumunun, Memeliler sınıfının Etçiller takımının bir üyesi olan Kedigiller familyası içinde. Burada sınıflama ilkelerinin ayrıntılarına girmeyeceğim; ama kitapta gerekli oldukça değineceğim.

HAC BAŞLIYOR

Geçmişe hac yolculuğumuza çıkmanın zamanıdır ve bu yolculuğu, atalarımızı arayıp bulmak için zaman makinesinde bir yolculuk olarak düşünebiliriz. Daha doğrusu, Neanderthal'in Hikâyesi'nde açıklanacak nedenlerden ötürü, atalarımızın genlerini arayıp bulmak için. Geriye doğru arayışımızın ilk birkaç on bin yılı boyunca, ata genlerimiz bize benzeyen bireylerde bulunur. Evet, "bize benzeyen" ifadesi tam doğru değil; zira birbirimize tıpatıp benzemeyiz. Başka bir şekilde ifade edeyim. Hac yolculuğumuzun ilk on binli yıllarında, zaman makinemizden dışarıya adım atarken karşılaştığımız insanlar, bugün bizim birbirimizden farklı olduğumuzdan daha fazla bizden farklı olmayacaklar. "Bugün bizim" ifadesinin Almanları ve Zuluları, Pigmeleri ve Çinlileri, Berberileri ve Malezyalıları kapsadığını unutmayın. 50.000 yıl önceki genetik atalarımız, bugün dünyada gördüklerimizle aynı değişkenlik torbası içine girerdi.

O halde, yüz binlerce ya da milyonlarca yıla karşıt olarak on binlerce yıl geriye giderken, göreceğimiz değişiklikler, biyolojik evrim değilse nedir? Zaman makinesinde yolculuğumuzun ilk evrelerinde pencereden görülen manzaraya egemen olacak, biyolojik evrimden daha hızlı evrim-benzeri bir süreç, bir büyüklük sırası vardır. Buna çeşitli adlar verilir; kültürel evrim, dış-görünüş [exo-somatic] evrimi ya da teknolojik evrim denilir. Bunu motorlu aracın ya da boyunbağının ya da İngiliz dilinin evriminde fark ederiz. Biyolojik evrime benzerliğini küçümsememeliyiz ve ne olursa olsun bizi uzun süre alıkoymayacaktır. Koşmamız gereken 4 milyar yıllık bir yol var ve çok geçmeden, zaman makinemizi, insan tarihi ölçeğinde olaylara şöyle bir göz atmaktan fazlasına izin vermeyecek kadar hızlı bir vitese takmak zorunda kalacağız.

Ama önce, zaman makinemiz hâlâ en küçük vitesteyken, evrim tarihinden çok insan tarihinin zaman ölçütünde seyahat ederken, iki büyük kültürel ilerlemeyle ilgili bir çift hikâye. Çiftçi'nin Hikâyesi, dünyanın diğer organizmalarını en fazla etkileyen insan buluşunun, Tarım Devriminin öyküsüdür. Cro-Magnon'un Hikâyesi, insan zihninin özel bir anlamda, bizzat evrim sürecine yeni bir araç sağlayan çiçeklenmesiyle, "İleriye Büyük Sıçrayış"la ilgilidir.

ÇİFTÇİ'NİN HİKÂYESİ

Tarım Devrimi yaklaşık 10.000 yıl önce, son Buzul Çağı'nın bitiminde, Dicle ile Fırat arasında Bereketli Hilal denilen yerde başladı. Bu, Bağdat Müzesi'ndeki yeri doldurulamaz kalıntıları, 2003'te Amerika'nın Irak işgaline eşlik eden kaos sırasında tahrip edilen insan uygarlığının beşiğidir. Tarım, büyük olasılıkla birbirlerinden bağımsız olarak, Çin'de ve Nil kıyısı boyunca, ve onlardan tamamen bağımsız olarak Yeni Dünya'da da gelişti. Yeni Gine'nin şaşırtıcı ölçüde yalıtık yüksek iç kesimlerinde başka bir bağımsız tarımsal uygarlık beşiği de savunulabilir. Tarım Devrimi yeni taş çağının, Neolitik Çağ'ın başlangıcını tarihler.

Gezgin avcı-toplayıcılardan yerleşik bir tarımsal yaşam tarzına geçiş, insanların ilk kez bir ev kavramına sahip olmalarını ifade edebilir. İlk çiftçilerin dünyanın diğer kesimlerindeki çağdaşları, az çok sürekli dolaşan avcı-toplayıcılardı. Aslında, avcı-toplayıcı yaşam tarzı ("avcı" balıkçıyı da kapsayabilir) tamamen ölmemiştir. Dünyanın çeşitli kovuklarında hâlâ yaşatılmaktadır: Avustralyalı Aborjinler, Güney Afrika'da Sanlar ve ("Buşman" denilen) akraba kabileler, (bir seyir hatası sonucu "Indians" –Hindistanlılar– denilen) çeşitli yerli Amerikalı kabileler ve (kendilerine Eskimo denmesini tercih etmeyen) Kutup'taki Inuitler tarafından. Avcı-toplayıcılar tipik olarak bitki yetiştirmez ve çiftlik hayvanı beslemezler. Katışıksız avcı-toplayıcılar ile katışıksız tarımcılar ya da çobanlar arasında kalan yaşam tarzlarına rastlanır. Ama yaklaşık 10.000 yıl önce tüm insan nüfusu avcı-toplayıcıydı. Belki kısa süre sonra hiç kalmayacak. Yok olmayanlar "uygarlaşacak" –ya da bakış açınıza bağlı olarak yozlaşacak.

Küçük kitabı *Neanderthals, Bandits and Farmers: How Agriculture Really Began*'de Colin Tudge, avcılıktan ve toplayıcılıktan tarıma geçişin, bugün geriye dönüp baktığımızda sandığımız gibi bir iyileşme olmadığı konusunda Jared Diamond'la (*The Third Chimpanzee*) hemfikirdir. Onlara göre Tarım Devrimi, insanın mutluluğunu artırmadı. Tarım, yerini aldığı avcı-toplayıcı yaşam tarzından daha fazla nüfusu besledi, ama sağlığı ya da mutluluğu açıkça iyileştirmedi. Aslında, evrime ilişkin sağlam nedenlerden ötürü, daha büyük nüfus genellikle daha fazla korkunç hastalık barındırır (bir parazit, bulaşacağı yeni kurbanları kolayca bulabiliyorsa, o anda kendisine ev sahipliği yapan kişinin yaşamını uzatmakla daha az ilgilenir).

Yine de, avcı-toplayıcı olarak durumumuz, bir Ütopya da olmuş olamaz. Son zamanlarda, avcı-toplayıcıları ve ilkel tarım toplumlarını bizden

daha fazla doğayla "denge içinde" görmek moda oldu.* Bu herhalde bir yanılgıdır. Vahşi doğada yaşadıkları ve varlıklarını sürdükleri için, daha fazla vahşi doğa bilgisine sahip olmuş olabilirler. Ama bizim gibi, bilgilerini çevreyi ellerinden geldiğince sömürmek (ve çoğu kez aşırı sömürmek) için kullanmış görünüyorlar. Jared Diamond, ilk tarımcıların ekolojik çöküşe ve toplumlarının ölümüne yol açan aşırı sömürüsünü vurgular. Tarım-öncesi avcı-toplayıcılar, doğayla uyum içinde olmak bir yana, muhtemelen yeryüzündeki birçok büyük hayvanın soyunun tükenmesinden sorumluydu. Tarım Devriminden hemen önce, avcı-toplayıcı halkların uzak alanları kolonileştirmelerini, arkeolojik kalıntılarda, kuşkulu bir biçimde birçok büyük (ve muhtemelen yenilebilir) kuşun ve memelinin sahneden silinmesi izliyor.

"Kentsel"i "tarımsal"ın antitezi olarak görme eğilimindeyiz; ama bu kitabın benimsediği daha uzun bir bakış açısında, kent sakinleri, avcı-toplayıcılara karşıt olarak çiftçilerle aynı kefeye konulmalıdır. Bir kentin neredeyse tüm yiyeceği, bir sahibi olan ve işlenmiş topraktan gelir --eski zamanlarda kentin etrafındaki tarlalardan; modern zamanlarda dünyanın her yerinden, tüketilmeden önce aracılarca taşınıp satılır. Tarım Devrimi kısa sürede uzmanlaşmaya yol açtı. Çömlekçiler, dokumacılar ve demirciler, becerilerini, başkalarının yetiştirdiği yiyeceklerle takas ettiler. Tarım Devriminden önce yiyecek sahipli toprakta yetiştirilmezdi, sahipsiz meralarda yakalanır ya da toplanırdı. Çobanıllık, ortak toprakta hayvancılık, bir ara evre olmuş olabilir.

İster iyi, ister kötü bir değişim olsun, Tarım Devrimi, muhtemelen, ani bir olay değildi. Hayvancılık, Turnip Townsend'in neolotik eşdeğeri bir dahinin bir gecede aklına gelen parlak fikir değildi.** Bir kere, sahipsiz ve açık kırlarda yabani hayvan avcıları, av alanlarını rakip avcılara karşı korumuş ya da sürüleri takip ederken bizzat sürüleri korumuş olabilirler. Buradan o hayvanları gütmeye, sonra beslemeye ve sonunda da ağıla koymaya ve barındırmaya geçiş doğal bir ilerlemeydi. Herhalde, bu değişimlerden hiçbiri gerçekleştikleri sırada devrim gibi görünmediler.

Bu arada hayvanlar da evriliyordu –yapay seçilimin basit biçimleriyle "evcilleşiyorlardı." Darvinci seçilimin hayvanlar üzerindeki sonuçları yavaş ve kademeli olurdu. Atalarımız, evcil uysallık "için" yetiştirme bilinçli

*Bu kitap boyunca "ilkel" sözcüğünü teknik anlamda, "ataların durumuna daha fazla benzer" anlamında kullanıyorum. Hiçbir aşağılama niyeti yoktur.

**Turnip Townsend, on yedinci yüzyıl başında yaşamış İngiliz devlet adamı. Kafayı şalgam yetiştirmeye takmıştı ve bu amaçla, çeşitli tarımsal deneyler yaptı. Asıl adı Charles Townsend'dir, şalgam takıntısından ötürü kendisine "Şalgam" (Turnip) lakabı takıldı [ç.n.].

niyeti olmadan, hayvanlar üzerindeki seçilim baskısını herhangi bir kasıt gütmeden değiştirdiler. Sürülerin gen havuzları içinde, yabani hayvanların çeviklik ya da diğer hayatta kalma becerilerinin bir avantajı artık olmayacaktı. Peş peşe evcil hayvan kuşakları daha fazla evcilleştiler, daha az kendi başlarının çaresine bakabilir hale geldiler; kuştüyü yataklı ev koşullarında büyümeye ve şişmanlamaya daha yatkın oldular. Sosyal karıncaların ve akkarıncaların yaprakbiti "sığırları" ve mantar "ekinleri"ni evcilleştirmelerinde çekici bir paralellik vardır. Randevu 26'da karınca hacılar bize katılınca, Yaprakkesen'in Hikâyesi'nde bunları dinleyeceğiz.

Modern bitki ve hayvan yetiştiricilerinden farklı olarak Tarım Devrimini yapan atalarımız, istenir özellikler için bilerek yapay seçilim yapmazdı. Süt verimini artırmak için, yüksek verimli inekleri yüksek verimli ineklerden doğmuş boğalarla çiftleştirme ve düşük verimli ineklerin buzağılarını ıskartaya çıkarma zorunluluğunu kavramış olup olmadıklarından kuşkuluyum. Rusların gümüş tilkiler üzerinde yaptıkları bazı ilginç çalışmalar, evcilleştirmenin rastlantısal genetik sonuçlarıyla ilgili bir fikir verir.

D. K. Belyaev ve meslektaşları yakalanan gümüş tilkileri (*Vulpes vulpes*) alıp, evcilleştirmek için sistemli bir biçimde üretmeye koyuldular. Dramatik ölçüde başarı oldular. Her kuşağın en evcilleşmiş olanlarını çiftleştiren Belyaev, 20 yıl içinde, Border köpekleri gibi davranan, insanlarla birlikte olmayı seven ve yaklaşınca kuyruk sallayan tilkiler üretti. Bu kadar hızlı olması şaşırtıcı olmasına karşı, olayın kendisi çok şaşırtıcı değil. Ehlileştirme için seçilimin yan ürünleri daha şaşırtıcıydı. Genetik olarak ehlileşen bu tilkiler yalnızca köpekler gibi davranmakla kalmadılar, köpeklere benzediler de. Postları siyah-beyaz, yüzleri alacalı oldu. Yabani bir tilkinin karakteristik sivri kulakları yerine, "sevimli" sarkık kulaklar geliştirdiler. Üreme hormonlarının dengesi değişti ve üreme mevsimi yerine, yıl boyunca üreme alışkanlığı edindiler. Belki de azalan saldırganlıklarıyla bağlantılı olarak, daha yüksek düzeyde sinirsel anlamda aktif kimyasal serotonin içerdikleri görüldü. Yapay seçilim yoluyla tilkileri "köpeklere" dönüştürmek yalnızca 20 yıl aldı.*

"Köpekler" sözcüğünü tırnak içine alıyorum; çünkü evcil köpeklerimizin ataları tilkiler değil, kurtlardır. Bu arada, Konrad Lorenz'in ünlü kurgusunun, yalnızca bazı köpek cinslerinin (Çin köpeği gibi gözde köpeklerin) kurtlardan türediği, geri kalanların çakallardan türediğine

*Kanadalı arkeolog Susan Crockford, bu tür değişimleri, iki tiroit hormonunun değişen düzeylerine bağladı.

ilişkin görüşün yanlış olduğu artık biliniyor. Lorenz, kuramını mizaç ve davranışla ilgili içgörülü anekdotlarla destekledi. Ama moleküler taksonomi insan içgörüsünü yener ve moleküler kanıtlar, tüm modern köpek cinslerinin bozkurttan, *Canis lupus*'tan geldiğini açıkça gösterir. Köpeklerin (ve kurtların) sonraki en yakın akrabaları kır kurtları ve Semien "çakalları"dır (artık öyle görünüyor ki, Semien kurtları demek gerekiyor). Gerçek çakallar (bayağı çakal, kara sırtlı çakal ve çizgili çakal), hâlâ *Canis* cinsi içine konulmalarına karşın, daha uzak akrabalardır.

Kuşkusuz, köpeklerin kurtlardan evrimlerinin özgün öyküsü, Balyaev'in tilkilerle canlandırdığı yeni öyküye benzer; ama bir farkla: Balyaev, evcilleştirmek amacıyla bilinçli bir biçimde üretiyordu. Atalarımız farkında olmadan yaptılar ve büyük olasılıkla, dünyanın birçok yerinde birbirinden bağımsız olarak birçok kez gerçekleşti. Belki de başlangıçta kurtlar, insanların kamp kurdukları yerlerin etrafındaki çöplerle beslenmeye geldiler. İnsanlar bu leşçileri atıklardan kurtulmanın güvenli bir yolu olarak görmüş olabilirler ve bekçi olarak, hatta sıcak uyku yorganı olarak onlara değer vermiş olabilirler. Bu dostluk senaryosu şaşırtıcı görünüyorsa, ortaçağın dehşet simgeleri olarak ormandan gelen kurtlar efsanesinin bilgisizlikten doğduğunu düşünün. Daha açık bir kırsal alanda yaşayan yabani atalarımız, işlerini iyi biliyorlardı. Aslında, açıkça daha iyisini biliyorlardı; çünkü sonunda kurdu evcilleştirip, sadık, güvenilir köpeği meydana getirdiler.

Kurdun bakış açısından da insan kampları, bir leşçiye zengin çöpler sağlıyordu ve bundan yararlanması en fazla olası olanlar, serotonin düzeyleri ve diğer beyin özellikleri ("ehlileşmeye yatkınlık") nedeniyle insanlardan tedirgin olmayanlardı. Birçok yazar, çocuklar tarafından evlat edinilen yetim eniklerle ilgili kurgu yapmıştır. Deneyler, evcil köpeklerin, insan yüzündeki ifadeleri "okuma"da kurtlardan daha iyi olduklarını gösteriyor. Bu, belki de, kuşaklar boyunca karşılıklı evrimimizin niyete bağlı olmayan bir sonucudur. Aynı zamanda biz de köpeklerin yüz ifadelerini okuyoruz ve köpeklerin yüz ifadeleri, insanların farkında olmadan yaptıkları ayıklama nedeniyle, kurtlarındakinden daha fazla insanınkine benzer olmuştur. Köpekler sevimli, suçlu, duygusal ve benzeri görünürken, kurtların uğursuz göründüklerini sanmamızın nedeni belki de budur.

Uzak bir paralel de, Japon "samurai yengeçleri" olayıdır. Bu yabani yengeçlerin sırtlarında, bir Samurai savaşçısının yüzünü andıran bir örüntü vardır. Bunun nedenine ilişkin Darvinci kuram şudur: Boşinançlı

balıkçılar, bir Samurai savaşçısını biraz andıran bireysel yengeçleri gerisin geri denize fırlattılar. Kuşaklar boyunca, insan yüzünü andırmaktan sorumlu genlerin "kendi" yengeçlerinin vücutlarında varlıklarını sürdürmeleri daha fazla olası olunca, bu tür genlerin nüfus içindeki sıklığı, bugün haline gelinceye kadar arttı. Yabani yengeçlerle ilgili bu öykü ister doğru olsun ister yanlış, sahiden evcilleştirilen hayvanların evriminde kesinlikle buna benzer bir şey oldu.

Evcilleştirmenin hangi hızda gerçekleşebildiğini ve evcilleştirme için seçilimin ardından, bir tesadüfi sonuçlar katarının gelme olasılığını gösteren Rusların tilki deneyine dönelim. Sığırların, domuzların, atların, koyunların, keçilerin, tavukların, kazların, ördeklerin ve develerin de bir o kadar hızlı ve beklenmedik yan etkileri bakımından bir o kadar zengin bir seyir izlemiş olmaları çok olasıdır. Bizlerin de, Tarım Devriminden sonra paralel bir evcilleşme yolunda, kendi evcilleşme versiyonumuza ve bununla bağlantılı ama dolaylı ve kasta bağlı olmayan özelliklere doğru evrilmiş olmamız da akla yakın görünüyor.

Bazı durumlarda, kendi evcilleşmemizin öyküsü genlerimize açıkça yazılıdır. William Durham'ın *Coevolution* kitabında kılı kırk yararcasına belgelediği klasik örnek, laktoz toleransıdır. Süt, bebek besinidir, yetişkinler için "tasarlanmış" değildir ve aslında yetişkinlere iyi gelmez. Laktoz, sütteki şeker, sindirilmek için tikel bir enzim –laktaz- gerektirir. (Bu arada, bu terminolojik geleneği unutmamak gerekir. Bir enzimin adı, çoğu kez, üzerinde etkili olduğu maddenin adının ilk hecesine "az" eklenerek elde edilir). Genç memeliler, normal sütten kesilme yaşını geçtikten sonra laktaz üreten genleri kapatırlar. Elbette, o genlerden yoksun olmaları söz konusu değil. Yalnızca çocuklukta ihtiyaç duyulan genler genomdan atılmazlar; tırtıl yapmak için ihtiyaç duyulan çok büyük sayıda geni taşıması gereken kelebeklerde bile. Ama laktaz üretimi, insan bebeklerde yaklaşık dört yaşında, diğer, denetleyici genlerin etkisi altında kesilir. Taze süt yetişkinleri hasta eder; şişkinlik ve bağırsak kramplarından ishal ve kusmaya kadar uzanan belirtilerle.

Tüm yetişkinler mi? Elbette hayır. İstisnalar vardır. Ben onlardan biriyim ve sizin de olma şansınız var. Benim genellemem bir bütün olarak insan türüyle ve dolayısıyla, hepimizin geldiği yabani *Homo sapiens*'le ilgiliydi. Sanki, Pekin köpeğinin ve Yorkshire teriyerinin yalanladığını bilerek, "Kurtlar, sürüler halinde avlanan ve ay ışığında uluyan büyük, azgın etçillerdir" demişim gibi. Fark, evcil kurt için ayrı bir sözcüğümüzün, köpek sözcüğünün, olması, evcil insan için olmamasıdır.

Evcil hayvanların genleri, insanlıkla kuşaklar boyu ilişkinin bir sonucu olarak, farkında olmadan gümüş tilkinin genleriyle aynı seyri izleyerek değişmiştir. (Bazı) insanların genleri, evcil hayvanlarla kuşaklar boyu ilişkinin bir sonucu olarak değişmiştir. Laktoz toleransı, Ruandalı Tutsiler (ve daha az ölçüde onların geleneksel düşmanları Hutular), Batı Afrikalı çobanıl Fulaniler (ilginç bir biçimde Fulanilerin yerleşik kolu dahil değil), Kuzey Hindistanlı Sindler, Batı Afrikalı Tuaregler, Kuzeydoğu Afrikalı Bejalar, benim ve belki de sizin geldiğiniz bazı Avrupalı kabileleri kapsayan az sayıda kabilede evrilmiş gibi görünüyor. Bu kabilelerin ortak yanı, bir çobanıllık tarihlerinin olmasıdır.

Yelpazenin diğer ucunda, yetişkin olarak normal insanın laktoz duyarlığını alıkoyan halklar Çinliler, Japonlar, Inuitler, yerli Amerikalıların büyük çoğunluğu, Javalılar, Fijililer, Avustralyalı Aborjinler, İranlılar, Lübnanlılar, Türkler, Tamiller, Sri Lankalılar, Tunuslular, Güney Afrika'da San, Tswana, Zulu, Xhosa ve Swazi, Kuzey Afrika'da Dinka ve Nuer, Batı Afrika'da Yoruba ve Igbo kabilelerini kapsamaktadır. Genel olarak, laktoza duyarlı bu halkların bir çobanıllık tarihi yoktur. Öğretici istisnalar vardır. Doğu Afrikalı Massailerin geleneksel yemek listesi, neredeyse yalnızca süt ve kandan oluşur ve laktoza duyarlı olmadıklarını düşünebilirsiniz. Ama öyle değil; belki sütü tüketmeden önce kestirdikleri için. Peynirde olduğu gibi, laktoz bakterilerle büyük ölçüde yok edilir. Kötü etkilerinden kurtulmanın bir yolu budur –bizzat malzemenin kendisinden kurtulmak. Diğer yol genleri değiştirmektir. Yukarıda sıralanan diğer çobanıl kabilelerde bu oldu.

Elbette hiç kimse genlerini bilerek değiştirmez. Bilim, bu değişikliğin nasıl olduğunu daha yeni çözmeye başlıyor. İşi, her zaman olduğu gibi, bizim adımıza doğal seçilim hallediyor ve bu, binlerce yıl önce gerçekleşmiş. Doğal seçilimin hangi yolla yetişkin laktoz toleransı ürettiğini tam olarak bilmiyorum. Belki yetişkinler çaresiz kaldıklarında bebek besinine başvurdular ve buna en iyi toleransı gösterenler hayatta kaldı. Belki bazı kültürler emzirme dönemini uzattılar ve bu koşullar altında hayatta kalan çocuklar giderek yetişkin toleransı geliştirdi. Ayrıntılar ne olursa olsun, değişim, genetik de olsa, kültür-itilimliydi. Evcilleşmenin evrimi ve sığırlarda, koyun ve keçilerde artan süt verimi, onları güden kabilelerde laktoz toleransının gelişmesine paralel oldu. Her iki gelişme, ahalideki gen dizilişlerinde değişiklikler söz konusu olduğu için, gerçek evrimsel eğilimlerdi. Ama her ikisine, genetik olmayan kültürel değişimler itilim verdi.

Laktoz toleransı, buz dağının yalnızca görünen kısmı mıdır? Genomlarımız, yalnızca biyokimyamızı değil, zihinlerimizi de etkileyen evcilleşme kanıtlarıyla dolup taşmakta mıdır? Belyaev'in evcilleştirilmiş tilkileri gibi, bizim köpek dediğimiz evcilleşmiş kurtlar gibi, sarkık kulakların, duygulu yüzlerin ve kuyruk sallamanın insani eşdeğerlerini geliştirip daha mı fazla ehlileştik, daha mı sevimlileştik?

Avcılık hayvancılığa kayarken, toplayıcılık da herhalde benzer bir şekilde bitki yetiştirmeye kaydı. Yine, çok büyük olasılıkla bilinçli bir şekilde olmadı. Kuşkusuz, yaratıcı buluş anları da oldu: insanlar, yere tohum atılınca aynı bitkinin çıktığını ilk fark ettiklerinde olduğu gibi. Ya da ilk kez birisi, tohumları sulamanın, etrafındaki yabancı otları temizlemenin ve gübrelemenin yararlı olduğunu gözlemlediğinde olduğu gibi. En iyi tohumları yiyip, kötülerini ekmek yerine, en iyilerini ekime saklayıp kötülerini yemenin iyi bir fikir olabileceğini anlamak herhalde daha zordu (babam, kolejden yeni mezun bir genç olarak, 1940'larda Orta Afrika'daki çiftçi köylülere tarım dersi vermişti; bana, anlatılması en zor derslerden birinin bu olduğunu anlatır). Ama toplayıcıdan tarımcıya geçiş, avcıdan sürücüye geçişte olduğu gibi, çok büyük olasılıkla ilgili kişilerce fark edilmeden oldu.

Buğday, yulaf, arpa, çavdar ve mısır gibi, yediğimiz tahılların birçoğu, tarımın şafağından bu yana farkında olunmadan ve daha sonra insanın bilinçli ayıklamasıyla büyük ölçüde değişmiş olan ot ailesinin üyeleridirler. Bizim de, süte toleransımızın evrimine paralel olarak, tahıllara toleransımızı da artıracak şekilde genetik olarak değişmiş olmamız olasıdır. Buğday ve yulaf gibi nişastalı tahıllar, Tarım Devriminden önce yemek listemizde öne çıkmış olamazlar. Portakaldan ve çilekten farklı olarak, tahıl tohumları yenilmek "istemezler." Bir hayvanın sindirim sisteminden geçmek, erik ve domates tohumlarının izlediği gibi, yayılma stratejisinin bir parçası değildir. İlişkinin bizim tarafında ise, insanın sindirim sistemi, kıt nişasta rezervleri ve sert, sevimsiz kabukları yüzünden ot ailesinin tohumlarından, yardım almadan fazla besin ememez. Öğütmek ve pişirmek sindirime bir ölçüde yardımcı olur; ama süte toleransın gelişmesine paralel olarak, yabani atalarımıza kıyasla buğdaya artan bir tolerans geliştirmiş olmamız akla yakın görünüyor. Buğday duyarlığı, buğdaydan uzak durmanın daha iyi olduğunu acı deneyimle öğrenen çok sayıda talihsiz birey için bilinen bir sorundur. Sanlar gibi avcı-toplayıcılarla tarımcı ataları uzun süre buğday yiyen diğer halklardaki buğday duyarlığı oranlarının karşılaştırılması, aydınlatıcı ola-

bilirdi. Farklı kabilelerdeki laktoz toleransıyla ilgili yapılana benzer kapsamlı bir buğday toleransı araştırması yapılmışsa da, benim haberim yok. Alkol toleransına ilişkin sistematik bir karşılaştırmalı araştırma da ilginç olurdu. Belli genetik alellerin, bizi istediğimizden daha az alkolü alt edebilir kıldığı biliniyor.

Her neyse, hayvanların yedikleri bitkilerle birlikte ortak evrilmeleri yeni bir gelişme değildi. Otlayan hayvanlar, biz buğdayı, arpayı, yulafı, çavdarı ve mısırı evcilleştirmeye başlamadan önce milyonlarca yıl boyunca otların üzerinde yararlı bir tür Darvinci seçilim gerçekleştirerek, evrimlerini karşılıklı işbirliğine doğru yöneltmişlerdi. Otlar, otlayıcılar var olunca gelişip gürleşir ve polenleri fosil kalıntılara girdiğinden beri 20 milyon yıl boyunca böyle davranmış olabilirler. Elbette söz konusu olan, tek tek bitkilerin yenilmenin yararını fiilen görmüş olmaları değil; ama bitkiler, biçilmeye rakip bitkilerden daha dayanıklı olabilirler. Düşmanımın düşmanı benim dostumdur ve otlar, yenildiklerinde bile, otçullar, toprak, güneş ve su için rekabet eden diğer bitkileri (bizzat otlarla birlikte) yedikleri zaman gelişirler. Milyonlarca yıl geçtikçe, otlar, yabani sığırların, antilopların, atların ve diğer ot biçicilerin varlığında gelişmeye daha fazla yetenekli hale geldiler. Otçullar da, örneğin otla beslenerek gelişmek için, mikroorganizma kültürleriyle fermantasyon tekneleri de dahil, karmaşık sindirim organları ve uzmanlaşmış dişlerle daha iyi donanımlı hale geldiler.

Evcilleşmeyle genellikle anlatmak istediğimiz bu değil; ama aslında bundan çok uzak da değil. Yaklaşık 10.000 yıl önce başlamak üzere Triticum cinsi yabani otlar, atalarımız tarafından bizim şimdi buğday dediğimiz şekilde evcilleştirildiği zaman, bu, bir bakıma, otçulların Triticum'un atalarına 20 milyon yıldır yaptıklarının bir devamıydı. Atalarımız süreci hızlandırdı; özellikle de daha sonra bizler bilinçsiz, rastlantısal evcilleştirmeden bilinçli, planlı seçici yetiştiriciliğe (ve daha yakın zamanda bilimsel melezlemeye ve genetik olarak tasarlanmış mutasyonlara) geçince.

Tarımın başlangıcıyla ilgili söylemek istediklerim bunlar. Şimdi, zaman makinemiz 10.000 yıl tabelasını geride bırakıp Randevu 0'a doğru yol aldıkça, yaklaşık 40.000 yıl önce, yine kısa bir ara veriyoruz. Burada tamamen avcı-toplayıcılardan oluşan insan toplumu Tarım Devriminden de büyük bir devrim, "kültürel İleriye Büyük Sıçrayış"ı yaşadı. İleriye Büyük Sıçrayış'ın hikâyesini, adını Dordogne'da fosilleri bulunan mağaradan alan Cro-Magnon İnsanı anlatacak.

CRO-MAGNON'UN HİKÂYESİ

Arkeoloji, yaklaşık 40.000 yıl önce türümüzün başına özel bir şey gelmeye başladığını öne sürüyor. Bu dönüm noktasından önce yaşamış olan atalarımız, daha sonra gelenlerle anatomik olarak aynıydı. Dönüm noktasından önceki insanların bizden farklılıkları, dünyanın çeşitli yerlerindeki çağdaşlarıyla aralarındaki farklılıklardan ya da bizim dünyanın diğer yerlerindeki çağdaşlarımızla aramızdaki farklılıklardan fazla değildi. Anatomilerine bakarsanız, durum böyle. Kültürlerine bakarsanız, muazzam bir fark var. Elbette, bugün dünyanın her tarafında farklı halkların kültürleri arasında da büyük farklar var ve muhtemelen o zaman da vardı. 40.000 yıldan çok daha fazla geriye gidersek, bu doğru olmaz. O zaman bir şey oldu –birçok arkeolog, bunu "olay" denilmeyi hak edecek kadar ani bir şey olarak görür. Jared Diamond'ın buna verdiği adı seviyorum: İleriye Büyük Sıçrayış.

İleriye Büyük Sıçrayış'tan önce, insan yapımı el ürünleri bir milyon yıldır pek değişmemişti. Bize kadar gelmiş olanlar, neredeyse bütünüyle, oldukça kaba şekilli taş aletler ve silahlardır. Kuşkusuz ağaç (ya da Asya'da bambu) çok daha sık işlenen bir malzemeydi, ama ahşap kalıntıların varlığını sürdürmesi kolay değil. Anlatabildiğimiz kadarıyla, resimler, oymalar, heykeller, mezar taşları, süslemeler yoktu. Sıçrayış'tan sonra, arkeolojik kalıntılarda bütün bu şeyler, kemik flüt gibi müzik aletleriyle birlikte aniden ortaya çıkıyorlar ve Cro-Magnon halkının, Lascaux Mağarası duvar resimleri gibi şaşırtıcı eserler yaratması uzun sürmemiş [Bkz. resim 2]. Başka bir gezegenden seyreden tarafsız bir gözlemci, bilgisayarları, sesten hızlı uçakları olan ve uzay araştırmaları yapan modern kültürümüzü, İleriye Büyük Sıçrayış'a daha sonra eklenen bir şey olarak görebilir. Çok uzun jeolojik zaman ölçeğinde, Sistina Şapeli'nden Özel Görelilik'e, *Goldberg Variations*'tan Goldbach Kestirimi'ne kadar tüm modern başarılarımız, Willendorf Venüsü'yle ve Lascaux Mağarası resimleriyle neredeyse çağdaş, aynı kültürel devrimin parçası, uzun süren Alt Paleolitik Çağ durgunluğundan sonra gelen kültürel başkaldırının parçası olarak görülebilir. Gezegen dışı gözlemcimizin tek-tipleştirici görüşünün daha keskin çözümlemeye dayanıp dayanmayacağından emir değilim; ama en azından kısa süreliğine savunulabilir.

David Lewis-Williams'ın *The Mind in the Cave*'i, Üst Paleolitik Çağ mağara sanatını ve *Homo sapiens*'te bilinç gelişimini ele alır.

Bazı yetkililer İleriye Büyük Sıçrayış'tan o kadar etkilenirler ki, dilin kökeniyle örtüştüğünü düşünürler. Soruyorlar: Böylesine ani bir değişik-

liğin nedeni başka ne olabilir? Dilin aniden doğduğunu öne sürmek, göründüğü kadar ahmakça değildir. Yazının birkaç bin yıldan geriye gittiğini kimse düşünmez ve beyin anatomisinin, yazının icadı gibi yakın zamana ait bir şeyle çakışacak şekilde değişmediğini herkes kabul eder. Kuramda, konuşma, aynı şeyin başka bir örneği olabilir. Yine de, Steven Pinker gibi bir dilbilim otoritesiyle desteklenen benim önsezime göre, dil, Sıçrayış'tan daha eskidir. Bir milyon yıl geriye gittiğimizde, hac yolculuğumuz *Homo ergaster*'e (*erectus*) ulaştığında bu noktaya geri döneceğiz.

İleriye Büyük Sıçrayış, bizzat dilin kendisiyle değilse bile, yeni bir yazılım tekniği diyebileceğimiz şeyin ani keşfiyle örtüştü; belki de, bir hamlede "ya ... ise" imgeleminin gelişmesini olanaklı kılacak koşul cümleciği gibi, yeni bir gramer hünerinin keşfiyle. Ya da belki, Sıçrayış'tan önceki erken dil, yalnızca orada, görünürde olan şeylerden söz etmek için kullanılabiliyordu. Belki unutulmuş bazı dahiler, sözcükleri gönderimli bir biçimde dolaysızca orada olmayan şeylerin işareti olarak kullanma olanağını kavradılar. Bu, "İkimizin de görebildiği şu su birikintisi" ile "Tepenin öbür tarafında bir su birikintisi olduğunu farz et" arasındaki farktır. Ya da belki, Sıçrayış'tan önceki arkeolojik kalıntılarda hemen hemen hiç bilinmeyen temsili sanat, gönderimsel dile bir köprüydü. Belki de insanlar, dolaysız bir biçimde görünmeyen bizon hakkında konuşmayı öğrenmeden önce, bizon resmini çizmeyi öğrendiler.

İleriye Büyük Sıçrayış zamanının etrafında oyalanmayı çok isterdim ama, tamamlamamız gereken uzunca bir hac yolculuğumuz var ve vakit geçirmeden geriye doğru ilerlemeliyiz. Ortak Ata 0'ı, varlığını sürdüren tüm insanların en yakın ortak atasını aramaya başlayabileceğimiz noktaya yaklaşıyoruz.

Randevu 0
TÜM İNSANOĞLU

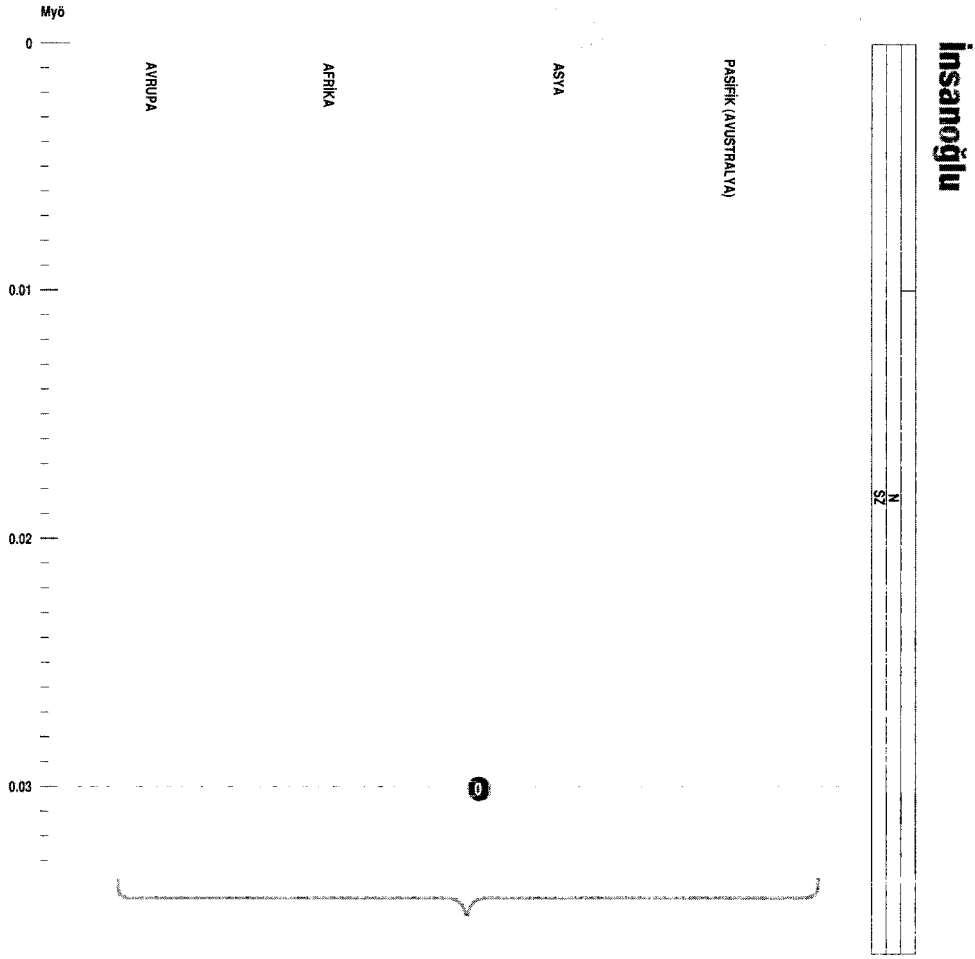
İnsan genom projesi tamama erdi, haklı olarak gururlu bir insanlık tarafından selamlandı. Haklı olarak, kimin genomunun dizilendiğini merak edebiliriz. Bu onur için ünlü bir kodaman mı seçildi, yoksa kimsenin sokakta bulmadığı bir rastlantı, hatta bir doku kültürü laboratuvarından hücrelerin anonim bir kopyası mı? Birbirimizden farklı olduğumuza göre bu önemlidir. Benim kahverengi gözlerim var, sizinkiler belki mavidir. Ben dilimi kıvırıp bir tüpün içine sokamam; oysa siz yüzde 50 yapabilirsiniz. Dil kıvırma geninin hangi versiyonu, onu yayımlanan insan genomu içine sokar? Kanonik göz rengi nedir?

Soruyu yalnızca bir paralel çizmek için soruyorum. Bu kitap "bizim" atalarımızın zaman içinde geriye doğru izini sürüyor; ama kimin atalarından söz ediyoruz; sizin mi, yoksa benim mi, bir Bambuti Pigmenin mi, yoksa Torres Boğazı adalarında yaşayan birinin mi? Bu soruya birazdan geleceğim. Ama önce, İnsan Genomu Projesi'yle ilgili sorduğum soruyu ortada bırakamam. Çözümleme için kimin genomu seçilir? "Resmi" İnsan Genomu Projesi'nde yanıt şöyledir: Değişik DNA harflerinin düşük bir yüzdesi için kanonik genom, ırksal çeşitliliğin iyi bir dağılımını verecek şekilde seçilmiş iki yüz insan arasında çoğunluk "oyu"dur. Dr. Craig Venter'in başlattığı rakip projede, çözümlenen genom çok büyük ölçüde... Dr. Craig Venter'inkiydi. Adam bunu kendisi açıkladı ve her türlü canlı ve değerli nedenden ötürü vericilerin anonim olmaları ve farklı ırklardan alınmalarını öneren etik komiteyi hayrete düşürdü.* İnsanın genetik çeşitliliğini incelemeye yönelik başka projeler de vardır ve bu projeler, sanki insanların farklı olduklarını kabul etmek bir bakıma uygunsuzmuş gibi, sürekli siyasal saldırıya uğrarlar. Çok farklı olmasak da, iyi ki farklıyız.

Artık geriye doğru hac yolculuğumuza dönelim. Kimin atalarının izini süreceğiz? Yeterince geri gidersek, herkesin atası ortaktır. Siz kim olursanız olun, sizin bütün atalarınız benim, benim bütün atalarım da sizin atalarınızdır; yalnızca yaklaşık olarak da değil, harfiyen. Bu, düşünerek erişebileceğiniz, başka bir kanıta ihtiyacı olmayan hakikatlerden biridir. Matematikçinin *saçmaya indirgeme* yöntemini kullanarak saf

*Ekibi köpek genomunu deşifre etmeye geçince, onurlandırılan bireyin Dr. Venter'in kendi kaniş köpeği Shadow olduğunu keşfetmek şaşırtıcı olmadı.





İnsanoğlu. İnsan aile ağacının şekilli bir ifadesi. Doğru bir betimleme amacı gütmez –gerçek ağaç, başa çıkılamaz ölçüde yoğun olurdu. Sayfadan aşağı doğru inmek, sağdaki çubukla verilen jeolojik zaman ölçeğiyle (bkz. Resim 1) birlikte zaman içinde geri gitmek anlamına gelir. Beyaz çizgiler, çoğu kıtaların içinde ve ara sıra kıtalar arası göçle de birlikte, melezleşme örüntülerini gösteriyor. Numaralı çember Ortak Ata 0'ı, tüm canlı insanların en yakın ortak atasını işaret eder. Ortak Ata 0'dan yukarıya doğru yolları izleyerek bunu doğrulayın: Modern insanlardan birine ulaşabilirsiniz.

akılla kanıtlarız. Hayali zaman makinemizi saçmalık ölçüsünde geriye, diyelim 100 milyon yıl önceye, atalarımızın sivrifarelere ya da Amerika keseli sıçanlarına benzediği bir çağa götürelim. O eski tarihte dünyanın bir yerinde, kişisel atalarımdan en az birinin yaşamış olması gerekir, yoksa ben burada olmazdım. Bu tikel küçük memeliye Henry diyelim. Eğer Henry benim atamsa, sizin de atanız olması gerektiğini tanıtlamaya çalışıyoruz. Bir an tersini düşünün: Ben Henry'nin soyundanım, siz değilsiniz. Bunun olması için, benim soyum ile sizin soyunuzun 100 milyon yıllık evrim sürecinde birbirine hiç dokunmadan yan yana bugüne kadar yürümüş olmaları, hiç melezleşmemeleri, ama sonunda aynı evrim durağına varmış –sizin akrabalarınız hâlâ melezleşebilecek kadar benimkilere benzer– olmaları gerekir. Bu indirgeme, açıkça saçmadır. Henry benim atamsa, sizin de atanız olmak zorundadır. Benimki değilse, sizinki de olamaz.

Ne kadar eskinin "yeterli" olduğunu belirtmeden, insan torunları olan yeterince eski bir bireyin, tüm insan ırkının bir atası olması gerektiğini kanıtladık. İnsan türü gibi tikel bir torun grubunun çok uzak atası, bir ya hep ya hiç işidir. Dahası, Henry'nin benim atam olması (bu kitabı okuyacak kadar insan olduğunuza göre, zorunlu olarak sizin de), Henry'nin kardeşi Eric'in ise sözgelişi varlığını sürdüren tüm karıncayiyenlerin atası olması olanaklıdır. Yalnızca olanaklı olmakla da kalmaz. Şurası bariz bir gerçektir: Tarihte, aynı türden iki hayvanın bulunduğu, bunlardan birinin tüm insanların atası olduğu ve hiçbir karıncayiyenin atası olmadığı, diğerinin tüm karıncayiyenlerin atası olduğu, hiçbir insanın atası olmadığı bir uğrak *olmalı*. Bunlar karşılaşmış olabilirler, hatta kardeş bile olabilirler. Karıncayiyenin üstünü çizip, yerine istediğiniz herhangi bir modern türü geçirebilirsiniz; ifade yine de doğru olmalıdır. Biraz düşünün, bunun, tüm türlerin birbirlerinin kuzeni olmaları olgusundan kaynaklandığını anlarsınız. Bunu yaparken, "tüm karıncayiyenlerin atası"nın, karıncayiyenler dışında bir sürü farklı şeyin de (bu durumda, Randevu 13'te karşılaşacağımız ve filleri, dugongları, damanları ve Madagaskar tenreklerini kapsayan ve Afrotheria denilen büyük grubun tamamının) atası olacağını unutmayın.

Benim akıl yürütmem, bir saçmaya indirgeme olarak kuruldu. "Henry"nin, ya tüm yaşayan insanların babası olduğu, ya hiçbirinin olmadığı aleni olacak kadar uzun zaman önce yaşadığı varsayıldı. Ne kadar uzun zaman, yeterine uzundur? Daha zor bir soru. 100 milyon yıl, aradığımız sonucu sağlama almaya yetecek zamandan fazladır. Yalnızca 100 yıl

geriye gidersek, hiçbir birey tüm insan ırkını doğrudan torunu sayamaz. 100 yıl ile 100 milyon yıl önceki apaçık durumlar arasındaki 10.000, 100.000 ya da 1 milyon yıl gibi belirsiz ara durumlarla ilgili ne söyleyebiliriz? *River Out of Eden*'da bu indirgemeyi açıkladığım sırada kesin hesaplamalar beni aşıyordu; ama Yale Üniversitesi'nde Joseph T. Chang adlı bir istatistikçi bu konuda bir başlangıç yaptı. Vardığı sonuçlar ve bu sonuçların vargıları, Tasmanyalı'nın Hikâyesi'ni, Ortak Ata 0 tüm yaşayan insanların en yakın ortak atası olduğu için, bu randevuya özellikle uygun bir hikâyeyi oluşturuyor. Bu, Randevu 0'ı tarihlememiz için yapmamız gereken Chang'ınkine benzer hesaplamaların daha ayrıntılı versiyonudur.

Randevu 0, geriye doğru hac yolculuğumuzda bir ortak insan atayla *ilk* karşılaştığımız zamandır. Ama saçmalığa indirgeme yöntemimize göre, geçmişte, zaman makinemizle birlikte karşılaştığımız *her* bireyin ya bir ortak ata olduğu, ya da ata olmadığı daha öte bir nokta vardır. Bu daha uzak kilometre taşında tek bir ata seçilip ayrılamaz; ama geçerken, bir selam vermeye değer; çünkü sizin atalarınızın mı, yoksa benim atalarımın mı izini sürdüğümüz endişesine kapılmayı bırakabileceğimiz noktaya işaret eder: Bu kilometre taşından itibaren tüm okurlarım, geçmişe giden bir hacılar kafilesinde omuz omuza yürürler.

TASMANYALI'NIN HİKÂYESİ

Yan Wong'la birlikte yazıldı

Ataların izini sürmek, ayartıcı bir uğraştır. Tarihte olduğu gibi, burada da iki yöntem vardır. Geriye doğru gidip iki ebeveyninizi, dört büyük-ebeveyninizi, sekiz büyük-büyük-ebeveyninizi sıralayabilir ve böylece devam edebilirsiniz. Ya da uzak bir atayı alıp ileri doğru gider, ondan çocuklarına, torunlarına, torunlarının torunlarına ilerlersiniz; ta ki kendinize gelene kadar. Amatör soybilimciler ikisini de yapıp, kilise kayıtları ve aile kutsal kitapları elverdiği ölçüde soyağacını doldurana kadar kuşaklar arasında gidip gelirler. Bu hikâye, bir bütün olarak kitabın kendisi gibi, geriye doğru yöntemini kullanır.

Rasgele iki insanı alın ve geriye doğru gidin; eninde sonunda en yakın ortak ataya –EYOA– çarparız. Siz ile benim, tesisatçı ile kraliçenin, tek bir ortak atada (ya da ortak ata çiftinde) buluşmamız gerekir. Ama ortak atası aranacak kimseleri birbirleriyle yakın akraba olanlardan seçmediğimiz sürece, ortak atayı bulmak dev bir aile ağacını gerektire-

cektir ve bu ağacın çok büyük bölümü de bilinemez kalacaktır. Bu durum, bugün yaşayan tüm insanların ortak atası için daha da geçerlidir. Ortak Ata 0'ı, yaşayan tüm insanların en yakın ortak atasını tarihlemek, bir soybilimcinin yapabileceği bir iş değildir. Bu, bir hesap işi, Matematikçiye göre bir iştir.

Uygulamalı matematikçi, gerçek dünyayı, onun basitleştirilmiş bir versiyonunu –bir "model"– kurarak anlamaya çalışır. Model, gerçekliği aydınlatma gücünü yitirmeden düşünmeyi kolaylaştırır. Bir model, bazen bize bir temel, gerçek dünyayı açıklamak için hareket noktaları sunar.

Varlığını sürdüren tüm insanların ortak atalarını tarihlemek için matematiksel bir model kurmada, göç alıp vermeyen bir adada yaşayan, sabit ve değişmez büyüklükte üreyen bir nüfus iyi bir basitleştirme varsayımıdır –bir tür oyuncak dünya. Bu nüfus, on dokuzuncu yüzyıl yerleşimcileri tarafından bir tarım zararlısı olarak imha edilmeden önceki mutlu zamanlarında, idealleştirilmiş bir Tasmanyalı Aborjinler nüfusu olsun. Son saf-kan Tasmanyalı olan Truganinni, testis torbasından tütün kesesi yapılan (Nazi lambalarının abajurları) dostu "Kral Billy"den hemen sonra, 1876'da öldü. Tasmanyalı Aborjinler 13.000 yıl kadar önce, Tasmanya'yı Avustralya'ya bağlayan kara köprüleri deniz seviyesinin yükselmesi sonucu sular altında kalınca yalıtıldılar ve on dokuzuncu yüzyılda hınçla gelip kendilerini soykırıma uğratanları görünceye kadar, hiçbir yabancıyla karşılaşmadılar. Model kurmak amacıyla, Tasmanya'yı 1800'e kadar 13.000 yıl boyunca dünyadan tamamen yalıtık sayıyoruz. Modelimizde kuramsal "şimdi"miz, MS 1800 olarak belirlenecek.

Bir sonraki adım, çiftleşme örüntülerini modellemektir. Gerçek dünyada insanlar aşık olur ya da görücü usulüyle evlenirler; ama burada biz model kurucularız, insani ayrıntıların yerine acımasızca izlenebilir matematiği geçiriyoruz. Birden fazla çiftleşme modeli hayal edebiliriz. Rasgele saçılma modelinde, doğdukları yerden dışarıya doğru saçılan parçacıklar gibi davranan, uzak komşulardan çok yakın komşularla çarpışması daha fazla olası olan erkekler ve kadınlar vardır. Rasgele çiftleşme modeli, daha basit ve daha az gerçekçi bir modeldir. Burada uzaklığı tamamen unutuyoruz ve adanın kesin sınırları içinde, herhangi bir erkek ile herhangi bir dişi arasında çiftleşmenin eşit derecede olası olduğunu varsayıyoruz.

Elbette her iki model de akla uygun değil. Rasgele saçılma modeli, insanların başlangıç noktalarından herhangi bir yöne yürüdüklerini

varsayar. Gerçeklikte ise ayaklarına yön veren patikalar ya da yollar vardır: Adanın ormanlarından ve çayırlarından geçen dar gen olukları. Rasgele çiftleşme modeli daha da gerçekdışıdır. Önemli değil. İdeal olarak basitleştirilmiş koşullarda nelerin olacağını görmek için modeller kuruyoruz. Şaşırtıcı olabilir. Sonra gerçek dünyanın daha az mı, yoksa daha fazla mı şaşırtıcı olduğunu düşünmemiz gerekir.

Uzun bir matematiksel genetik geleneğini izleyen Joseph Chang, rasgele çiftleşmeyi tercih etti. Modeli, nüfus büyüklüğünü değişmez sayarak göz ardı ediyordu. Özel olarak Tasmanya'yla ilgilenmedi; ama biz, yine hesaplanmış bir aşırı basitleştirme olarak, oyuncak nüfusumuzun 5.000'de sabit kaldığını varsayacağız –1800 yılında, katliamdan önce Tasmanya'nın yerli nüfusu da tahminen 5.000'di. Bu tür basitleştirmelerin matematiksel modellemede çok önemli olduklarını, yöntemin bir zayıflığı değil, onun belli amaçlar doğrultusundaki gücü olduğunu tekrarlamalıyım. Chang, insanların rasgele çiftleştiklerine elbette inanmaz; aynı şekilde Eukleides de çizgilerin eninin olmadığına inanmıyordu. Nereye vardıklarını görmek için soyut varsayımları izliyoruz; sonra da, gerçek dünyadan ayrıntılı farklılıkların önemli olup olmadıklarına karar veriyoruz.

O halde, şimdide yaşayan herkesin atası olan bir birey bulduğumuzdan makul ölçüde emin olmak için, kaç kuşak geriye gitmeliyiz? Soyut modelden hesaplanan yanıt, nüfus büyüklüğünün logaritmasıdır (taban 2). Bir sayının taban 2 logaritması, o sayıyı elde etmek için 2'yi kaç kez kendisiyle çarpmanız gerektiğini gösteren rakamdır. 5.000'i elde etmek için, 2'yi yaklaşık 12,3 kez kendisiyle çarpmanız gerekir; o yüzden Tasmanyalı örneğimiz için, kuram bize, ortak atayı bulmak için 12.3 kuşak geriye gitmemizi söylüyor. Her yüzyılda dört kuşak olduğunu varsayarsak, bu dört yüzyıldan az bir zamandır. Hatta insanlar 25 yaşından önce ürerlerse daha da kısalan bir zamandır.

Belirli bir nüfusun en yakın ortak atasının tarihine "Chang Bir" adını veriyorum. Chang Bir'den geriye doğru devam edersek, *herkesin* ya bir ortak ata olduğu ya da varlığını sürdüren torun sahibi olmadığı bir noktaya –buna da "Chang İki" diyeceğim– gelmemiz uzun sürmez. Yalnızca Chang Bir ile Chang İki arasındaki kısa fetret devrinde, varlığını sürdüren bazı torunları olan, ama herkesin ortak ataları olmayan ara bir insan kategorisi vardır. Chang İki'de çok sayıda insanın evrensel ata olması, şaşırtıcı bir çıkarımdır: Herhangi bir kuşaktaki bireylerin yaklaşık yüzde 80'i, kuramda, uzak gelecekte canlı olan herkesin ataları olacaklar.

Zamanlamaya gelince, matematik, Chang İki'nin Chang Bir'den yaklaşık 1,77 kat eski olduğu sonucunu veriyor. 1,77 kere 12,3, 22 kuşağın hemen altını, beşinci yüzyıl ile altıncı yüzyıl arasını verir. Bu nedenle, zaman makinemizi Tasmanya'da geriye doğru, İngiltere'de Geoffrey Chaucer'in zamanı civarına denk gelen zamana sürersek, "ya hep ya hiç" ülkesine gireriz. Oradan da daha geriye, Tasmanya'nın Avusturalya'yla bitişik olduğu ve tüm bahislerin kapandığı zamana gidersek, zaman makinemizin karşılaştığı herkes ya tüm nüfusun atasıdır, ya da hiç torunları yoktur.

Sizi bilmem, ama ben hesaplanan bu tarihleri şaşılacak ölçüde yakın zamana ait buluyorum. Dahası, daha büyük bir nüfus varsaysanız da sonuçlar fazla değişmez. Bugünkü İngiltere'nin büyüklüğünde, 60 milyonluk bir nüfusu model alsak, Chang Bir'e ve en genç evrensel atamıza ulaşmamız için yalnızca 23 kuşak geri gitmemiz gerekir. Model İngiltere'ye uygulansa, Chang İki, herkesin tüm modern İngilizlerin ya atası olduğu ya da hiçbirinin atası olmadığı zaman, yaklaşık 40 kuşak öncesi ya da MS 1000 civarıdır. Modelin varsayımları doğruysa (elbette değildir), Kral Büyük Alfred ya bugünkü İngilizlerin tümünün atasıdır, ya da hiçbirinin atası değildir.*

Başladığım uyarıları tekrarlamalıyım. İngiltere'de, Tasmanya'da ya da başka yerde, "model" nüfus ile "gerçek" nüfus arasında her türlü fark vardır. İngiltere'nin nüfusu tarihsel zamanda dik bir tırmanışa geçip bugünkü büyüklüğüne ulaşmıştır ve bu, tüm hesapları tamamen değiştirir. Herhangi bir gerçek nüfusta, insanlar rasgele çiftleşmezler. Kendi kabilelerini, dil gruplarını ya da yerel alanlarını kayırırlar ve elbette hepsinin bireysel tercihleri vardır. İngiltere'nin tarihi işi daha da karmaşıklaştırır: Coğrafi bir ada olmasına karşın, nüfusu yalıtık olmaktan çok uzaktır. Yüzyıllar boyunca Avrupa'dan içeriye göç dalgaları gelmiştir: Romalılar, Saksonlar, Danlar, Normanlar ve diğerleri.

Tasmanya ve İngiltere adaysa, dünya da büyük bir "ada"dır; zira göç alıp vermez (uzaylılar uçan dairelerle adam kaçırmaz ya da uzaylılar kaçırılmaz). Ama kıtalara ve daha küçük adalara bölünmüştür; yalnızca denizleri de yoktur; insanların hareketlerini değişik ölçülerde engelleyen sıradağları, ırmakları ve çölleri de vardır. Rasgele çiftleşmeden karmaşık

*Büyük istatistikçi ve evrim genetikçisi Sir Ronald Fisher (1890-1962), karakteristik ileri görüşlülüğüyle, Büyük Leonard Darwin'e (1850-1943, Charles'ın sondan ikinci oğlu) gönderdiği 15 Ocak 1929 tarihli bir mektupta şunları yazıyordu: "Hazreti Süleyman 100 kuşak önce yaşadı ve soyu tükenmiş olabilir; tükenmemişse, hepimizin atası olduğuna ve neredeyse eşit oranda olduğuna bahse girerim, bilgeliği eşit dağılamamış olsa da." J. H. Bennett (ed. 1983), *Natural Selection, Heredity and Eugenics*. Oxford: Clarendon Press, s. 95'te.

yola çıkışlar hesaplarımızı biraz değil, fazlasıyla bozar. Dünyanın şu andaki nüfusu 6 milyardır; ama 6 milyarın logaritmasını bulup, ortaya çıkan ortaçağ tarihini Randevu 0'ın tarihi olarak sineye çekmek saçma olurdu! İnsanlığın kuytulukları hesaplamakta olduğumuz büyüklük sıralamalarından daha uzun süre ayrı kaldıklar için de olsa, gerçek tarih daha eskidir. Bir ada, Tasmanya gibi, 13.000 yıl yalıtık kalmışsa, bir bütün olarak insan ırkının 13.000 yıldan genç bir evrensel ataya sahip olması olanaksızdır. Alt-nüfusların kısmi yalıtılmışlığı bile, rasgele olmayan çiftleşmeler gibi, hesaplamalarımızı altüst eder.

Dünyadaki en yalıtık ada nüfusunun yalıtık hale geldiği tarih, Randevu 0'ın tarihine bir alt sınır koyar. Ama bu alt sınırı ciddiye almak için, yalıtılmışlığın mutlak olması gerekir. Daha önce hesapladığımız yüzde 80 rakamından bu çıkıyor. Tasmanya'ya tek bir göçmen, normal bir biçimde üreyecek kadar topluma kabul edildikten sonra, sonunda tüm Tasmanyalıların ortak bir ortak atası olma şansı yüzde 80'dir. O yüzden az miktarda göç bile, başta türlü yalıtık bir nüfusun aile ağacını anakaranın aile ağacına aşılamaya yeter. Randevu 0'ın zamanının, insanlığın en yalıtık kuytusunun komşusundan tamamen yalıtıklaştığı tarihe, artı komşusunun da kendi komşusundan tamamen yalıtıklaştığı tarihe... bağlı olması olasıdır. Tüm aile ağaçlarını birleştirmeden önce birkaç sıçrama adasına ihtiyaç olabilir; ama o zaman, Ortak Ata 0'a toslamamız birkaç yüzyılı alır. Bu, Randevu 0'ı birkaç on bin yıl önceye koyardı.

Randevu 0'ın nerede gerçekleşeceğine gelince, bu da neredeyse bir o kadar şaşırtıcıdır. Benim ilk tepkim gibi, siz de Afrika sanabilirsiniz. Afrika insanoğlundaki en derin genetik bölünmeleri barındırır; o yüzden yaşayan tüm insanların ortak atasını aramak için mantıklı bir yer gibi görünür. Şöyle de denilmiştir: Sahra-altı Afrika'yı yok ederseniz, insanın genetik çeşitliliğinin büyük çoğunluğunu kaybedersiniz; oysa Afrika dışında her yeri yok edebilirsiniz ve fazla bir şey değişmez. Ne var ki, Ortak Ata 0, Afrika dışında da yaşamış olabilir. Ortak Ata 0, coğrafi olarak en yalıtık nüfusu –sözgelişi Tasmanya– dünyanın geri kalan kısmıyla birleştiren en yakın ortak atadır. Afrika da dahil, dünyanın geri kalan kısmındaki nüfusların, Tasmanya'nın tamamen yalıtık olduğu uzun dönem boyunca en azından biraz melezleştiklerini varsayarsak, Chang'ın hesaplamalarının mantığı, Ortak Ata 0'ın Afrika'nın dışında, torunları Tasmanyalı göçmen olan göçmenlerin çıkış noktasına yakın bir yerde yaşadığı kuşkusuna kapılmamıza yol açabilir. Ama Afrikalı gruplar in-

sanlığın genetik çeşitliliğinin çok büyük bölümünü barındırıyor. Görünüşteki bu paradoks, bir sonraki hikâyede, insanlardan çok genlerin aile ağaçlarını araştırdığımız zaman çözülüyor.

Vardığımız şaşırtıcı sonuç şudur: Ortak Ata 0 muhtemelen on binlerce yıl önce ve çok büyük olasılıkla Afrika dışında yaşadı.* Diğer türlerin de oldukça yakın ortak ataları olabilir. Ama Tasmanyalı'nın Hikâyesi'nin, bizi biyolojik düşünceleri yeni bir ışıkla incelemeye zorlayan tek yanı bu değildir. Bir nüfusun yüzde 80'inin evrensel ata olması, profesyonel Darvinci uzmanlara bir paradoks gibi görünür. Açıklayayım. Bireysel organizmaların, "uygunluk" denilen bir niceliği azamileştirmeye çalıştığını düşünmeye alışığız. Gözde bir yaklaşım, "çocukların toplam sayısı"dır. Bir diğeri de "torunların toplam sayısı"dır; ama torunlarda durmanın hiçbir açık nedeni yoktur ve birçok otorite, "gelecekte uzak bir tarihte yaşayan torunların toplam sayısı" gibi bir şey söylemeyi tercih ediyorlar. Ama, doğal seçilimin olmadığı kuramsal olarak ideal nüfusumuzda nüfusun yüzde 80'i azami olası "uygunluk"a sahip olmayı umabilirse, yani tüm nüfusa kendi torunları olarak sahip çıkmayı umabilirse, bir sorunumuz var gibi görünüyor! Darvinciler, "uygunluk"u, tüm hayvanların sürekli azamileştirmeye çalıştıkları şey saydıkları için, bunu önemsiyorlar.

Uzun zamandır bir organizmanın yarı-amaçlı bir kendilik –herhangi bir şeyi azamileştirebilen bir kendilik– gibi davranmasının tek nedeninin, geçmiş kuşaklar boyunca varlığını sürdürmüş olan genler tarafından yapılandırılması olduğunu savunuyorum. Kişileştirmenin ve niyet yüklemenin, "geçmişte hayatta kalan gen"i "gelecekte üreme niyeti" gibi bir şeye çevirmenin bir çekiciliği vardır. Ya da "gelecekte bir sürü toruna sahip olma bireysel niyeti"ne. Bu tür kişileştirmeler genlere de uygulanabilir: Genleri, bireysel vücutları etkileyip aynı genlerin gelecekteki kopyalarının sayısını artıracak şekilde davranmalarını sağlıyorlarmış gibi görmeye hevesleniriz.

İster birey, ister gen düzeyinde olsun böyle bir dil kullanan bilim insanları, bunun yalnızca bir mecaz olduğunu çok iyi bilirler. Genler, DNA molekülleridir. "Bencil" genlerin *gerçekten* bilerek hayatta kalma niyetine sahip olduklarını düşünmeniz için zırdeli olmanız gerekir! Her zaman tekrar saygın dile çevirebiliriz: Dünya, geçmişte hayatta kalmış

*Bu kitabın birinci baskısından hemen sonra Rohde, Olsen ve Chang'ın *Nature* dergisinde (cilt 431. s. 562) yayımlanan bir yazıları, Randevu 0'ın yalnızca 3.500 yıl önce, umduğumdan daha yakın bir zamanda gerçekleştiğini öne sürdü. Onlar da, Ortak Ata 0'ın olasılıkla Asyalı olduğu sunucuna varıyorlar.

genlerle doludur. Dünya belli bir istikrara sahip olduğuna ve kaprisli bir biçimde değişmediğine göre, geçmişte hayatta kalmış olan genler, gelecekte de hayatta kalmayı becerecek genler olma eğilimindedirler. Yani vücutları, hayatta kalmaya ve çocuk, torun ve uzak torun yapmaya programlamayı beceren genler. Böylece yine bireyi temel alan, geleceğe yönelmişlik tanımımıza ulaştık. Ama şimdi de, bireylerin yalnızca gen kalıcılığının taşıtları olarak önemli olduklarını kabul ediyoruz. Torun ve uzak torun sahibi bireyler, yalnızca, gen kalıcılığı amacının bir aracıdırlar. Bu da bizi paradoksumuza geri getirir. Yüzde 80'lik üreme düzeyiyle bu amaç zaten bütünüyle -en yüksek düzeyde doymuş olarak- gerçekleştirilmiş olur.

Paradoksu çözmek için kuramsal temele, genlere dönüyoruz. Adeta iki yanlış bir doğru edermiş gibi, bir paradoks kurarak başka bir paradoksu etkisizleştiriyoruz. Şunu düşünün: Bireysel bir organizma gelecekteki uzak bir zamanda tüm nüfusun evrensel bir atası olabiliyor, ama genlerinden tek biri bile o gelecekte varlığını sürdürmüyor! Bu nasıl olabilir?

Bir birey bir çocuk sahibi olduğu her seferinde, genlerinin *tamı tamına* yarısı çocuğa geçer. Bir torun sahibi olduğu her seferinde, genlerinin ortalama dörtte biri o çocuğa geçer. Katkı yüzdesinin kesin olduğu ilk kuşaktan farklı olarak, her torun için geçerli rakam istatistikseldir. Dörtte birden fazla da olabilir, az da olabilir. Genlerinizin yarısı babanızdan, yarısı annenizden gelir. Siz bir çocuk yaptığınızda, genlerinizin yarısını çocuğa aktarırsınız. Ama genlerinizin hangi yarısını çocuğa verirsiniz? Ortalama olarak, çocuk, onun dedesinden ve ninesinden aldığınız genlerden eşit miktarda alır. Ama *tesadüfen* annenizden aldığınız genlerin tamamını verebilir, babanızdan aldıklarınızdan hiç vermeyebilirsiniz. Bu durumda babanız torununa gen vermemiş olacak. Elbette böyle bir senaryo pek olası değil; ama daha uzak torunlara doğru gittikçe, hiç gen katkısı yapmama olasılığı daha fazla olur. Ortalama olarak, genlerinizin sekizde birinin torunlarınızın her bir çocuğuna, on altıda birinin torunlarınızın her bir torununa gittiği umabilirsiniz; ama daha fazla da olabilir, daha az da. Verili bir toruna sıfır katkı olasılığı anlamlı olana kadar bu böyle gider.

Varsayımsal Tasmanyalı nüfusumuzda, Chang İki tarihi, 22 kuşak geridedir. Bu yüzden nüfusun yüzde 80'i varlığını sürdüren tüm bireylerin atası olmayı umabilir dediğimizde, onların 22 göbek torunlarından söz ediyoruz. Bir atanın genomunun 22 göbek torunlarından belirli

birinde bulmayı umabileceğimiz kısmı, dört milyonda birdir. İnsan genomunun yalnızca on binlerce geni olduğuna göre, dört milyonda bir oldukça zayıf bir yayılma olacak gibi görünür! Elbette tam böyle olmaz; çünkü Tasmanya'mızın varsayımsal nüfusu yalnızca 5.000'dir. Herhangi bir birey, birçok yoldan belirli bir atanın torunu olabilir. Ama yine de, bazı evrensel ataların uzak zürriyetlerine gen katkısında bulunmamaları da mümkün olabilir.

Belki önyargılıyım; ama bunu, doğal seçilimin odağı olarak genlere geri dönmenin başka bir nedeni olarak görüyorum: İleriye, gelecekte de varlıklarını sürdürmeye çalışan bireylere, daha doğrusu genlere kafa yormak yerine, geriye, şimdiye kadar varlıklarını sürdürmüş olan genlere kafa yormak. "İleriye yönelik" düşünce tarzı, yanlış anlaşılmaz ve dikkatli kullanılırsa yararlı olabilir, ama zorunlu değildir. "Geriye doğru gen" anlayışı, alışırsanız canlıdır, gerçeğe daha yakındır ve yanlış yanıt vermesi daha az olasıdır.

Tasmanyalı'nın Hikâyesi'nde, soybilimsel atalardan söz ettik; geleneksel soybilimci anlamda modern bireylerin ataları olan tarihsel bireylerden, "insan atalar"dan. Ama insanlar için yapabildiğinizi genler için de yapabilirsiniz. Genlerin de ebeveyn genleri, büyük ebeveyn genleri, torun genleri vardır. Genlerin de "şecere"leri, aile ağaçları, "En Yakın Ortak Ataları" (EYOA) vardır. Genlerin de kendi Randevu 0'ları vardır ve burada, genlerin çoğunluğu için, Randevu 0'larının Afrika'da olduğunu söyleyebiliriz. Bu görünür çelişkinin açıklanmaya ihtiyacı var ve Havva'nın Hikâyesi'nin amacı budur.

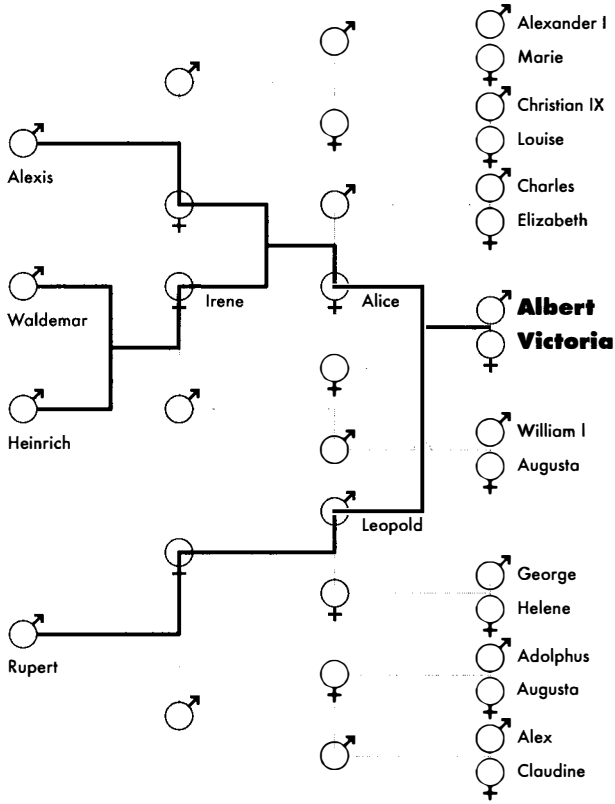
Oraya geçmeden, gen sözcüğünün anlamıyla ilgili olası bir kafa karışıklığını gidermeliyim. Farklı insanlar için bir sürü anlama gelebilir; ama burada tehlikeli olan kafa karışıklığı şöyledir: Bazı biyologlar, özellikle de moleküler genetikçiler, gen sözcüğünü yalnızca bir kromozomun üzerindeki bir yer ("lokus") için kullanırlar; o yerde oturabilen alternatif gen versiyonlarının her biri için de "alel" sözcüğünü kullanırlar. Aşırı basitleştirilmiş bir örnek verirsek, göz rengi geni, bir mavi alel ve bir kahverengi alel de dahil, farklı versiyonlarla ya da alellerle gelir. Bazen sosyo-biyolog, davranışsal ekolog ya da etolog denilen diğer biyologlar, özellikle de benim gibiler, gen sözcüğünü alelle aynı anlamda kullanma eğilimindedirler. Kromozomda herhangi bir alel kümesi tarafından doldurulabilen oyuk için bir sözcüğe ihtiyacımız olduğunda, "lokus" deme eğilimindeyiz. Benim gibi insanlar, "Mavi gözler için bir gen, kahverengi gözler için rakip bir gen hayal edin" demeye

yatkındırlar. Tüm moleküler genetikçiler böyle değil, ama bu, benim gibi biyologların yerleşik alışkanlığıdır ve ben de ara sıra aynı yolu izleyeceğim.

HAVVA'NIN HİKÂYESİ

"Gen ağaçları" ile "insan ağaçları" arasında çarpıcı bir farklılık vardır. İki ebeveyni olan bir kişiden farklı olarak, bir genin yalnızca bir ebeveyni vardır. Genlerinizin her biri ya annenizden ya babanızdan, dört büyük ebeveyninizin yalnızca ve yalnızca birinden, sekiz büyük-büyük ebeveyninizin yalnızca ve yalnızca birinden... gelmiş olmalı. Ama tüm insanlar geleneksel yolla atalarının izini sürünce, eşit ölçüde iki ebeveynden, dört büyük-ebeveynden, sekiz büyük-büyük-ebeveynden... gelirler. Bu demektir ki, bir "insan soyağacı," bir "gen soyağacı"ndan çok daha fazla karışıktır. Bir gen, bir anlamda, (insan) aile ağacıyla haritası çizilen çapraz yollar labirentinden seçilen tek bir yol izler. Soyadlar insanlar gibi değil, genler gibi davranır. Soyadınız, tüm aile ağacınızda ince bir çizgidir. Erkek atalarınızı aydınlatır. DNA, daha sonra döneceğim iki dikkate değer istisnayla birlikte, bir soyadı kadar cinsiyetçi değildir: Genler, erkek ve dişiler üzerinden eşit olasılıkla atalarının izini sürürler.

En iyi kaydedilmiş insan şecerelerinden bazıları, Avrupalı kraliyet ailelerinin şecereleridir. Saksonya-Coburg Sülalesi'nin aile ağacında, Prens Alexis, Waldemar, Heinrich ve Ripert'e bakın. Genlerinden birinin "gen ağacı"nın izini sürmek kolaydır; çünkü onların şansızlığına, ama bizim şansımıza söz konusu gen kusurluydu. Dört prense ve ailenin diğer birçok bahtsız üyesine, kolayca fark edilen kan hastalığı hemofiliyi taşımıştı: Kanları gerektiği gibi pıhtılaşamıyordu. Hemofili hastalığı, özel bir şekilde kalıtsaldır: X-kromozomuyla taşınır. Erkeklerin annelerinden aldıkları yalnızca bir X-kromozomları vardır. Kadınların, her biri bir ebeveynden alınan iki X-kromozomu vardır. Ancak genin kusurlu versiyonunu hem annelerinden hem babalarından almışlarsa, hastalığa yakalanırlar (yani hemofili hastalığı "çekinik"tir). Erkekler, tek "gafil" X-kromozomları kusurlu geni taşıyorsa, hastalığa yakalanırlar. Bu yüzden son derece az sayıda kadın hemofiliye yakalanır; ama bir sürü kadın "taşıyıcı"dır. Kadınlarda kusurlu genin bir kopyası vardır ve onu her çocuğa aktarma şansı yüzde 50'dir. Gebe olan taşıyıcı kadınlar her zaman bir kız çocukları olmasını isterler; ama hemofilili erkek torun riskleri de büyüktür. Hemofili hastası bir erkek, çocuk sahibi olacak kadar



Bahtsız Saksonya-Coburg Sülalesi'nde kan çizgisi

uzun yaşarsa, geni bir erkek çocuğa aktaramaz (erkekler X-kromozomlarını asla babalarından almazlar), ama bir kız çocuğuna aktarmak zorundadır (kadınlar her zaman babalarının yalnızca X-kromozomunu alırlar). Bu kuralları ve hemofili olan kraliyet erkeklerini bildiğimiz için, kusurlu genin izini sürebiliriz. İşte geriye doğru aile ağacı; hemofili geninin alınma yolu, koyu renkle gösterilmiştir.

Öyle görünüyor ki, Kraliçe Victoria, mutasyona uğramıştı. Albert ise uğramamıştı; çünkü oğlu Prens Leopold hemofili hastasıydı ve oğullar, X-kromozomlarını babalarından almazlar. Victoria'nın soy akrabalarından hiçbiri hemofili değildi. Victoria, geni taşıyan ilk kraliyet bireyiydi. Yanlış kopyalama ya annesi Saksonya-Coburg'lu Victoria'nın bir yumurtasında, ya da "babası Kent Dükü Edward'ın saygıdeğer hayalarında" gerçekleşmiş olmalı; meslektaşım Steve Jones'un *The Language of the Genes*'te açıkladığı nedenlerden ötürü, ikincisi daha olasıdır.

Victoria'nın ebeveynlerinden hiçbiri hemofili olmamasına ya da taşımamasına karşın, birinin, kraliyet hemofili geninin mutasyon öncesi "ebeveyn"i olan bir geni (doğrusu bir alel) vardı. Victoria'nın hemofili geninin, mutasyona uğrayıp bir hemofili geni haline gelmeden önceki atasını (saptayamasak da) düşünebiliriz. Victoria'nın gen kopyası hastalıklıyken, selefleriningkinin olmamasının, bir tanı konusu olması dışında, amaçlarımız bakımından bir önemi yoktur. Genin aile ağacının geriye doğru izini sürerken, geni görünür kılanlar dışındaki etkileri görmezden geliriz. O genin soyu Victoria'dan önceye gitmeli; ama bir hemofili geni olmayınca, görünür patika görünmez olur. Ders şudur: Her genin, mutasyon nedeniyle ebeveyn genle özdeş olmasa da, tek ebeveyn geni vardır. Aynı şekilde yalnızca tek bir büyük-ebeveyn geni, yalnızca tek bir büyük-büyük-ebeveyn geni... vardır. Bu, tuhaf bir düşünme yolu gibi görünebilir; ama bir ata-avlama-yolculuğunda olduğumuzu unutmayın. Şu anda yaptığımız alıştırma, bir ata-avlama-yolculuğunun bir bireyin yerine, bir genin bakış açısından nasıl görüneceğini görmektir.

Tasmanyalı'nın Hikâyesi'nde, "ortak ata"ye bir alternatif olarak EYOA (En Yakın Ortak Ata) ifadesiyle karşılaştık. "Ortak ata"yı, bütün bir (insan ya da organizma) soybilim içinde en yakın ortak ata anlamında kullanmak istiyorum. Bu yüzden genlerden söz ederken, "EYOA"yı kullanacağım. Farklı bireylerde (hatta göreceğimiz gibi aynı bireyde) iki ya da daha fazla alelin kuşkusuz bir EYOA'sı vardır. Bu, (muhtemelen mutasyona uğramış) bir kopyasına sahip oldukları ata gendir. Prens Waldemar ile Prusyalı Heinrich'in hemofili genlerinin EYOA'sı, anneleri Irene von Hesse und bei Rhein'ın iki X-kromozomundan birine yerleşmişti. Irene daha ceninken, taşıdığı bir hemofili geninin iki kopyası kopup, talihsiz oğullarının yaratıcısı olacak iki yumurta hücresine geçti. Bu genler de, büyükannesi Hesse'li Prenses Alice'in taşıdığı bir gen üzerinden Rusyalı Çareviç Aleksis'in (1904-1918) hemofili geniyle bir EYOA'yı paylaşır. Son olarak, seçilen dört prensimizdeki hemofili geninin EYOA'sı, ilk önce ben buradayım diyen gendir, Victoria'nın mutasyona uğramış genidir.

Genetikçilerin, bir genin bu şekilde geriye doğru izini sürmenin karşılığı olan bir sözcükleri vardır: Buna, kaynaşma denilir. Zaman içinde geriye doğru bakılarak, iki genin soyunun, tekrar ileriye bakıldığında bir ebeveynin peş peşe iki çocuk için iki kopya gen çıkardığı noktada tek bir gende kaynaştıkları söylenebilir. Kaynaşma

noktası, EYOA'dır. Her gen ağacının birçok kaynaşma noktası vardır. Waldemar ile Heinrich'in hemofili genleri, anneleri Irene'nin taşıdığı EYOA gende kaynaşırlar. Bu da, Çareviç Aleksis'ten geriye doğru giden soyla kaynaşır. Ve gördüğümüz gibi, tüm kraliyet hemofili genlerinin büyük kaynaşması, Kraliçe Victoria'da gerçekleşir. Onun genomu, tüm hanedanlığın EYOA hemofili genini barındırır.

Benim örneğimde, dört prensin tümünün hemofili genlerinin kaynaşması, tesadüfen en yakın ortak *soybilimsel* ("insan") ataları, ortak ataları da olan bireyde (Victoria) gerçekleşir. Ama bu yalnızca tesadüftür. Başka bir geni (sözgelişi göz rengi genini) seçmiş olsaydık, aile ağacı içinde izlediği yol çok farklı olurdu ve genler, Victoria'dan daha uzak bir atada kaynaşırdı. Prens Rupert'teki kahverengi göz geni ile Prens Heinrich'teki mavi göz genini alsaydık, o zaman kaynaşma, en azından bir atanın göz rengi geninin iki biçime, kahverengi ve maviye ayrıldığı zamanda, tarihöncesine gömülü bir olay sırasında olmalı. Her DNA parçasının, ayrı ama soyadlarını doğum, evlilik ve ölüm kayıtlarıyla izleyişimize benzeyen, soyağacına paralel bir şekilde izi sürülebilen bir soyağacı vardır.

Bunu aynı kişideki iki özdeş gen için bile yapabiliriz. Prens Charles'ın mavi gözleri vardır; yani, mavi çekinik olduğu için, iki mavi gözlü aleli vardır. Bu iki alel, geçmişte bir yerde kaynaşmalıdır; ama nerede ve ne zaman olduğunu söyleyemeyiz. Yüzyıllar ya da binyıllar önce olabilir; ama Prens Charles'ın özel durumunda, iki mavi gözlü alelin, Kraliçe Victoria gibi yakın zamanda yaşamış bir bireyde kaynaşması olasıdır. Bunun nedeni, Prens Charles'ın tesadüfen iki kez Victoria'nın soyundan olmasıdır: Bir yandan Kral VII. Edward, diğer yandan Hesse'li Prenses Alice üzerinden. Bu hipoteze göre, Victoria'nın tek bir mavi gözlü geni, farklı zamanlarda kendisinin iki kopyasını yaptı. Aynı genin bu iki kopyası, sırasıyla şimdiki Kraliçe'ye (VII. Edward'ın torununun torunu) ve kocası Prens Philip'e (Prenses Alice'in torununun torunu) geldi. Bir Victoria geninin iki kopyası, bu nedenle, Prens Charles'ta iki farklı kromozom üzerinde tekrar buluşmuş olabilirler. Aslında, bu, bazı genleri için neredeyse kesin olarak gerçekleşmiştir. İki mavi gözlü geninin Kraliçe Victoria'da ya da daha geride bir kişide kaynaşmış olup olmamasından bağımsız olarak, bu iki genin geçmişte özgül bir noktada bir EYOA'larının olmuş olması gerekir. Tek kişideki (Charles) iki genden mi, yoksa iki kişideki (Rupert ve Heinrich) iki genden mi söz ettiğimiz önemli değildir; mantık aynıdır. Farklı insanlarda ya da aynı kişide iki alel, şu sorunun ko-

lay hedefi olur: Geriye baktığımızda bu genler ne zaman ve kimde kaynaşırlar? Dolayısıyla aynı soruyu, aynı genetik mekândaki ("lokus") herhangi üç genle ya da istediğimiz sayıda genle ilgili de sorabiliriz.

Daha da geriye bakarak, farklı lokuslardaki gen çiftleri için de aynı soruyu sorabiliriz; çünkü genler, "gen ikilenmesi" işlemiyle farklı lokuslarda gen meydana getirirler. Uluyanmaymun'un Hikâyesi'nde ve Taşemen'in Hikâyesi'nde bu görüngüyle tekrar karşılaşacağız.

Yakın akraba olan bireylerin, çok sayıda ortak *gen ağaçları* vardır. Gen ağaçlarımızın çoğunluğunu yakın akrabalarımızla paylaşırız. Ama bazı genler bir "azınlık oyu" ortaya çıkarıp, bizi aksine daha uzak olan akrabalarımızla yakınlaştırır. *İnsanlar* arasındaki akrabalık yakınlığını, genler arasında bir tür çoğunluk oyu gibi düşünebiliriz. Bazı genleriniz, sözün gelişi, yakın bir kuzen olarak Kraliçe'ye oy verir. Bazı genler ise, görünüşte çok daha uzak olan bireylere (hatta, göreceğimiz gibi, diğer türlerin üyelerine) daha yakın olduğunuzu savunurlar. Sorguya çekilince, DNA'nın her bir parçasının farklı bir tarih görüşü olur; çünkü kuşaklar boyunca her biri farklı bir yoldan yürümüştür. Ancak çok sayıda geni sorgulayarak kapsamlı görüş elde etmeyi umabiliriz. Ama bu noktada, bir kromozomun üzerinde birbirlerine yakın duran genlerden kuşkulanmalıyız. Bunun neden böyle olduğunu anlamak için, bir spermin ya da yumurtanın oluştuğu her seferde meydana gelen yeniden birleşim görüngüsüyle ilgili bir şeyler bilmemiz gerekir.

Yeniden birleşimde, eş DNA'nın rasgele seçilen kesimleri, kromozomlar arasında değiş tokuş edilir. Ortalama olarak, her insan kromozomu başına yalnızca bir ya da iki değiş tokuş görülür (sperm üretilirken daha az, yumurta üretilirken daha fazla; nedeni bilinmiyor). Ama sayısız kuşak boyunca, sonunda kromozomun birçok farklı parçası etrafta değiş tokuş edilecektir. O yüzden, genel olarak konuşursak, bir kromozom üzerinde iki DNA parçası birbirine ne kadar çok yakınsa, aralarında bir değiş tokuşun gerçekleşme şansı o kadar az olur ve birlikte miras alınmaları daha fazla olası olur.

Bu nedenle genlerden "oy" alırken, bir kromozom üzerindeki bir gen çifti birbirlerine ne kadar yakınsalar, aynı tarihi yaşamalarının o kadar olası olduğunu unutmamalıyız. Bu da, yakın meslektaş olan genleri birbirlerinin oyunu desteklemeye teşvik eder. DNA bölümlerinin, bütün takım tarih boyunca tek bir birim gibi seyahat edecek kadar sıkı sıkıya birbirlerine bağlı olmaları enderdir. Birlikte gezen bu tür takımlar, "haplotip" olarak bilinir; bu sözcük, daha sonra yine karşımıza çıkacak.

Genetik parlamentodaki bu tür toplantılar arasında ikisi öne çıkar; tarih görüşleri daha geçerli olduğundan değil, biyolojik veri tabanını belirlemede yaygın bir biçimde kullanıldıkları için. Her ikisi de cinsiyetçi görüşleri savunur; çünkü biri tamamen dişi vücuttan gelmiştir; diğeri erkek vücudun dışına hiç çıkmamıştır. Bunlar, daha önce sözü edilen önyargısız gen kalıtımının iki büyük istasnasıdırlar.

Soyadı gibi, Y-kromozomu da (yeniden birleşmeyen kısmı), her zaman yalnızca erkekten geçer. Diğer birkaç genle birlikte Y-kromozomu, embriyonu dişi yerine erkek bir gelişme örüntüsüne çeviren genetik malzemeyi içerir. Diğer yanda mitokondriyal DNA yalnızca dişiden geçer (bu durumda, embriyonun bir dişi olarak gelişmesinden sorumlu olmamasına karşın: Erkeklerin de mitokondrileri vardır, ama bunları aktarmazlar). Büyük Tarihsel Randevu'da göreceğimiz gibi, mitokondriler hücrelerin içindeki küçük vücutlardır, büyük olasılıkla 2 milyar yıl kadar önce, o zamandan beri eşeysiz basit bölünmeyle üredikleri hücrelerin içine yerleşen bir zamanlar serbest dolaşan bakterilerin kalıntılarıdırlar. Bakterilere özgü özelliklerinin birçoğunu ve DNA'larının pek çoğunu yitirmişlerdir; ama genetikçilerin işine yarayacak kadar da koruyorlar. Mitokondriler vücudumuzun içinde, "kendi" genlerimiz saydığımız ana çekirdek çizgiyle bağlantısız, bağımsız bir genetik üreme çizgisi oluştururlar.

Mutasyon oranlarından ötürü, Y-kromozomları, yakın zaman nüfuslarını incelemek bakımından en yararlı kromozomlardır. Derli toplu bir inceleme, modern Britanya'da düz bir çizgi boyunca Y-kromozomlu DNA örnekleri aldı. Sonuçlar, Anglosakson Y-kromozomlarının Avrupa'dan Britanya'ya batıya doğru hareket ederek, Galler sınırında aniden durmuş olduklarını gösterdi. Erkeklerin taşıdığı bu DNA'nın, genomun geri kalan kısmının temsilcisi olmamasının nedenlerini hayal etmek zor değil. Daha açık bir örnek alırsak, Viking gemileri Y-kromozomlarını (ve diğer genleri) taşıyıp, geniş bir alana yayılmış nüfuslara saçtılar. Vikinglere ait Y-kromozomlu genlerin bugünkü dağılımı, istatistiksel olarak aile toprağını Dul-bırakana tercih etmesi daha olası olan diğer Viking genlerinden biraz daha fazla "seyahat" ettiklerini gösterir:

Ne uğruna terk edip bir kadını,
Ocak ateşini ve aile toprağını
Yaşlı kır saçlı Dul-bırakanla çekip gittin?*

RUDYARD KIPLING
"Dan Kadınların Şarkısı"

Mitokondriyal DNA da, açıklayıcı olabilir; özellikle de çok eski örüntüler için. Sizin mitokondriyal DNA'nızı benimkiyle karşılaştırırsak, mitokondriyon bir atayı ne kadar süre önce paylaştıklarını söyleyebiliriz. Hepimiz mitokondrilerimizi annelerimizden, dolayısıyla büyükannelerimizden, büyük-büyükannelerimizden... aldığımıza göre, mitokondriyal karşılaştırma ana tarafından en yakın ortak atamızın ne zaman yaşadığını bize söyleyebilir. Baba tarafından en yakın ortak atamızın ne zaman yaşadığını söyletmek için aynı şey Y-kromozomları için de yapılabilir; ama teknik nedenlerden ötürü bu, o kadar kolay değildir. Y-kromozomlu DNA ile mitokondriyal DNA'nın güzelliği, ikisinin de eşeysel karışmayla kirlenmemesidir. Bu durum, bu tikel ataların izini sürmeyi kolaylaştırır.

Tüm insanlığın, tümü-kadın soydan "insan" ortak atanın yerini belirleyen mitokondriyal EYOA'sına, bazen Mitokondriyal Havva denilir –zaten bu da onun hikâyesidir. Elbette bunun tümü-erkek soydaki eşdeğerine de, Y-Kromozom Âdemi denilebilir. Tüm erkek insanlar, Âdem'in Y-kromozomuna sahiptir (yaratılışçılar, kasıtlı yanlış alıntı yapmaktan lütfen uzak durun). Soyadları modern Avrupa kurallarına uygun miras alınmış olsaydı, hepimiz Âdem'in soyadını taşırdık.

Havva, büyük bir baştan çıkarıcıdır ve yanlış yapmamak için, önceden önlem almak iyidir. Yanlışlar oldukça öğreticidir. Birincisi, Havva ile Âdem'in, farklı hatlardan geriye doğru iz sürmemiz durumunda ulaşabileceğimiz çok sayıda EYOA'dan yalnızca ikisi olduklarını anlamak önemlidir. Havva ile Âdem, aile ağacını anneden anneye, ya da babadan babaya izlersek ulaşacağımız özel-durumlara özgü ortak atalardır. Ama aile ağacında yürümenin çok sayıda başka yolu da vardır: anneden babaya, babadan anneye, anneden anneye babaya babaya ve benzeri. Bu olası yollardan her birinin, farklı bir EYOA'sı olacaktır.

İkincisi, Havva ile Âdem bir çift değildi. Buluşmaları büyük bir çakışma olurdu ve birbirlerinden on binlerce yılla ayrılmış olabilirler. Buna bağlı bir konu olarak, Havva'nın Âdem'den önce geldiğine inanmak için bağımsız nedenler de var. Erkekler, üreme başarısı bakımından kadınlardan daha değişkendirler: Bazı kadınlar diğer kadınlardan beş kat fazla çocuk sahibi olurken, pek çok başarılı erkek başarısız erkeklerden yüzlerce kat daha fazla çocuk sahibi olabilir. Büyük bir haremi olan bir erkeğin, evrensel bir ata olması kolaydır. Ama bir kadının, büyük bir ai-

*Dul-bırakan,Viking kadınlarının deniz için kullandıkları bir eğretilemedir [e.n.].

leye sahip olması daha az olası olduğu için, aynı başarıya ulaşması için çok sayıda kuşağa ihtiyacı vardır. Gerçekten de, bugünün en iyi "moleküler saat" hesaplarıyla Havva için saptanan tarih günümüzün yaklaşık 140.000 yıl öncesiyken, Âdem için günümüzün yaklaşık 60.000 yıl öncesidir.

Üçüncüsü, Âdem ile Havva, belirli bireylerin adları değil, değişken onursal unvanlardır. Yarın sabah, ücra bir kabilenin son üyesi ölseydi, Âdem'in ya da Havva'nın asası anında birkaç bin yıl ileriye fırlatılabilirdi. Farklı gen ağaçlarına göre tanımlanan diğer tüm EYOA'lar için de aynı şey geçerlidir. Bunun neden böyle olduğunu anlamak için, diyelim ki Havva'nın iki kızı vardı; biri sonunda Tasmanyalı Aborjinleri meydana getirdi, diğeri de insanlığın geri kalan kısmını yumurtladı. Ve tamamen akla uygun olarak varsayalım ki, "insanlığın geri kalan kısmı"nı birleştiren kadın soyundan EYOA 10.000 yıl sonra yaşadı; Tasmanyalılar dışında Havva'dan gelen diğer tüm akraba soylar kurudu. Son Tasmanyalı olan Truganinni ölünce, Havva unvanı anında 10.000 yıl ileriye sıçramış olacaktı.

Dördüncüsü, kendi zamanlarında Âdem'i ya da Havva'yı seçip öne çıkarmayı gerektirecek hiçbir şey yoktu. Efsanevi adaşlarına karşın, Mitokondriyal Havva ile Y-kromozom Âdemi, özellikle yalnız değillerdi. İkisinin de bol arkadaşı vardı ve her birinin çok sayıda cinsel partneri olmuş, bundan varlıklarını sürdüren torunları olmuş olabilir. Onları öne çıkaran tek şey, sonunda Âdem'e erkek soyundan torunların, Havva'ya da kadın soyundan torunların bahşedildiğinin ortaya çıkmış olmasıdır. Onların çağdaşları arasında bazıları da bir o kadar torun bırakmış olabilir.

Ben bunları yazarken, "inanılmaz dokunaklı bir film" ve "sahiden güzel, gerçekten unutulmaz bir eser" diye reklamı yapılan ve *Motherland* adı verilen bir BBC belgeselinin video kaseti bana gönderildi. Filmin kahramanları, aileleri Jamaika'dan İngiltere'ye göçmüş üç "siyah" insandı.* Atalarının köle olarak alındığı Afrika parçasının izini sürmek girişimiyle, DNA'ları dünya çapında veritabanlarıyla eşleştirildi. Sonra yapım şirketi, kahramanlarımız ile onların çoktan kaybolmuş Afrikalı ailelerinin göz yaşartıcı "yeniden birleşmeleri"ni sahneledi. Gördüğümüz nedenlerden ötürü, izleri, genlerin genelinin izlerinden daha iyi sürülebildiği için, Y-kromozomlu DNA ile mitokondriyal DNA'yı kul-

*"Siyah"ın tırnak içine alınmasına ilişkin açıklama için bkz. Çekirge'nin Hikâyesi.

landılar. Ama ne yazık ki, yapımcılar, bunun dayattığı sınırlamaları asla itiraf etmediler. Özellikle, televizyona özgü nedenlerle, bu bireyleri ve çoktan kaybolmuş Afrikalı "akraba"larını neredeyse aldatıp, yeniden birleşmeyi hakları olandan çok daha fazla duygusal hale getiriyorlardı.

Açıklayayım. Daha sonra kendisine bir kabile adı –Kaigama- verilen Mark, Nijer'deki Kanuri kabilesini ziyaret ettiğinde, "halkının" toprağına "geri dönmekte" olduğuna inanıyordu. Beaula, Gine açıklarında bir adadaki Bubi kabilesinden, mitokondrileri onunkiyle denk sekiz kadın tarafından uzun süredir kayıp bir kız evlat olarak karşılandı. Beaula şöyle diyordu:

> Kanın kana değmesi gibiydi... Aile gibiydi... Yalnızca ağlıyordum, gözlerim yaşla doluyordu, kalbim çarpıyordu. Sürekli düşündüğüm tek şey vardı: "Anayurduma gideceğim."

Duygusal zırvalık; Beaula, asla kandırılmamalı, bu şekilde düşünmeye yönlendirilmemeliydi. Onun ve Mark'ın ziyaret ettiği kişiler –en azından varsaymaya yetecek kanıtlar olduğu ölçüde– mitokondrileri ortak bireylerdi. İşin doğrusu, Mark'a Y-kromozomunun Avrupa'dan geldiği söylenmişti (bu durum onu allak bullak etmiş ve daha sonra, mitokondrilerinin Afrikalı köklerini keşfedince rahatlamıştı). Beaula'nın elbette Y-kromozomu yoktur ve açıkça babasına bakma zahmetine de katlanmadı; zira oldukça açık tenliydi. Ama ne Beaula'ya, ne Mark'a, ne de televizyon izleyicisine, mitokondrileri dışındaki genlerin neredeyse kesinlikle, belgeselin amaçları için saptanan yerlerle ilgisi olmayan çeşitli "anayurtlar"dan geldikleri açıklanmamıştı. Diğer genlerinin de izi sürülmüş olsaydı, Afrika'da, Avrupa'da ve çok büyük olasılıkla Asya'da yüzlerce farklı yerde eşit ölçüde duygusal "yeniden birleşmeler" yaşayabilirlerdi. Ama bu, dramatik etkiyi de berbat ederdi.

Sürekli tekrarladığım gibi, yalnızca tek bir gene yaslanmak yanıltıcı olabilir. Ama birçok genden bileşik kanıtlar, tarihte geriye gitmek için bize güçlü bir araç sunar. Bir nüfusun gen ağaçları ve onları tanımlayan kaynaşma noktaları, geçmişin olaylarını yansıtır. Yalnızca bu kaynaşma noktalarını saptamakla kalmayız, moleküler saat aracılığıyla tarihlerini de tahmin edebiliriz. Anahtar da işte buradadır; çünkü zaman içinde dallanıp kollara ayrılma örüntüsü, bir öykü anlatır. Tasmanyalı'nın Hikâyesi'nde ortaya koyulan varsayım, rasgele çiftleşme, çeşitli rasgele olmayan çiftleşmelerden –her biri kaynaşma ağacına kendi şeklini kazır– çok farklı bir kaynaşma örüntüsü üretir. Nüfus büyüklüğünde dalgalanmalar da, kendine özgü imzasını bırakır. Bu yüzden bugünün gen dağılımı

örüntülerinden geriye doğru gidip, nüfus büyüklükleriyle ve göçlerin zamanıyla ilgili kestirimlerde bulunabiliriz. Örneğin, bir nüfus küçükse, kaynaşma olayları daha sık olur. Uzun dallı ağaçlar genişleyen bir nüfusu gösterir, bu yüzden kaynaşma noktaları ağacın köküne, nüfusun küçük olduğu zamana yoğunlaşır. Moleküler saat yardımıyla, nüfusun ne zaman genişlediğini ve ne zaman daralıp darboğazlardan geçtiğini ortaya çıkarmak için bu etki kullanılabilir. (Ne yazık ki, şiddetli darboğazlar genetik silsileleri silmekle daha önce olanların izini de silme eğilimindedir.)

Kaynaşık gen ağacı, insanın kökeniyle ilgili süregelen bir tartışmayı çözmeye yardımcı oldu. "Afrika'dan" kuramı, Afrika'nın dışında varlığını sürdüren tüm halkların, aşağı yukarı yüz bin yıl önce Afrika'dan toplu göç edenlerin torunları olduklarını savunur. Diğer uçta, sözgelişi Asya, Avustralya ve Avrupa'da hâlâ yaşayan ırkların eskiden beri ayrı olduklarına, bölgesel *Homo erectus* nüfuslardan ayrı ayrı geldiklerine inanan "Ayrı Köken" kuramcıları ya da "Çok-bölgeciler" vardır. Her iki ad da yanıltıcıdır. "Afrika'dan" adı talihsizdir; çünkü yeterince geri gidersek atalarımızın Afrika'dan olduklarını herkes kabul ediyor. "Ayrı Köken" de ideal bir ad değil; çünkü, yine yeterince geri giderseniz, ayrılık ortadan kalkar. Anlaşmazlık, Afrika'dan ne zaman çıktığımızla ilgilidir. İki kurama "Genç Afrika'dan" (GA) ve "Yaşlı Afrika'dan" (YA) demek daha iyi olabilir. Bunun, aralarındaki sürekliliği vurgulama avantajı da vardır.

Eğer bugün Afrikalı olmayanların tümü, Afrika kıtasından tek bir yakın zaman göçüyle geldilerse, modern gen dağılımlarının yakın zamanda, Afrika-merkezli bir küçük-nüfus "darboğazı" göstermesini beklerdik. Kaynaşma noktaları, büyük göç zamanı civarına yoğunlaşırdı. Ama bölgesel *Homo erectus*'tan ayrı ayrı gelmişsek, o zaman genlerin her bölgede eskiden beri ayrı genetik silsilelerin kanıtlarını göstermesi gerekir. GA destekçilerinin bir toplu göç iddiasında bulundukları tarihte, bir kaynaşma noktaları kıtlığı görürdük. Hangisi?

Bu soruya tek bir yanıt beklersek, *Motherland* televizyon belgeselinin düştüğü tuzağa düşeriz. Farklı genler farklı öyküler anlatır. Bazı genlerimizin yakın zamanda Afrika'dan gelmiş, bazılarının ayrı ayrı *Homo erectus* nüfuslardan bize geçmiş olmaları olasıdır. Ya da başka bir şekilde ifade edersek, hem yakın zamanda Afrika'dan toplu göç edenlerin torunları, hem aynı zamanda bölgesel *Homo erectus*'un torunları olabiliriz; çünkü geçmişte herhangi bir verili zamanda, çok sayıda soykütüksel atamız vardır. Bazıları yakın zamanda Afrika'dan ayrılmış olabilir.

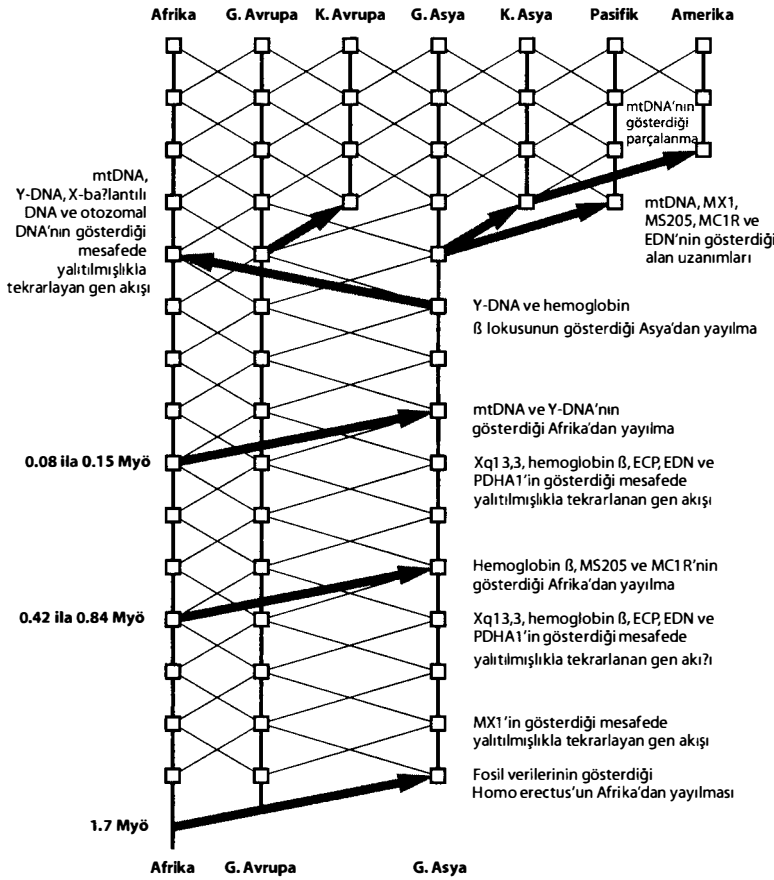
Bazıları, sözgelişi Java'da binlerce yıl oturmuş olabilir. Bazılarından Afrikalı genlerimizi, bazılarından Javalı genlerimizi almış olabiliriz. Bir mitokondri ya da Y-kromozomu gibi tek bir DNA topağı, bir tarih kitabındaki tek bir cümle kadar yoksul bir geçmiş görüşü verir. Yine de GA tutumu, çoğu kez, Mitokondriyal Havva'nın konumu temelinde desteklenir. Gen parlamentosunun diğer üyelerini sorgularsak ne olur?

Evrim biyoloğu Alan Templeton da bunu yaptı ve havalı bir başlığı olan "Tekrar ve Tekrar Afrika'dan" kuramını ortaya attı. Templeton, hemofili tartışmamızdakine benzer bir kaynaşma kuramı tipi kullandı; ama bunu tek bir gen yerine, bir sürü ayrı gen için yaptı. Bu, bütün dünya üzerinde ve yüz binlerce yıllık gen tarihini ve coğrafyasını yeniden inşa etmesini olanaklı kıldı. Şimdilik, Templeton'ın "Tekrar ve Tekrar Afrika'dan" kuramından yanayım; çünkü bana, kestirimler üretme gücünü azamileştirecek şekilde eldeki tüm bilgileri kullanmış gibi geliyor ve çünkü, kanıtları atlamamak için çalışmasının her adımında geri dönüp önlemler almış.

İşte Templeton'ın yaptıkları. Kaymağını almak için katı ölçütler kullanarak genetik literatürü inceledi: İnsan genetiğine ilişkin, örneklerini Avrupa, Asya ve Afrika da dahil olmak üzere dünyanın farklı kesimlerinden alan büyük çalışmaları istiyordu. İncelenen genler, uzun yaşamış "haplotip"lere aitti. Bir haplotip, görmüş olduğumuz gibi, ya eşeyli yeniden birleşmeyle bozulmaya kapalı olan (Y-kromozomlu ve mitokondriyal DNA'da olduğu gibi) ya da (genomun bazı küçük parçalarında olduğu gibi) ilgili zaman dilimini kapsayacak kadar kuşaklar boyunca bozulmamış kabul edilebilen bir genom topağıdır. Haplotip, uzun ömürlü, tanınabilir bir genom topağıdır. Onu büyük bir "gen" gibi düşünürseniz, fazla yanılmış olmazsınız.

Templeton, namluyu doğrudan doğruya 13 hoplotipe çevirdi. Her biri için "gen ağaçları"nı hesapladı ve ayarı fosillere göre yapılan moleküler saat kullanarak çeşitli kaynaşma noktalarını tarihledi. Bu tarihlerden ve örneklerin coğrafi dağılımından yola çakarak, türümüzün son iki milyon yıllık genetik tarihiyle ilgili çıkarımlar yapabildi. Vardığı sonuçları yararlı bir şemayla özetledi.

Templeton'ın vardığı ana sonuç şudur: Afrika'dan iki değil, üç büyük göç oldu. Yaklaşık 1,7 milyon yıl önceki YA (*Homo erectus*) büyük göçüne (herkesin kabul ettiği ve kanıtları büyük ölçüde fosillerden oluşan) ve GA kuramının savunduğu şekliyle yakın zaman göçüne ek olarak, 840.000 ila 420.000 yıl önce Afrika'dan Asya'ya başka bir Büyük



Tekrar ve Tekrar Afrika'dan. Templeton'ın 13 haplotipin incelenmesine dayanarak özetlediği büyük insan göçleri. Dikey çizgiler genetik soyu gösterir; diyagonal çizgiler gen akışını gösterir. Genetik verilerle gösterilen büyük insan göçleri, kalın oklarla belirtiliyor. Templeton'dan uyarlandı [bkz. Kaynakça].

Yürüyüş oldu. Bu orta göç –buna da OA diyelim mi?– 13 haplotipten üçünün günümüze kadar gelen "işaretler"iyle destekleniyor. GA göçü, mitokondriyal ve Y-kromozomuna ilişkin kanıtlarla destekleniyor. Diğer genetik "işaretler", yaklaşık 50.000 yıl önce Asya'dan Afrika'ya büyük bir geri göçü ele veriyor. Kısa bir süre sonra mitokondriyal DNA ve çeşitli küçük genler, başka göçleri açığa çıkarıyor: Güney Avrupa'dan Kuzey Avrupa'ya, Güney Asya'dan Kuzey Asya'ya, Pasifik'in ötesine ve Avustralya'ya. Son olarak, mitokondriyal DNA'nın ve arkeolojik kanıtların gösterdiği gibi, Kuzey Amerika, yaklaşık 14.000 yıl önce Kuzeydoğu Asya'dan, o zaman bir kara köprüsü olan Bering'den geçilerek kolonileştirildi. Hemen ardından Panama Kıstağı'ndan geçilerek Güney

Amerika kolonileştirildi. Dolayısıyla, Kristof Kolomb'un ya da Leif Ericsson'ın Amerika'yı "keşfettiği" iddiası, ırkçılıktan başka bir şey değil. Bana göre, Amerikan yerli sözlü tarihlerine gösterilen ve atalarının Amerika dışında yaşadığını bilgisizce yadsıyan görececi "saygı" da eşit ölçüde tatsızdır.

Templeton'ın Afrika'dan üç büyük göçünün ara dönemlerinde, genetik işaretler, Afrika, Güney Avrupa ve Güney Asya arasında sürekli ileri geri gen akışlarını açığa çıkarıyor. Kanıtları, büyük ve küçük göçleri, bir tarafın toptan imhası yerine –bu da olabilirdi– genellikle yerli nüfuslarla melezlenmenin izlediğini gösterir. Açıkçası bu durumun, evrimsel atalarımız bakımından büyük bir anlamı vardır.

Bu hikâye ve Templeton'ın çalışması, insanlara ve insan genlerine odaklandı. Ama tüm türlerin aile ağaçları vardır. Tüm türler genetik malzemeyi kalıtımla alır. İki cinsli tüm türlerin bir Âdem'i ve bir Havva'sı vardır. Genler ve gen ağaçları, yeryüzündeki yaşamın her yerde hazır ve nazır bir özelliğidir. Yakın zaman insan tarihine uyguladığımız teknikler, yaşamın geri kalan kısmına da uygulanabilir. Çita DNA'sı, kedigil korumacıları için önemli olan 12.000 yıllık bir nüfus darboğazını açığa çıkarıyor. Mısır DNA'sı, 9.000 yıl önce Meksika'da evcilleştirildiğini yanılgıya yer bırakmayacak şekilde ortaya koydu. Salgınbilimciler ve tıp doktorları HIV virüsünü anlamak ve sınırlamak için, HIV türlerinin kaynaşma örüntülerini kullanabilirler. Genler ve gen ağaçları, Avrupa'nın fauna ve florasının tarihini açığa çıkarır: Gelişme dönemi, ılıman iklime ait türleri Güney Avrupa sığınaklarına iten ve gerileme dönemi, Kutup bölgesinin türlerini yalıtık sıradağlara sıkıştıran Buzul Çağı'nın neden olduğu büyük göçler. Bütün bu olayların ve daha fazlasının, okumayı daha yeni öğrenmekte olduğumuz tarihsel bir başvuru kitabı olan DNA'nın küresel dağılımında izi sürülebilir.

Farklı genlerin farklı öyküler anlattıklarını gördük; bu öyküleri bir araya getirip, hem modern, hem eski tarihimizden bir şeyleri açığa çıkarabiliriz. Ne kadar eski? Şaşırtıcıdır, en eski EYOA genlerimizin tarihi, biz daha insan haline gelmeden önceki zamana gidebilir. Bu, özellikle doğal seçilim nüfusta çeşitlilikten yana olunca böyledir. Şöyle oluyor:

Diyelim ki, farklı hastalıklara bağışıklık kazandıran, A ve B denilen iki kan tipi var. Her kan tipi, diğer tipin bağışıklık kazandırdığı hastalığa duyarlıdır. Hastalıklar, saldırabildikleri kan tipi bol olunca gelişirler; çünkü bir salgın başlayabilir. Bu yüzden, sözün gelişi nüfusun içinde

tesadüfen B insanlar genelse, onlara zarar veren hastalık bir salgın halini alır. Dolayısıyla, B insanlar genel olmaktan çıkana kadar ölür ve A insanlar çoğalır –ve tersi. İki tipe sahip olduğumuz her seferinde, ender olan ender olduğu için kayırılır. Bu, *çok-biçimliliğin* bir reçetesidir: Çeşitlilik uğruna çeşitliliği sürdürme. AB0 kan grubu sistemi, muhtemelen bu tür bir nedenle sürdürülmüş olan ünlü bir çok-biçimliliktir.

Bazı çok-biçimlilikler oldukça istikrarlı olabilirler –o kadar istikrarlı ki, ata bir türden torun bir türe kadar varlığını sürdürür. Şaşırtıcı bir biçimde, bizim AB0 çok-biçimliliğimiz, şempanzelerde var. Şempanzelerin ve bizlerin, çok-biçimliliği birbirimizden bağımsız ve aynı nedenle "icat etmiş" olmamız olasıdır. Ama bunu ortak atamızdan kalıtımla almış ve altı milyon yıllık ayrı soy süresince birbirimizden bağımsız korumuş olmamız, akla daha yakındır; çünkü ilgili hastalıklar bu dönem boyunca sürekli olmuştur. Buna, özgüllüğü aşan çok-biçimlilik denir ve şempanzelerin bize akrabalığından çok daha uzak akrabalar için de geçerli olabilir.

Belirli genler bakımından bazı insanlardan çok bazı şempanzelere daha yakın akraba olmanız, insanı afallatan bir sonuçtur. Bazı şempanzelere size (ya da "sizin" şempanzelerinize) olduğumdan daha yakınım. Birey olarak insanlar gibi tür olarak da insanlar, farklı kaynaklardan gelen genlerin bir karışımını içeren geçici kaplardır. Bireyler, genlerin tarih içinde geçtikleri yolları birleştiren kavşaklardaki geçici buluşma noktalarıdır. Birinci kitabım, *Gen Bencildir*'in merkezi mesajını ağaç-temelli ifade etmenin yolu budur. Orada da ifade ettiğim gibi, "Biz görevimizi yerine getirince, bir tarafa atılırız. Ama genler, jeolojik zamanların sakinleridir: Genler ebedidir." Amerika'daki bir konferansın kapanış ziyafetinde, aynı mesajı dizeler halinde tekrarladım:

Gezgin bir gen
"Çok vücutlar gördüm" dedi.
"Çok akıllı olduğunu sanırsın
Ama ben ebediyen yaşarım.
Sen ise hayatta kalmanın makinesisin."

Vücudun bu gene dolaysız yanıtı olarak, daha önce aktarılan "Dan Kadınların Şarkısı"nı taklit ettim:

Ne uğruna önce alıp bir vücudu
Büyüttün, sonra terk edip
Yaşlı kör saatçiyle çekip gittin?

Randevu 0'ın tarihini, muhtemelen on binlerce yıl önce ve en fazla

yüz binlerce yıl önce olarak tahmin ettik. Geriye doğru hac yolculuğumuzda fazla gitmedik. Bir sonraki randevumuz, Randevu 1'de şempanze hacılarla buluşmamız, milyonlarca yıl ötededir ve pek çok randevumuz da bunun yüz milyonlarca yıl ötesindedir. Hac yolculuğumuzu tamamlama şansımızın olması için, hızlanmamız ve "derin zaman"a dalmaya başlamamız gerekir. Son üç milyon yıla yayılan 30 kadar Buzul Çağı'nı, 4,5 ila 6 milyon yıl önce gerçekleşen Akdeniz'in kuruyup yeniden dolması gibi olayları hızla geçmeliyiz. Bu ilk hızlanmayı kolaylaştırmak için, alışılmadık bir şeye, birkaç ara kilometre taşında durup, ölü fosillerin hikâyelerini anlatmalarına izin vereceğim. Karşılaşacağımız fosilleşmiş "gölge" hacılar ve anlattıkları hikâyeler, doğrudan atalarımıza duyduğumuz doğal ilginin tatmin olmasına yardımcı olacaktır.

ARKAİK HOMO SAPİENS

Randevu 1'e giden yoldaki ilk kilometre taşımız, yaklaşık 160.000 yıl önce sondan önceki Buzul Çağı'nın derinliklerindedir. Etiyopya'nın Afar çukurundaki Herto'da bulunan fosillere bakmak için bu durağı seçtim. Herto insanları merak uyandırıcıdırlar; çünkü, onları keşfeden Tim White ve meslektaşlarının ifadesiyle, "anatomik modernliğin eşiğinde olan, ama henüz tam modern olmayan bir nüfus"tan gelirler. Saygın paleoantropolog Christopher Stringer, "Herto malzemesini, şu anda modern *Homo sapiens* saydığımız şeyin en eski kesin kalıntısı olarak" görür; daha önce yaklaşık 100.000 yıl önceye tarihlenen genç Ortadoğulu fosillere ilişkin bir kayıt. "Modern" ile "neredeyse modern" arasındaki kılı kırk yaran ayrımlardan bağımsız olarak, Herto halkının, modern insanlar ile tüm-kapsamlı "Arkaik *Homo sapiens*" adıyla bildiğimiz önceller arasındaki zirvede bulunduğu açıktır. Bazı otoriteler bu adı, daha önceki bir türe, *Homo erectus* türüne dahil olduğu yaklaşık 900.000 yıl öncesine kadar götürür. Bazıları, köprü kurucu arkaik biçimlere çeşitli Latince adlar vermeyi tercih eder. Meslektaşım Jonathan Kingdon tarzında İngilizce deyimler kullanarak tartışmadan uzak duracağım: "Modernler", "Arkaikler", "Dikler" ve yeri geldiğinde sözünü edeceğim diğerleri. Dikler ile onlardan evrilen Erken Arkaikler arasına ya da Arkaikler ile onlardan evrilen ilk Modernler arasına düzgün bir çizgi çekmeyi beklememeliyiz. Bu arada, Diklerin, Arkaiklerden (büyük "A" ile yazılan) daha arkaik (küçük "a" ile yazılan) olduğu ve her üç tipin, dik (küçük "d"ile yazılan) olduğu gerçeği kafaları karıştırmasın!

Arkaik biçimler, en azından 100.000 yıl öncesine kadar (Neanderthalleri de katarsak daha uzun süre) Modern biçimlerle birlikte varlıkların sürdürdüler. Son birkaç yüz bin yılın çeşitli zamanlarına tarihlenen Arkaik fosillere, dünyanın her tarafında rastlanıyor; örnekleri, Alman "Heidelberg insanı", Zambiya'dan "Rodezya insanı" ve Çinli "Dali insanı". Arkaiklerin bizimkiler gibi büyük beyinleri vardı; ortalama 1.200 ila 1. 300 santimetreküp. Bu, bizim 1.400 santimetreküplük ortalamamızdan biraz küçüktür, ama alanı bizimkiyle örtüşür. Vücutları bizimkinden daha kabaydı, kafatasları daha kalındı, alnın kaş yükseltisi daha fazla ve elmacık kemikleri daha az çıkıktı. Diklere bizden daha fazla benziyorlardı ve geriye bakış, haklı olarak onları arada gibi görür. Bazı taksonomistler onları, *Homo sapiens*'in *Homo sapiens heidelbergensis* denilen bir alt-türü olarak kabul ederler (biz de *Homo sapiens sapi-*

ens olurduk). Bazıları Arkaikleri, asla *Homo sapiens* kabul etmez, onlara *Homo heidelbergensis* derler. Bazıları da Arkaikleri birden fazla türe ayırır; örneğin *Homo heidelbergensis*, *Homo rhodesiensis* ve *Homo antecessor*. Düşünürseniz, ayrımlar konusunda anlaşmazlığın *olmaması* bizi endişelendirmeli. Evrimci yaşam bakışında, sürekli bir aradakiler silsilesi beklenmelidir.

Modern *Homo sapiens sapiens*, Arkaiklerin tek zürriyeti değildir. Başka bir ileri insan türü, Neanderthaller, tarihöncemizin uzun bölümünde bizim çağdaşlarımızdı. Bazı bakımlardan bizden çok Arkaiklere benziyorlardı ve yaklaşık bir ila iki yüz bin yıl önce Arkaik bir kökten çıkmış –bu durumda Afrika'da değil, Avrupa'da ve Ortadoğu'da– gibi görünüyorlar. Bu bölgelerden elde edilen fosiller, yaklaşık 130.000 yıl önce, son Buzul Çağı'nın başlangıcından hemen önce bulunan ilk açık Neanderthal fosillerle birlikte, Arkaiklerden Neanderthallere tedrici bir geçişi gösteriyor. Bu soğuk dönemin büyük bir bölümünde Avrupa'da varlıklarını sürdürdüler, yaklaşık 28.000 yıl önce de yok oldular. Başka bir deyişle, var oldukları sürece Neanderthaller, Afrika'dan gelen Avrupalı modern göçmenlerin çağdaşlarıydılar. Bazıları, Neanderthallerin soyunun tükenmesinden -doğrudan öldürerek ya da onlarla rekabete girerek- Modernlerin sorumlu olduğuna inanıyorlar.

Neanderthal* anatomi, bazılarının onlara ayrı bir tür adı, *Homo neanderthalensis* adını vermeyi tercih edeceği kadar bizimkinden farklıydı. Arkaiklerin bazı özelliklerini, Modernlerin sahip olmadığı geniş alın bölgesi gibi özellikleri koruyorlardı (bazı otoritelerin onları başka bir Arkaik tipi olarak sınıflandırmasının nedeni budur. Soğuk ortama uyarlanıp tıknazlaştılar, bacakları kısaldı ve burunları kocamanlaştı; ayrıca, ısınmak için giyinmiş olmalılar, büyük olasılıkla hayvan postları. Beyinleri bizimki kadardı, hatta bizimkinden daha büyüktü. Ölülerini törenle gömdüklerine ilişkin belli belirsiz işaretlere önem veriliyor. Konuşup konuşamadıklarını kimse bilmiyor ve bu önemli konudaki görüşler farklıdır. Arkeoloji, Neanderthaller ile Modernler arasında teknolojik düşüncelerin çift yönlü aktarılmış olabileceğini ima ediyor; ama bu dilden çok, taklitle olmuş olabilir.

Hac yolculuğunun kuralları, yalnızca şimdiden yola çıkan modern hayvanların hikâye anlatmaya hak kazandığını söylüyordu. Yakın tarih-

*Bilgiçlerin Köşesi: *Thal*, ya da modern Almancadaki *Tal* vadi demektir. Neander Vadisi, bu tip ilk fosilin bulunduğu yerdir. On dokuzuncu yüzyılın sonunda Almanca yazım yeniden düzenlenince, vadi de *Thal*'dan *Tal*'a dönüştü; ama Latince ad, *Homo neanderthalensis*, zoolojik terminoloji yasalarının tuzağına takılıp kaldı.

sel zamanlarda yaşadıkları için, dodo ve dev-boylu kuş için bir istisna yapıyoruz. Fosil *Homo erectus* ve *Homo habilis*, "gölge hacı" olarak niteleniyor; çünkü doğrudan atalarımız oldukları akla uygun olarak savunulabilir. Neanderthaller de bu başlık altına sokulur mu? Onların soyundan mıyız? Evet, Neanderthallerin anlatmak istedikleri hikâyenin konusu bu sorudur. Neanderthal'in Hikâyesi'ni, anlatılmasına izin verilmesi için bir savunma olarak düşünün.

NEANDERTHAL'İN HİKÂYESİ

Yan Wong'la birlikte yazıldı

Neanderthallerin soyundan mı geliyoruz? Öyleyse, *Homo sapiens* sapiens'le melezlenmiş olmaları gerekir. Peki melezlendiler mi? Avrupa'da uzun bir süre çakıştılar ve kuşkusuz aralarında bir temas oldu. Peki temasın ötesine geçtiler mi? Modern Avrupalıların kalıtım yoluyla aldıkları Neanderthal genleri var mı? Bu, hararetle tartışılan ve yakın zamanda geç Neanderthal kemiklerden alınan dikkate değer bir DNA'nın yeniden alevlendirdiği bir konudur. Şimdiye kadar, yalnızca anne tarafından kalıtım yoluyla alınan mitokondriyal DNA elde ettik; ama bu, kesin olmayan bir karara varmaya yeter. Neanderthal mitokondri, yaşayan tüm insanlarınkinden oldukça farklıdır ve Neanderthallerin, Avrupalılara diğer modern halklardan daha yakın olmadıklarını gösteriyor. Başka bir deyişle, Neanderthaller ile yaşayan tüm insanların kadın cinsinden ortak ataları, Mitokondriyal Havva'dan çok önce yaşamıştır: 140.000 yılın ötesinde, yaklaşık 500.000 yıl önce. Bu genetik kanıt, Neanderthaller ile Modernler arasında başarılı melezlenmenin ender olduğunu gösterir. Bu yüzden, çoğu kez torun bırakmadan öldükleri söylenir.

Ama Tasmanyalı'nın Hikâyesi'nde bizi şaşırtan "yüzde 80" muhakemesini unutmayalım. Üreyen Tasmanya nüfusuna girmeyi başaran tek bir göçmenin, evrensel ata kümesine –uzak gelecekte yaşayan tüm Tasmanyalıların atası olduğunu söyleyebilen bireyler kümesine– katılma şansı yüzde 80'di. Aynı nedenle, sözgelişi tek bir Neanderthal erkek bir *sapiens* nüfusunun içine girip üremişse, bu ona, bugün yaşayan tüm Avrupalıların bir ortak atası olma şansı verir. Avrupalılar hiçbir Neanderthal gen taşımasalar bile, bu doğru olabilir. Çarpıcı bir düşünce.

Bu yüzden, eğer varsa, genlerimizin çok azı Neanderthallerden gel-

diği halde, bazı insanların birçok Neanderthal atası olması olanaklıdır. Havva'nın Hikâyesi'nde karşılaştığımız gen ağaçları ile insan ağaçları arasındaki fark buydu. Evrimi gen akışı yönetir ve anlatmasına izin verirsek Neanderthal'in Hikâyesi'nin, ana fikri şudur: Evrime bireylerin şecereleri gereğince bakamayız, bakmamalıyız. Elbette bireyler başka bakımlardan önemlidir; ama şecereleri konuşuyorsak, önemli olan gen ağaçlarıdır. "Evrimsel soy" sözcükleri, soykütüksel atalara değil, gen atalarına işaret eder.

Fosil değişiklikleri de gen şecerelerinin bir yansımasıdır, soy kütüksel şecerelerin değil (ya da yalnızca tesadüfen öyledir). Fosiller, Modern anatominin, genç Afrika'dan göçler kanalıyla dünyanın geri kalan kısmına geçtiğini gösteriyor. Ama Alan Templeton'ın çalışması (Havva'nın Hikâyesi'nde açıklanan), kısmen Afrikalı olmayan Arkaiklerden, hatta büyük olasılıkla Afrikalı olmayan *Homo erectus*'tan da "geldiğimizi" öne sürüyor. İnsan ağzından gen ağzına geçersek, betimleme hem daha basit olur, hem daha güçlü. Modern anatomimizi belirleyen genler, arkalarında fosil bırakan GA göçmenler Afrika'dan taşıdı. Aynı zamanda Templeton'ın kanıtları, şimdi sahip olduğumuz diğer genlerin farklı yollardan dünyaya yayıldıklarını, ama bunu gösterecek çok az anatomik kanıt kaldığını gösteriyor. Genlerimizin pek çoğu muhtemelen "Genç Afrika" yolunu tutarken, birkaçı da diğer yollardan bize geldi. Bunu ifade etmenin daha güçlü bir yolu olabilir mi?

Peki, Neanderthaller bir hikâye anlatma hakkına sahip olduklarını kanıtladılar mı? Bir gen hikâyesi değilse bile, belki bir soykütüğü hikâyesi.

ERGASTLAR

Atalarımızı ararken, zaman içinde daha derine gidip, yine bir milyon yıla demir atıyoruz. Bu çağın tek olası adayları, genellikle *Homo erectus* denilen tipin mensuplarıdır; bunların Afrikalı olanlarına bazıları *Homo ergaster* diyor ve ben de onlara uyacağım. Bu yaratıklar için bir biçim ararken, Dikler yerine Ergastlar diyeceğim; kısmen, genlerimizin çoğunluğunun Afrikalı biçime dayandığına inandığım için, kısmen de, işaret ettiğim gibi, öncellerinden (*Homo habilis*) ya da ardıllarından (bizler) daha dik olmadıkları için. Hangi adı tercih edersek edelim, Ergast tipi yaklaşık 1,8 milyon yıl önceden başlayarak çeyrek milyon yıl önceye kadar varlığını sürdürdü. Biz Modernlerin öncelleri olan Arkaiklerin dolaysız öncelleri ve kısmı çağdaşları olarak kabul edilirler.

Ergastlar, modern *Homo sapiens*'ten belirgin bir biçimde farklıydılar ve Arkaik *sapiens* insanlardan farklı olarak, hiçbir örtüşme göstermeyen bazı özellikler bakımından bizden farklıydılar. Fosil bulgular, Ortadoğu'da ve Java'yı da kapsamak üzere Uzakdoğu'da yaşadıklarını ve Afrika'dan eski bir göçü temsil ettiklerini gösteriyor. Onlara daha önce Java İnsanı ve Pekin İnsanı adlarıyla hitap edildiğini duymuş olabilirsiniz. *Homo* cemaatine kabul edilmeden önce, Latince cins adları vardı: *Pithecanthropus* ve *Sinanthropus*. Bizim gibi iki ayak üstünde yürüyorlardı, ama bizimkinden daha küçük, daha az kubbeli, daha fazla "geriye yatık" kafatasları içinde daha küçük beyinleri (erken türlerde 900 cm^3, geç türlerde 1.100 cm^3) ve çekik çeneleri vardı. Belirgin kaş yükseltisi, geniş bir yüzde, dar bir aralıkla kafatasına gömülü gözlerin üzerinde belirgin bir yatay düzlük oluşturuyordu.

Kıl fosilleşmez; bu yüzden, evrimimizin bir noktasında, başımızdakiler hariç, vücut kıllarımızın çoğunu kaybettiğimiz gerçeğini tartışmak için tarihimizde doğal bir yer yoktur. Büyük olasılıkla Ergastlar bizden daha kıllıydı; ama Ergastların, bir milyon yıl önce vücut kıllarını kaybetmiş olmaları olasılığını dışlayamayız. Bizim kadar kılsız olmuş olabilirler. Aynı şekilde, bir şempanze kadar kıllı olduklarına ya da ara bir tüylülük düzeyinde olduklarına dair bir kurgu da yadırganmamalıdır. Modern insanların, en azından erkeklerin, kıllılık durumu büyük ölçüde değişmektedir. Kıllılık, evrimde tekrar tekrar artan ya da azalabilen özelliklerden biridir. İşlevini yitirmiş kıllar, onlara destek olan hücre yapılarıyla birlikte, en çıplak tenlerde bile, doğal seçilimin tekrar göreve çağırması duru-

munda gelişip kalın bir kıl örtüsüne dönüşmeye hazır beklemektedir. Avrasya'daki yakın zaman buz çağlarına yanıt veren çok tüylü mamutlara ve çok tüylü gergedanlara bakın. Tavuskuşu'nun Hikâyesi'nde insan kılının evrimsel kaybına tekrar döneceğiz.

Tekrar kullanılan ocaklara ilişkin incelikli kanıtlar, Ergastların en azından bazı gruplarının ateşi kullanmayı keşfettiklerini gösteriyor –geriye bakıldığında, tarihimizde anıtsal bir olay. Kanıtlar beklediğimizden daha az sonuç vericidir. İs ve odun kömürü karası, büyük zaman ölçeklerine dayanmaz; ama ateş, daha uzun süren izler bırakır. Modern deneyler çeşitli türden ateşleri sistematik bir şekilde yakıp, arkada bıraktıkları etkileri incelediler. Bilinçli yakılan kamp ateşlerinin, onları çalı yangınlarından ve yanmış ağaç gövdelerinden ayırt edecek şekilde, toprağı mıknatısladığı anlaşılıyor –nedenini bilmiyorum. Ama bu tür işaretler, hem Afrika'da, hem Asya'da Ergastların yaklaşık 1,5 milyon yıl önce kamp ateşine sahip olduklarına ilişkin kanıtları verir. Bu, ateş yakmayı bildikleri anlamına gelmek zorunda değil. Doğal bir biçimde ortaya çıkan bir ateşi ele geçirmekle işe başlayıp, bir tamagoçiye bakar gibi onu besleyip canlı tutmuş olabilirler.* Belki yemek pişirmeye başlamadan önce, tehlikeli hayvanları korkutup kaçırmak, ışık ve ısı elde etmek, sosyal bir ortam yaratmak için ateşi kullanmış olabilirler.

Ergastlar, taş aletler, muhtemelen ağaç ve kemik aletler de yapıp kullandılar. Konuşup konuşamadıklarını kimse bilmiyor ve kanıt bulmak zordur. "Bulmak zordur"un eksik bir ifade olduğunu düşünebilirsiniz; ama geriye doğru yolculuğumuzda fosil kanıtların konuşmaya başladığı noktaya ulaştık. Tıpkı kamp ateşlerinin toprakta iz bırakması gibi, konuşmanın gerekleri de iskelette küçük değişiklilere neden olabilir: Gırtlakta, Güney Amerika ormanlarının uluyanmaymunlarının seslerini gürleştirmek için kullandıkları içi boş kemik kutusu gibi dramatik bir şey değil, ama birkaç fosilde bulmayı umduklarımıza benzer ele verici işaretler. Ne yazık ki, ortaya çıkardığımız işaretler, sorunu halletmeye yetecek kadar ele verici değiller ve anlaşmazlık sürüyor.

Modern insan beyninin konuşmaya uygun gibi görünen iki bölümü vardır. Tarihimizde bu bölümler –Broca Bölgesi ve Wernicke Bölgesi– ne zaman genişledi? Fosil beyinlere en fazla, Ergast'ın Hikâyesi'nde betimlenecek kafatası boşluğu kalıplarında yaklaşıyoruz. Ne yazık ki, beynin farklı bölgelerini ayıran çizgiler çok açık bir biçimde fosilleşmez;

*Tamagoçi: İlk kez 1996'da piyasaya sürülüp, 2000'li yılların başlarında hemen hemen bütün dünyada yaygınlık kazanmış "dijital ev hayvanı" [e.n.].

ama bazı uzmanların dediğine göre, beynin konuşma bölgeleri iki milyon yıl öncesinde zaten genişlemişti. Ergastların konuşma yetisine sahip olduğuna inanmak isteyenleri, bu kanıtlar cesaretlendirir.

Ne var ki, iskelete inince cesaretleri kırılır. Bildiğimiz en tam *Homo ergaster*, Kenya'da Turkana Gölü yakınlarında yaklaşık 1,5 milyon yıl önce ölen Turkana Çocuğu'dur. Kaburgaları ve omurgada içinde sinirlerin geçtiği deliklerin küçüklüğü, konuşmayla ilişkili görünen nefes kontrolünden yoksun olduğunu gösterir. Kafatası tabanını inceleyen bazı bilim insanları, daha yakın zamanda, 60.000 yıl önce yaşayan Neanderthallerin bile konuşamadıkları sonucuna vardılar. Gırtlak şekillerinin, bizim kullandığımız seslileri tam olarak çıkarmaya izin vermediği, kanıt olarak gösteriliyor. Diğer yanda, dilbilimci ve evrimsel psikolog Steven Pinker'in belirttiği gibi, "sasli sayisi az bir dil da aldikça ifada adici alabilir." Yazılı İbranice, sesliler olmadan anlaşılabiliyorsa; konuşan Neander'in, hatta Ergaster'in anlaşılmaması için hiçbir neden görmüyorum. Güney Afrikalı emektar antropolog Philip Tobias, dilin *Homo ergaster*'den de önce olabileceğinden kuşkulanır ve haklı da olabilir. Gördüğümüz gibi, karşıt uca geçip, dilin kökenini birkaç on bin yıl öncesine, İleriye Büyük Sıçrayış'a tarihleyen birkaç kişi var.

Bu, asla çözülemeyecek anlaşmazlıklardan biri olabilir. Dilin kökenine ilişkin tüm değerlendirmeler, 1866'da yanıt verilemez ve boşuna sayıldığı için sorunun tartışılmasını yasaklayan Paris Dil Derneği'nin anılmasıyla başlar. Yanıt vermek güç olabilir; ama bazı felsefi sorular gibi ilke olarak yanıt verilemez değildir. Bilimsel becerinin söz konusu olduğu yerde, ben iyimserim. Tıpkı kıtasal kaymanın her türlü kuşkunun ötesinde, inandırıcı bir sürü kanıtla ortaya konulması gibi ve tıpkı DNA parmak izinin, adli tıp uzmanlarının ancak düşünü görebildiği bir güvenilirlikle bir kan lekesinin tam kaynağını saptayabilmesi gibi, bilim insanlarının atalarımızın ne zaman konuşmaya başladıklarını saptamanın yeni bir yöntemini bir gün bulacaklarını umuyorum.

Bununla birlikte, benim bile, birbirlerine ne söylediklerini ya da konuştukları dili bilme umudum yok. Salt sözcüklerle ve gramersiz mi başladı? Yoksa gramer erken ve aniden mi geldi? Bu, olanaksız, hatta aptalca değil. Belki de gramer kapasitesi beynin derinliklerinde zaten vardı ve zihinsel planlama gibi başka bir şey için kullanılıyordu. En azından iletişime uygulandığı şekliyle gramerin, bir dahinin ani bir buluşu olması olanaklı mıdır? Kuşkuluyum, ama bu alanda herhangi bir şeyi güvenle bir tarafa koyamam.

Dilin doğduğu tarihi bulmaya yönelik küçük bir adım olarak, umut vaat eden bazı genetik kanıtlar ortaya çıkmıştır. Kod adı KE olan bir ailenin, tuhaf bir kalıtsal kusuru vardır. Üç kuşağa yayılmış yaklaşık 30 aile üyesinin yarısı normaldir; ama on beşi, hem konuşmayı, hem anlamayı etkiliyor gibi görünen tuhaf bir dil bozukluğu göstermektedir. Buna sözel dispraksi denildi ve ilk önce, çocuklukta açıkça telaffuz edememe biçiminde kendini gösterir. Bazı otoriteler sorunun, cinsiyet, zaman ve sayı gibi bazı gramer özelliklerini kavrayamama anlamına gelen "özellik körlüğü"nden kaynaklandığını düşünüyorlar. Anormalliğin genetik olduğu açıktır. Bireylerde ya vardır, ya yoktur ve bizlerde mutasyona uğramamış biçimi bulunan *FOXP2* adlı önemli bir genin mutasyonuyla bağlantılıdır. Pek çok genimiz gibi *FOXP2*'nin bir versiyonu farelerde ve diğer türlerde de vardır ve muhtemelen beyinde ve başka yerlerde çeşitli işler yapıyor.* KE ailesinin sunduğu kanıt, insanlarda *FOXP2*'nin, beynin dille ilgili bazı bölümlerinin gelişmesi bakımından önemli olduğunu gösterir.

Bu yüzden, doğal olarak insan *FOXP2*'sini dilden yoksun hayvanlardaki aynı genle karşılaştırmak isteriz. Genleri ya DNA dizilişlerine bakarak ya da kodladıkları proteinlerdeki aminoasit dizilişlerine bakarak karşılaştırabilirsiniz. Bunun önemli olduğu zamanlar vardır ve bu, o zamanlardan biridir. *FOXP2*, 715 aminoasit uzunluğunda bir protein zincirini kodlar. Genin fare ve şempanze versiyonları arasındaki fark, yalnızca bir aminoasittir. İnsan versiyonun bu iki hayvandan farkı, fazladan iki aminoasittir. Bunun ne anlama gelebildiğini anlıyor musunuz? İnsanlar ve şempanzeler evrimlerinin ve genlerinin büyük çoğunluğunu paylaşmalarına karşın, *FOXP2* geni, insanların şempanzelerden ayrıldıktan sonra kısa zaman içinde hızla evrilmiş gibi göründükleri yerdir. Şempanzelerden en önemli farklarımızdan biri de, bizim dilimizin olması, onların olmamasıdır. Dilin evrimini anlamaya çalışıyorsak, aramamız gereken gen, bize doğru gelen soy boyunca bir yerde, ama şempanzelerden ayrıldıktan sonra değişen bir gendir. Talihsiz KE ailesinde (ve farklı bir biçimde, aynı dil kusuru bulunan ve akraba olmayan bireylerde) mutasyona uğramış olan gen de aynı gendir. Belki de *FOXP2*'deki değişiklikler, şempanzelere karşıt olarak insanları dile yetenekli hale getirdi. Ergastların mutasyona uğramış *FOXP2* geni var mıydı?

*Birçok gen birden fazla etki yaratır. Pleyiotropizm olarak bilinen bir görüngü.

Dilin atalarımızdaki kökenini tarihlemek için bu genetik hipotezi kullanabilseydik, harika olmaz mıydı? Bunu kesinlikli bir biçimde yapamayız, ama buna uygun, oldukça fikir verici bir şey yapabiliriz. Açık yaklaşım, modern insanlar arasındaki farklılıklardan geriye doğru üçgenleyip, *FOXP2* geninin eskiliğini hesaplamaya çalışmak olurdu. Ama KE ailesinin üyeleri gibi ender talihsizler dışında, insanlar arasında, herhangi bir *FOXP2* aminoasiti bakımından hiçbir fark yoktur. O yüzden, üçgenlemeye yetecek kadar farklılık yoktur. Bununla birlikte, genin asla proteine çevrilmeyen ve bu nedenle doğal seçilim "tebligatı" olmadan mutasyona uğrama özgürlüğü olan başka parçaları vardır: Bunlar, genin asla yazıya dökülmeyen ve ("ifade edilen" ve dolayısıyla doğal seçilim tarafından "görülen" "eksonlar"a karşıt olarak) intron denilen parçalarında bulunan "suskun" kod harflerdir. Suskun harfler, ifade edilenlerden farklı olarak, bireysel insanlar arasında ve insanlarla şempanzeler arasında oldukça farklılık gösterirler. Suskun alanlardaki değişim örüntülerine bakarsak, genin evrimine ilişkin bir şeyler anlayabiliriz. Suskun harflerin kendileri doğal seçilime tabi olmasalar da, komşu eksonların ayıklanmasıyla birlikte süpürülebilirler. Daha da iyisi, suskun intronlardaki değişim örüntülerinin matematiksel çözümlenmesi, doğal seçilim temizliğinin *ne zaman* gerçekleştiği konusunda iyi bir işaret verir. *FOXP2*'ye yanıt: 200.000 yıldan daha az bir süre önce. *FOXP2*'nin insan versiyonuna doğal seçimli bir dönüşüm, arkaik Homo sapiens'ten anatomik bakımdan modern *Homo sapiens*'e dönüşümle kabaca çakışmış gibi görünüyor. Bu, dilin doğduğu zaman olabilir mi? Böyle bir hesaplamada hata payı büyüktür; ama bu usta işi genetik kanıt, *Homo ergaster*'in konuşabildiğini savunan kurama bir karşı oy sayılır. Benim için daha önemlisi, beklenmedik yeni bir yöntem, bilimin, Paris Dil Derneği'ndeki kötümserlerin kafasını karıştırmanın bir yolunu bir gün bulacağına ilişkin iyimserliğimi destekliyor.

Homo ergaster, hac yolculuğumuzda karşılaştığımız ve bariz bir biçimde bizden farklı bir türe ait olan ilk fosil atadır. Hac yolculuğunun, fosillerin en önemli kanıtları verdiği ve son derece eski zamanlara ulaşana ve ilgili fosiller miadını doldurmaya başlayana kadar büyük görünmeye devam edecekleri bölümüne başlamak üzereyiz. Fosillere ve nasıl oluştuklarına daha ayrıntılı bakmanın zamanıdır. Hikâyeyi Ergast anlatacak.

ERGAST'IN HİKÂYESİ

Richard Leakey, meslektaşı Kimoya Kimeu'nün 22 Ağustos 1984'te keşfettiği Turkana Çocuğu'nu (*Homo ergaster*), duygulandırıcı bir biçimde şimdiye kadar bulunan 1,5 milyon yıllık en eski tama-yakın insangil iskeleti olarak tanımlar. Donald Johanson'ın, Lucy olarak bilinen daha eski ve doğal olarak daha az tam *australopithecine* tarifi de bir o kadar duygulandırıcıdır. "Küçük-ayak"ın keşfi de dikkate değerdir. Kendi ölümsüzlük versiyonlarıyla Lucy, "Küçük-ayak" ve Turkana Çocuğu'nu hangi garip koşullar kutsamış olursa olsun, zamanımız geldiğinde kendimiz için istemez miydik? Bu tutkuya ulaşmak için hangi engelleri aşmalıyız? Bir fosil nasıl oluşur? Ergast'ın Hikâyesi'nin konusu budur. Önce, biraz konudan ayrılıp jeolojiye girmemiz gerekir.

Kayalar, çoğu kez çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olan kristallerden oluşur. Bir kristal tek bir dev moleküldür; atomları, sonunda kristalin kenarına gelinceye kadar milyarlarca kez tekrarlanan düzenli bir ara mesafe örüntüsüyle düzenli bir kafes biçiminde düzenlenmiştir. Atomlar sıvı durumdan çıkıp, var olan bir kristalin genişleyen kenarında oluşunca kristaller büyür. Sıvı genellikle sudur. Başka durumlarda, sıvı asla bir çözücü değil, bizzat mineral eriyiğidir. Kristalin şekli ve düz yüzeylerinin kavuşma açıları, çoğu kez, atom kafesinin doğrudan bir temsilidir. Yontulmuş yüzleriyle kendi kendine oluşan atom dizilişinin üç boyutlu geometrisini çıplak göze gösteren bir elmasta ya da mor yakutta olduğu gibi, kafes şekil bazen gerçekten çok büyük olur. Ne var ki, kayaları oluşturan kristal birimler genellikle gözle görülemeyecek kadar küçüktür ve pek çok kayanın saydam olmamasının bir nedeni de budur. Kuvars (silisyum dioksit), feldspatlar (yine çok büyük ölçüde silisyum dioksit, ama bazı silisyum atomlarının yerini alüminyum atomları alır) ve kalsit (kalsiyum karbonat), önemli ve yaygın kaya kristalleridir. Granit, erimiş magmadan kristalleşmiş mika, feldspat ve kuvarsın yoğun bir karışımıdır. Kireçtaşı çok büyük çoğunlukla kalsittir, kumtaşı büyük ölçüde kuvarstır.

Volkanik kayaların aslı, soğumuş lavdır (lavın kendisi de erimiş kayadır). Granitte olduğu gibi, çoğu kez kristallidirler. Bazen şekilleri, görünür bir biçimde, cam benzeri katılaşmış sıvı gibi olabilir ve büyük bir şans eseri, eriyik lav bazen, bir dinozorun ayak izi ya da içi boş bir kafatası gibi doğal bir kalıbın içinde dökülebilir. Ama volkanik kayanın yaşam tarihçilerine esas yararı, tarihleme alanındadır. Sekoya'nın Hikâyesi'nde göreceğimiz gibi, en iyi tarihleme yöntemleri yalnızca

volkanik kayalar için kullanılabilir. Fosillerin kendileri genellik tarihlenemezler; ama civardaki volkanik kayalara bakabiliriz. Ya fosilin volkanik kayayla yaşıt olduğunu varsayarız; ya da arasına fosilimizin sıkışmış olduğu tarihlenebilir iki volkanik kaya örneği arar ve tarihinin alt ve üst sınırlarını belirleriz. Bu tarihleme yöntemi, bir cesedin bir sel tarafından, sırtlanlar ya da dinozor eşdeğerleri tarafından ilgisiz bir alana taşınmış olma riskine açıktır. Şansımıza, bu durum genellikle açıkça görülür; aksi takdirde, genel bir istatistiksel örüntüyle tutarlılık yöntemine başvurmamız gerekir.

Kumtaşı ve kireçtaşı gibi *tortul* kayalar, rüzgârın ya da suyun daha önceki kayalardan ya da kabuk gibi diğer sert malzemelerden kopardığı küçük parçalardan oluşur. Asıltı halinde, kum, mil ya da toz olarak başka bir yere taşınıp yığılırlar; orada durup, zaman içinde yeni kaya tabakalarına dönüşürler. Pek çok fosil, tortul yataklarda yatar.

Tortul kayanın doğası gereği, onu oluşturan malzemeler sürekli geri dönüşür. İskoçya Yaylaları gibi yaşlı dağlar su ve rüzgârla yavaş yavaş ufalanmıştır; bunun yarattığı malzeme daha sonra başka bir yerde tortullaşır; sonunda Alpler gibi yeni dağlar olarak ortaya çıkabilir ve döngü tekrarlanır. Böyle bir geri dönüşüm dünyasında, evrimdeki her boşluğu kapatmak için sürekli bir fosil kalıntı talebimizi dizginlemeliyiz. Fosillerin çoğu kez kaybolmaları yalnızca bir şanssızlık değildir; tortul kayaların oluşma şeklinin asli bir sonucudur. Fosil kalıntılarda boşlukların olmaması, olumlu bir biçimde endişe verici olurdu. Eski kayalar fosilleriyle birlikte, yeni kayaları oluşturan süreç tarafından aktif bir biçimde yok edilir.

Çoğu kez mineral-yüklü su, gömülmüş bir yaratığın dokusuna işleyince fosiller oluşur. Canlı kemik, işlevine özgü ve ekonomik nedenlerden ötürü gözeneklidir. Su ölü bir kemiğin gözeneklerinden geçince, çağlar geçtikçe mineraller yavaş yavaş birikir. Neredeyse bir ritüel gibi yavaş yavaş diyorum; ama her zaman yavaş olmaz. Bir çaydanlığın nasıl kireç bağladığını düşünün. Bir keresinde Avustralya'da bir sahilde, bir taşa gömülü bir şişe kapağı buldum. Ama süreç genellikle yavaştır. Hızı ne olursa olsun, bir fosil taşı eninde sonunda özgün kemiğin şeklini alır ve bu şekil milyonlarca yıl sonra, özgün kemiğin her atomu kaybolmuş olsa bile –ki, bu her zaman olmaz– karşımıza çıkar. Arizona'nın Painted Çölü'ndeki taşlaşmış orman, yeraltı sularından süzülüp gelen silis ve diğer minerallerin ağaç dokunun yerini aldığı ağaçlardan oluşur. İki yüz milyon yıldır ölü olan ağaçlar, şimdi baştan aşağı taştır; ama ağaçların

mikroskobik hücresel ayrıntılarından birçoğu taşlaşmış biçimde açıkça görülebilir.

Bazen özgün organizmanın ya da bir parçasının doğal bir kalıp ya da mühür oluşturduğundan söz ettim. 1987'de Texas'ta, Paluxy Irmağı'nda, kireçtaşı yatağında korunan dinozor ayak izlerini inceleyerek, hatta ayağımı içine sokarak geçirdiğim iki mutlu günü anımsıyorum. Bu izlerden bazılarının, kuşku götürmez dinozor izleriyle çağdaş dev insan izleri olduğuna dair tuhaf bir yerel efsane doğdu ve sonuçta, yakındaki Glen Rose kasabası, beton bloklara sahte dev insan izleri yapan ("O günlerde yeryüzünde iri adamlar var" [Tekvin 6:4] olduğunu çok iyi bilen ahmak yaratılışçılara satmak için) bir küçük sanayinin merkezi haline geldi. Gerçek ayak izlerinin öyküsü özenle ortaya çıkarıldı ve büyüleyicidir. Açıkça dinozorlara ait olan ayak izleri üç parmaklıdır. İnsan ayaklarını andıran ayakların parmakları yoktur ve bunlar, parmakları üzerinde koşmayıp, daha çok ayakları üzerinde yürüyen dinozorların ayak izleriydi. Ayrıca, yapışkan çamur parmak aralarına dolup, dinozorun yan parmaklarını belirsizleştirmiş olabilir.

Tanzanya'da Laetoli'de, 3,6 milyon yıl önce, o zaman taze olan volkanik küller içinde yürüyen üç gerçek insangilin –muhtemelen *Australopithecus aferensis*– sevimli ayak izleri, bizim için daha dokunaklıdır [bkz. resim 3]. Bu üç bireyin birbirlerine ne yaptıklarını, el ele tutuşup tutuşmadıklarını, hatta konuşup konuşmadıklarını ve Pliyosen Dönem'in bir şafak vakti hangi unutulmuş ayak işini paylaştıklarını kim merak etmez?

Lavları tartışırken söylediğim gibi, bazen kalıp, daha sonra sertleşip özgün hayvanın ya da organın şeklini alan farklı bir malzemeyle doldurulabilir. Bunları bahçede, üst tablası Jura Dönemi'ne ait, muhtemelen 150 milyon yaşında Purbeck tortul kireçtaşından yapılmış, kalınlığı 13 santimetre, yüzeyi 2 metrekare bir levhadan oluşan bir masada yazıyorum.* Bir sürü fosil yumuşakça kabuğunun yanı sıra, masanın alt tarafında (bunu bana tedarik eden ünlü ve eksantrik heykeltıraş tarafından) bir dinozora ait olduğu iddia edilen bir ayak izi var; ama bu yüzeyden dışarı çıkıntı yapan, kabartma bir ayak izidir. Özgün ayak izi (gerçekten sahiciyse; zira bana ne olduğu belirsiz gibi görünüyor), içine daha sonra tortu dolan bir kalıp işlevi görmüş olmalı. Kalıp daha sonra kaybolmuş. Eski beyinlerle ilgili bildiğimiz şeylerin çoğu, bu tür kalıp dökümleri biçi-

*İki tonluk bu megalitte bir buçuk saat boyunca benimle mülakat yapan bir gazeteci, gazetesinde bunu "beyaz dökme-demir bir masa" olarak tarif etti: görgü tanığı kanıtlarının yanılabilirliğine ilişkin gözde örneğimdir.

minde gelir: Beyin yüzeyinin çoğu kez şaşırtıcı ölçüde tam ayrıntılarıyla kazındığı, kafatası iç yüzeylerinin "iç kalıp dökümleri" olarak.

Kabuklardan, kemik ya da dişlerden daha az sıklıkta olmak üzere, bazen hayvanların yumuşak bölümleri de fosilleşir. Bu fosillerin en ünlü alanları, Kanada Kayalık Dağları'ndaki Burgess Shale ile Güney Çin'de biraz daha yaşlı olan ve Kadifekurtçuk'un Hikâyesi'nde tekrar karşılaşacağımız Chengjiang'dır. Bu her iki alanda da, kurtçukların ve yumuşak, kemiksiz ya da dişsiz diğer yaratıkların fosilleri, beş yüz milyon yıl öncesini, Kambriyen Dönem'i harika bir biçimde kaydeder. Chengjiang [bkz. resim 4] ve Burgess Shale'e sahip olmamız, bizim için büyük bir şanstır. Aslında, daha önce de söylediğim gibi, herhangi bir yerde fosillerimiz olduğu için çok şanslıyız. Tüm türlerin yüzde 90'ını fosil olarak tanımayacağımız hesaplanmaktadır. Bu rakam tüm türler içinse, ne kadar az bireyin sonunda fosilleştiğini düşünün. Bir tahmine göre, bu oran omurgalılar arasında bir milyonda birdir. Bu rakam bana yüksek gibi görünüyor ve gerçek rakam, sert bölümleri olmayan hayvanlar arasında çok daha düşük olmalı.

YETENEKLİLER

Homo ergaster'den bir milyon yıl daha geride, iki milyon yıl önce, genetik köklerimizin hangi kıtada yattığına ilişkin artık hiçbir kuşkuya yer yoktur. O kıtanın Afrika olduğunu, "çok-bölgeciler" de dahil herkes kabul ediyor. Bu çağa ait en zorlu fosil kemikler, normal olarak *Homo habilis* olarak sınıflandırılır. Bazı otoriteler, *Homo rudolfensis* dedikleri çok benzer ikinci bir çağdaş tipi kabul ederler. Bazıları bunu, 2001'de Leakey ekibinin betimlediği *Kenyapithecus*'la aynı sayar. Bazıları da bu fosillere bir tür adı vermekten uzak durup, hepsine birden "Erken *Homo*" adını verir. Her zamanki gibi, adlar konusunda bir tutum almak zorunda değilim. Önemli olan, etten kemikten gerçek yaratıklardır ve Latince yetenekli anlamına gelen *habilis* sözcüğünden yola çıkarak, bunların hepsine birden "Yetenekliler" diyorum. Daha eski olan Yetenekli fosilleri, doğal olarak Ergastlardan daha azdır. En iyi korunan kafatasının referans numarası KNM-ER 1470'tir ve genellikle 1470 olarak bilinir. Yaklaşık 1,9 milyon yıl önce yaşamıştır.

Yetenekliler, Ergastların bizden farklı oldukları kadar Ergastlardan farklıydılar ve bekleneceği gibi, sınıflandırılması zor ara türler de vardı. Yeteneklilerin kafatasları, Ergastların kafataslarından daha az sağlamdır ve belirgin kaş yükseltileri yoktur. Bu bakımdan, Yetenekliler bize daha fazla benziyorlardı. Bu durum, şaşırtıcı olmamalı. Sağlamlık ve kaş yükseltisi, insangillerin, muhtemelen kıl gibi, evrim doğrultusunda edindikleri ve tekrar kaybettikleri özelliklerdir.

Yetenekliler, tarihimizde, en dramatik insan özelliği olan beynin büyümeye başladığı yere işaret ederler. Ya da daha doğrusu, beynin, diğer insaymunların zaten büyük olan beyinlerinin normal büyüklüğünün ötesinde büyümeye başladığı yer. Aslında, Yeteneklileri *Homo* cinsine dahil etmenin gerekçesi de bu ayrımdır. Birçok paleontoloğa göre, büyük beyin cinsimizin ayırt edici özelliğidir. Yetenekliler, 750 cc sınırını zorlayan beyinleriyle eşiği aşmışlar ve insandırlar.

Okur duymaktan bıkmış olabilir; ama ben, eşikler, engeller ve aralıklar âşığı değilim. Özellikle, bir erken Yeteneklinin, ardılından daha büyük bir aralıkla öncelinden ayrılması için hiçbir neden yoktur. Baştan çıkarıcı gibi görünebilir; çünkü öncelin farklı bir cins adı vardır (Australopithecus), oysa ardılı (*Homo ergaster*) "yalnızca" başka bir *Homo*'dur. Doğrudur; yaşayan türlere baktığımızda, farklı cinslerin üyelerinin,

aynı cins içindeki farklı türlerin üyelerinden daha az birbirlerine benzemelerini bekleriz. Ama eğer evrimde kesintisiz bir tarihsel soy zincirimiz varsa, fosiller için aynı şey geçerli olamaz. Herhangi bir fosil tür ile onun dolaysız önceli arasındaki sınır çizgisinde, varlığı tartışma konusu yapılmaması gereken bazı bireyler olmalıdır. Böylesi ara bireylerin varlığını tartışma konusu yapmak saçma olur; aksi takdirde, bir türün ebeveynlerinin başka bir türün çocuğunu doğurması gerekir. *Homo* cinsi bir bebeğin, tamamen farklı bir cinsten, *Australopithecus* cinsinden ebeveynlerden doğduğunu öne sürmek daha da saçmadır. Bunlar, zoolojik adlandırma geleneklerimizin giremediği evrim bölgeleridir.*

Adları bir tarafa bırakmak, beynin *neden* aniden büyümeye başladığıyla ilgili daha yapıcı bir tartışma yürütmemizi sağlar. İnsangil beynin büyümesini nasıl ölçer ve zamana göre ortalama beyin büyüklüğünün bir grafiğini nasıl çıkarırdık? Zamanı ölçme birimleri konusunda bir sorun yok -milyon yıllar. Beyin büyüklüğü daha zordur. Fosil kafatasları ve iç kalıp dökümler, beyin büyüklüğünü santimetreküp olarak hesaplamamıza olanak verir ve bunu grama çevirmek çok kolaydır. Ama istediğimiz ölçünün, mutlak beyin büyüklüğü olması zorunlu değildir. Bir filin bir insandan daha büyük bir beyni vardır ve fillerden daha beyinli olduğumuzu düşünmemiz boşuna değil. *Tyrannosaurus*'un beyni bizimkinden çok küçük değildi; ama bütün dinozorlar küçük beyinli, kalın kafalı yaratıklar olarak kabul edilirler. Bizi daha zeki yapan şey, *cüssemize göre* dinozorlardan daha büyük beyinlere sahip olmamızdır. Peki, "cüssemize göre" tam olarak ne demektir?

Mutlak büyüklüğü düzeltip, bir hayvanın beyin büyüklüğünü, vücut büyüklüğü dikkate alındığında "olması gereken" büyüklüğün bir fonksiyonu olarak ifade etmenin matematiksel yöntemleri vardır. Bu, bir hikâyeye değecek bir konudur ve becerikli insan *Homo habilis*, beyin büyüklüğü "sınırı"ndaki hâkim noktasından bu hikâyeyi anlatacak.

BECERİKLİ'NİN HİKÂYESİ

Homo habilis gibi belirli bir yaratığın beyninin, o hayvanın vücut büyüklüğü dikkate alındığında olması "gereken"den büyük mü, yoksa küçük mü olduğunu bilmek istiyoruz. Büyük hayvanların büyük beyin-

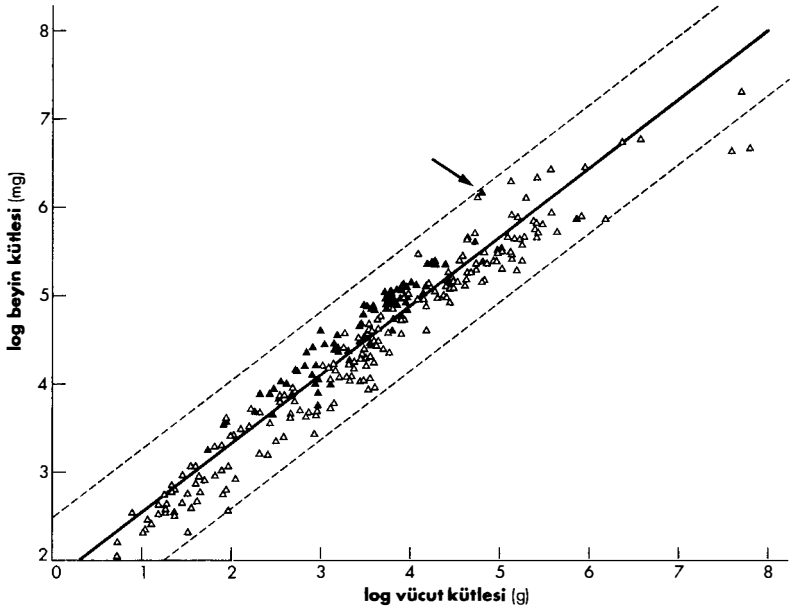
*Homo tanımı için öngörülen 750 cc sınırı, ilk olarak Sir Arthur Keith tarafından tercih edildi. Richard Leakey'in *The Origin of Humankind*'da bize anlattığı gibi, Louis Leakey *Homo habilis*'i ilk tarif ettiğinde, örneğinin 650 cc'lik bir beyni vardı ve Leakey, sınırı, bu örneği de kapsayacak şekilde değiştirdi. Daha sonraki *Homo habilis* örnekleri, 800 cc'ye yakın rakamlarla onu doğruladı. Hepsi benim eşik karşıtı değirmenime su taşıyor.

leri, küçük hayvanların küçük beyinleri olması gerektiğini kabul ederiz (benim durumumda biraz isteksizce, ama bunu geçelim). Bunu da hesaba katarak, bazı türlerin diğerlerinden daha "beyinli" olup olmadıklarını bilmek isteriz. O halde, vücut büyüklüğünü nasıl hesaba katarız? Bir hayvanın vücut büyüklüğünden yola çıkarak beklenen beyin büyüklüğünü hesaplamak için akla uygun bir temele ihtiyacımız var; bu şekilde, belirli bir hayvanın beyninin beklenenden büyük mü, yoksa küçük mü olduğuna karar verebiliriz.

Geçmişe hac yolculuğumuzda, tesadüfen beyinle ilgili sorunla karşılaştık; ama benzer sorular, vücudun herhangi bir parçasıyla ilgili de sorulabilir. Bazı hayvanların cüsselerine göre olması "gereken"den daha büyük (ya da daha küçük) kalpleri, böbrekleri ya da kürekkemikleri var mı? Eğer varsa, bu durum, o hayvanların yaşam tarzlarının kalpten (böbrekten ya da kürekkemiğinden) özel taleplerde bulunduğunu gösterebilir. Bir hayvanın toplam vücut büyüklüğünü biliyorsak, herhangi bir parçasının hangi büyüklükte "olması gerektiğini" nasıl öğreniriz? Dikkat edin, buradaki "olması gereken" ifadesi, "işlevsel nedenlerle ihtiyaç duyulan" anlamına gelmez. "Benzer hayvanların sahip oldukları özelliklerden hareketle, olması beklenen" anlamına gelir. Bu hikâye Becerikli'nin Hikâyesi olduğuna ve Becerikli'nin en şaşırtıcı özelliği de beyni olduğuna göre, beyni tartışmaya devam edeceğiz. Öğreneceğimiz dersler daha genel olacak.

Çok sayıda tür için vücut kütlesine dayanarak beyin kütlesinin dağılım çizelgesini çıkararak başlıyoruz. Grafikteki (meslektaşım saygın antropolog Robert Martin'den aldım) her simge yaşayan bir memeli türünü –en küçüğünden en büyüğüne kadar uzanan 309 türü– temsil eder. İlgileniyorsanız, *Homo sapiens* okla gösterilen yerdedir ve hemen yanı başındaki de yunus balığıdır. Noktalı çizgilerin ortasına çekilen koyu düz çizgi, istatistiksel hesaplara göre tüm noktalara en uygun olanı veren düz çizgidir.

Biraz karışık, ama biraz sonra anlaşılacak: Her iki eksenin ölçeği logaritmalaştırılırsa işler daha iyi yürür ve bu grafik buna göre yapılmıştır. Bir hayvanın vücut kütlesinin logaritmasına dayanarak beyin kütlesinin logaritmasını çıkarıyoruz. Logaritma şu demektir: Grafiğin alt çizgisi boyunca (ya da yandaki çizgiden yukarıya doğru) eşit basamaklar, sıradan bir grafikte olduğu gibi bir sayının eklendiğini değil, sabit bir sayıyla, sözgelişi onla *çarpımları* ifade eder. On sayısının uygun olmasının nedeni, onu kullandığımızda logaritmayı sıfırların adediyle



3. Plasentalı memelilerin farklı türleri için vücut kütlesine göre beyin kütlesinin log-log grafiği; içi dolu üçgenler primatlardır. Martin'den uyarlandı [bkz. Kaynakça].

hesaplayabilmemizdir. Bir filin kütlesini elde etmek için bir farenin kütlesini bir milyonla çarpmak gerekiyorsa, bu demektir ki, farenin kütlesine altı sıfır eklemek gerekir; birinin logaritmasını elde etmek için diğerinin logaritmasına altı eklemek gerekir. Logaritmik ölçekte ikisinin ortasında –üç sıfır– bir farenin bin katı, ya da bir filin binde biri ağırlıkta bir hayvan, belki de bir kişi duruyor. Bin ve milyon gibi yuvarlak sayıların kullanılması, yalnızca açıklamayı kolaylaştırmak içindir. "Üç buçuk sıfır," bin ile on bin arasında bir yer demektir. Dikkat edin; sıfırları sayarken "ikisinin ortası", gramları sayarken ikisinin ortasından çok farklıdır. Sayıların logaritmalarına bakıldığında bütün bunlar otomatik olarak dikkate alınır. Logaritmik ölçekler, farklı amaçlar için yararlı olan basit aritmetik ölçeklerden farklı bir sezgi türüne başvurur.

Logaritmik bir ölçek kullanmanın en az üç iyi nedeni var. Birincisi, yüz metre kâğıda gerek kalmadan bir cüce sivrifareyi, bir atı ve bir mavi balinayı aynı grafiğe koymayı olanaklı kılar. İkincisi, bazen, okumak istediğimizde katlı çarpanları okumayı kolaylaştırır. Yalnızca cüssemize göre olması gerekenden daha büyük bir beynimiz olduğunu bilmek istemiyoruz. Sözgelişi, beynimizin "olması gereken"den altı kat büyük olduğunu bilmek istiyoruz. Bu tür katlamalı yargılar, doğrudan logarit-

mik bir grafik olarak gösterilebilir. Logaritma da zaten bu demektir. Logaritmik ölçekleri tercih etmenin üçüncü nedenini açıklamak, biraz uzun sürer. Şöyle diyebiliriz: Dağılma noktalarımızın eğriler yerine düz çizgiler boyunca düşmelerini olanaklı kılar; ama hepsi bu değil. Sayısal işlemlerde zorluk çeken arkadaşlarıma anlatmaya çalışayım.

Diyelim ki, bir küre, küp ya da bir beyni alıp, şekli aynı kalacak ama on kat büyüyecek şekilde şişiriyorsunuz. Kürede bu, çapın on kat olması demektir. Küp ya da beyin örneğinde, genişliğin (yükseklik ve derinliğin de) on kat olması demektir. Bu orantılı büyütme örneklerinin tümünde, hacme ne olur? On kat büyük olmaz –bin kat büyük olur! Küp şekerleri istiflemeyi hayal ederseniz, küpler için bunu kanıtlayabilirsiniz. İstediğiniz herhangi bir şekli hep aynı şekilde şişirmede de aynı şey geçerlidir. Uzunluğu onla çarpın, şekil değişmemişse, hacmi otomatik olarak binle çarpmış olursunuz. On kat şişme özel örneğinde, bu, üç sıfır eklemeye eşdeğerdir. Daha genel olarak hacim, uzunluğun üçüncü kuvvetiyle orantılıdır ve logaritma, üçle çarpılır.

Aynı tür hesaplamayı alan için de yapabiliriz. Ama alan, uzunluğun üçüncü kuvvetiyle değil, ikinci kuvvetiyle orantılı artar. İkinci kuvvetle orantılı artışa kare, üçüncü kuvvetle orantılı artışa küp denmesi boşuna değil. Bir kesme şekerin hacmi, ne kadar şeker bulunduğunu ve maliyetini belirler. Ama ne kadar hızlı eridiğini yüzey alanı belirler (basit bir hesapla değil; çünkü, şeker eridikçe, geriye kalan yüzey alanı, geriye kalan şekerin hacminden daha yavaş azalacaktır). Bir nesneyi, uzunluğunu (genişliğini vb.) iki katına çıkararak şeklini bozmadan şişirdiğinizde, yüzey alanını 2x2=4'le çarparsınız. Uzunluğu 10'la çarpın, ve yüzey alanını 10x10=100'le çarparsınız ya da rakama iki sıfır eklersiniz. Alan logaritması, uzunluk logaritmasının iki katı olarak artarken, hacim logaritması uzunluk logaritmasının üç katı olarak artar. İki santimetrelik bir kesme şeker, bir santimetrelik kesme şekerin sekiz katı kadar şeker içerir; ama bu şekeri yalnızca dört kat hızlı çaya salar (en azından başlangıçta); çünkü, kesme şekerin yalnızca yüzey kısmı çaya dokunur.

Düşünün ki, çeşitli büyüklükte kesme şekerlerin bir saçılma çizimini yapıyoruz; alt eksen kesme şekerin kütlesini (hacme oranı) ve grafiğin yan çizgisi (başlangıçtaki) erime oranını (alana varsayılan oranı) göstersin. Logaritmik olmayan bir grafikte, noktalar, yorumlanması zor ve pek yararlı olmayan eğri bir çizgi boyunca düşer. Ama kütle logaritmasını başlangıçtaki erime oranı logaritmasına göre grafikleştirirsek, daha bilgilendirici bir şey görürüz. Kütle logaritmasında her üç kat artışa

karşı, yüzey logaritmasında iki kat artış görürüz. Log-log ölçeğinde noktalar bir eğri boyunca değil, düz bir çizgi boyunca düşerler. Dahası, düz çizginin eğimi, çok kesin bir şeyi ifade eder. Bu üçte ikilik bir eğim olacaktır; alan eksenindeki her iki adıma, çizgi hacim ekseninde üç adım tekabül eder. Alan logaritması iki katına çıkınca, hacim logaritması üçe katlanır. Bir log-log grafiğinde görebileceğimiz tek bilgilendirici çizgi eğimi, üçte iki eğimi değildir. Bu tür grafikler bilgilendiricidir; çünkü çizginin eğimi, hacim ve alan gibi şeylere bakınca olup bitenleri sezmemizi sağlar. Hacimler ile alanlar ve aralarındaki karışık ilişkiler, yaşayan vücutları ve parçalarını anlamada son derecede önemlidirler.

Özellikle matematikselleştirmiyorum, ama ben bile bunun büyüsünü görebiliyorum. Daha da iyisi, aynı ilke tüm şekiller için, yalnızca küp ve küre gibi düzgün şekiller için değil, hayvanlar ile hayvanların böbrek ve beyinleri gibi karışık şekiller için de geçerlidir. Gerekli olan tek şey, bir şekil değişikliği olmadan, basit şişme ya da sönmeyle büyüklüğün değişmesidir. Bu, bize bir tür sıfır-beklenti verir ve gerçek ölçüleri bununla karşılaştırırız. Bir hayvan türü diğerinden 10 kat uzunsa, kütlesi 1.000 kat büyük olur, *ama yalnızca şekil aynı kalırsa.* Aslında küçük hayvanlardan büyük hayvanlara geçtikçe şeklin sistematik olarak farklı olacak şekilde evrilmiş olması çok olasıdır; şimdi bunun nedenine bakabiliriz.

Sırf biraz önce gördüğümüz alan/hacim ölçeklendirme kuralları nedeniyle de olsa, büyük hayvanların küçük hayvanlardan farklı bir şekilde olmaları gerekir. Bir sivrifareyi şeklini bozmadan şişirerek bir file dönüştürseniz, yaşamaz. Çünkü yaklaşık bir milyon kat ağırlaşır ve bir sürü sorun ortaya çıkar. Bir hayvanın karşılaştığı sorunlardan bazıları, hacme (kütle) bağlıdır. Bazıları alana bağlıdır. Bazıları da, ikisinin karışık bir fonksiyonuna ya da tamamen farklı bir kaygıya bağlıdır. Bir kesme şekerin erime oranı gibi, bir hayvanın ısı kaybetme ya da deriden su kaybetme oranı, dış dünyaya açık olan alanla orantılıdır. Ama ısı üretme oranı, muhtemelen daha çok vücuttaki hücre sayısıyla ilgilidir ve bu da hacmin bir fonksiyonudur.

Bir fil ölçeğinde büyütülen bir sivrifarenin cılız bacakları gerilim altında kırılırdı ve narin kasları, çalışamayacak kadar zayıf olurdu. Bir kasın gücü hacmiyle değil, kesit alanıyla orantılıdır. Çünkü kas hareketi, milyonlarca moleküler lifin toplam hareketidir. Bir kas haline gelebilecek liflerin sayısı, kesit alanına bağlıdır (doğrusal büyüklüğün ikinci kuvveti). Ama kasın yerine getirmek zorunda olduğu görev –sözgelişi bir

fili taşıma– filin kütlesiyle orantılıdır (doğrusal büyüklüğün üçüncü kuvveti). Dolayısıyla filin, kütlesini taşımak için, sivrifareden daha fazla kas lifine *ihtiyacı vardır*. Bu yüzden, fil kaslarının kesit alanı basit büyütmeden beklenenden daha büyük olmalıdır ve bir fildeki kas hacmi de, basit büyütmeden beklenenden fazla olmalıdır. Farklı tikel nedenlerden ötürü, kemikler için de benzer bir sonuç söz konusudur. Fil gibi büyük hayvanların, ağaç gövdesi şeklinde bacaklara sahip olmalarının nedeni budur.

Fil boyutunda bir hayvanın, sivrifare boyutunda bir hayvandan 100 kat uzun olduğunu varsayalım. Şekilde bir değişiklik olmamak koşuluyla, dış derisinin alanı sivrifareninkinden 10.000 kat, hacmi ve kütlesi bir milyon kat büyük olurdu. Dokunma-duyarlı hücreler deriye eşit dağılırsa, filin 10.000 kat fazla hücreye ihtiyacı olacaktır ve beynin onlara hizmet eden bölümü de, büyük olasılıkla o oranda ölçeklenecektir. Filin vücudundaki hücrelerin toplam sayısı, sivrifaredekinden bir milyon kat kadar fazla olacaktır ve bu hücrelerin hepsine kılcal kan damarları hizmet etmelidir. Bu durumun, küçük bir hayvandan farklı olarak, büyük bir hayvanda beklediğimiz damar uzunluğuna etkisi nedir? Bu, karışık ve daha sonraki bir hikâyede döneceğimiz bir hesaptır. Şimdilik, hesap yaparken, hacim ve alanı ölçeklendirme kurallarını göz ardı edemeyeceğimizi bilmek bize yeter. Bu tür şeylerde sezgisel ipuçları elde etmek bakımından, logaritmik grafik iyi bir yöntemdir. Ana sonuç şudur: Evrimde hayvanlar büyüdükçe ya da küçüldükçe, şekillerinin de öngörülebilir yönde değişmesini bekleriz.

Beyin büyüklüğünü düşünürken bu konuya girdik. Vücut büyüklüğünü hesaba katmadan, beynimizi *Homo habilis*'in, *Australopithecus*'un ya da başka bir türün beyniyle karşılaştıramayız. Vücut büyüklüğünü dikkate alan bir beyin büyüklüğü endeksine ihtiyacımız var. Mutlak beyin büyüklüklerini karşılaştırmaktan daha iyi olsa da, beyin büyüklüğünü vücut büyüklüğüne bölemeyiz. Biraz önce tartıştığımız logaritmik grafikten yararlanmak, daha iyi bir yoldur. Farklı büyüklükte birçok tür için vücut kütlesi logaritmasına dayanarak beyin kütlesi logaritmasını çıkarın. Noktalar, birkaç sayfa önce verilen grafikte görüldüğü gibi, büyük olasılıkla düz çizginin etrafına düşecektir. Çizginin eğimi 1/1 (vücut büyüklüğüyle tam orantılı beyin büyüklüğü) ise, bu, her beyin hücresinin sabit sayıda vücut hücresine hizmet edebildiğini gösterir. 2/3'lük bir eğim, beyinlerin kemiklere ve kaslara benzediğini gösterir: Verili bir vücut hacmi (ya da vücut hücrelerinin sayısı),

belli bir beyin yüzeyi alanını gerektirir. Başka bir eğim, farklı bir yorum gerektirirdi. Peki, çizginin fiili eğimi nedir?

Ne 1/1'dir, ne de 2/3; ikisinin arasında bir yerdedir. Titiz olmak gerekirse, 3/4 uygundur. Neden 3/4? Bu, tahmin etmiş olabileceğiniz gibi karnabaharın (beyin, biraz karnabahara *benzer*) anlatacağı kendi başına bir hikâyedir. Karnabahar'ın Hikâyesi'nin önünü kesmeden, yalnızca 3/4 eğiminin beyinlere özgü olmadığını, karnabahar gibi bitkiler de dahil her tür canlı yaratıkta ortaya çıktığını söyleyeceğim. Beyin büyüklüğüne uygulandığı şekliyle ve Karnabahar'ın Hikâyesi'ni beklemek zorunda olan sezgisel mantıkla gözlemlenen bu çizgi, 3/4'lük eğimiyle, bu hikâyenin ilk paragrafında kullanıldığı şekliyle "beklemek" sözcüğüne atfedeceğimiz anlamdır.

Noktalar 3/4 eğimli "beklenen" düz çizgi etrafına kümelenmesine karşın, tüm noktalar tam olarak çizginin üzerine düşmez. "Beyinli" bir tür, grafikteki noktası çizginin üstünde olan türdür. Beyni, vücut büyüklüğü bakımından "beklenen"den büyüktür. Beyni beklenenden küçük olan bir tür, çizginin altında kalır. Çizgi üstünde ya da altındaki uzaklık, "beklenen"den *ne kadar* büyük ya da küçük olduğunun ölçüsüdür. Çizginin tam üzerine düşen bir nokta, vücut büyüklüğü bakımından beklenen büyüklükte beyni olan bir türü temsil eder.

Hangi varsayıma göre beklenen? Çizginin hesaplanmasına verileriyle katkıda bulunan türler kümesinin tipik özelliği olduğu varsayımına göre. Dolayısıyla, kelerden file kadar uzanan ve temsil niteliği olan kara omurgalılarından yola çıkılarak çizgi hesaplandıysa, tüm memelilerin çizginin üst tarafına (tüm sürüngenlerin alt tarafına) düşmesi, memelilerin, tipik bir omurgalıdan "beklenen"den daha büyük beyinleri olduğu anlamına gelir. Temsili bir memeliler yelpazesinden hareketle ayrı bir çizgi hesaplasak, yine 3/4'lük bir eğimle omurgalılar çizgisine paralel olur, ama mutlak yüksekliği daha fazladır. Temsili bir primatlar (maymunlar ve insaymunlar –baş-parmaklılar) yelpazesinden hareketle hesaplanan ayrı bir çizgi, yine daha yüksek olur, ama 3/4'lük bir eğimle paraleldir de. Ve *Homo sapiens*, diğerlerinden yüksek olur.

İnsan beyni, primatların standartlarına göre bile "çok" büyüktür ve ortalama primat beyni de, genel olarak memeliler standardına göre çok büyüktür. Bu bakımdan, ortalama memeli beyni, omurgalıların standardına göre çok büyüktür. Bütün bunları söylemenin bir yolu da şudur: Omurgalılar grafiğindeki nokta dağılımı, memeli grafiğindeki nokta dağılımından geniştir; memeli grafiğindeki dağılım da, kapsadığı primat

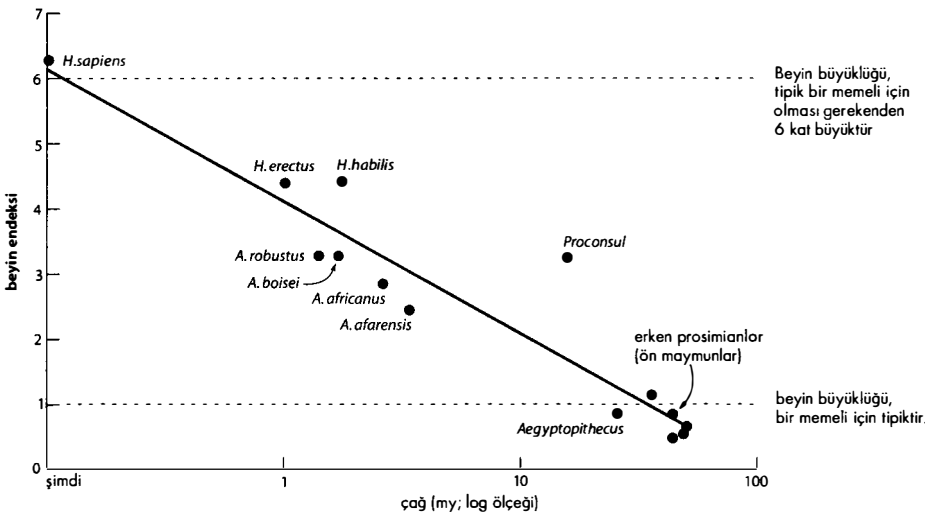
dağılımından geniştir. Grafikte Tuhaf-eklemli(xenarthran) nokta dağılımı, memeliler ortalamasının altındadır.*

Fosil beyin büyüklüğü araştırmalarının babası Harry Jerison, tikel bir türün, omurgalılar ya da memeliler gibi daha büyük bir grubun üyesi olduğu göz önüne alındığında, beyninin cüssesine göre olması "gereken"den ne kadar büyük ya da küçük olduğunun bir ölçüsü olarak bir endeks önerdi: Ensefalizasyon Katsayısı ya da EQ. Dikkat edin, EQ, karşılaştırmanın temeli olarak kullanılacak büyük grubu belirtmemizi istemektedir. Bir türün EQ'su, belirtilen büyük grubun ortalama çizgisine alttan ya da üstten uzaklığıdır. Jerison, çizgi eğiminin 2/3 olduğunu sanıyordu, oysa modern araştırmalar 3/4 olduğunu kabul ederler; bu yüzden, Jerison'ın EQ hesapları, Robert Martin'in öne sürdüğü gibi düzeltilmelidir. Bu düzeltme yapılınca, modern insan beyninin, eşdeğer büyüklükte bir memeli için olması gerekenden altı kat büyük olduğu ortaya çıkar (EQ, bir bütün olarak memelilerin standardına göre değil de, bir bütün olarak omurgalıların standardına göre hesaplansaydı, daha büyük olurdu. Bir bütün olarak primatların standardına göre hesaplansaydı, daha küçük olurdu).** Modern bir şempanzenin beyni, tipik bir memeli için olması gereken büyüklüğün yaklaşık iki katıdır. Avustralopitesinlerin (güney maymunları) beyinleri de öyledir. Evrimde muhtemelen *Australopithecus* ile bizim aramızda yer alan *Homo habilis* ve *Homo erectus*, beyin büyüklüğü bakımından da ortadadırlar. İkisinin EQ'su 4 civarındadır; yani beyinleri, eşit büyüklükte bir memelide olması gerekenden yaklaşık 4 kat büyüktü.

Aşağıdaki grafik, çeşitli fosil primat ve insaymun-insan için, yaşadıkları zamanın bir fonksiyonu olarak bir EQ tahminini, "beyin endeksi"ni gösteriyor. Bunu, birazcık ihtiyat payıyla, evrimsel zamanda geriye gittikçe azalan beyin grafiği olarak okuyabilirsiniz. Grafiğin tepesinde, 6'lık bir EQ ile modern *Homo sapiens* duruyor; yani bizim beynimiz, bizim cüssemizde tipik bir memeli için olması "gereken"den 6 kat ağırdır. Grafiğin en altında, muhtemelen Ortak Ata 5'e, Eski Dünya maymunlarıyla ortak atamıza benzer bir şeyi temsil eden fosiller duruyor. Tahmini EQ'ları 1 civarındaydı; yani, bugün onların cüssesinde tipik

*Kemerli hayvanlar olarak da bilinen Tuhaf-klemliler (xenarthrans), tembel hayvanları, karınca yiyenleri ve armadilloları kapsayan bir Güney Amerika memeliler takımıdır [ç.n.].

**Aynı şey IQ için de geçerlidir. Mutlak bir zekâ ölçüsü değildir. Sizin IQ'nuz, 100 olarak standartlaştırılan belli bir nüfusun ortalamasından ne kadar fazla (ya da az) zeki olduğunuzu yansıtır. Benim IQ'um Oxford Üniversitesi'nin geçmiş nüfusuna göre standartlaştırılsa daha düşük, İngiltere'nin geçmiş nüfusuna göre standartlaştırılsa daha yüksek olur. Nüfusun yarısının IQ'sunun 100'ün altında olduğuna ağıt yakan politikacı şakasının kaynağı budur.



Çeşitli fosil türlerin, logaritma ölçeğinde milyon yıllık zaman temelinde "beyin endeksi" ya da EQ grafiği. Sonuçlar, 3/4'lük bir eğime uygun düzeltilmiştir.

bir memelinin "hakkı" olacak kadar bir beyinleri vardı. Grafiğin ortasında ise, yaşadıkları zamanda atalarımıza yakın olabilen çeşitli *Australopithecus* ve *Homo* türleri yer alır. Çekilen çizgi, yine, grafikteki noktalara en uygun düz çizgidir.

Birazcık ihtiyat öğütledim; şimdi ihtiyat payını yükseltiyorum. EQ "beyin endeksi", ölçülen iki nicelikten, beyin kütlesi ile vücut kütlesinden hareketle hesaplanır. Fosillerde, bu iki nicelik, bize kadar gelen parçalardan hareketle tahmin edilmek zorundadır ve özellikle vücut kütlesi tahminlerinde büyük bir hata payı vardır. Grafikteki *Homo habilis* noktası, onun *Homo erectus*'tan "daha beyinli" olduğunu gösteriyor. Buna inanmıyorum. *Homo erectus*'un mutlak beyin büyüklüğü, yadsınamaz bir biçimde daha büyüktür. *Homo habilis* EQ'sunun şişmesi, vücut kütlesinin çok düşük tahmin edilmesinden kaynaklanır. Hata payıyla ilgili bir fikir edinmek için, modern insanların vücut kütlelerindeki büyük farklılıkları düşünün. Bir ölçü olarak EQ, vücut kütlesi ölçümünde yanlışa son derece açıktır. Bu yüzden, çizgi civarına nokta dağılımı büyük ölçüde, vücut kitlesi hesabının yanlış yapıldığını yansıtır. Diğer yanda, çizginin temsil ettiği zaman içindeki genel eğilim, muhtemelen gerçektir. Bu hikâyede açıklanan yöntemler, özellikle grafikteki EQ tahminleri, evrimimizin son 3 milyon yılında gerçekleşen en önemli şeylerden birinin, zaten büyük olan primat beynimizin balon-

laşması olduğuna ilişkin öznel izlenimimizi doğruluyor. Bundan sonraki açık soru, neden sorusudur. Son üç milyon yılda hangi Darvinci seçilim baskısı, beynin büyümesine neden oldu?

Bazıları, arka ayaklarımızın üzerine kalktıktan sonra gerçekleştiği için, beynin şişmesine ellerin serbest kalmasının ve bunun, kesin-kontrollü el becerilerine sağladığı olanağın neden olduğunu öne sürdüler. Genel anlamda, bunu, öne sürülen diğer düşünceler kadar akla uygun bir düşünce olarak görüyorum. Ama insan beyninin büyümesi, evrimsel genel eğilimler ilerledikçe aniden hızlanmış gibi görünüyor. Şişmeli evrimin, özel bir şişme açıklaması gerektirdiğini düşünüyorum. *Unweaving the Rainbow*'da "Zihin Balonu" adlı bölümde, "yazılım-donanım eş-evrimi" dediğim genel bir kuram içinde bu şişme temasını geliştirdim. Bilgisayar benzetmesi, yükselen bir sarmal halinde birbirlerini tetikleyen yazılım yenilikleri ile donanım yeniliklerine işaret etmektedir. Yazılım yenilikleri donanımda bir tırmanmayı gerektirir, donanımda tırmanma da yazılımda tırmanmayı kışkırtır ve böylece şişme hız kazanır. Beyinde, yazılım yeniliğiyle anlatmak istediğim *türden* şey için gösterdiğim adaylar dil, iz sürme, fırlatma ve memlerdi. Daha önceki kitabımda cinsel seçilime haksızlık ettim ve sırf bu nedenle, bu kitapta daha sonra bu konuya özel bir yer vereceğim.

Büyüyen insan beyni, ya da daha doğrusu vücut resmi, epik şiir ve ritüel dans gibi beyin ürünleri, bir tür zihinsel tavuskuşu kuyruğu olarak evrilmiş olabilir mi? Bu düşünceye eskiden beri ilgim vardı; ama İngiltere'de çalışan Amerikalı evrim psikoloğu Geoffrey Miller kitabı *The Mating Mind*'ı yazana kadar, hiç kimse bu düşünceyi geliştirip gerçek bir kurama dönüştürmedi. Randevu 16'da kuş hacılar bize katıldıktan sonra, Tavuskuşu'nun Hikâyesi'nde bu düşünceye kulak vereceğiz.

İNSAYMUN-İNSANLAR

İnsan fosillerine ilişkin popüler literatür, "en eski" insan atayı keşfetme sözde tutkusuyla coşuyor. Bu ahmaklıktır. "Alışkanlık halinde iki ayak üstünde yürüyen en eski insan ata hangisiydi?" ya da "Bir şempanzenin atası değil, bizim atamız olacak ilk yaratık hangisiydi?" ya da "600 cc'den büyük bir beyin hacmi olan en eski insan ata hangisiydi?" gibi özgül bir soru sorulabilir. Bu sorular, pratikte yanıtlanmaları zor olmasına ve bazılarının, kesintisiz bir süreklilikte yapay boşluklar yaratma kusuru bulunmasına karşın, en azından ilke olarak bir şey ifade ederler. Ama "En eski insan ata kimdi?" sorusu, hiçbir şey ifade etmez.

Daha kötüsü, insan atalar bulma rekabeti, yeni fosil keşiflerin, uzaktan olanaklı olduğu her seferinde "ana" insan soy çizgisi üzerinde diye göklere çıkarılması anlamına geliyor. Ama toprak giderek daha fazla fosil verdikçe, insangil tarihin çok büyük bir bölümünde Afrika'nın birçok insangil türü eşzamanlı barındırdığı, giderek daha fazla berraklaşıyor. Yani, şimdi ata sanılan birçok fosil türün, kuzenlerimiz oldukları anlaşılacak.

Homo ilk kez Afrika'da ortaya çıktıktan itibaren çeşitli zamanlarda bu kıtayı daha sağlam insangillerle, muhtemelen birçok farklı insangil türle paylaştı. Her zamanki gibi akrabaların ve türlerin tam sayısı, hararetli tartışmaların konusudur. Bu yaratıklara verilen adlar (Becerikli'nin Hikâyesi'nin sonundaki grafikte onlarla karşılaştık), *Australopithecus* (ya da *Paranthropus*) *robustus*, *Australopithecus* (ya da *Paranthropus* ya da *Zinjanthropus*) *boisei* ve *Australopithecus* (ya da *Paranthropus*) *aethiopicus*'tur. Daha "cılız" (gürbüzün karşıtı olarak cılız) insaymunlardan evrilmiş gibi görünüyorlar. Narin insaymunlar da *Australopithecus* cinsine dahil edilirler ve biz de, neredeyse kesin olarak, cılız avustralopitesin saflardan çıkageldik. Erken *Homo*'yu cılız avustralopitesinden ayırt etmek zordur –onları ayrı cinslere yerleştiren adlandırma geleneklerine itirazımın nedeni budur.

Homo'nun dolaysız ataları, bir tür narin avustralopitesin olarak sınıflandırılırdı. Cılız fosillerden bazılarına bakalım. Bayan Ples, Sterkfontein yakınlarında bulunuşunun on beşinci yıl dönümünde, onu bulanın anısına verdiğim Robert Brom Memorial Lecture sırasında, Pretoria'daki Transvaal Müzesi kafatasının güzel bir kalıp dökümünü bana hediye ettiğinden beri özel sevgi beslediğim biridir. Yaklaşık 2,5 milyon

yıl önce yaşamış. Takma adı, insanlar onu *Australopithecus*'a dahil etmeye karar vermeden önce mal edildiği *Plesianthropus* cinsinden ve dişi sanılmasından (şimdi kuşkulanıldığı gibi belki de yanlış yere) kaynaklanır. Bireysel fosil insangiller, çoğu kez, bunun gibi sevimli adlar alırlar. "Bay Ples", doğal olarak, daha yakın zamanda keşfedilen, Bayan Ples'le aynı türe, *Australopithecus africanus* türüne mensup olan Sterkfontein'li fosildir. Takma adlı diğer fosiller, ilk önce *Zinjanthropus* boisei adı verildiği için "Zinj" olarak da bilinen sağlam bir avustralopitesin olan "Sevgili Çocuk", "Küçük-ayak" (bkz. aşağıda) ve şimdi döneceğimiz ünlü Lucy'yi kapsamaktadır.

Zaman makinemizin göstergesi 3,2 milyon yıla değince Lucy'yle karşılaşırız. Başka bir cılız avustralopitesin olan Lucy'nin türü, *Australopithecus afarensis*, hararetli bir insan ata yarışmacısı olduğu için, sıkça anılır. Onu bulanlar, Donald Johanson ve meslektaşları, aynı alanda "İlk Aile" olarak bilinen 13 benzer bireyin fosillerini de buldular. O zamandan bu yana, Doğu Afrika'nın diğer kesimlerinde yaklaşık 3 ila 4 milyon yıl öncesine ait başka "Lucy'ler" bulundu. Mary Leakey'in Laetoli'de bulduğu 3,6 milyon yıllık ayak izleri, *A. afarensis*'e atfediliyor. Latince adı ne olursa olsun, açıkça o sırada birileri iki ayak üzerinde yürüyordu. Lucy, Bayan Ples'ten çok farklı değil ve bazıları, Lucy'yi Bayan Ples'in erken bir versiyonu sayar. Birbirlerine çok benziyorlar. Erken Doğu Afrikalı Lucy'lerin, daha sonraki Güney Afrikalı Bayan Ples'lerden biraz daha küçük beyinlere sahip oldukları söyleniyor, ama bu fazla önemli değil. Beyinleri, bazı modern insan beyinleri diğer modern insan beyinlerinden ne kadar farklıysa, o kadar farklıydı.

Tahmin edeceğimiz gibi, Lucy gibi daha yakın zamana ait *afarensis* bireyler, daha eski 3,9 milyon yıl öncesine ait *afarensis* biçimlerden biraz farklıdırlar. Zaman ilerledikçe farklılıklar birikir ve 4 milyon yıl önce zaman makinemizden dışarı çıksak, pekâlâ Lucy'nin atası ve akrabası da olabilen, ama daha fazla şempanze olma bakımından farklı bir tür adını hak edecek kadar farklı olan daha çok yaratık görürüz. Meave Leakey ve ekibinin bulduğu bu *Australopithecus anamensis*'ler, Turkana Gölü yakınlarında iki ayrı kazı alanından çıkarılan 80'den fazla fosilden oluşurlar. Bozulmamış kafatası bulunmamıştır; ama muhtemelen atalarımızdan birine ait olan harika bir alt çene var.

Henüz yazılı olarak tam betimlenmeyen bir fosil, o dönemden kalan en heyecan verici buluştur ve burada biraz mola vermek gerekiyor. Güney Afrika'nın Sterkfontein mağaralarında bulunan ve duygusal bir

ifadeyle Küçük-ayak olarak bilinen bu iskelet, ilk önce yaklaşık üç milyon yıl önceye tarihlendi; ama yakın zamanda yeniden dört milyondan fazla yıl önceye tarihlendi. Keşfedilmesi, bir Conan Doyle öyküsüne değecek bir detektiflik işidir. Küçük-ayak'ın sol ayağının parçaları 1978'de Sterkfontein'de çıkarıldı, ama kemikler etiketlenmedi ve bilinmeyen bir yere kaldırıldı; 1994'te, Phillip Tobias'ın yönetiminde çalışan paleontolog Roland Clarke, Sterkfontein mağarasında işçilerin kullandığı bir barınakta bir sandık içinde bu kemikleri yeniden keşfetti. Üç yıl sonra Clarke, Witwatersrand Üniversitesi'nde bir depoda, içinde Sterkfontein'de çıkarılan kemikler bulunan bir sandık buldu. Bu sandık, "Uzunkuyruklu-maymungiller" olarak etiketlenmişti. Clarke bu maymun türüyle ilgileniyordu; bu yüzden kutunun içine baktı ve maymun kemikleri arasında, bir insangilin ayak kemiğini fark etti. Sandıktaki birçok ayak ve bacak kemiği, daha önce Sterkfontein barınağında bulunan kemiklerin eşi gibi görünüyordu. Kemiklerden biri, kırık bir sağ incik kemiğinin yarısıydı. Clarke, incik kemiğinin bir kalıp dökümünü iki Afrikalı asistana, Nkwane Molefe ile Stephen Motsumi'ye verdi ve Sterkfontein'e dönüp diğer yarıyı aramalarını istedi.

> Onlara verdiğim görev, samanlıkta iğne aramaya benziyordu; zira mağara, duvarlarda, yerde ve tavanda açıkça görülen breşiyle büyük, derin ve karanlık bir oyuktu. El fenerleri yardımıyla iki günlük bir aramadan sonra, 3 Temmuz 1997'de diğer yarıyı buldular.

Molefe ile Motsumi'nin yap-boz becerisi, daha da şaşırtıcıydı; çünkü ellerindeki kalıp dökmeye uyan kemik,

> (...) daha önce kazı yaptığımız yerin karşısındaydı. Kemik 65 yıl kadar önce kireç işçileri tarafından parçalanmış olmasına karşın, uyum kusursuzdu. Sağ kavalkemiğinin açıkta kalan ucunun sol tarafında, sol kavalkemiğinin kırık şaftının, ayak kemikleriyle bitişik sol kavalkemiğinin alt tarafıyla birleştirilebilen kesimi görülebiliyordu. Bunun sol tarafında, sol fibulanın kırık şaftı görülebiliyordu. Doğru anatomik ilişki içinde alt organlara göre konumlarından, tüm iskeletin orada yüzüstü yattığı belliydi.

Aslında tam orada değildi; ama Clarke, o alandaki jeolojik çöküntüleri araştırdıktan sonra, nerede olması gerektiğini çıkardı ve Motsumi'ni keskisi, onu orada buldu. Clarke ve ekibi gerçekten de şanslıydı; ama burada, Louis Pasteur'den bu yana bilim insanlarının kullandıkları bir özdeyişin birinci sınıf bir örneğiyle karşı karşıyayız: "Şans, hazırlıklı zihinden yanadır."

Küçük-ayak'ın kazısı daha tamamlanmadı, betimlenip biçimsel olarak adlandırılmadı; ama ön raporlar, daha eski olmanın yanı sıra eksizlik

bakımından da Lucy'ye rakip görkemli bir bulgu olduğunu gösteriyor. Şempanzeden çok insana benzemesine karşın, ayak baş parmağı bizimkinden daha ayrıktır. Bu durum, Küçük-ayak'ın, ağaç dallarına bizim yapamayacağımız bir biçimde ayaklarıyla tutunabildiğini gösteriyor olabilir. Neredeyse kesin olarak iki ayak üstünde yürümüş olmasına karşın, belki tırmanabiliyordu da ve bizden farklı bir yürüyüş biçimiyle yürüyordu. Diğer avustralopitesinler gibi ağaçlarda zaman geçirmiş, modern şempanzeler gibi ağaçlarda gecelemiş olabilir.

4 milyon yıl kilometre taşında durmuşken, kalan yolumuza bir göz atalım. Daha eskiden, yaklaşık 4,4 milyon yıl öncesinden kalma, muhtemelen iki ayaklı *Australopithecus*-benzeri bir yaratığın kalıntıları vardır. Tim White ve meslektaşları, onu Etiyopya'da, Lucy'nin son dinlenme yerine oldukça yakın bir yerde buldular. Ona *Ardipithecus ramidus* adını verdiler;* ama bazıları *Australopithecus* cinsi içinde tutmayı tercih ettiler. Şimdiye kadar hiçbir *Ardipithecus* kafatası bulunamadı; ama dişleri, daha sonraki insanlardan çok şempanzeye benzediğini gösteriyor. Diş minesi şempanzelerin diş minesinden kalındı, ama bizimkinden de inceydi. Kafatasına ait birkaç yalıtık kemik bulundu ve bunlar kafatasının, şempanzelerde olduğu gibi omurgalı bir sütunun önüne değil, üstüne yaslandığını gösteriyor. Bu da dik bir duruşu gösterir ve bulunanlara benzer ayak kemikleri, *Ardipithecus*'un iki ayaklı olduğu düşüncesini destekliyor.

İki ayaklılık insanları diğer memelilerden o kadar dramatik bir biçimde ayırır ki, kendi başına bir hikâyeyi hak ettiğini düşünüyorum. Ve bu hikâyeyi Küçük-ayak'tan daha iyi kim anlatabilir?

KÜÇÜK-AYAK'IN HİKÂYESİ

İki ayak üstünde yürümenin genel olarak iyi bir şey olmasının nedenlerini düşünüp bulmak özellikle yararlı değildir. İyi bir şey olsaydı, diğer memeliler bir yana, şempanzeler de yapardı. İki ayakla ya da dört ayakla koşmanın diğerinden daha hızlı ya da daha etkili olduğunu söylemek için hiçbir açık neden yoktur. Dörtnala koşan memeliler, diğer yararların yanı sıra uzun adım atmak için belkemiğinin yukarı ve aşağı esnekliğini kullanarak şaşırtıcı derecede çevik ve hızlı olabilirler. Ama devekuşları, insan gibi iki ayakla yürüyüş tarzının, dört ayaklı bir ata denk olabildiğini gösteriyorlar. Aslında, birinci sınıf bir kısa mesafe koşucusu

*Bazıları ikinci bir türü, *Ardipithecus* kadabba türünü ayırt ediyor.

insan, bir attan ya da köpekten (ya da devekuşundan ve kangurudan) fark edilir ölçüde daha yavaş olmasına karşın, utanılacak kadar da yavaş değildir. Dört ayaklı maymunlar ve insaymunlar, muhtemelen vücut tasarımları daha çok bir tırmanıcının ihtiyaçlarına uygun olduğu için, genellikle iyi koşucu değildirler. Normalde yerde yiyecek arayan ve koşan babunlar bile, uyumak için ve yırtıcılara karşı bir savunma olarak ağaçlara başvuruyorlar; ama babunlar gerektiğinde hızlı koşabiliyorlar.

Bu yüzden, atalarımızın neden arka ayakları üzerine kalktıklarını sorduğumuzda ve vazgeçtiğimiz dört ayak alternatifini hayal ettiğimizde, "çita"yı ya da benzer bir şeyi düşünmek adil değildir. Atalarımız ilk kez ayağa kalktıkları zaman, ezici ölçüde güçlü bir etkinlik ya da hız avantajı yoktu. Bizi yürüyüş tarzındaki bir evrimsel değişime zorlayan doğal seçilim baskısı için, başka bir yere bakmalıyız.

Bazı dört ayaklılar gibi şempanzelere de iki ayak üzerinde yürüme öğretilebilir ve şempanzeler, kısa mesafelerde de olsa, çoğu zaman iki ayak üzerinde yürürler. O halde, büyük yararları olsaydı, iki ayaklılığa yönelmekte herhalde olağanüstü güçlük çekmezlerdi. Orangutanlar buna daha da uygundur. En hızlı hareket yöntemleri ağaç dalları arasında kollarıyla dolaşmak olan vahşi gibonlar da açık alanlarda arka ayakları üzerinde koşuyorlar. Bazı maymunlar uzun otların üzerinden bakmak ya da suda yürümek için arka ayakları üzerine kalkarlar. Bir lemur, Verreaux'nun Madagaskar lemuru, muhteşem bir akrobat olmasına ve esas olarak ağaçlarda yaşamasına karşın, ağaçların arasında yerde arka ayakları üzerinde, kolları bale zarafetiyle havada "dans eder".

Doktorlar, bazen, kendimizi zorladığımız zamanki oksijen tüketimimizi ve diğer metabolizma göstergelerini ölçmek için bir maskeyle belirli bir noktaya koşmamızı isterler. 1973'te Amerikalı iki biyolog, C. R. Taylor ile V. J. Rowntree, aynı şeyi eğitimli şempanzelerle ve kapuçin maymunlarıyla yaptı; onları bir koşu bandında koşturdu. Araştırmacılar hayvanları dört ayak ve iki ayak üzerinde koşturarak (hayvanlara tutunacakları bir şey verildi), iki yürüyüş tarzının oksijen tüketimini ve verimini karşılaştırabildiler. Dört ayakla koşmanın daha verimli olmasını bekliyorlardı. Ne de olsa, her iki hayvanın doğal olarak yaptığı buydu ve anatomileri de buna uygundu. İki ayaklı olmalarına, tutunacakları bir şeyin olması yardımcı olmuştu. Her neyse, sonuç tersi oldu. İki yürüyüş tarzının oksijen tüketimi arasında anlamlı bir fark yoktu. Taylor ile Rowntree şu sonuca vardılar:

İki ayakla koşma ile dört ayakla koşmanın göreli enerji maliyeti, insanda iki

ayakla hareketin evrimine ilişkin tartışmalarda kullanılmamalıdır.

Bu bir abartma da olsa, en azından sıra dışı yürüyüş tarzımızın olası yararları konusunda bizi başka bir yere bakmaya teşvik etmelidir. Şu kuşkuya neden olur: Evriminin sürücüleri olarak iki ayaklılığın hareketle ilgili olmayan hangi yararlarını öne çıkarırsak çıkaralım, muhtemelen lokomotor maliyetlerle mücadele etmek zorunda değillerdi.

Lokomotorla ilgili olmayan bir yarar nasıl bir şey olabilir? Oregon Üniversitesi'nden Maxine Sheets-Johnstone'un cinsel seçilim kuramı, uyarıcı bir öneridir. Penislerimizi göstermenin bir yolu olarak arka ayaklarımızın üzerine kalktığımızı düşünüyor; yani biz penisleri olanların. Sheets-Johnstone'a göre, dişiler tersi bir nedenle aynı şeyi yapıyorlardı: Primatlarda dört ayak üzerindeyken çok daha belirgin olan cinsel organları gizlemek için. Bu çekici bir düşüncedir, ama hayranlık duymam. Yalnızca lokomotorla ilgili olmayan kuram ifadesiyle ne *tür* bir şey anlatmak istediğimin bir örneği olarak sözünü ediyorum. Bu kuramların birçoğunda olduğu gibi, bunun diğer insaymunlara ya da maymunlara değil de, bizim sülalemize uygulanmasının nedenini merak ediyoruz.

Farklı bir kuram kümesi, iki ayaklılığın gerçekten önemli bir avantajı olarak ellerin serbest kalmasını vurgular. Belki de çıkıp dolaşmanın iyi bir yolu olduğu için değil, o zaman ellerimizle yapabileceğimiz şeylerden –örneğin yiyecek taşıma– ötürü arka ayaklarımızın üzerine kalktık. Birçok insaymun ve maymun yaygın bulunabilen, ama özellikle zengin ya da yoğun olmayan bitkilerle beslenir; bu yüzden bir inek gibi az çok sürekli yiyebildiğiniz kadar yemelisiniz. Et ya da toprak altındaki büyük yumru kökler gibi başka tür yiyeceklerin elde edilmesi daha zordur; ama bulunduğunda da değerlidirler –yiyebildiğinizden fazlasını eve taşımaya değerdir. Bir leopar bir vurgun vurduğunda, yaptığı ilk iş avını bir ağacın üzerine çıkarıp bir dala asmaktır; orada av, çapulcu leşçilerden uzak, görece güvende olur ve daha sonra tekrar dönülüp yenilebilir. Leopar leşi tutmak için güçlü çenesini kullanır, ağaca tırmanmak için dört bacağına ihtiyacı vardır. Leopardan daha küçük ve daha zayıf çeneleri olan atalarımız, elleri serbest bırakıp, –belki bir eşe ya da çocuklara götürmek için, diğer arkadaşlarla iyilik takası yapmak için ya da daha sonra kullanmak üzere bir kilerde saklamak için– yiyecek taşımaya olanak sağladığı için mi iki ayak üstünde yürüme becerisinden yararlandılar?

Bu arada, saklamak ve iyilik takası yapmak olasılıkları, birbirine göründüğünden daha yakın olabilir. Dondurucu icat edilmeden önce, en

iyi et ambarı bir arkadaşın karnıydı (bu açıklamanın esin kaynağı Steven Pinker'dir). Nasıl mı? Elbette etin kendisi artık yok olmuştur; ama satın aldığı iyi niyet, bir arkadaşın beyninde uzun süre saklandığı için güvenli bir yerdedir. Arkadaşınız, şans ondan yana döndüğünde iyiliği hatırlayıp iade edecektir.* Şempanzeler iyilik karşılığı et paylaşmayı biliyorlar. Tarihsel zamanda, bu tür borç senetleri, para olarak sınıflandırıldı.

Amerikalı antropolog Owen Lovejoy'un kuramı, "eve yiyecek taşıma" kuramının tikel bir versiyonudur. Dişilerin bebek bakımı nedeniyle yiyecek aramak için çok uzaklara gidemediklerini öne sürüyor. Sonuçta yetersiz beslenme ve yetersiz süt üretimi, sütten kesme süresini uzattı. Emziren dişiler doğurgan değildir. Emziren bir dişiyi besleyen erkek, o anki bebeğinin sütten kesilmesini hızlandırır ve dişiyi daha erken isteklendirir. Bu olunca, istekliliğini özellikle kendisine yardım eden erkeğe yönlendirebilir. Bu yüzden, eve çok yiyecek getirebilen bir erkek, bulduğunu yiyen rakip bir erkek karşısında üreme avantajı elde edebilir. İşte iki ayaklılık böyle gelişip, taşımak için elleri serbest bıraktı.

İki ayak evrimine ilişkin diğer hipotezler yüksekliğin yararlarından, belki uzun otların üzerinden bakmak ya da suda yürürken kafayı suyun üstünde tutmak için dik durmanın yararına başvururlar. Elaine Morgan'ın da savunduğu kafayı su üstünde tutma hipotezi, Alister Hardy'nin hayali "suda yaşayan insaymun" kuramıdır. John Reader'ın büyüleyici Afrika biyografisinde savunduğu bir kuram da, dik duruşun güneşe maruz kalmayı en aza indirip, güneş ışığını daha sonra koruyucu kılla kaplanan kafanın tepesiyle sınırladığını öne sürer. Dahası, gövde yere yakın olmayınca, daha hızlı ısı kaybedebilir.

Meslektaşım saygın sanatçı ve zoolog Jonathan Kingdon bütün bir kitabı, *Lowly Origin*'i, insanda iki ayaklılığın evrimi sorununa ayırdı. Kingdon, sözünü ettiklerim de dahil olmak üzere, 13 kadar ayrı hipotezi inceledikten sonra, kendi ayrıntılı ve çok yönlü kuramını öne sürer. Dik yürümenin dolaysız bir yararını aramak yerine, bir nedenle ortaya çıkan, ama iki ayaklı olmayı daha kolaylaştıran (böyle bir şeyin karşılığı teknik terim, ön-adaptasyondur) karmaşık nicel anatomik değişimleri açıklar. Kingdon'ın önerdiği ön-adaptasyon, çömelerek beslenme dediği şeydir. Çömelerek beslenme açık alandaki babunlardan biliniyor ve Kingdon,

*Darvincilikte, Robert Trivers'ın çığır açıcı eseriyle başlayan ve Robert Axelrod ile değerlerinin modellemesiyle devam eden gelişkin bir karşılıklı özgecilik kuramı vardır. Sonra ödemeli iyilik takası, gerçekten işe yarar. Benim kendi açıklamam, *Gen Bencildir*'de, özellikle de ikinci basımında.

ormanlarda böcek, kurtçuk, salyangoz ve başka besleyici lokmalar bulmak için taşları ya da dökülmüş yaprakları ters çeviren insaymun atalarımızda da benzer bir şeyi gözünde canlandırır. Bunu etkin bir biçimde yapmak için, ağaçlarda yaşamaya uygun bazı adaptasyonlarını bozmak zorundaydılar. Daha önce dalları kavramak için ele benzeyen ayakları daha basıklaşıp, çömelmeye uygun sağlam bir platform oluşturdular. Muhakemenin nereye varacağını artık tahmin edersiniz. Çömelmeye uygun daha basık, daha az ele benzeyen ayaklar, daha sonra ayakta yürümek için ön-adaptasyon işlevi görecektir. Görünüşte kasıtlı bu yazma biçiminin –ağaçta sallanma adaptasyonlarını bozmak zorundaydılar vb.– kolayca Darvinci terimlere çevrilen bir steno yazı olduğunu, her zamanki gibi, anlıyorsunuz. Ayakları çömelerek beslenmeye daha uygun hale getiren genlere sahip bireyler, çömelerek beslenme etkili olduğu ve hayatta kalmalarına yardımcı olduğu için, hayatta kalıp o genleri aktardılar. Steno kullanmaya devam edeceğim; çünkü insanların doğal düşünme tarzlarına uygundur.

Ağaçta sallanan, "kollarıyla dolaşan" bir insaymunun kollarını "bacak" gibi, omuz bölgesini "pelvis" gibi kullanarak dalların altında ters yürüdüğü –atletik bir gibon örneğinde koştuğu ve sıçradığı– söylenebilir. Belki de atalarımız bacaklarla değil, kollarla dolaşılan bir evreden geçtiler ve daha sonra gerçek pelvis, tek bir birim olarak sallanabilen katı bir gövdenin önemli bir parçasını oluşturan uzun kemiklerle gövdeye oldukça katı bir biçimde bağlandı. Kingdon'a göre, kollarıyla dolaşan bir atadan etkili bir çömelerek beslenenin meydana gelmesi için, bunların çoğunun değişmesi gerekiyordu. Ama hepsinin değil. Kollar uzun kalabilirdi. Aslında, daldan dala geçen uzun kollar, çömelerek beslenenin menzilini artıran ve yeni bir çömelme pozisyonuna geçme sıklığını azaltan yararlı bir ön-adaptasyon olurdu. Ama irkıyım, esnek olmayan ağır bir insaymun gövdesi, çömelerek beslenende bir dezavantaj olurdu. Pelvisin serbestleşip gövdeye daha az katı biçimde bağlanması lazımdı ve kanat kemikleri insan boyutlarına daha yakın olacak biçimde kısalacaktı. Bu, yine muhakemenin sonraki evrelerine hazırlık için (zaten ön-adaptasyon muhakemesinin hazırlıkla ilgili olduğunu söyleyebilirsiniz), iki ayaklı yürüme bakımından daha iyi bir pelvis meydana getirmek için olur. Bel daha esnekleşti ve omurga, çömelerek beslenen hayvanın kollarıyla etrafı araştırmasına, düz ayak platformu ve çömelen kalçalar üzerinde dönmesine izin verecek şekilde daha dik durur oldu. Omuzlar inceldi ve vücut ağırlığı azaldı. Bu incelikli nicel

değişiklikler ve bunlarla birlikte seyreden dengeleyici ve telafi edici değişimler, vücudu iki ayaklı yürümeye "hazırlama" sonucunu doğurdu.

Kingdon bir an bile, herhangi bir gelecek öngörüsü varsaymıyor. Söz konusu olan, ağaçlarda gezinen, ama orman zemininde çömelerek beslenmeye geçmiş bir insaymunun, şimdi, arka ayakları üzerinde yürümeyi görece *rahat* bulan bir vücuda sahip olmasıdır. Çömelerek beslenirken, eskisi yetersiz kalınca yeni bir çömelme pozisyonuna geçerken bunu yapmaya başladı. Çömelerek beslenenler, kuşaklar boyunca olup bitenlerin farkına varmadan, vücutlarını dik ve iki ayak üzerinde daha rahat, dört ayak üzerinde daha rahatsız olmaya hazırlıyorlardı. Rahat sözcüğünü bilerek kullanıyorum. Öylesine bir söz değil. Tipik bir memeli gibi dört ayak üzerinde yürüyebiliriz ama bu, rahatsız edici olur; değişen vücut oranlarımızdan ötürü zor bir iştir. Kingdon'a göre, iki ayak üzerinde kendimizi rahat hissetmemizi sağlayan bu oransal değişiklikler, beslenme alışkanlığında küçük bir değişikliğin –çömelerek beslenmenin– hizmetinde meydana geldi.

Jonathan Kingdon'ın incelikli ve karmaşık kuramında daha çok şey var; ama şimdilik kitabı *Lowly Origin*'i önerip geçeceğim. Benim biraz özgün iki ayaklılık kuramım çok farklıdır, ama onunkiyle de bağdaşır. Aslında insan iki ayaklılığıyla ilgili kuramların pek çoğu karşılıklı bağdaşır; birbirlerine karşı olmaktan çok, birbirlerini destekleme potansiyelleri vardır. İnsan beyninin büyümesi olayında olduğu gibi, benim geçici önerim şudur: İki ayaklılık, cinsel seçilimle evrilmiş olabilir ve yine, bu konuyu Tavuskuşu'nun Hikâyesi'ne erteliyorum.

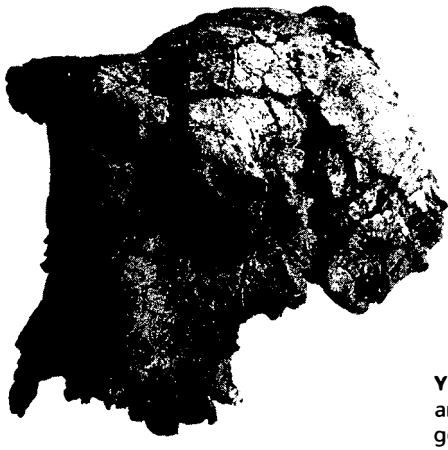
İnsan iki ayaklılığının evrimsel kaynağıyla ilgili hangi kurama inanırsak inanalım, sonuçta son derece önemli bir olay olduğu anlaşıldı. Eskiden, 1960'lara kadar saygın antropologların yaptığı gibi, bizi diğer insaymunlardan ilk ayıran belirleyici evrimsel olayın beynin büyümesi olduğuna inanmak olanaklıydı. Arka ayakların üzerine kalkmak ikincil önemdeydi; ellerin serbest kalıp, genişlemiş beynin kontrol edip yararlanabildiği kalifiye işleri yapmasının yararları iki ayak üstüne kalkmaya neden olmuştu. Yakın zamanın fosil bulguları, kesin bir biçimde tersi bir dizilişe işaret ediyor. Önce iki ayaklılık geldi. Randevu 1'den çok sonra yaşamış olan Lucy iki ayaklıydı, neredeyse ya da tamamen bizim kadar iki ayaklıydı; ama beyni, yaklaşık olarak bir şempanzeninkiyle aynı büyüklükteydi. Beynin büyümesi, yine ellerin serbest kalmasıyla ilişkilendirilebilirdi; ama olayların sıralanışı, tersti. İki ayak üzerinde yürümeyle ellerin serbest kalması, beyni büyümeye zorladı. El donanımı

önce geldi; sonra kontrol edici beyin donanımı, bundan yararlanacak şekilde gelişti.

KÜÇÜK-AYAK'IN HİKÂYESİ'NE SONSÖZ

İki ayaklılık evriminin nedeni ne olursa olsun, görünüşe göre son fosil keşifler, insangillerin, beklenmedik bir biçimde Randevu 1'e, şempanzelerle aramızdaki çatala yakın bir tarihte zaten iki ayaklı olduklarına işaret ediyor (beklenmedik bir biçimde; çünkü iki ayaklılığın gelişmesine çok az zaman bırakmış gibi görünüyor). 2000 yılında, Brigitte Senut ile Martin Pickford'un yönetiminde Fransız bir ekip, Kenya'da Victoria Gölü'nün doğusunda, Tugen Tepeleri'nde yeni bir fosil bulunduğunu duyurdu. "Milenyum Adamı" adı verilen, 6 milyon yıl öncesine tarihlenen ve yeni bir cins adı verilen, *Orrorin tugenensis* de, onu bulanlara göre, iki ayaklıydı. Aslında, uyluk kemiğinin kalça eklemine yakın üst kısmının, *Australopithecus*'unkinden daha fazla insanınkine benzediğini iddia ediyorlar. Kafatasına ait kemik parçalarıyla tamamlanan bu kanıt, Senut ile Pickford'a, *Orrorin*'lerin daha sonraki insangillerin ataları olduklarını, Lucy'nin ise olmadığını gösteriyordu. Bu Fransız bilimciler daha da ileri gidip, *Ardipithecus*'un bizden çok, modern şempanzelerin atası olabileceğini öne sürüyorlar. Bu tartışmaları bir sonuca vardırmak için daha fazla fosile ihtiyacımız var. Kimi bilim insanları bu Fransız iddialara kuşkuyla bakıyorlar; bazıları, *Orrorin*'in iki ayaklı olup olmadığını göstermeye yeterli kanıt olduğundan emin değiller. Öyle olsa, 6 milyon yıl öncesi, moleküler kanıtlara göre şempanzelerden ayrılma zamanına yakın olduğu için, iki ayaklılığın gelişme hızıyla ilgili zor soruları gündeme getirir.

Eğer iki ayaklı bir *Orrorin* korkutucu bir biçimde geriye gidiyor, Randevu 1'e yakınlaşıyorsa, Michel Brunet yönetiminde başka bir Fransız ekibin Güney Sahra'da, Çad'da bulduğu yeni bir kafatası, kabul görmüş düşünceler bakımından daha da rahatsız edicidir. Bunun nedeni, kısmen çok eski olması, kısmen de bulunduğu alanın Rift Vadisi'nin batısında yer almasıdır (göreceğimiz gibi, birçok otorite erken insangil evriminin Rift Vadisi'nin doğusuyla sınırlı olduğunu düşünüyordu). Lakabı Toumai'dir (yerel Goran dilinde Yaşam Umudu), resmi adı ise Çad'da Sahra'dadki Sahel bölgesinde bulunması sebebiyle *Sahelanthropus tchadensis*'tir. Entrikacı bir kafatasıdır; önden insana benzemekte (bir şempanzenin ya da gorilin fırlak yüzünden yoksundur), arkadan ise, şempanze büyüklüğünde bir beyin boşluğuyla şempanzeye benzemek-



Yaşam Umudu. Michel Brunet ve çalışma arkadaşlarının 2001'de Çad'ın Sahel bölgesinde buldukları *Sahelanthropus tchadensis*'in ya da "Toumai"nin kafatası.

tedir. Son derece gelişkin, bir gorilinkinden bile kalın bir kaş yükseltisi vardır; Toumai'yi erkek sanmanın ana nedeni de budur. Dişler, özellikle şempanze ile bizim aramızda bir ara biçim olan mine kalınlığı, insanınkine çok benzer. Foramen magnum (omuriliğin içinden geçtiği büyük delik) bir şempanze ya da gorildekinden daha öndedir, Brunet'ye göre bu durum, onun iki ayaklı olduğunu gösteriyor –bazıları bunu kabul etmez. Aslında, bunun pelvis ve bacak kemikleriyle doğrulanması gerekiyor; ama ne yazık ki, şimdiye kadar bir kafatasından başka bir şey bulunamadı.

O bölgede radyometrik tarihler verecek volkanik kalıntılar yok ve Brunet'nin ekibi, dolaylı bir saat olarak bölgedeki diğer fosilleri kullanmak zorunda kaldılar. Bunlar, Afrika'nın diğer kesimlerinde, zaten bilinen ve kesin bir biçimde tarihlenebilen faunalarla karşılaştırılıyor. Karşılaştırma, Toumai için 6 ila 7 milyon yıllık bir tarih veriyor. Brunet ve çalışma arkadaşları, *Orrorin*'den daha yaşlı olduğunu iddia ediyorlar. Bu iddia, *Orrorin*'i bulanlardan sert yanıtlar aldı. Paris'teki Doğal Tarih Müzesi'nden Brigitte Senut, Toumai "Dişi bir gorildir," dedi. Çalışma arkadaşı Martin Pickford ise, Toumai'nin köpek dişlerini "büyük bir dişi maymun"a özgü olarak tanımladı. Bunlar, anımsayın, kendi bebekleri *Orrorin*'in önceliğine başka bir tehdit olan *Ardipithecus*'un insan sicilini silen (belki de haklı olarak) iki kişiydi. Diğer otoriteler Toumai'yi daha cömertçe selamladılar: "Hayret verici." "Şaşırtıcı." "Küçük bir nükleer bomba etkisi yaratacak."

Orrorin ile Toumai'yi bulanlar, iki ayaklı oldukları konusunda haklıysalar, insanın kökenine ilişkin her derli toplu görüş sorunlarla karşılaşır. Evrimsel değişimin eşit yayılıp, kendisine ayrılan zamanı doldurması safça bir beklentidir. Randevu 1 ile modern *Homo sapiens* arasında 6 milyon yıl geçtiyse, değişim miktarının 6 milyon yıla yayılması gerektiği düşünülebilir. Ama *Orrorin* ile Toumai, moleküler kanıtlardan hareketle Ortak Ata 1'in tarihi olarak saptanan tarihe, bizim soy çizgimizin şempanzelerinkinden ayrıldığı tarihe çok yakın yaşamışlar. Hatta bazı tarihlemelere göre, bu fosiller Ortak Ata 1'den bile öncedirler.

Moleküler ve fosil tarihlerin doğru olduğunu varsayarsak, öyle görünüyor ki, *Orrorin* ve Toumai'ye dört şekilde (ya da dördünün bileşimiyle) yanıt verebiliriz:

1. *Orrorin* ve/veya Toumai dört ayak üzerinde yürüdü. Bu olasılık dışı değil; ama geriye kalan üç olasılık, muhakemenin sağlamlığı bakımından, bunun yanlış olduğunu varsayar.

2. Şempanze gibi dört ayak üzerinde yürüyen Ortak Ata 1'den hemen sonra, son derece hızlı bir evrim patlaması oldu. Daha fazla insangil Toumai ile *Orrorin*, Ortak Ata 1'den sonra iki ayaklılıklarını o kadar hızlı geliştirdiler ki, tarihlerdeki ayrılık kolayca halledilemez.

3. İki ayaklılık gibi insangil özellikler birden fazla, muhtemelen birçok kez evrildi. *Orrorin* ile Toumai, daha önce, Afrikalı insaymunlar iki ayaklılığı, belki başka insani özellikleri de denedikleri sırada gerçekleşen evrimleri temsil ediyorlar. Bu hipoteze göre, iki ayaklı oldukları halde Ortak Ata 1'den önce olabilirler ve soyumuz daha sonra hızla iki ayaklılığa yöneldi.

4. Şempanzeler ve goriller daha fazla insana benzeyen, hatta iki ayaklı atalardan gelirler ve yakın zamanda dört ayaklılığa geri döndüler. Bu hipoteze göre, sözgelişi Toumai, aslında Ortak Ata 1 olabilir.

Son dört hipotezin güçlükleri vardır ve birçok otorite, Toumai ile *Orrorin*'in tarihinden ya da varsayılan iki ayaklılığından kuşku duyar. Ama şimdilik bunları kabul eder ve eski iki ayaklılığı kabul eden üç hipoteze bakarsak, içlerinden birinin yanında ya da karşısında olmak için hiçbir güçlü kuramsal neden yoktur. Evrimin son derece hızlı ya da son derece yavaş olabileceğini Galapagos İspinozu'nun Hikâyesi'nden ve Akciğerlibalık'ın Hikâyesi'nden öğreneceğiz. Bu yüzden Kuram 2, mantıksız değil. Keseliköstebek'in Hikâyesi, evrimin birden fazla vesileyle aynı yolu ya da çarpıcı ölçüde paralel yollar izleyebildiğini bize öğretecek. O

halde Kuram 3'te de bir akla aykırılık yok. Kuram 4 ilk bakışta en şaşırtıcı kuram görünüyor. İnsaymunlardan çıkıp ayaklandığımız düşüncesine o kadar çok alışmışız ki, Kuram 4 arabayı atın önüne koşmak, hatta insanın onurunu pazarlık konusu yapıp ayaklar altına almak gibi görünür. Ayrıca evrimin asla geri dönüşlü olmadığını söyleyen sözde bir yasa, Dollo Yasası da var ve Kuram 4, bu yasayı ihlal ediyor gibi görünebilir.

Dollo Yasası'yla ilgili olan Kör Mağarabalığı'nın Hikâyesi, bizi bu son durumun söz konusu olmadığına inandırıyor. Kuram 4'te ilke olarak yanlış bir şey yok. Şempanzeler, dört ayaklı insaymunluğa dönmeden önce daha fazla insangil olan, iki ayaklı bir evreden geçmiş olabilirler. Tesadüfen, John Gribbin, kitabı *The Monkey Puzzle*'da, Jeremy Cherfas ise *The First Chimpanzee*'de tam da bu öneriyi yeniden canlandırdılar. Şempanzelerin cılız avustralopitesinlerden (Lucy gibi) ve gorillerin sağlam avustralopitesinlerden ("Sevgili Çocuk" gibi) geldiklerini öne sürecek kadar ileri gittiler. Böylesine radikal bir öneriyi, şaşırtıcı ölçüde iyi savunuyorlar. Savunma, tartışmalı da olsa uzun süredir yaygın kabul gören bir insan evrimi yorumuna odaklanır: İnsanlar, cinsel bakımdan olgunlaşan çocuk insaymunlardır. Ya da başka bir şekilde ifade edersek, asla büyümeyen şempanzeler gibiyiz.

Aksolotl'un Hikâyesi, neoteni olarak bilinen kuramı açıklıyor. Özetlersek, aksolotl çok büyümüş azman bir larvadır, cinsel organı olan bir iribaştır. Almanya'da Vilém Laufberger'in yaptığı klasik bir deneyde, hormon enjeksiyonları bir aksolotlu, o zamana kadar kimsenin görmediği bir türe mensup tam yetişkin bir semendere dönüşmeye ikna etti. Daha çok İngilizce konuşan dünyada ünlü olan Julian Huxley daha sonra aynı deneyi tekrarladı –daha önce yapıldığını bilmeden. Aksolotlun evriminde yetişkin evresi, yaşam döngüsünün ucundan koparılmış. Deneysel olarak verilen hormonun etkisiyle aksolotl sonunda büyüdü ve büyük olasılıkla daha önce hiç görülmemiş yetişkin bir semender yeniden yaratıldı. Yaşam döngüsünün kayıp son evresi, geri getirildi.

Bu ders, Julian'ın küçük kardeşi romancı Aldous Huxley'i etkilemedi. *After Many a Summer*'ı, delikanlıyken gözde romanlarımdan biriydi. Roman zengin bir adamla, William Randolph Hearst'a benzeyen ve aynı doymak bilmez aldırmazlıkla sanat nesneleri toplayan Jo Stoyte'la ilgilidir. Aldığı katı dinsel terbiye onu ölüm dehşetiyle baş başa bırakmış; parlak, ama kinik bir biyolog olan Dr. Sigismund Obispo'yu tutup, genel olarak yaşamın ve özel olarak da Stoyte'un yaşamının nasıl uzatılacağını

araştırmakla görevlendirmiştir. Bay Stoyte'un kütüphanesine alınan on sekizinci yüzyıl elyazmalarını kataloglaması için, (çok) İngiliz bir bilgin, Jeremy Pordage, işe alınır. Jeremy, Gonister'li Beşinci Earl'ün tuttuğu eski bir günlükte müthiş bir şey keşfeder ve Dr. Obispo'ya bildirir. Yaşlı Earl, ebedi yaşamın sırrını öğrenmiştir (çiğ balık bağırsağı yemek gerekmektedir) ve öldüğüne ilişkin bir kanıt da yoktur. Obispo, giderek daha fazla huysuzlaşan Stoyte'u, Beşinci Earl'den kalanları aramak üzere İngiltere'ye götürür... Stoyte, Earl'ün hâlâ hayatta ve 200 yaşında olduğunu öğrenir. Ne var ki, biz hepimiz çocuk insaymunken, o çocuk insaymun olmaktan çıkıp olgunlaşmış ve dört ayaklı, kıllı, itici, bir Mozart aryasının bozuk bir versiyonunu homurdanırken yere işeyen tam yetişkin bir insaymuna dönüşmüştür. Neşeli kahkahalarla kendinden geçen ve Julian Huxley'in çalışmalarından haberdar olan zalim Dr. Obispo, Stoyte'a yarın sabah balık bağırsağı yemeye başlayabileceğini söyler.

Gribbin ile Cherfas, modern şempanzelerin ve gorillerin, Gonister'li Earl gibi olduklarını öne sürüyorlar. Büyüyüp tekrar, uzak ataları ve atalarımız gibi dört ayaklı insaymunlara dönüşen insanlardır (ya da avustralopitesin, orrorin ya da sahelanthrope). Gribin/Cherfas kuramının açık biçimde aptalca olduğunu hiçbir zaman düşünmedim. Tarihleri şempanzelerden ayrıldığımız noktanın ötesine geçen *Orrorin* ve Toumai gibi çok eski insangillere ait yeni bulgular, alçak sesle "size söyledik" dercesine onları haklı çıkarabilir.

Orrorin ve Toumai'yi iki ayaklı kabul etsek bile, Kuram 2, 3 ve 4 arasında güvenle tercih yapmazdım. Dört ayak üzerinde yürüdüklerini söyleyip, böylece sorunu ortadan kaldıran ve birçok kişinin akla en yakın bulduğu Kuram 1'i de unutmamalıyız. Elbette bu farklı kuramlar, bir sonraki durağımız Ortak Ata 1'le ilgili kehanetlerde bulunuyorlar. Kuram 1, 2 ve 3, dört ayak üzerinde yürüyen, ama ara sıra arka ayakları üzerine kalkan şempanzeye-benzer bir Ortak Ata 1 varsayımını kabul ediyorlar. Kuram 4 ise, aksine, daha insangil bir Ortak Ata 1 varsaymakla onlardan ayrılıyor. Randevu 1'i anlatırken, kuramlar arasında bir karara varmak zorunda kaldım. Biraz da gönülsüzce, çoğunluğa uyup, şempanzeye-benzer bir ortak atayı varsayacağım. Onunla buluşmaya gidiyoruz.

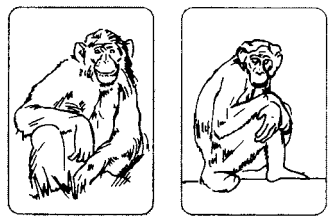
Randevu 1
ŞEMPANZELER

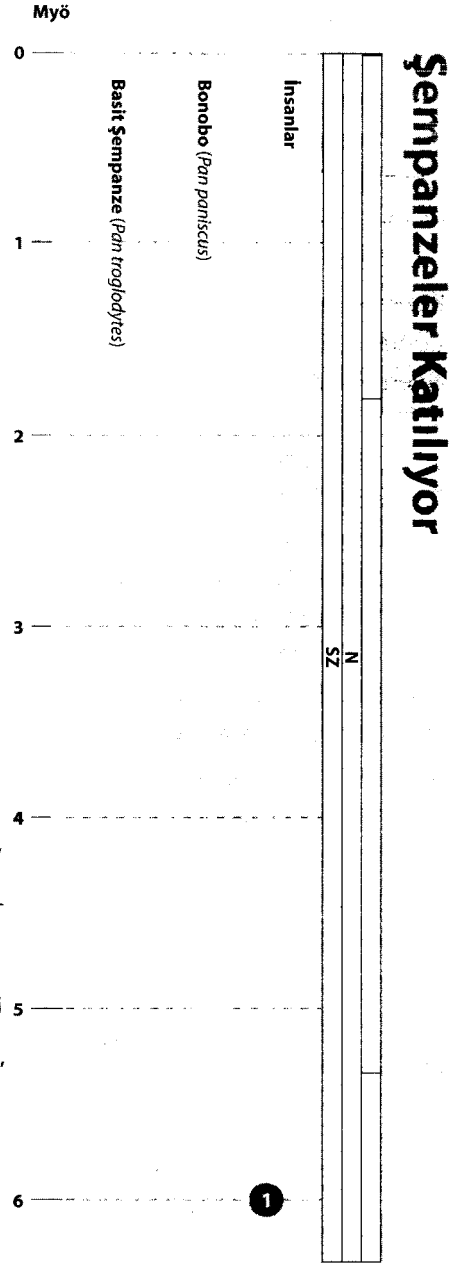
5 ila 7 milyon yıl önce Afrika'da bir yerde, biz insan hacılar önemli bir karşılaşma yaşıyoruz. Bu Randevu 1'dir, başka bir türün mensubu hacılarla ilk buluşmamızdır. Daha doğrusu iki türe mensup hacılarla; zira basit şempanze hacılar ile cüce şempanze ya da bonobo hacılar, bizimle randevularından yaklaşık 4 milyon kadar yıl "önce" el ele vermişler. Onlarla paylaştığımız ortak ata, Ortak Ata 1, 250.000'inci büyük-büyük ebeveynimizdir --elbette bu, diğer atalar için de yapacağım benzer hesaplamalar gibi, yaklaşık bir tahmindir.

Biz Randevu 1'e yaklaşırken, şempanze hacılar da başka bir yönden aynı noktaya yaklaşıyorlar. Ne yazık ki, diğer yön hakkında bir şey bilmiyoruz. Afrika birkaç bin insangil fosili ya da fosil parçası vermiş olmasına karşın, Ortak Ata 1'den şempanzeye uzanan soy çizgisine ait sayılabilen tek bir fosil bulunmamıştır. Bunun nedeni, şempanzelerin orman hayvanı olmaları ve orman tabanındaki dökülmüş yaprak örtüsünün fosillere dost olmaması olabilir. Nedeni ne olursa olsun, bu demektir ki, şempanze hacılar atalarını gözü kapalı arıyorlar. Turkana Çocuğu'nun, 1470'in, Bayan Ples'in, Lucy'nin, Küçük-ayak'ın, Sevgili Çocuk'un ve "bize ait" diğer fosillerin eşdeğer çağdaşları bulunmamıştır.

Yine de fantezimizde şempanze hacılar Pliyosen bir ormanın açık bir alanında bizimle buluşuyorlar ve koyu kahverengi gözlerini, bizim kadar onların da atası olan Ortak Ata 1'e dikmişler. Ortak atayı kafamızda canlandırmaya çalışırken, sorulması gereken açık bir soru var: Ortak ata daha çok şempanzelere mi, yoksa modern insanlara mı benziyor, arada mıdır, yoksa ikisinden de tamamen farklı mıdır?

Bir öncesi bölümün sonundaki–hiçbir şekilde göz ardı etmediğim–hoş kurguya karşın, ölçülü yanıt şöyledir: Ortak Ata 1, sırf şempanzeler diğer insaymunlara insanlardan daha fazla benzedikleri için de olsa, bir şempanzeye daha fazla benziyordu. İnsanlar, hem yaşayan, hem fosil insaymunlar arasında sıradışıdırlar. Bu da demektir ki, ortak atadan insana uzanan soy çizgisinde, şempanzelere uzanan soy çizgisinde olduğundan daha fazla evrimsel değişim gerçekleşmiştir. Meslekten olmayan birçok kişinin sandığı gibi, atalarımızın şempanze olduklarını varsaymamalıyız. Bizzat "kayıp halka" ifadesi, bu yanlış anlamanın işaretidir. "Peki, şempanzelerden geldiysek, neden hâlâ ortalıkta şempanze var?" diyen insan-





Şempanzeler katılıyor. Beyaz çizgiler, şempanzeler ile Ortak Ata 1'de (daire içinde bir rakamla gösterilen) ayrı bir kola ayrılan insanların evrim ağacını (ya da "soyoluş"unu) betimliyor. Dikey sağ kol, şu andaki hacı kümesini, bu durumda yalnızca insanları temsil ediyor. Sol kol, şempanzelerin yaklaşık 2 milyon yıl önce iki türe ayrıldıklarını gösteriyor.
Çizgilerden birini büyütseydik, çizgileri tek parça değil, Randevu 0'da insanoğlu şemasında betimlendiği gibi, çapraz melezleşme ağı olarak görürdük. Bundan sonra bu tek parça çizgiyle temsili kullanmaya devam edeceğiz.

Çizgi resimler, soldan sağa: Basit şempanze (*Pan troglodytes*); Bonobo (*Pan paniscus*)

lara hâlâ rastlarız.

O nedenle, şempanze/bonobo hacılarla randevu noktasında buluştuğumuz sırada, olasıdır ki, bu Pliyosen açıklık alanda selamladığımız ortak ata, şempanze gibi kıllıydı ve şempanze büyüklüğünde bir beyni vardı. Bir öncesi bölümün kurgularını istemeyerek bir tarafa bırakırsak, muhtemelen ayaklarının yanı sıra bir şempanze gibi ellerinin üzerinde de yürüyordu. Büyük olasılıkla zamanının bir kısmını ağaçlarda, ama çoğunu yerde, Jonathan Kingdon'ın diyeceği gibi çömelerek beslenmekle geçiriyordu. Eldeki tüm kanıtlar, Afrika'da ve yalnızca Afrika'da yaşadığını gösteriyor. Herhalde, modern şempanzelerin hâlâ yaptıkları gibi yerel gelenekleri izleyerek alet yapıp kullanıyordu. Büyük olasılıkla hem etçil, hem otçuldu; bazen avlanıyordu, ama tercihi meyveden yanaydı.

Bonoboların duikerleri öldürdükleri görülmüştür; ama oldukça eşgüdümlü grup avları da dahil, basit şempanzelerin avcılığı daha fazla belgelenmiştir. Ama et, her iki türün ana yemeği olan meyveye ek bir besindi. Şempanzelerde avcılığı ve gruplar arası savaşı ilk keşfeden Jane Goodall, aynı zamanda, alet yapıp kullanarak akkarınca avcılığı yapma alışkanlıklarını bildiren ilk kişiydi de. Bonoboların bunu yaptığı görülmemiştir; ama bunun nedeni, daha az çalışmış olmaları olabilir. Tutsak bonobolar kolayca alet kullanırlar. Jane Goodall'ın inceleme alanının doğusunda, bu hayvanların bazıları taş ya da ağaç örs ve çekiç kullanarak ceviz gibi sert kabuklu yemişleri kırma geleneği geliştirmişlerdir. Bu, biraz beceri gerektirir. Kabuğu kıracak kadar sert, içindeki cevizi ezmeyecek kadar hafif vurmalısınız.

Bu arada, çoğu kez yeni ve heyecan verici bir buluş denilmesine karşın, *İnsanın Türeyişi*'nin (1871) üçüncü bölümünde Darwin, ceviz kırmaktan söz eder:

> Hiçbir hayvanın alet kullanmadığı sıkça söylenmektedir; ama doğal durumunda şempanzeler, cevize benzeyen yerel bir meyveyi taşla kırıyorlar.

Darwin'in andığı kanıt (Liberya'da bir misyonerin, *Boston Journal of Natural History*'de 1843 yılında yayımlanan bir haberi) kısa ve özelliksizdir. Basitçe şöyle diyor: "*Troglodytes niger* ya da Afrika Siyah Orangutanları," "tamı tamına insanlar gibi taşla kırdıkları" bir ceviz türüne düşkündürler.

Ceviz kırma, akkarınca avcılığı ve bu türden diğer şempanze alışkanlıklarında özellikle ilginç olan şey, yerel grupların yerel olarak ak-

tarılan yerel göreneklerinin olmasıdır. Bu, gerçek kültürdür. Yerel kültürler toplumsal alışkanlıkları ve tarzları da kapsar. Örneğin, Tanzanya'da Mahale Dağları'ndaki yerel bir grubun, el kenetli temizlenme olarak bilinen belirli bir toplumsal temizlenme tarzı vardır. Uganda'da Kibale ormanında başka bir toplulukta da aynı hareket görülmüştür. Ama Jane Goodall'un Gombe Stream'de enine boyuna araştırdığı toplulukta hiç görülmemiştir. İşin ilginci, bu hareket, bir grup tutsak şempanze arasında da kendiliğinden doğup yaygınlaştı.

Eğer modern şempanzelerin iki türü bizim gibi vahşi doğada alet kullandıysa, bu bizi Ortak Ata 1'in de kullandığını düşünmeye teşvik eder. Büyük olasılıkla kullandığını düşünüyorum –bonoboların yaban yaşamda alet kullandıkları görülmemiş olsa da, tutsaklıkta hünerli alet kullanırlar. Basit şempanzelerin farklı alanlarda yerel gelenekleri izleyerek farklı aletler kullanmaları, tikel bir alanda böyle bir geleneğin olmamasının olumsuz kanıt olarak kabul edilmemesi gerektiğini gösteriyor. Her şeyden önce, Jane Goodall'un Gombe Stream şempanzelerinin ceviz kırdıkları görülmemiştir. Batı Afrika'nın ceviz kırma geleneğiyle tanışmış olsalardı, herhalde onlar da kırardı. Aynı şeyin bonobolar için de geçerli olduğundan kuşkuluyum. Yaban yaşamda yeterince çalışmamış olabilirler. Her neyse, Ortak Ata 1'in alet yapıp kullandığına ilişkin göstergelerin yeterince güçlü olduklarını düşünüyorum. Alet kullanmanın, yine yerel gelenekler ortaya koyan yerel topluluklara göre değişen biçimlerde, yabani orangutanlarda da olması, bu düşünceyi güçlendiriyor.*

Şempanze soyunun bugünkü temsilcilerinin ikisi de orman insaymunudur; oysa biz, daha çok babunlar gibi savana insaymunuyuz; bir farkla, babunlar insaymun değil, maymundur. Bugün bonoboların yaşadığı alan, büyük Kongo Irmağı eğrisinin güneyiyle Kasai kolunun kuzeyi arasında kalan ormanlarla sınırlıdır. Basit şempanzeler kıtanın daha geniş bir kuşağında, Kongo'nun kuzeyinden batı kıyısına doğru ve doğuda Rift Vadisi'ne kadar uzanan alanda yaşarlar.

Sihlid'in Hikâyesi'nde göreceğimiz gibi, bugünkü Darvinci ortodoksluğun öne sürdüğüne göre, genellikle, ata bir türün iki evlat türe ayrılması için, aralarında başlangıçta, rastlantısal bir coğrafi ayrılık bulunur. Coğrafi engel olmazsa, iki gen havuzunun cinsel karışımı onları bir arada tutar. Büyük Kongo Irmağı'nın, iki ya da üç milyon yıl önce

*Jane Goodall'un (diğerlerinin yanı sıra) belgelediği gibi, alet kullanımı memeliler ve kuşlar arasında yaygındır.

gen akışının önünde, iki şempanze türünün birbirinden evrimsel ıraksamasına yardım eden engel olması akla uygundur. Aynı şekilde, o sırada oluşum sancıları çeken Rift Vadisi'nin, daha da geçmiş zamanda, soyumuzun şempanzeleri doğuran soydan ayrılmasına olanak sağlayan engel olmuş olabileceği de öne sürülmüştür.

Rift Vadisi kuramını, ünlü Hollandalı primatolog Adriaan Kortlandt önerdi ve savundu. Daha sonra Fransız paleontolog Yves Coppens savununca bu kuram daha da ünlendi ve şimdi Coppens'in verdiği adla, Doğu Yakası Hikâyesi adıyla anılıyor. Bu arada, ülkesi Fransa'da Yves Coppens'in yaygın bir biçimde Lucy'i keşfeden kişi, hatta Lucy'nin "babası" olarak anılmasına ne anlam vermek gerektiğini bilmiyorum. İngilizce konuşulan dünyada bu önemli buluş, Donald Johanson'a atfedilir. Doğu Yakası Öyküsü'nün, Rift Vadisi'nin binlerce mil batısında, Çadlı *Sahelanthropus*'la ("Toumai") başı beladadır. Yine Çad'da keşfedilen ve fazla tanınmayan *Australopithecus bahrelghazali* de, daha genç olmasına karşın, sorun oluşturuyor.

Yeni fosiller bulununca bu konuda söylediklerim yersiz olacak; bu yüzden, bu noktada sözü bonoboya ve hikâyesine bırakacağım.

BONOBO'NUN HİKÂYESİ

Bonobo, *Pan paniscus*, basit şempanze *Pan troglodytes*'e oldukça benzer ve 1929'dan önce ayrı tür sayılmıyorlardı. Terk edilmesi gereken diğer adı cüce şempanze olmasına karşın, bonobo basit şempanzeden çok küçük değildir. Vücut oranları ve alışkanlıkları biraz farklıdır ve kısa hikâyesinin ipucu da budur. Primatolog Frans de Waal açıkça ifade eder: "Şempanze cinsel sorunları iktidarla çözer; bonobo, iktidar sorunlarını cinsellikle çözer..." Bonobo seksi, bir bakıma bizim parayı kullanmamız gibi, bir toplumsal etkileşim aracı olarak kullanır. Küçük bebekler de dahil, her yaş ve cinsiyetten grup üyeleriyle bağları pekiştirmek, egemenlik dayatmak, yatıştırmak için çiftleşmeyi ya da çiftleşmeyle ilgili hareketleri kullanırlar. Sübyancılık bonobolarda bir takıntı değildir; her türlü sevi onlara güzel görünür. Da Waal, izlediği bir tutsak bonobo grubundaki erkeklerin beslenme saatinde bir bakıcı yaklaşır yaklaşmaz nasıl ereksiyon olduklarını betimler. Bunun, cinsellik dolayımlı besin-paylaşmaya hazırlık olduğunu düşünür. Dişi bonobolar, GG (genital-genital) denilen okşamayı yapmak için eşleşirler.

> Bir dişiyle karşılaşan bir başka dişi, dört ayak üzerinde duran partnerine sıkıca sarılarak onu yerden kaldırır. İki dişi sarmaş dolaş olup cinsel organ-

larını birbirlerine sürterler ve büyük olasılıkla orgazm deneyimini yansıtan gülücükler ve çığlıklar atarlar.

Özgür aşkçı bonobolara ilişkin "Haight-Ashbury"* imgesi, 1960'larda reşit olan –ya da belki de, hayvanların yalnızca bize ahlak dersi vermek için var olduklarını savunan "hayvanlar kitabı" düşünce okulundan olabilirler– cici insanlar arasında büyük olasılıkla bir hüsnükuruntuya yol açtı. Hüsnükuruntu şudur: Basit şempanzelerden çok bonobolarla daha yakın akrabayız. İçimizdeki Margaret Mead, kendini ataerkil, maymunkasabı şempanzeden çok, bu kibar rol-modele yakın hisseder. Ama ne yazık ki, hoşumuza gitse de, gitmese de, her iki türe eşit yakınlıktayız. Çünkü *P. troglodytes* ile *P. paniscus*, bizimle paylaştıkları atadan çok sonra yaşamış bir ortak atayı paylaşırlar. Aynı şekilde, moleküler kanıtlar, şempanzelerle bonoboların, gorillerden çok daha fazla insanlarla yakın akraba olduklarını gösteriyor. Buna göre insanlar gorillere ne kadar yakınsa, şempanzeler ve bonobolar da o kadar yakındır. Şempanzeler, bonobolar ve goriller, orangutanların ne kadar yakın kuzenleriyseler, biz de o kadar yakın kuzenleriyiz.

Bundan, eşit ölçüde şempanzelere ve bonobolara *benzediğimiz* sonucu çıkmaz. Şempanzeler Ortak Ata 1'den itibaren bonobolardan daha fazla değiştilerse, şempanzelerden çok bonobolara ya da bonobolardan çok şempanzelere benzeyebiliriz ve her iki *Pan* kuzenimizle - belki kabaca eşit ölçüde- ortak farklı şeyler, bulabiliriz. Aynı ortak atayla bize bağlandıkları için, bizimle eşit ölçüde yakın akrabadırlar. Bonobo'nun Hikâyesi'nin ana fikri budur; hac yolculuğumuzun diğer kavşaklarında tekrar tekrar karşılaşacağımız basit ve çok genel bir ana fikir.

*San Francisco'da eşcinsel sakinleriyle ünlü mahallenin adı [ç.n.].

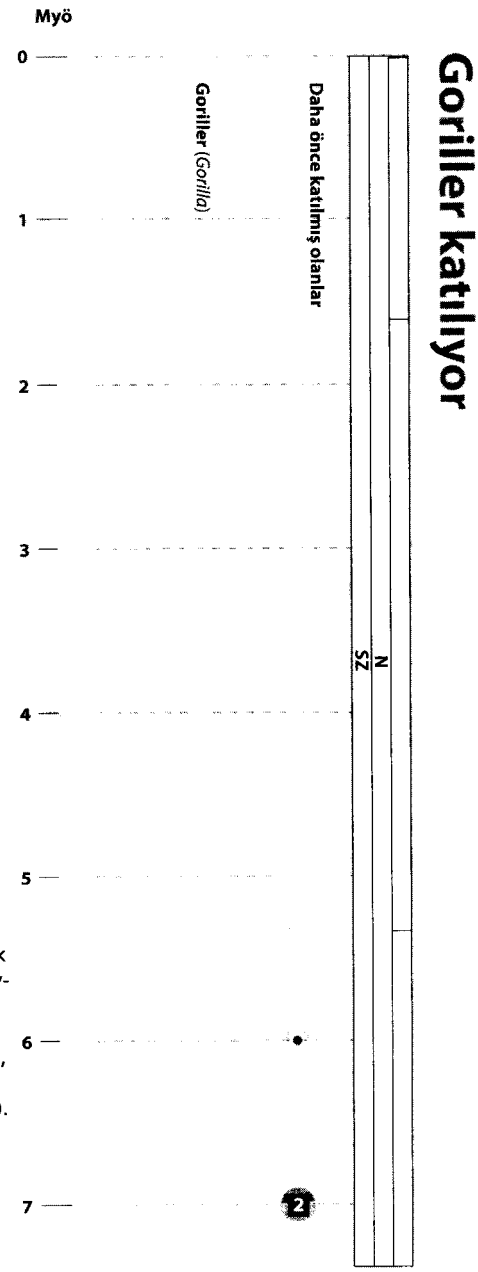
Randevu 2
GORİLLER

Moleküler saat, gorillerin yine Afrika'da bize katıldığı Randevu 2'nin, hac yolculuğumuzda Randevu 1'den yalnızca bir milyon yıl ilerde olduğunu söylüyor. Yedi milyon yıl önce Kuzey Amerika ile Güney Amerika birleşmemiş, And Dağları henüz yükselmemiş ve Himalaya Dağları yeni oluşmuştu. Yine de kıtalar bugünküne oldukça benziyordu ve daha az değişken ve biraz daha nemli olan Afrika iklimi de aynıydı. Afrika bugünkünden daha fazla ormanla kaplıydı –Sahra bile o sırada ağaçlıklı bir savanaydı.

Ne yazık ki, Ortak Ata 1 ile 2 arasındaki aralığı kapatacak hiçbir fosil yok, muhtemelen 300.000'inci büyük-büyük-ebeveynimiz olan Ortak Ata 2'nin daha çok bir gorile mi, bir şempanzeye mi, yoksa bir insana mı benzediğine karar vermede bize yol gösterecek hiçbir şey yok. Benim tahminim şempanze olurdu; sırf kocaman goril daha abartılı göründüğü ve insaymunların geneline daha az benzediği için. Bununla birlikte gorillerin sıradışılığını abartmayalım. Yaşamış en büyük insaymunlar onlar değil. Bir tür dev orangutan olan Asyalı insaymun *Gigantopithecus*, ayağa kalktığında en büyük goril omuzlarının altında kalırdı. *Homo erectus* ve arkaik *Homo sapiens*'le aynı zamanda Çin'de yaşadı ve soyu yakın zamanda, yarım milyon yıl önce tükendi. Bu o kadar yakın bir zamandır ki, gözü pek bazı fantastikler, Himalayalı Yeti'nin ya da İğrenç Kar Adamı'nın var olduğunu iddia edecek kadar ileri gittiler... ama ben uzak duruyorum. *Gigantopithecus*, herhalde bir goril gibi yürüyordu; gorillerin ve şempanzelerin yaptığı ve ağaçlarda yaşamaya sadık kalan orangutanların yanaşmadığı gibi, el parmakları ve ayak tabanları üzerinde ilerliyordu.

Ortak Ata 2'nin el parmakları üzerinde de yürüdüğünü, ama şempanzeler gibi, özellikle geceleri ağaçlarda da zaman geçirdiğini düşünmek akla uygundur. Tropikal güneş altında doğal seçilim, morötesi ışınlara karşı koruma olarak koyu ten rengini kayırır; bu yüzden Ortak Ata 2'nin rengini tahmin etmek zorunda kalsaydık, herhalde siyah ya da koyu kahverengi derdik. İnsanlar hariç tüm insaymunlar kıllıdır; bu yüzden Ortak Ata 1 ve 2'nin kıllı olmaması şaşırtıcı olur. Şempanzeler, bonobolar ve goriller sık ormanların sakinleri olduklarına göre, Randevu 2'nin yerini Afrika'da bir orman olarak saptamak akla uygundur; ama





Goriller katılıyor

Genetiğin gösterdiğine göre yaklaşık 7 milyon yıl önce diğer Afrikalı insaymunlardan ayrılan gorilleri gösteren filogeni. Sağ kol artık şempanzeleri ve insanları temsil eder (Ortak Ata 1, kol üzerinde 6 milyon yıl önceye konulan bir noktayla işeretlenmiştir). Sol kol, şimdi iki türü kapsadığı düşünülen tek bir goriller cinsini temsil eder.

Çizgi resim: Batı gorili (*Gorilla gorilla*)

Afrika'nın belirli bir yerini tahmin etmek için güçlü bir neden yoktur.

Goriller, yalnızca dev şempanze değildir; Ortak Ata 2'yi yeniden kurmaya çalışırken düşünmemiz gereken başka bakımlardan da farklıdırlar. Goriller tamamen vejetaryendir. Erkeklerin haremleri vardır. Şempanzelerin uçkuru daha gevşektir ve üreme sistemlerindeki farklılıkların, Fok'un Hikâyesi'nden öğreneceğimiz gibi, testislerinin büyüklüğü üzerinde ilginç sonuçları vardır. Üreme sistemlerinin evrimsel bakımdan değişme daha açık, yani kolayca değiştiğinden kuşkuluyum. Ortak Ata 2'nin bu bakımdan nerede durduğunu tahmin etmenin belirgin bir yolunu göremiyorum. Aslında bugün farklı insan kültürlerinin, sadakatli tekeşlilikten potansiyel olarak çok büyük haremlere kadar uzanan geniş bir üreme sistemleri yelpazesi sergilemesi, Ortak Ata 2 için bu tür konularda spekülasyon yapma isteksizliğimi güçlendiriyor ve beni, doğasıyla ilgili spekülasyonlarıma hızla son vermeye ikna ediyor.

İnsaymunlar, herhalde özellikle de goriller, uzun süre insan mitlerinin kuvvet üreteçleri –ve kurbanları– oldular. Goril'in Hikâyesi, en yakın kuzenlerimize yönelik değişen tutumumuzu ele alıyor.

GORİL'İN HİKÂYESİ

On dokuzuncu yüzyılda Darvinciliğin yükselişi, insaymunlara yönelik tutumları kutuplaştırdı. Evrim düşüncesinin kendisini hazmedebilmiş muhalifler, aşağı ve iğrenç canavarlar olarak algıladıkları varlıklarla kuzen olma durumu karşısında mide krampları geçirip duraksadılar ve çaresiz, onlardan farklılıklarımızı şişirmeye çalıştılar. Bu durum en çok da goriller için geçerliydi. İnsaymunlar "hayvan"dı; biz ayrıydık. Daha kötüsü, kedi ya da geyik gibi diğer hayvanlar kendilerine göre güzel görülebildiği halde, goriller ve diğer insaymunlar sırf bize benzedikleri için, karikatür, çarpık, acayip görünüyorlardı.

Darwin, *İnsanın Türeyişi*'nde maymunlar "zevkle sigara içerler" gözleminde olduğu gibi bazen küçük kendi kendine konuşmalarla aksini ifade etme fırsatını kaçırmadı. Darwin'in sağlam müttefiki T. H. Huxley, (gösterdiği gibi yanlış yere) "küçük hipokampus"un insan beyninin tek belirgin özelliği olduğunu iddia eden o günün önde gelen anatomicisi Sir Richard Owen'la sert bir tartışmaya girdi. Bugün bilim insanları yalnızca insaymunlara benzediğimizi düşünmekle kalmıyorlar. Kendimizi insaymunlara, özellikle de Afrikalı insaymunlara dahil ediyoruz. İnsanlar da dahil, insaymunların maymunlardan farkını vurguluy-

oruz. Bir gorile ya da şempanzeye maymun demek kural bilmemektir, görgüsüzlüktür.

Her zaman böyle değildi. Eskiden insaymunlar çoğu kez maymunlarla aynı gruba konulurdu ve ilk betimlemeler insaymunları babunlarla ya da hâlâ Berberi insaymunu olarak bilinen Berberi makaklarıyla karıştırılırdı. Daha şaşırtıcısı, insanlar evrim gereğince düşünmeden çok önce ve insaymunlar birbirlerinden ya da maymunlardan açıkça ayırt edilmeden önce, büyük insaymunlar insanlarla karıştırılırdı. Bu evrim önsezisi onaylansaydı hoş olurdu, ama ne yazık ki daha çok ırkçılığa borçlu oldu. Afrika'daki ilk beyaz kâşifler şempanzeleri ve gorilleri, kendileriyle değil, yalnızca siyah insanlarla yakın akraba gördüler. İlginçtir, Güneydoğu Asya ve Afrika'daki kabilelerin, geleneksel olarak görüldüğü şekliyle evrimin tersini öne süren geleneksel efsaneleri vardır: Bu kabilelerin yerel büyük insaymunları, gözden düşmüş insan kabul edilirler. Malay dilinde "orang utan", "ormanların adamı" demektir.

Hollandalı doktor Bontius'un 1658'deki bir "Ourang Outang" resmi, T. H. Huxley'in ifadesiyle, "oldukça güzel ve tamamen insan boyutlarında çok kıllı bir kadından başka bir şey" değildir. Tuhaf bir biçimde, gerçek bir kadında kıllı olan yerler, bunda kıllı değildir: Kasıklarında hiç kıl yoktur. Bir yüzyıl sonra, Linnaeus'un öğrencisi Hoppius'un yaptığı resimler de fazlasıyla insandır (1763). Yaratıklarından birinin kuyruğu vardır; ama onun dışında tamamen insandır, iki ayaklıdır ve baston taşır. Yaşlı Plinius, "Kuyruklu türlerin dama oynadıkları bile biliniyordu," der.

Böyle bir mitolojinin, uygarlığımızı on dokuzuncu yüzyılda gelen evrim düşüncesine hazırlamış olacağı, hatta keşfedilmesini hızlandırmış olabileceği düşünülebilir. Açıkça hayır. Aslında resim, insaymunların, maymunların ve insanların birbirine karıştırılmasıdır. Bu durum, her bir büyük insaymun türünün bilimsel olarak ne zaman keşfedildiğini belirlemeyi güçleştirir ve çoğu kez hangisinin keşfedildiği belli değildir. Bilimin en son tanıdığı goril istisnadır.

1847'de Amerikalı misyoner Dr. Thomas Savage, başka bir misyonerin Gaboon Irmağı kıyısındaki evinde, "yerlilerce, büyüklüğü, gaddarlığı ve alışkanlıklarıyla dikkat çeken maymuna-benzer bir hayvan olduğu ifade edilen bir kafatası" gördü. Daha sonra King Kong öyküsünde abartılan haksız gaddarlık ünü, *Türlerin Kökeni*'yle aynı yıl *Illustrated London News*'te yayımlanan gorillerle ilgili bir makaleden kaynaklanır. Bu yazı, o zamanın gezgin hikâyelerinde saptanan yüksek standartları

bile aşan nicelikte ve büyüklükte yanlışlarla doludur:

> (...) yakından görmek neredeyse imkânsızdır, çünkü özellikle bir insan gördüğü anda saldırır. Yetişkin erkeğin gücü müthiştir, dişler büyük ve güçlüdür; bir insan yaklaşınca ağaçların sık dalları arasında saklanır, insan ağacın altından geçince, kocaman bir başparmağı olan korkunç arka ayakları üzerine kalkar, kurbanını boynundan yakalayıp havaya kaldırır, sonra bırakır, kurban yere düşüp ölür. Hayvan bunu sırf kötülük olsun diye yapar; zira ölen adamın etini yemez, öldürmekten şeytani bir zevk alır.

Savage, misyonerdeki kafatasının "yeni bir Orang türüne" ait olduğuna inandı. Daha sonra, bu kafatasının sahibinin daha önceki gezginlerin Afrika hikâyelerindeki "Pongo"dan başkası olmadığına karar verdi. Savage, anatomici çalışma arkadaşı Profesör Wyman'la birlikte resmi ad verirken, *Pongo*'dan kaçınıp, Kartacalı eski bir amiralin Afrika açıklarında bir adada bulduğunu iddia ettiği kıllı bir vahşi insan ırkı için kullandığı *Goril* adını yeniden diriltti. Goril, Savage'ın hayvanının hem Latince, hem genel adı olarak varlığını sürdürürdü; *Pongo* ise, şimdi Asyalı orangutanın Latince adıdır.

Bulunduğu yerden hareketle bir yargıya varırsak, Savage'ın bulduğu tür batı gorili, *Gorilla gorilla* olmalı. Savage ile Wyman, onu şempanzelerle aynı cinsin içine sokup, *Troglodytes gorilla* dediler. Zoolojik adlandırma kurallarına göre, hem şempanzeler, hem goriller *Troglodytes*'ten vazgeçmeliydiler; çünkü küçük çalıkuşu için zaten kullanılmaktaydı. Basit şempanzenin özel adı, *Pan troglodytes*, olarak varlığını sürdürdü; Savage'ın gorilinin önceki özel adı da terfi edip, cins adı *Gorilla* oldu. 1902'de Alman Robert von Beringe "dağ gorili"ni "keşfetti" –ve vurup öldürdü! Göreceğimiz gibi, şimdi doğu gorili alt-türü sayılıyor ve şimdi bütün doğu türü, o Almanın adını taşıyor –belki de hak etmediği halde: *Gorilla beringei*.

Savage, bulduğu gorillerin, Kartacalı denizcinin bildirdiği adalılar ırkı olduğuna inanmıyordu. Ama daha sonra on yedinci ve on sekizinci yüzyıl kâşifleri, esasında Homeros ile Herodotos'un çok küçük insanlardan oluşan efsanevi bir ırk olarak sözünü ettikleri "cüceler"i (pigmeler), o sırada Afrika'da keşfedilmekte olan şempanzelerden ayrı saymadılar. Tyson (1699), Huxley'in dediği gibi, dik yürürken ve baston taşırken betimlenmesine karşın açıkça genç bir şempanze olan bir "Pigme" çiziminı gösterir. Elbette şimdi cüce sözcüğünü yine küçük insanlar için kullanıyoruz.

Bu bizi, görece geç yirminci yüzyıla kadar kültürümüzde yaygın olan

ırkçılığa geri götürür. İlk kâşifler ormanların yerli halklarını, kendilerinden çok şempanzelerin, gorillerin ya da orangutanların yakın akrabası saydılar. On dokuzuncu yüzyılda, Darwin'den sonra evrimciler, Afrikalı halkları, beyaz üstünlüğe giden yolda insaymunlarla Avrupalılar arasında saydılar. Bu, olgusal olarak yanlış olmanın yanı sıra, evrimin temel bir ilkesini de ihlal eder. İki kuzen, herhangi bir dış grupla tamı tamına eşit ölçüde akrabadır; çünkü o dış grupla, ortak bir ata aracılığıyla ilişkilenirler. Bonobo'nun Hikâyesi'nde gösterilen nedenlerden ötürü, tüm insanlar tüm gorillerin *tamı tamına* eşit ölçüde yakın kuzenleridirler. Irkçılık ve türcülük, ahlaki ve etik ağımızı ne kadar kapsayıcı yapmak istediğimize ilişkin süregelen kafa karışıklığı, insan hemcinslerimize ve insaymunlara –insaymun *hemcinslerimize*– yönelik tutumlarımızın tarihinde keskin ve bazen rahatsız edici bir biçimde gözler önüne serilir.*

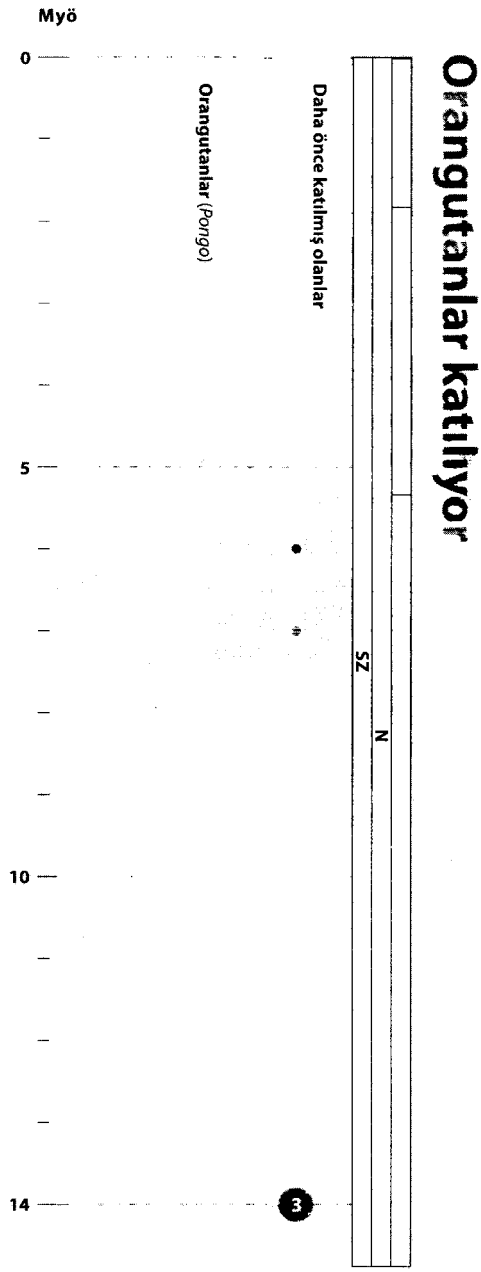
*Ünlü ahlak felsefecisi Peter Singer'ın düşünüp ortaya attığı Büyük İnsaymun Projesi, büyük insaymunlara pratikte olanaklı olduğu ölçüde insanlarla aynı ahlaki statünün verilmesini önererek sorunun kalbine iner. The *Great Ape Project* kitabına yazdığım yazı, *A Devil's Chaplain*'de yayımlanan denemelerden biridir.

Randevu 3
ORANGUTANLAR

Moleküler kanıtlar, Randevu 3'ü –atalara doğru yaptığımız hac yolculuğuna orangutanların da katıldığı yeri– 14 milyon yıl önce, Miyosen Devresi'nin tam ortası olarak gösterir. Dünya şu andaki soğuk evresine girmeye başladığı halde, iklim bugünkünden daha sıcaktı ve deniz düzeyleri bugünkünden daha yüksekti. Kıtaların konumundaki ufak farklılıklarla birleşen bu durum, Asya ile Afrika arasındaki kara parçasının ve Güneydoğu Avrupa'nın büyük bir bölümünün aralıklı olarak sular altında kalmasına yol açtı. Bu, göreceğimiz gibi, Ortak Ata 3'ün, bir olasılıkla 350.000'inci büyük-büyük ebeveynimizin, nerede yaşadığını hesaplamada önemlidir. Ortak Ata 1 ve 2 gibi Afrika'da mı yaşadı, yoksa Asya'da mı? Asyalı bir insaymun ile bizim ortak atamız olarak, her iki kıtada da bulmaya hazırlıklı olmalıyız ve her iki tarafın da partizanlarını bulmak zor değildir. Asya, doğru zamandan, orta ve geç Miyosen Devresi'nden kalma kurama uygun fosiller bakımından zengindir. Diğer yanda Afrika, Miyosen Devresi başlamadan önce insaymunların ortaya çıktığı yer gibi görünüyor. Afrika erken Miyosen Devresi'nde, prokonsulgiller (erken insaymun cinsi *Proconsul*'un birkaç türü) biçiminde ve *Afropithecus* ile *Kenyapitecus* gibi başka biçimlerde büyük bir insaymun yaşam çiçeklenmesine tanık oldu. Bugün yaşayan en yakın akrabalarımız ve Miyosen Devresi sonrası tüm fosillerimiz Afrikalıdır.

Ama şempanzelerle ve gorillerle özel ilişkimiz, daha birkaç onyıldır bilinmektedir. Ondan önce pek çok antropolog, tüm insaymunlara kardeş grup, dolayısıyla Afrikalı ve Asyalı insaymunlara eşit ölçüde yakın olduğumuzu düşünüyordu. Konsensüs, geç Miyosen atalarımızın yurdu olarak Asya'dan yanaydı ve hatta bazı otoriteler, tikel bir fosil "ata"yı, *Ramapithecus*'u seçip ayırdı. Şimdi bu hayvanın, daha önce *Sivapithecus* denilen ve dolayısıyla zoolojik adlandırma yasalarına göre önceliği olan hayvanla aynı olduğu düşünülüyor. *Ramapithecus* artık kullanılmamalıdır –yazık, bu ada alışılmıştı. Bir insan ata olarak *Ramapithecus/Sivapithecus* hakkında ne hissedilirse hissedilsin, orangutana giden soy çizgisine yakın olduğunu, hatta orangutanın dolaysız atası bile olabileceğini birçok otorite kabul eder. *Gigantopithecus*, *Sivapithecus*'un bir tür dev, yerde barınan versiyonu sayılabilir. Diğer birçok Asyalı fosil yaklaşık aynı zamandan kalmadır. *Ouranopithecus* ve *Dryopithecus*,





Orangutanlar katılıyor

İki Asyalı orangutan türünün, diğer büyük insaymunlardan yaklaşık olarak 14 milyon yıl önce ayrıldığı genelde kabul edilir. Tüm randevu filogenilerimizde olduğu gibi, sağ kol hac yolculuğuna zaten katılmış olanları temsil eder; daha önceki ortak ataların konumları noktayla belirtilmiş.

Çizgi resim: Borneo orangutanı (*Pongo pygmaeus*).

Miyosen Devresi'nin en akla yakın insan atası unvanı için neredeyse itiliyor gibiler. Keşke doğru kıtada olsalardı. Göreceğimiz gibi, bu "keşke"nin de doğru olduğu ortaya çıkabilir.

Keşke geç Miyosen insaymunlar, Asya yerine Afrika'da olsalardı, o zaman modern Afrika insaymunlarını, Afrika'nın erken Miyosen ve zengin prokonsulgil insaymun faunasıyla ilişkilendiren pürüzsüz bir akla yakın fosiller dizimiz olurdu. Moleküler kanıtlar Asyalı orangutanlardan çok Afrikalı şempanzelerle ve gorillerle akrabalığımızı hiçbir kuşkuya yer bırakmayacak şekilde kanıtlayınca, insan ata arayanlar istemeyerek Asya'ya sırt çevirdiler. Asyalı insaymunların akla yakınlığına karşın, ata soyumuzun Miyosen Devresi boyunca Afrika'da olduğunu varsaydılar ve Afrikalı atalarımızın, erken Miyosen Devresi'nde prokonsulgil insaymunların ilk filizlenmesinden sonra bir nedenle fosilleşmedikleri sonucuna vardılar.

1998'de, Caro-Beth Stewart ile Todd R. Disotell'in "Primate evolution –in and out of Africa" başlıklı bir tebliğinde usta işi bir yanal düşünme eseri ortaya çıkıncaya kadar, durum böyleydi. Afrika ile Asya arasındaki bu git-gel trafiğinin hikâyesini orangutan anlatacak. Ortak Ata 3'ün büyük olasılıkla Asya'da yaşadığı sonucuna varacak.

Ama şimdilik nerede yaşadığına aldırmayın. Ortak Ata 3 neye benziyordu? Orangutanların ve bugünkü tüm Afrikalı insaymunların ortak atasıdır, bu yüzden onlardan birine ya da her ikisine benzeyebilir [bkz. resim 5]. Hangi fosiller bize yararlı ipuçları verebilir? Aile ağacına bakıldığında, *Lufengpithecus*, *Oreopithecus*, *Sivapithecus*, *Dryopithecus* ve *Ouranopithecus* olarak bilinen fosillerin tümü uygun zamanda ya da biraz daha sonra yaşamışlar. Ortak Ata 3'e ilişkin en iyi tahmini canlandırmamız, Asyalı bu beş fosil cinsin öğelerini birleştirebilir –ama bu, ortak atanın yerini Asya kabul edersek, yararlı olabilir. Orangutan'ın Hikâyesi'ni dinleyip ne düşündüğümüze bakalım.

ORANGUTAN'IN HİKÂYESİ

Afrika'yla bağlarımızın çok eskilere dayandığını belki de çok çabuk kabul ettik. Ya atalarımız yaklaşık 20 milyon yıl önce Afrika'dan yana doğru sıçramış, 10 milyon yıl öncesine kadar Asya'da serpilip gelişmiş ve tekrar Afrika'ya atlamışsa?

Bu görüşe göre, sonunda Afrika'yı boylayanlar da dahil, varlığını sürdüren tüm insaymunlar, Afrika'dan Asya'ya göç eden bir soydan

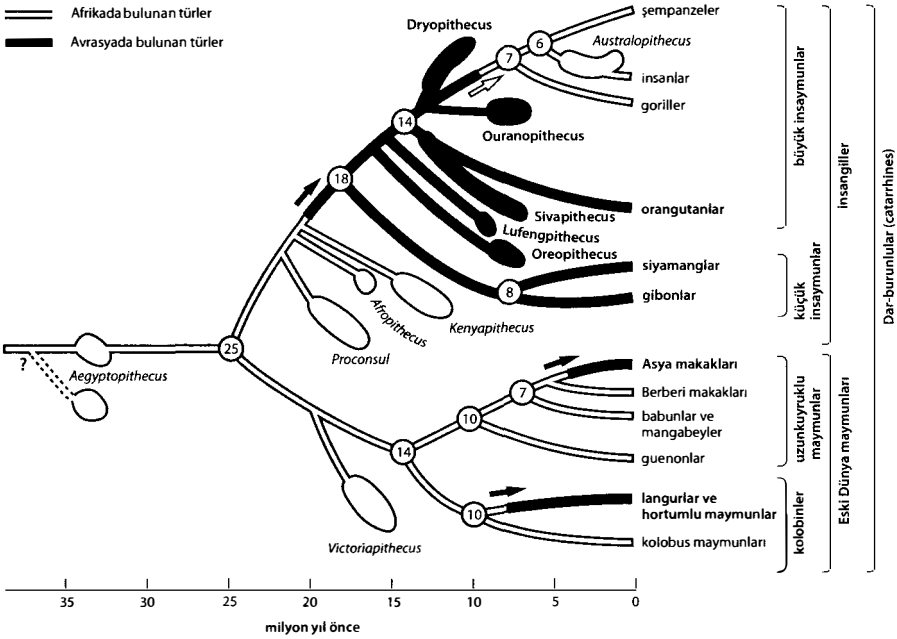
gelirler. Gibonlar ve orangutanlar, Asya'da kalan bu göçmenlerin torunlarıdırlar. Daha sonra göçmenlerin torunları, erken Miyosen insaymunlarının soyunun tükendiği Afrika'ya geri döndüler. Eski ata toprağı Afrika'ya geri dönen bu göçmenler, gorilleri, şempanzeleri, bonoboları ve bizi doğurdular.

Kıtaların kaymasıyla ve deniz düzeyi dalgalanmalarıyla ilgili bilinen olgular birbiriyle bağdaşırlar. Zamanında Arabistan üzerinden kara köprüleri vardı. Bu kuramı destekleyen olumlu kanıtlar, "aşırı tutumluluğa", bir varsayımlar ekonomisine dayanır. İyi bir kuram, çok şeyi açıklamak için az şeyi varsaymayı gerektiren kuramdır. (Bu ölçüte göre, başka yerlerde sıkça belirttiğim gibi, Darwin'in doğal seçilim kuramı tüm zamanların en iyi kuramı olabilir.) Burada, göç olaylarıyla ilgili varsayımlarımızı en aza indirmekten söz ediyoruz. Atalarımızın hep Afrika'da kaldıklarına (göçsüz) ilişkin kuram, varsayımları bakımından, atalarımızın Afrika'dan Asya'ya göçtüklerine (birinci göç) ve daha sonra tekrar Afrika'ya döndüklerine (ikinci göç) ilişkin kuramdan görünüşte daha ekonomik görünüyordu.

Ama bu aşırı tutumluluk hesabı çok dardı. Yalnızca bizim soyumuza yoğunlaşıyor, diğer insaymunları, özellikle de birçok fosil türü ihmal ediyordu. Stewart ile Disotell, göç olaylarının yeni bir sayımını yaptılar; ama, fosiller de dahil tüm insaymunların dağılımını açıklamak için ihtiyaç duyulacak olanları saydılar. Bunu yapmak için, ilk önce, hakkında yeterli bilgiye sahip olduğunuz tüm türleri işaretleyeceğiniz bir aile ağacı kurmanız gerekir. Bundan sonraki adım, aile ağacı üzerindeki her türün Afrika'da mı, yoksa Asya'da mı yaşadığını göstermektir. Stewart ile Disotell'in tebliğinden alınan aşağıdaki şemada Asyalı fosiller siyah, Afrikalı fosiller beyaz renkle vurgulanmıştır. Bilinen tüm fosiller orada değil, ama Stewart ile Disotell, aile ağacındaki konumları açıkça belirtilebilenlerin tümünü dahil etmişler. Yaklaşık 25 milyon yıl önce insaymunlardan ayrılan Eski Dünya maymunlarını da dahil etmişler (insaymunlarla maymunlar arasındaki en belirgin fark, göreceğimiz gibi, maymunların kuyruklarını korumuş olmalarıdır). Göç olayları okla gösterilmiştir.

Fosiller hesaba katılınca, "hop Asya'ya ve tekrar geriye" kuramı, "Atalarımız hep Afrika'daydı" kuramından daha tutumludur. Her iki kuramda da Afrika'dan Asya'ya iki göç olayını açıklayan maymunları dışarıda bırakırsak, yalnızca iki insaymun göçünü şöyle koymak gerekir:

1. Yaklaşık 20 milyon yıl önce bir insaymun nüfusu Afrika'dan



Afrika'da ve Afrika dışında. Stewart ile Disotell'in çizdiği Asyalı ve Afrikalı insaymunların aile ağacı. Şiş alanlar, fosillerden bilinen tarihleri temsil eder; bunları ağaca bağlayan çizgiler, tutumluluk çözümlemesinden çıkarsandı. Oklar, çıkarsanan göç olaylarını temsil eder. Stewart ve Disotell'den uyarlandı [bkz. Kaynakça].

Asya'ya göç etti ve yaşayan gibonlar ve orangutanları da içine alan Asyalı insaymunlar haline geldiler.

2. Bir insaymun nüfusu Asya'dan Afrika'ya geri göç etti ve bizi de içine alan bugünkü Afrikalı insaymunlar haline geldiler.

Öte yandan, "atalarımız hep Afrika'daydı" kuramının, insaymun dağılımını açıklamak için tümü Afrika'dan Asya'ya altı göç olayına ihtiyacı vardır:

1. Yaklaşık 18 milyon yıl önce gibonlar
2. Yaklaşık 16 milyon yıl önce *Oreopithecus*
3. Yaklaşık 15 milyon yıl önce *Lufengpithecus*
4. Yaklaşık 14 milyon yıl önce *Sivapithecus* ve orangutanlar
5. Yaklaşık 13 milyon yıl önce *Dryopithecus*
6. Yaklaşık 12 milyon yıl önce *Ouranopithecus*

Elbette, tüm bu göç anlatımları, Stewart ile Disotell, aile ağacını anatomik karşılaştırmalar temelinde doğru kurmuşlarsa geçerlidir. Örneğin, fosil insaymunlar arasında *Ouranopithecus*'un modern Afrikalı

insaymunların en yakın kuzeni olduğunu düşünüyorlar (şemadaki aile ağacında *Ouranopithecus* dalı, Afrikalı insaymunlardan önce ayrılan son daldır). Anatomik değerlendirmelerine göre, bir sonraki en yakın kuzenler tüm Asyalılardır (*Dryopithecus*, *Sivapithecus* vb.). Anatomiyi yanlış oluşturmuşlarsa: Örneğin, Afrikalı fosil *Kenyapithecus* gerçekte modern Afrikalı insaymunların en yakın akrabasıysa, o zaman göç hesapları sil baştan yapılmalıdır.

Aile ağacı, tutumluluk gerekçesiyle kuruldu. Ama bu farklı bir tutumluluktur. Farz etmemiz gereken coğrafi göç olaylarının sayısını en aza indirmeye çalışmak yerine, coğrafyayı unutup, farz etmemiz gereken anatomik örtüşmelerin (yakınsak evrim) sayısını en aza indirmeye çalışırız. Aile ağacımızı coğrafyayı dikkate almadan elde ettiğimiz için, coğrafi bilgiyi sonradan işin içine sokuyoruz. "Yakın zaman" Afrikalı insaymunların, yani gorillerin, şempanzelerin ve insanların Asya'dan gelmiş olmalarının en fazla olası olduğu sonucuna varıyoruz.

Şimdi küçük bir ilginç olgu var. Stanford Üniversitesi'nden Richard G. Klein'ın insan evrimine ilişkin ders kitabı, ana fosillerin anatomisiyle ilgili bilinenlerin güzel bir betimlemesini verir. Bir noktada Klein, Asyalı *Ouranopithecus* ile Afrikalı *Kenyapithecus*'u karşılaştırır ve yakın kuzenimiz (ya da atamız) *Australopithecus*'a en çok hangisinin benzediğini sorar. Klein, *Australopithecus*'un *Kenyapithecus*'tan çok *Ouranopithecus*'a benzediği sonucuna ulaşır. Devamında da, *Ouranopithecus* Afrika'da yaşamış olsaydı, akla yakın bir insan atası bile olabilirdi der. Ne var ki, "coğrafik-morfolojik nedenlerle" *Kenyapithecus* daha iyi bir adaydır. Burada olanları görüyor musunuz? Klein, anatomik kanıtlar Afrikalı insaymunların Asyalı bir atadan geldiklerini gösterse de, öyle olmalarının olası olmadığı varsayımını yapıyor. Bilinçaltında coğrafi tutumluluğun, anatomik tutumluluktan üstün olmasına izin veriliyor. Anatomik tutumluluk, *Ouranopithecus*'un *Kenyapithecus*'tan daha yakın bir kuzenimiz olduğunu gösteriyor. Ama açıkça söylenmese de, coğrafi tutumluluk anatomik tutumluluktan üstün tutuluyor. Stewart ile Disotell, *tüm* fosillerin coğrafyası hesaba katıldığında, anatomik tutumluk ile coğrafi tutumluluğun birbiriyle *uyuştuğunu* öne sürerler. Coğrafyanın, Klein'ın başlangıçtaki anatomik yargısıyla, *Ouranopithecus*'un *Australopithecus*'a *Kenyapithecus*'tan daha yakın olduğuna ilişkin yargısıyla uyuştuğu anlaşılıyor.

Bu anlaşmazlık henüz halledilmemiş olabilir. Anatomik ve coğrafi tutumlulukla oynamak karışık bir iştir. Stewart ile Disotell'in tebliği bilim-

sel dergilerde lehte ve aleyhte verimli bir yazışmayı başlattı. Şu anda elimizdeki kanıtlara göre, her şeyi hesaba katarak, insaymun evrimine ilişkin "hop Asya'ya ve tekrar geriye" kuramını tercih etmemiz gerektiğini düşünüyorum. İki göç olayı, altı göçten daha ekonomiktir. Gerçekten de, Asya'daki geç Miyosen insaymunları ile *Australopithecus* ve şempanzeler gibi Afrikalı insaymun soyumuz arasında çarpıcı benzerlikler var gibi görünüyor. Bu yalnızca "her şeyin hesaba katıldığı" bir tercihtir; ama Randevu 3'ün (ve Randevu 4'ün) yerini Afrika'dan çok Asya olarak belirlememe yol açıyor.

Orangutan'ın Hikâyesi'nin iki ana fikri vardır. Kuramlar arasında tercih yapmak söz konusu olduğunda, bilim insanının kafasında her zaman tutumluluk ön plandadır, ama nasıl karar verileceği her zaman açık değildir. Evrim kuramında daha güçlü akıl yürütmek için, iyi bir aile ağacına sahip olmak önemli bir önkoşuldur. Ama iyi bir aile ağacı kurmanın kendisi, çetin bir iştir. Bunun girdileri ve çıktıları, hac yolculuğumuzda Randevu 4'te bize katıldıktan sonra uyumlu bir koro halinde bize anlatacakları hikâyede gibonların ana konusu olacak.

Randevu 4
GİBONLAR

Gibonların bize katıldığı Randevu 4, büyük olasılıkla Asya'da yaklaşık 18 milyon yıl önce, erken Miyosen Devresi'nin daha sıcak ve daha ağaçlı dünyasında gerçekleşir. Hangi otoriteye başvurduğunuza bağlı olarak, on iki kadar modern gibon türü vardır. Hepsi, Endonezya ve Borneo da dahil, Güneydoğu Asya'da yaşar. Bazı otoriteler hepsini *Hylobates* cinsinin içine yerleştirir. Eskiden siyamanglar ayrı tutulurdu ve insanlar "gibonlar ve siyamanglar" derdi. İki değil, dört gruba ayrıldıklarının anlaşılmasıyla birlikte, bu ayrım gereksizleşti ve ben hepsine birden gibonlar diyeceğim.*

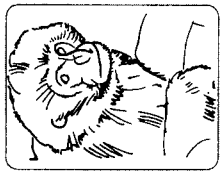
Gibonlar küçük insaymunlardır ve muhtemelen yaşamış en iyi ağaççıl akrobatlardır. Miyosen Devresi'nde bir sürü küçük insaymun vardı. Evrimde büyümek ve küçülmek ulaşılması kolay değişimlerdir. *Gigantopithecus* ile *Gorilla*'nın birbirinden bağımsız büyümeleri gibi, insaymunların Miyosen altın çağında da çok sayıda insaymun küçüldü. Örneğin, pliyopitesidler erken Miyosen Devresi'nde Avrupa'da ortaya çıkan ve herhalde, ataları olmadıkları halde gibonlarla benzer tarzda yaşayan küçük insaymunlardı. Örneğin, "kollarıyla dolaştıklarını" sanıyorum.

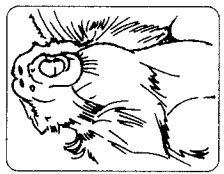
Gibonlar kollarıyla dolaşma konusunda oldukça başarılıdırlar. Büyük elleri ve güçlü bilekleri, gibonu daldan dala ve ağaçtan ağaca fırlatan kurulu bir yay gibidir. Gibonun sarkaçlar fiziğiyle tam uyum içinde olan uzun kolları, onu gölgelikte on metre ileriye fırlatabilir. Benim imgelemim, kollarla hızlı hareketi uçmaktan daha heyecanlı buluyor ve atalarımın, yaşamın sunabileceği büyük deneyimlerden birinin keyfini sürdüklerini düşlemek istiyorum. Ne yazık ki, şu anda geçerli düşünce, atalarımızın tam olarak gibona-benzer bir evreden geçtiklerinden kuşku duyuyor; ama yaklaşık 1 milyon büyük-büyük-ebeveynimiz olan Ortak Ata 4'ün, kollarla hareket konusunda en azından biraz becerikli olan ve ağaçlarda yaşayan küçük bir insaymun olduğunu kestirmek akla yatkındır.

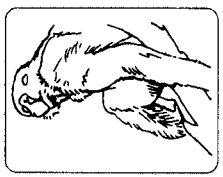
İnsaymunlar arasında gibonlar, dik yürüme sanatında insanlardan sonra ikinci sırada yer alırlar. Ellerini yalnızca kendini dengede tutmak

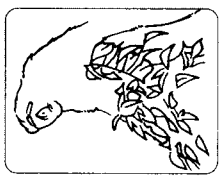
*Siyamanglar daha büyük oldukları ve bir gırtlak keseleri olduğu için ayrı tutuldular.

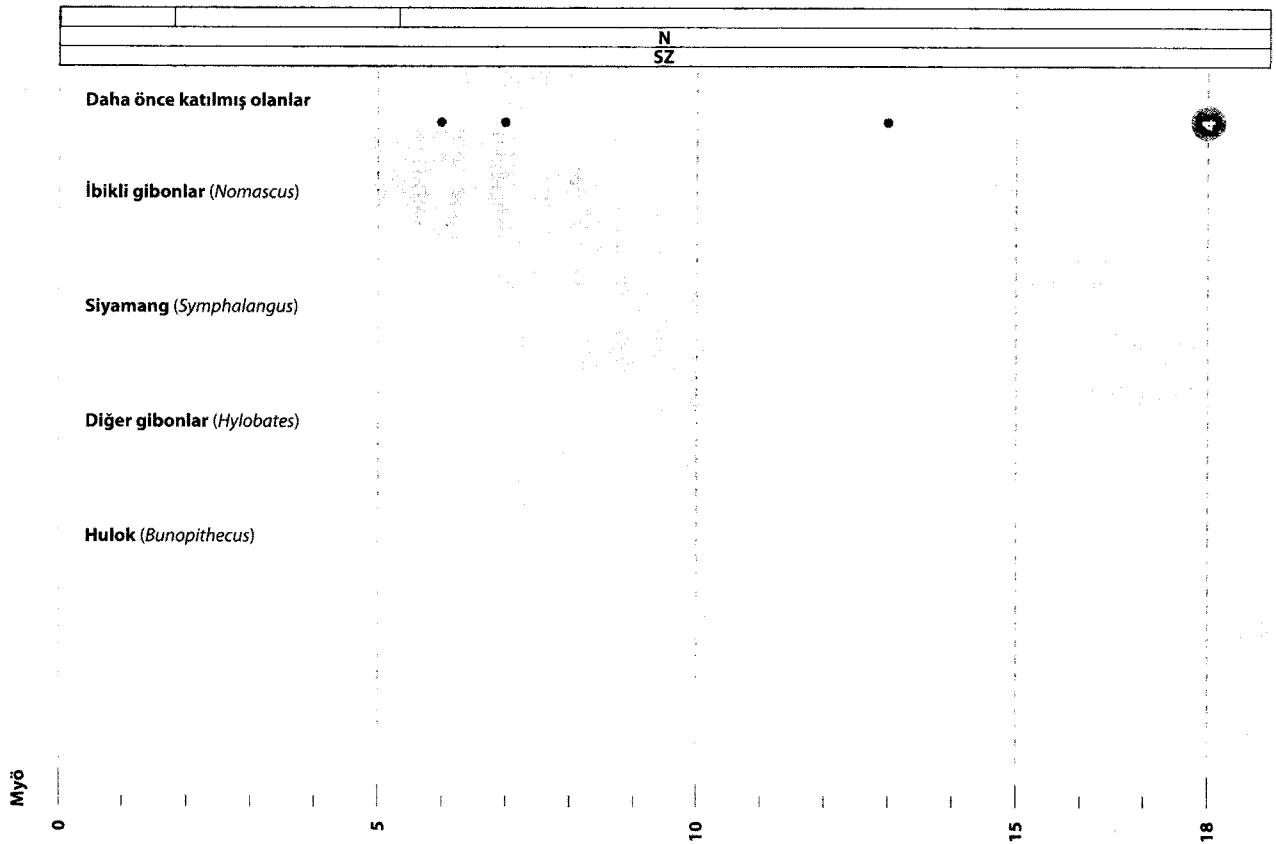
Gibonlar katılıyor











için kullanan bir gibon, bir ağaç dalı boyunca iki ayak üzerinde yürür; ama daldan dala gitmek için kollarını kullanır. Ortak Ata 4 aynı sanatı uygulamış ve bunu gibon torunlarına aktarmışsa, bu becerinin bazı işaretleri insan torunlarının beyninde de varlığını sürdürüp, Afrika'da yeniden su yüzüne çıkmayı beklemiş olabilir mi? Bu hoş bir spekülasyondan başka bir şey değil; ama genel olarak insaymunların zaman zaman iki ayak üzerinde yürüme eğilimleri olduğu doğrudur. Ortak Ata 4'ün, gibon torunlarının ses ustalığını paylaşıp paylaşmadığı ve bunun, insan sesinin hem konuşmadaki, hem müzikteki eşsiz çok yönlülüğünün ön işareti olup olmadığı konusunda da spekülasyon yapabiliriz. Yine, daha yakın akrabalarımız olan büyük insaymunlardan, göreneğin ve birçok durumda dinin çokeşliliği teşvik ettiği (ya da en azından bunu izin verdiği) birçok insan kültüründen farklı olarak gibonlar, sadık bir biçimde tekeşlidirler. Ortak Ata 4'ün bu bakımdan gibon torunlarına mı, yoksa büyük insaymun torunlarına mı benzediğini bilmiyoruz.

Ortak Ata 4'le ilgili yapabildiğimiz tahmini özetleyip, her zamanki zayıf varsayımda bulunalım: Tüm torunlarının, yani biz de dahil tüm insaymunların paylaştığı epeyce özelliği vardı. Muhtemelen ağaçlardaki yaşama Ortak Ata 3'ten daha sadıktı ve ondan daha küçüktü. Eğer sandığım gibi kollarıyla tutunup sallanıyorduysa da, muhtemelen kolları modern gibonlarınki kadar uzun ve kollarla dolaşma konusunda uzman değildi. Herhalde gibona benzeyen bir yüzü ve kısa bir burnu vardı. Kuyruğu yoktu. Ya da daha doğrusu, kuyruk omurları, tüm insaymunlarda olduğu gibi, kısa bir iç kuyrukta, kuyruk kemiğinde (koksiks) birleşmişti.

Biz insaymunların neden kuyruklarımızı yitirdiğimizi bilmiyorum. Bu, biyologların şaşırtıcı ölçüde az tartıştıkları bir konudur. *Lowly Origin*'de Jonathan Kingdon, bu konuda istisnadır; ama o da doyurucu bir sonuca ulaşmaz. Böyle bir muammayla karşılaşan zoologlar, çoğu kez karşılaştırmalı düşünürler. Etraftaki memelilere bakın, kuyrukluluğun (ya da çok kısa kuyruk) birbirinden bağımsız ortaya çıktığı yerleri not edin,

Gibonlar katılıyor. 12 gibon türünün, dört gruba ayrıldığı düşünülüyor. Bu dördünün kollara ayrılma sırası, Gibon'un Hikâyesi'nde ayrıntılı bir şekilde tartışıldığı gibi, anlaşmazlık konusudur.

Çizgi resimler, soldan sağa: Hulok gibonu (*Bunopithecus hoolock*); çevik gibon (*Hylobates agilis*); siyamang (*Symphalangus syndactylus*); altın yanaklı gibon (*Nomascus gabriellae*).

sonra bundan bir anlam çıkarmaya çalışın. Kimsenin bunu sistemli bir biçimde yaptığını sanmıyorum ve yapılsa hoş bir iş olur. İnsaymunlar dışında kuyruk kaybına köstebeklerde, kirpilerde, kuyruksuz tenreklerde (*Tenrec ecaudatus*), kobaylarda, hamsterlerde, ayılarda, yarasalarda, koalalarda, tembelhayvanlarda, agutilerde ve daha birçoklarında da rastlanır. Amacımız bakımından belki de en ilginç olanı, kuyruksuz maymunların ya da Man kedisinde olduğu gibi fark edilemeyecek kadar kısa kuyruklu maymunların olmasıdır. Man kedilerini kuyruksuz yapan tekil bir gendir. Bu gen eş genli olunca öldürücüdür, bu yüzden evrimle yayılması olası değildir. Acaba ilk insaymunlar "Man maymunları" mıydı? O durumda, mutasyon bir Hox geninde olurdu (bkz. Meyvesineği'nin Hikâyesi). Benim önyargım, bu tür "umutlu ucube" evrim kuramlarına karşıdır, ama bu bir istisna olabilir mi? Kuyruksuzluğu insaymunlarla aynı şekilde "oluşturup oluşturmadıklarını" görmek için, normalde kuyruklu "Man" memelilerin kuyruksuz mutantlarının iskeletini incelemek ilginç olurdu.

Berberi makakı *Macaca sylvanus*, kuyruksuz bir maymundur ve belki de bu nedenle, çoğu kez yanlış yere Berberi insaymunu denilir. "Celebes insaymunu" *Macaca nigra* da kuyruksuz maymundur. Jonathan Kingdon bana, minyatür bir şempanzeye benzediğini ve onun gibi yürüdüğünü söylüyor. Madagaskar'da indri gibi kuyruksuz lemurlar ve "koala lemurları" (*Megaladapis*) ve "tembel lemurlar"ı da kapsayan, bazıları goril büyüklüğünde, soyu tükenmiş birçok tür vardır.

Kullanılmayan bir organ, diğer şeyler eşit kalmak üzere, başka nedenlerle olmasa bile ekonomik nedenlerle küçülür. Kuyruk, memeliler arasında şaşırtıcı ölçüde çok amaçla kullanılır. Koyunlar, kuyruklarını bir yedek yağ deposu olarak kullanırlar. Kunduzlar bir kürek olarak kullanır. Örümcekmaymununun kuyruğunun ucu nasırlıdır ve Güney Amerika'nın ağaç tepelerinde bir "beşinci kol" olarak kullanılır. Kangurunun kuyruğu, sıçramaya yardım eden bir yaydır. Toynaklı hayvanlar kuyruğu sinek kovmak için kullanırlar. Kurtlar ve diğer birçok memeli, işaret vermek için kullanır; ama bunun, doğal seçilimde ikincil "oportünizm" olması olasıdır.

Ama burada özellikle ağaçlarda yaşayan memelilerle ilgilenmeliyiz. Sincap kuyrukları havayı tutar, bu yüzden bir "sıçrama" neredeyse uçmak gibidir. Ağaç sakinlerinin sıçrama sırasında dümen ya da karşı ağırlık olarak uzun kuyrukları vardır. Randevu 8'de karşılaşacağımız lorisler ve pottolar ağaçlara sessizce tırmanır, avlarına yavaşça sokulurlar

ve çok kısa kuyrukları vardır. Diğer yanda akrabaları çalıbebekleri güçlü sıçrayıcıdırlar ve uzun tüylü kuyrukları vardır. Ağaç tembelhayvanları, Avustralyalı eşleri sayılabilecek keseli koalalar gibi kuyruksuzdurlar ve ağaçlarda lorisler gibi yavaş hareket ederler.

Borneo'da ve Sumatra'da uzun kuyruklu makak ağaçlarda yaşarken, yakın akrabası domuz-kuyruklu makak yerde yaşar ve kısa bir kuyruğu vardır. Ağaçlarda aktif olan maymunların genellikle uzun kuyrukları vardır. Dalların üzerinde kuyruklarını denge için kullanarak dört ayak üzerinde koşarlar. Vücudu yatay bir konumda ve kuyruğu arkada dengeleyici bir dümen gibi tutarak daldan dala sıçrarlar. O halde, ağaçlarda maymunlar kadar aktif olan gibonların neden kuyrukları yoktur? Yanıt, farklı hareket tarzlarında olabilir. Gördüğümüz gibi tüm insaymunlar bazen iki ayaklıdırlar ve gibonlar, kollarıyla hareket etmediklerinde, ağaç dalları üzerinde dengede durmak için uzun kollarını kullanarak arka ayakları üzerinde koşarlar. Bir iki ayaklı için kuyruğun bir baş belası olduğunu düşünmek kolaydır. Meslektaşım Desmond Morris, örümcekmaymunların bazen iki ayak üzerinde yürüdüklerini ve uzun kuyruğun açıkça büyük bir külfet olduğunu anlatıyor. Bir gibon uzak bir dala atladığı zaman, maymunun yatay sıçrama hareketinden farklı olarak dikey asılı bir konumda atlar. Kuyruk, arkada süzülen dengeleyici bir dümen olmaktan öte, bir gibon ya da muhtemelen Ortak Ata 4 gibi kolları üzerinden dikey hareket eden biri için bir engel olurdu.

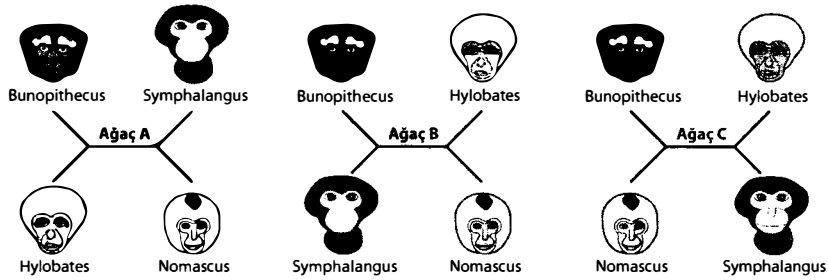
Benden bu kadar. Zoologların, biz insaymunların kuyruklarımızı neden yitirdiğimiz bilmecesine daha fazla ilgi göstermeleri gerektiğini düşünüyorum. *A postreori* karşı-olgular, rahatlatıcı spekülasyonlar üretir. Kuyruk giysi, özellikle de pantolon giyme alışkanlığımıza nasıl uyum gösterirdi? Klasik terzi sorusuna, "Beyefendi sağa mı çeker, yoksa sola mı?" sorusuna farklı bir önem kazandırırdı.

GİBON'UN HİKÂYESİ

Yan Wong'la birlikte yazıldı

Randevu 4'te, ikiden fazla tür içeren bir hacı kafilesini ilk kez selamlıyoruz. Artık ilişkileri ortaya çıkarmada sorunlar yaşanabilir. Hac yolculuğumuz ilerledikçe bu sorunlar daha da ağırlaşacak. Gibon'un

*Bu hikâyenin konusu, kaçınılmaz olarak kitabın diğer bölümlerinden daha zorludur. Okur bundan sonraki on üç sayfa için ya düşünme şapkası takmalıdır, ya da şimdi sayfa 143'e atlamalı ve nöronlarını çalıştırmak istediği zaman bu hikâyeye geri dönmelidir. Bu arada, bir "düşünme şapkası"nın ne olduğunu merak ediyorum. Keşke benim de olsa. Dünyanın en büyük bilgisayar programcılarından biri olan velinimetim Charles Simonyi'nin, özel bir "hata ayıklama giysisi" giydiği söylenir.



Hikâyesi'nin konusu, bu sorunların nasıl çözüleceğine ilişkindir.*

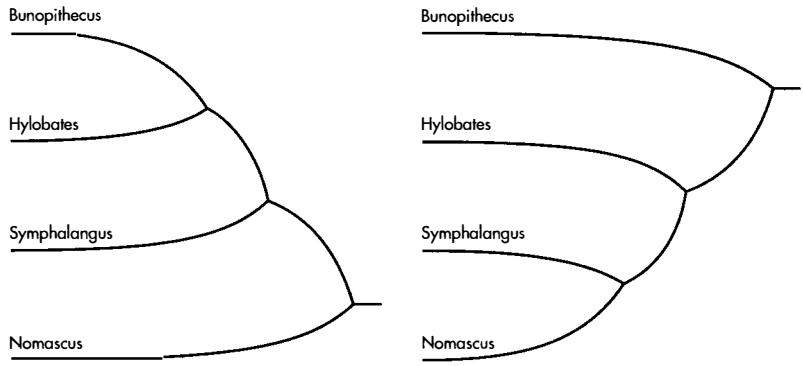
Dört büyük gruba ayrılan 12 gibon türü olduğunu gördük. Bunlar *Bunopithecus* (genellikle hulok olarak bilinen tek bir türden oluşan bir grup), *Hylobates* (en ünlüsü beyaz elli gibon *Hylobates* lar olan altı türden oluşur), *Symphalangus* (siyamanglar) ve *Nomascus* (dört ibikli gibon türü) gruplarıdır. Bu hikâye, dört grubu ilişkilendiren evrimsel bir ilişkinin ya da filogeninin nasıl kurulacağını açıklıyor.

Aile ağaçları "köklü" ya da "köksüz" olabilir. Köklü bir ağaç çizdiğimiz zaman, atanın nerede olduğunu biliriz. Bu kitaptaki ağaç şemalarının çok büyük çoğunluğu köklüdür. Köksüz ağaçların yön duygusu yoktur. Bunlara çoğu kez yıldız şemalar denilir ve zaman oku yoktur. Bir sayfanın bir tarafından başlayıp diğer tarafında son bulmazlar. Dört grubu ilişkilendirme olasılıklarını tüketen üç örnek yukarıdadır.

Bir soyağacındaki her çatalda, hangi dalın sağ, hangisinin sol olduğu fark etmez. Buraya kadar dalların uzunluklarıyla ilgili bir bilgi verilmez (hikâyede daha sonra bu durum değişecek). Dal uzunluklarının hiçbir anlam ifade etmediği ağaç şeması, kladogram olarak bilinir (bu durumda köksüz bir kladogram). Bir kladogramın verdiği tek bilgi, dalların sırasıdır; gerisi yüzeyseldir. Örneğin, çatalın bir tarafını ortadaki yatay çizgi ekseninde çevirmeye çalışın. İlişki örüntüsünde bir fark yaratmaz.

Bu üç köksüz kladogram, kendimizi her zaman yalnızca ikiye ayrılan kollar (iki-çatal) üzerinden bağlantılarla sınırladığımız ölçüde, dört türü ilişkilendirmenin olası yollarını temsil eder. Köklü ağaçlarda olduğu gibi, üç kola (üç-çatal) ya da daha fazla kola (çok-çatal) ayrılışları, geçici bilgisizlik –"çözülmemiş"– ikrarları olarak hesaptan düşmek geleneğe uygundur.

Ağacın en eski noktasını ("kök") saptadığımız anda, köksüz bir kladogram, köklü bir kladograma dönüşür. Bazı araştırmacılar –bu hikâyenin başlangıcında soyağacı için başvurduklarımız– gibonların,



yukarıda solda gösterilen köklü kladogramını önerdiler. Bazıları da sağdakini.

İlk ağaçta ibikli gibon, *Nomascus*, diğer tüm gibonların uzak akrabasıdır. İkicisinde, bu ayrıcalığı hulok gibonu, *Bunopithecus*, elinde tutuyor. Farklılıklarına karşın, her ikisi de aynı köksüz ağaçtan gelir (Ağaç A). Kladogramlar yalnızca kökleriyle farklıdırlar. Birincisinde, Ağaç A'nın kökü *Nomascus*'a giden kolun üzerindedir, ikincisinde, kök, *Bunopithecus*'a giden kolun üzerindedir.

Bir soyağacının "kökünü" nasıl buluruz? Alışılmış yöntem, ağacı, en az bir –tercihen birden fazla– "dış-grup"u kapsayacak kadar genişletmektir: Bir grubun, geride kalanların tümüne yalnızca uzaktan akraba olduğu herkesçe kabul edilen üyesi. Örneğin, gibon ağacında orangutanlar ya da goriller –hatta filler ya da kangurular da– dış-grup görevi görebilir. Gibonlar *arasındaki* ilişkiler konusunda ne kadar kararsız olursak olalım, *herhangi bir* gibonun bir büyük insaymunla ya da fille ortak atasının, herhangi bir gibonun başka bir gibonla ortak atasından daha yaşlı olduğunu biliyoruz: Gibonları ve büyük insaymunları kapsayan bir ağacın kökünü, ikisinin arasına bir yere yerleştirmek tartışma götürmez.

Çizdiğim üç köksüz ağacın, dört grup için tek olası iki-çatallı ağaç olduğunu doğrulamak kolaydır. Beş grup için 15 olası ağaç vardır. Ama sözgelişi 20 grup için olası ağaç sayısını saymaya çalışmayın. Yüz milyonları bulur.* Ağaç sayısı sınıflandırılacak grupların sayısıyla birlikte keskin bir şekilde yükselirken, en hızlı bilgisayar bile onu yakalayamaz. Bununla birlikte, ilke olarak bizim işimiz basittir. Tüm olası ağaçlardan,

*Gerçek sayı şöyledir: (3x2 – 5) x (4x2 – 5) x (5x2 – 5) x ... x (*n*x2 – 5), *n* grup sayısıdır.

gruplarımız arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları en iyi açıklayanları seçmeliyiz.

"En iyi açıklayan"a nasıl karar veririz? Bir hayvan kümesine baktığımızda sonsuz zenginlikte benzerlikler ve farklılıklar kendini gösterir. Ama bunları saymak sandığınızdan zordur. Çoğu kez bir "özellik", başka bir özelliğin ayrılmaz bir parçasıdır. Ayrı ayrı sayarsanız, aslında aynı şeyi iki kez saymış olursunuz. Uç bir örnek olarak, diyelim dört kırkayak türü, A, B, C, D türleri var. A'nın kırmızı ve B'nin mavi ayakları olması dışında, A ile B her bakımdan birbirlerine benzerler. C'nin kırmızı, D'nin mavi ayakları olması dışında C ile D birbirlerinin aynısıdırlar ve A ve B'den çok farklıdırlar. Ayak rengini tekil bir "özellik" sayarsak, doğru bir biçimde AB'yi CD'den ayrı gruplandırırız. Ama safça 100 ayağın her birini ayrı ayrı sayarsak, ayak renkleri, BD'ye karşı AC'yi gruplandırmayı destekleyen özelliklerin sayısını yüz kat artırır. Gereksiz yere aynı ayağı 100 kez saydığımızı herkes kabul eder. "Gerçekte" bu, yalnızca tek bir özelliktir; çünkü tek bir embriyolojik "karar" 100 ayağın tümünün rengini eşzamanlı belirlemiştir.

Aynı şey sol-sağ simetrisini için de geçerlidir: Birkaç istisna hariç, embriyoloji öyle bir şekilde çalışır ki, bir hayvanın bir yanı öbür yanının ayna imgesidir. Hiçbir zoolog, bir kladogram oluştururken yansımış özelliği iki kez saymaz; ama bağımsız olmayış her zaman o kadar aleni değildir. Bir güvercin, kalın bir göğüs kemiğini uçma kaslarına bağlamalıdır. Kivi gibi uçmayan bir kuşun bunu yapması gerekmez. Kalın göğüs kemiğini ve kanat çırpmayı, güvercinleri kivilerden ayıran iki ayrı özellik sayar mıyız? Yoksa, bir niteliğin durumu diğerini belirlediği ya da en azından değişik olma özgürlüğünü kıstığı gerekçesiyle yalnızca tek bir özellik mi sayarız? Kırkayaklar ve ayna imgesi örneğinde, akla uygun yanıt oldukça alenidir. Göğüs kemiği örneğinde değildir. Karşıt konumları savunan aklı başında insanlar bulunabilir.

Bütün bunlar görünür benzerlikler ve farklılıklarla ilgiliydi. Ama görünür özellikler, ancak DNA dizilişlerinin tezahürleri olurlarsa evrilirler. Günümüzde DNA dizilişlerini doğrudan karşılaştırabiliyoruz. Bunun dışında, uzun DNA metinleri, hesaplayıp karşılaştırmak için bir sürü malzeme sağlar. Kanat-ve-göğüs kemiği çeşitliliğine ilişkin sorunlar, veri selinde boğulabilirler. Daha da iyisi, birçok DNA farklılığı doğal seçilimin gözünden kaçar ve böylece daha "katışıksız" bir ata işareti sağlar. Uç bir örnek olarak, bazı DNA kodları eşanlamlıdır; tamı tamına aynı aminoasiti belirtir. Bir DNA sözcüğünü eşanlamlılarından birine

dönüştüren bir mutasyon, doğal seçilimin gözünden kaçar. Ama bir genetikçi için, böyle bir mutasyon başka herhangi bir mutasyon kadar görünürdür. Aynı şey "yalancı genler" (genellikle gerçek genlerin arızi kopyaları) ve kromozomda bulunan, ama hiçbir zaman okunmayan ve hiçbir zaman kullanılmayan "önemsiz DNA" dizilişleri için de geçerlidir. Doğal seçilimden kurtuluş DNA'ya, taksonomistlere oldukça bilgi verici izler bırakacak şekilde mutasyona uğrama özgülüğü verir. Bunlardan hiçbiri, bazı mutasyonların gerçek ve önemli sonuçlar doğurduğu gerçeğini değiştirmez. Bunlar buzdağının yalnızca görünen kısmı da olsa, doğal seçilimin gözüne ilişen ve yaşamın görünen ve bilinen tüm güzelliklerini ve karmaşıklıklarını açıklayan da bu görünen kısımlardır.

DNA da, fazla hesaplama –kırkayakların ayaklarının moleküler eşdeğeri– sorunundan muaf değildir. Bazen bir diziliş, genomda birkaç kez tekrarlanır. İnsan DNA'sının yaklaşık yarısı anlamsız dizilişlerin çok sayıda kopyasından, "diziliş sırası değişebilir öğeler"den oluşur; bunlar, DNA'nın genoma yayılmak için kendini tekrarlama mekanizmasını ele geçiren parazitler olabilirler. Bu parazit öğelerden yalnızca birisinin, Alu'nun, pek çok bireyde bir milyondan fazla kopyası vardır ve Uluyanmaymun'un Hikâyesi'nde bununla tekrar karşılaşacağız. Anlamlı ve yararlı DNA durumunda bile, genlerin düzinelerce özdeş (ya da özdeşe yakın) kopya halinde var oldukları birkaç durum vardır. Ama pratikte fazla sayım bir sorun yaratmama eğilimindedir, çünkü kopya DNA dizilişlerini saptamak genellikle kolaydır.

Geniş DNA bölgeleri, bazen görece birbiriyle ilişkisiz yaratıklar arasında muammalı benzerlikler sergiledikleri için dikkatli olmayı gerektirir. Kuşların memelilerden çok kaplumbağalarla, kertenkelelerle, yılanlarla ve timsahlarla yakın akraba olduklarından kimse kuşku duymaz (bkz. Randevu 16). Yine de, kuşların ve memelilerin DNA dizilişlerinin, uzak ilişkileri göz önüne alındığında beklenebilenden daha fazla benzerlikleri bulunur. Her ikisinin kodlayıcı olmayan DNA'larında aşırı G-C eşleşmesi vardır. G-C eşleşmesi, kimyasal olarak A-T eşleşmesinden güçlüdür ve muhtemelen, sıcak kanlı türlerin (kuşlar ve memeliler) daha sıkı bağlı DNA'ya ihtiyacı vardır. Nedeni ne olursa olsun, bu G-C eğiliminin bizi tüm sıcak kanlı hayvanlar arasında yakın bir ilişkiye ikna etmesine izin vermekten uzak durmalıyız. DNA, biyolojik sistematikçilere bir ütopya vaat etmiş gibi görünüyor; ama bu tür tehlikelerin farkında olmalıyız. Genomlar hakkında hâlâ bilmediğimiz çok şey var.

O halde, gerekli uyarıyı aldıktan sonra, DNA'da var olan bilgiyi nasıl

kullanabiliriz? Büyüleyici bir biçimde, edebiyat bilginleri metinlerin atalarının izini sürerken, evrim biyologlarıyla aynı teknikleri kullanırlar. Bunun en iyi örneklerinden biri de, *Canterbury Hikâyeleri* Projesi çalışmasıdır. Bu uluslararası edebiyat bilginleri grubunun üyeleri, *Canterbury Hikâyeleri*'nin 85 farklı elyazması versiyonunun tarihini araştırmak için evrim biyolojisinin aletlerini kullandılar. Matbaadan önce elle çoğaltılan bu eski elyazmaları, Chaucer'in kayıp özgün metnini yeniden kurma umudumuzdur. DNA gibi, Chaucer'in metni de sürekli kopyalanma yoluyla bugüne gelmiştir ve elbette, kopyalarda kalıcılaşan tesadüfi değişikliklerle birlikte. Bilginler, biriken farklılıkları titizlikle belirleyerek kopyalamanın tarihini, evrim ağacını –gerçekten de, peş peşe kuşaklar buyunca yanlışların kademeli bir biçimde birikmesinden oluşan bir evrim sürecidir– yeniden kurabilirler. Bu yüzden DNA evrimi ile edebi metin evrimindeki teknikler ve güçlükler benzerdir ve her biri diğerini aydınlatmak için kullanılabilir.

Şimdi geçici olarak gibonlarımızdan uzaklaşıp Chaucer'e dönelim, özellikle de *Canterbury Hikâyeleri*'nin elyazması 85 versiyonundan dördüne: "British Library", "Christ Church", "Egerton" ve "Hengwrt" versiyonlarına.*

İşte Genel Giriş'in ilk iki dizesi:

BRITISH LIBRARY:	Whan that Aprylle / wyth hys showres soote The drowthe of Marche / hath pcede to the rote
CHRİST CHURCH:	Whan that Auerell wt his shoures soote The droght of Marche hath pced to the roote
EGERTON :	Whan that Aprille with his showres soote The drowte of marche hath pced to the roote
HENGWRT :	Whan that Aueryll wt his shoures soote The droghte of March / hath pced to the roote**

DNA'da ya da edebi metinlerde yapmamız gereken ilk şey, benzerliklerin ve farklılıkların yerini belirlemektir. Bunun için "sıraya dizip hizalamamız" gerekir –bu her zaman kolay bir iş değildir, zira metinler parçalı, düzensiz ya da farklı uzunlukta olabilirler. İşler zorlaşınca bil-

"British Library" elyazması 1501'de Canterbury Başpiskoposu Henry Dene'e aitti, Egerton ve diğer yazmalarla birlikte şimdi Londra'da Biritish Library"de tutulmaktadır. "Christ Church" yazması, bu kitabı yazdığım yere yakın bir yerde, Oxford'da Christ Church kütüphanesinde duruyor. "Hengwrt" yazmasının en eski kaydı, 1537'de Fulke Dutton'a ait olduğunu gösteriyor. Yazılı olduğu koyun derisi fareler tarafından kemirildiği için hasarlıdır ve şu anda National Library of Wales'tedir.

**Dizelerin Türkçesi: "Nisan tatlı yağmurlarıyla gelip / Kırınca Marttan kalan kurağı ve delip / Toprağı köklere işleyince kudretiyle." *Canterbury Hikâyeleri*, çev. Nazmi Ağıl, Yapı Kredi Yayınları, 1994, s. 35 [ç.n.].

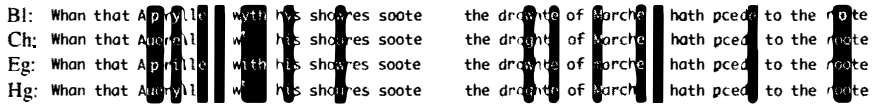
gisayar büyük bir yardımcıdır, ama Chaucer'in Genel Giriş'inin ilk iki dizesini hizalamak için bilgisayara ihtiyacımız yok; aşağıda yazım farklılıklarının olduğu on dört noktayı vurguladım.

İki yerde, ikinci ve beşinci yerlerde, iki değil üç farklılık var. Bu nedenle toplam farklılık sayısı 16'dır. Bir farklılıklar listesi oluşturduktan sonra, hangi ağacın bunları en iyi açıklayacağını bulmaya çalışıyoruz. Bunu yapmanın birçok yolu var ve hepsi, edebi metinler kadar hayvanlar için de kullanılabilir. En basit yol, metinleri tam benzerlik temelinde gruplandırmaktır. Bu genellikle aşağıdaki yöntemin bir çeşidine dayanır. Önce, birbirine en çok benzeyen metin çiftini belirleriz. Sonra bu çifti tek bir ortalama metin gibi ele alırız ve diğer metinlerin yanı başına koyarken, sonraki en benzer çifti ararız. Bu şekilde bir ilişki ağacı oluşuncaya kadar gruplandırmaya devam ederiz. Bu tür teknikler –en yaygın olanı, "komşu-birleştirme" [neighbour-joining] yöntemi olarak bilinir– çabuk hesaplanır, ama evrim sürecinin mantığını cisimleştirmezler. Yalnızca benzerlik ölçüleridirler. Bu nedenle, mantığı bakımından koyu evrimci olan "kladist" taksonomi okulu diğer yöntemleri tercih eder ve bu diğer yöntemlerin en eskisi de tutumluluk yöntemidir.

Orangutan'ın Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi burada tutumluluk, açıklama ekonomisi anlamına gelir. İster hayvanların olsun, ister elyazması metinlerin evriminde olsun, en ekonomik açıklama, en az sayıda evrimsel değişimi farz eden açıklamadır. İki metin ortak bir özelliği paylaşırsa, ekonomik açıklama şöyle olur: Bu özelliği her biri birbirinden bağımsız geliştirmemiş, ortak bir atadan miras almışlardır. Değişmez bir kural olmaktan çok uzaktır; ama doğru olması, karşıtından en azından daha fazla olasıdır. Tutumluluk yöntemi –en azından ilke olarak– tüm olası ağaçları gözden geçirir ve değişim miktarını en aza indireni seçer.

Ağaçları tutumluluklarına bakarak seçtiğimizde, bazı tip farklılıklar işimize yaramaz. Tek bir elyazmasına ya da tek bir hayvan türüne özgü olan farklılıklar *bilgi verici değildir*. Komşu-birleştirme yöntemi bu farklılıkları kullanır; tutumluluk yöntemi ise onları tümüyle göz ardı eder. Tutumluluk yöntemi, *bilgi verici* değişikliklere dayanır; birden fazla elyazmasının paylaştığı değişikliklere. Tercih edilen ağaç, ortak atayı kullanıp, olabildiğince çok sayıda bilgi verici farklılığı açıklayan ağaçtır. Chaucer dizelerinde açıklanması gereken beş bilgi verici farklılık vardır. Dört fark elyazmasını {British Library artı Egerton}karşısında {Christ Church artı Hengwrt} şeklinde ayırır.

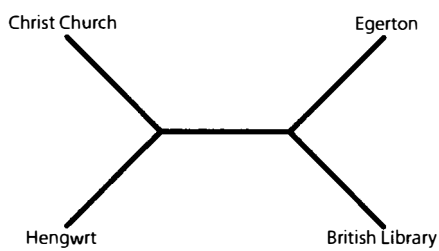
Bunlar, birinci, üçüncü, yedinci ve sekizinci dikey siyah çizgilerle



vurgulanan farklılıklardır. Beşinci farklılık, on ikinci gri çizgiyle vurgulanan bölme işareti, elyazmasını farklı bir biçimde, (British Library artı Hengwrt) *karşısında* (Christ Church artı Egerton) şeklinde ayırır.

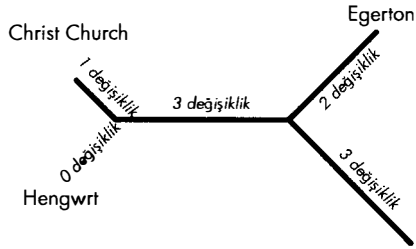
Bu ayrımlar birbiriyle çelişir. Her değişikliğin bir kez gerçekleştiği bir ağaç çizemeyiz. Yapabileceğimiz tek şey, yalnızca bölme işaretinin iki kez görünmesini ya da kaybolmasını gerektirerek çatışmayı en aza indiren aşağıdaki ağaçtır (köksüz bir ağaç olduğuna dikkat edin).

Aslında, burada tahminimize fazla güvenmiyorum. Metinlerde, özellikle de dizenin anlamı değişmediği zaman, yakınlaşmalar ve geri dönüşler yaygındır. Bir ortaçağ kâtibi bir imlayı değiştirmede, hatta bölme işareti gibi bir noktalama işareti ekleme ya da çıkarmada fazla sakınca görmemiş olabilir. İlişkinin daha iyi göstergeleri, sözcüklerin yeniden düzenlenmesi gibi değişiklikler olurdu. Bunun genetik eşdeğeri "ender genom değişimleri"dir (RGD –Rare Genomic Change): Büyük DNA eklenmeleri, silinmeleri ya da ikilenmeleri gibi olaylar. Farklı değişim tiplerine az ya da çok ağırlık vererek bunları açıkça tanıyabiliriz. Fazladan değişiklikler sayılırken, yaygın ya da güvenilmez oldukları bilinen değişikliklere önem verilmez. Ender ya da akrabalığın güvenilir işaretleri oldukları bilinen değişikliklere daha fazla ağırlık verilir. Bir değişikliğe fazla ağırlık vermek, özellikle o değişikliği iki kez saymak istemediğimiz anlamına gelir. O nedenle, en ekonomik ağaç, bütünsel



ağırlığı en az olan ağaçtır.

Tutumluluk yöntemi, evrim ağaçlarını bulmak için çok kullanılır. Ama yakınlaşmalar ya da geri dönüşler yaygınsa –birçok DNA dizilişinde ve Chaucer metinlerinde olduğu gibi– tutumluluk yanıltıcı olabilir. Bu, "uzun dal çekiciliği" olarak bilinen ünlü öcüdür.



Şöyle ki, kladogramlar ister köklü olsunlar ister köksüz, yalnızca dallanma düzenini gösterirler. *Filogramlar* ya da filogenetik ağaçlar (Yunanca *filon* = ırk/kabile/sınıf) benzerdirler, ama bilgi iletmek için dal uzunluklarını da kullanırlar. Dal uzunlukları tipik olarak evrimsel uzaklığı temsil eder -uzun dallarla çok sayıda, kısalarla az sayıda değişiklik. *Canterbury Hikâyeleri*'nin ilk satırı, şöyle bir filogram üretir:

Bu filogramda dalların uzunluğu çok farklı değil. Ama düşünün, iki elyazması diğer ikisine göre çok değişmiş olsaydı ne olurdu? O ikisine giden kollar çok uzun olurdu. Değişimlerin bir kısmı da eşsiz olmazdı. Ağacın diğer yerlerindeki, ama (ve önemli olan nokta da burasıdır) *özellikle* diğer uzun dal üzerindeki değişikliklerle özdeş olurdu. Bunun nedeni, uzun dalların en çok değişimin gerçekleştiği yerler olmalarıdır. Yeterli evrimsel değişimle birlikte, iki uzun dalı aldatıcı biçimde birbirine bağlayan değişiklikler gerçek işareti gizler. Değişiklik sayısının basit sayımına dayanan tutumluk, yanlış bir biçimde, özellikle uzun dalların uçlarını birlikte gruplandırır. Tutumluluk yöntemi uzun dalları birbirleri için gereksiz yere "çekici" hale getirir.

Uzun dal çekiciliği sorunu, biyolojik taksonomistler için önemli bir baş ağrısıdır. Yakınlaşmalar ve geri dönüşler yaygın olduğunda hemen ortaya çıkar ve ne yazık ki, daha fazla metne bakarak bundan sakınma umudumuz yoktur. Aksine ne kadar çok metne bakarsak, o kadar çok yanlış benzerlik görürüz ve yanlış yanıta inancımız o kadar güçlü olur. Bu tür ağaçların, adını Amerikalı saygın biyolog Joe Felsenstein'dan alan tekinsiz "Felsenstein alanı"nda pusuya yattıkları söylenir. Ne yazık ki, DNA verileri, uzun dal çekiciliğine karşı özellikle savunmasızdır. Bunun ana nedeni, DNA kodunda yalnızca dört harfin bulunmasıdır. Farklılıkların çoğunluğu tek harf değişiklikleriyse, tesadüfen aynı harfe bağımsız mutasyon çok olasıdır. Uzun dal çekiciliğinin mayınlarını döşeyen budur. Açıkçası bu durumlarda, tutumluluğa bir alternatife

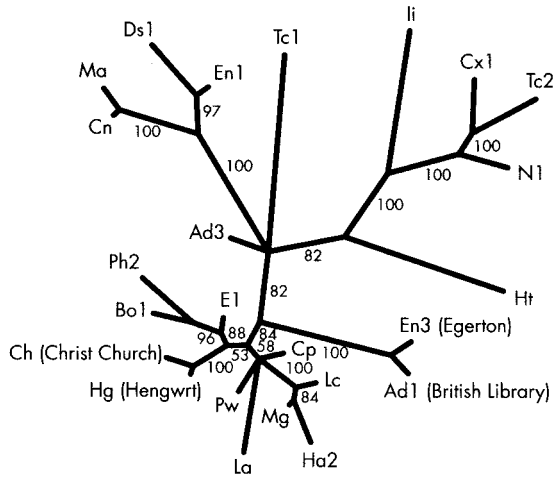
ihtiyacımız var. Bu alternatif, biyolojik taksonomide giderek daha fazla benimsenen ve olabilirlik çözümlemesi olarak bilinen bir teknik biçiminde gelir.

Olabilirlik çözümlemesi, tutumluluktan daha fazla bilgisayar enerjisi tüketir; çünkü şimdi dalların uzunluğu önemlidir. Tüm olası dallanma örüntülerine ek olarak tüm olası dal uzunluklarına da bakmak –Hercules'e göre bir iş– zorunda olduğumuz için, çok daha fazla ağaçla uğraşırız. Yani, akıllıca kısa yollara karşın, bugünün bilgisayarları ancak az sayıda türü gerektiren olabilirlik çözümlemesiyle başa çıkabilirler.

"Olabilirlik", muğlak bir terim değildir. Aksine, kesin bir anlamı vardır. Belirli bir şekli olan bir ağaç için (dal uzunluklarını dahil etmeyi unutmayın), aynı şeklin filogenetik ağacını üretebilecek tüm olası evrim yollarından çok azı, tamı tamına şimdi gördüğümüz metinleri üretirdi. Verili bir ağacın "olabilirliği," böyle bir ağacın üretmiş olabileceği diğer metinlerden herhangi birini değil, fiilen var olan metinleri ortaya çıkarma olasılığıdır ve bu, yok denecek kadar küçük bir olasılıktır. Bir ağacın olabilirlik değeri küçük olmasına karşın, yine de bir yargı aracı olarak bir küçük değeri başka bir değerle karşılaştırabiliriz.

Olabilirlik çözümlemesi içinde, "en iyi" ağacı elde etmenin çeşitli alternatif yolları vardır. En basiti, olabilirliği en yüksek olan tek ağacı, en fazla olası olan ağacı aramaktır. Buna "azami olabilirlik" denilir; ama en olası tek ağaç olması, diğer olası ağaçların neredeyse bir o kadar olası olmadıkları anlamına gelmez. Daha yakın zamanda, en fazla olası tek ağaca inanmak yerine tüm olası ağaçlara bakmamız, ama daha fazla olası olanlara bununla orantılı daha fazla inanmamız gerektiği öne sürüldü. Azami olabilirliğe alternatif olan bu yaklaşım, Bayesçi filogenetik olarak bilinir. Eğer çok sayıda olası ağaç belirli bir dallanma noktasında anlaşırsa, o zaman doğru olma olasılığının yüksek olduğu sonucunu çıkarırız. Elbette, azami olabilirlikte olduğu gibi, tüm olası ağaçlara bakamayız; ama bilgisayar kısayolları vardır ve oldukça iyi çalışıyorlar.

Sonunda seçtiğimiz ağaca ***güvenimiz***, çeşitli dallarının doğru olduğundan emin olmamıza bağlıdır ve her dallanma noktasının yanına ölçüler koymak yaygındır. Bayesçi yöntem kullanıldığında olasılıklar otomatik olarak hesaplanır; tutumluluk ya da azami olabilirlik gibi başka yöntemler için, alternatif ölçülere ihtiyacımız vardır. Yaygın kullanılan alternatif ölçülerden biri, nihai ağaçta ne kadar fark yarattığını –başka bir deyişle, ağacın yanlışa ne kadar dayanıklı olduğunu– görmek için veri-



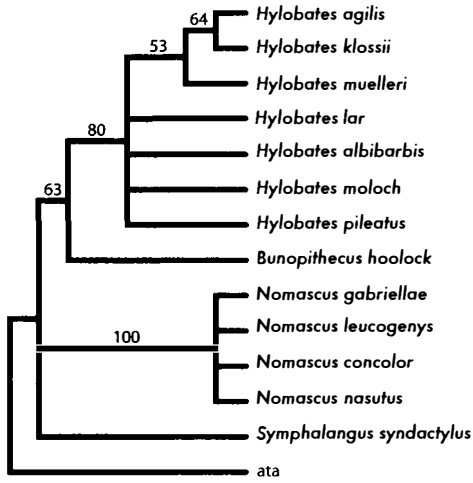
"Ben bir şey eklemedim" (Caxton'ın Önsözü). Canterbury Hikâyeleri'nin 24 farklı elyazması versiyonunun ilk 250 satırının köksüz filogenetik ağacı. Bu, Canterbury Hikâyeleri Projesi'nin üzerinde çalıştığı elyazmalarının bir alt-kümesini temsil ediyor ve burada projenin kullandığı kısaltmalar kullanılıyor. Ağaç tutumluluk çözümlemesiyle kuruldu ve özyükleme değerleri dalların üzerinde gösteriliyor. Tartışılan dört versiyonun adları tam olarak yazıldı.

lerin farklı parçalarını sürekli yeniden örnekleyen "özyükleme" yöntemidir. "Özyükleme" değeri ne kadar yüksekse, dallanma noktası o kadar güvenilirdir; ama uzmanlar bile, belirli bir özyükleme değerinin bize tam olarak ne anlattığını güçlükle yorumlarlar. "Çakı" ve "bozunma endeksi" yöntemleri de benzer yöntemlerdir. Hepsi, ağaçtaki her dallanma noktasına ne kadar inanacağımızın ölçüleridirler.

Edebiyattan ayrılıp biyolojiye dönmeden, yukarıdaki şeklin, 24 Chaucer elyazmasının ilk 250 satırı arasındaki evrimsel ilişkinin özeti olduğunu belirtelim. Yalnızca dallanma örüntüsünün değil, çizgi uzunluklarının da anlamlı olduğu bir filogramdır. Hangi elyazmalarının birbirlerinin bir çeşidi, hangilerinin sapma olduklarını hemen okuyabilirsiniz. Köksüzdür –24 elyazmasından hangisinin "özgün"e en yakın olduğu konusunda bir güvence vermez.

Gibonlarımıza dönmenin zamanıdır. Yıllarca birçok kişi gibon ilişkilerini ortaya çıkarmaya çalıştı. Tutumluluk, dört gibon grubu öne sürdü. Fiziksel niteliklere dayalı köklü bir kladogram aşağıdadır.

Bu kladogram, *Hylobates* türleri ile *Nomascus* türlerinin bir grup oluşturduklarını inandırıcı bir biçimde gösteriyor. Her iki grubun makul ölçüde yüksek özyükleme değerleri (çizgi sayısı) vardır. Ama birçok

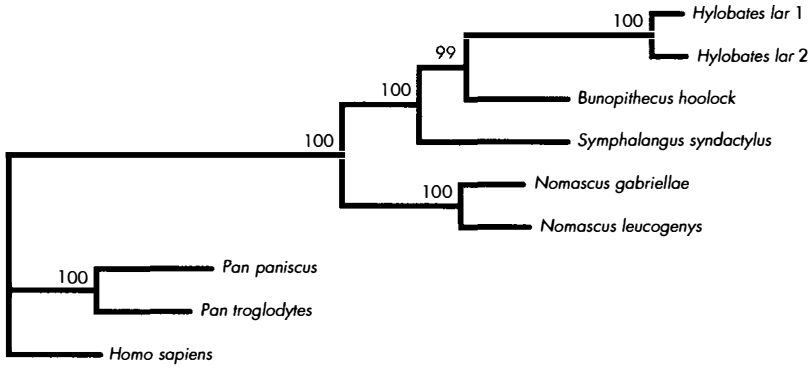


Gibonların morfolojiye dayalı köklü kladogramları. Geissmann'dan uyarlandı [bkz. Kaynakça].

yerde dallanma düzeni açıklanmamıştır. *Hylobates* ile *Bunopithecus* bir grup oluşturuyorlarmış gibi görünse de, özyükleme değeri, 63, bu tür tılsımları okuma eğitimi almış olanlara inandırıcı gelmez. Ağaca karar vermek için, morfolojik özellikler yeterli değildir.

Bu nedenle Almanya'dan Christian Roos ile Thomas Geissmann moleküler genetiğe, özellikle de mitokondriyal DNA'nın "kontrol bölgesi" denilen kesimine yöneldiler. Altı gibondan DNA aldılar, dizilişlerinin şifresini çözdüler, harfi harfine sıraladılar ve komşu-birleştirme, tutumluluk ve azami olabilirlik çözümlemeleri yaptılar. Uzun dal çekiciliğiyle başa çıkmanın üç yönteminden en iyisi olan azami olabilirlik yöntemi, en inandırıcı sonucu verdi. Gibonlarla ilgili son kararları aşağıda gösteriliyor ve dört grup arasındaki ilişkiyi çözdüğünü görebilirsiniz. Özyükleme değerleri, bu bölümün başında filogeni için kullanılacak ağacın bu olduğuna inandırmaya yetti.

Gibonlar görece yakın zamanda "türleştiler" —dallara ayrılıp ayrı türlere dönüştüler. Ama gittikçe daha uzak akraba olan, gittikçe daha uzun dallarla birbirinden ayrılan türlere bakınca, en gelişkin azami olabilirlik ve Bayesçi çözümleme teknikleri bile bizi yanıltmaya başlar. Kabul edilemez ölçüde büyük oranda benzerliklerin rastlantısal oldukları bir nokta gelebilir. DNA farklılıklarının doymuş oldukları söylenir. Hiçbir fantezi teknik atalık işaretini geri getiremez; çünkü zamanın tahribatı ilişki izlerini silmiştir. Nötr DNA farklılıklarında sorun özellikle yakıcıdır.



DNA'nın azami olabilirlik çözümlemesine dayalı gibon kladogramı. Geissmann'dan uyarlandı [bkz. Kaynakça (Roos ve Geismann, 2001)].

Güçlü doğal seçilim genleri sıkı bir çizgide tutar. Uç örneklerde önemli işlevsel genler yüz milyonlarca yıl aynı kalabilirler. Ama bu tür zaman uzunlukları hiçbir zaman hiçbir şey yapmayan yalancı genin umutsuz bir doyuma varmasına yeter. Bu tür durumlarda farklı verilere ihtiyacımız var. En umut vaat eden düşünce, daha önce sözünü ettiğim ender genom değişimlerini –tek harf değişikliğinden çok, DNA'nın yeniden düzenlenmesini gerektiren değişimleri– kullanmaktır. Bunlar ender, aslında genellikle eşsiz oldukları için, rastlantısal benzerlik fazla sorun olmaz. Bir kez bulunduktan sonra, büyüyen hacı kafilesine hipopotam katıldığında göreceğimiz gibi, dikkate değer ilişkileri açığa vurabilirler.

Şimdi de, evrim ağacı konusunda, Havva'nın Hikâyesi ve Neanderthal'in Hikâyesi'nden çıkarılan dersler biçiminde önemli bir son düşünce. Buna, gibonun tür ağacından gerileyişi ve düşüşü diyebiliriz. Normalde, bir tür kümesi için tek bir evrim ağacı çizebileceğimizi varsayarız. Ama Havva'nın Hikâyesi, DNA'nın farklı parçalarının (ve dolayısıyla bir organizmanın farklı parçalarının) farklı ağaçları olabileceğini bize anlattı. Türler, birçok farklı kaynaktan gelen DNA bileşikleridir. Havva'nın Hikâyesi'nde gördüğümüz ve Neanderthal'in Hikâyesi'nde tekrarladığımız gibi, her gen, aslında her DNA harfi tarih boyunca kendi yolunda gider. Her DNA parçacığının ve bir organizmanın her parçasının farklı bir evrim ağacı olabilir.

Bunun bir örneği her gün ortaya çıkar, ama aşinalık, mesajını gözden kaçırmamıza yol açar. Kendisine bir erkek insanın, bir dişi insanın ve bir erkek gibonun yalnızca cinsel organları gösterilen Marslı bir taksonomist hiç tereddüt etmeden, iki erkeği birbirine, dişiden daha yakın akraba

olarak sınıflandırırdı. Aslında erkekliği belirleyen gen (*SRY* adlı), en azından gibonlardan ayrıldığımız zamandan bu yana dişi bir vücutta hiç bulunmamıştır. Geleneksel olarak morfologlar "saçma" sınıflandırmalardan sakınmak için cinsel karakteristiklere özel bir önem verirler. Ama benzer sorunlar başka yerlerde ortaya çıkar. Daha önce Havva'nın Hikâyesi'nde A, B ve 0 kan gruplarında gördük. Benim B grubu genim, beni A grubu bir insandan çok B grubu bir şempanzeyle yakın akraba yapar. Yalnızca cinsiyet genleri ya da kan grupları değil, *tüm* genler ve karakteristikler belli koşullar altında bu sonuca açıktırlar. Hem moleküler, hem morfolojik karakteristiklerin çoğunluğu, şempanzeleri en yakın akrabalarımız olarak gösteriyor. Ama hatırı sayılır bir azınlık da gorilleri yakın gösterir ya da şempanzelerin en yakın akrabalarının goriller olduğunu ve her ikisinin insanlara eşit ölçüde yakın olduklarını gösterir.

Bu bizi şaşırtmamalı. Farklı genler farklı yollardan miras alınır. Her üç türün atası olan topluluklar çeşitlilik gösterir –her genin birçok farklı kökeni vardır. İnsanlardaki ve gorillerdeki bir gen bir kaynaktan gelirken, şempanzelerdekinin daha uzak bir akrabadan gelmesi olasıdır. Gerekli olan tek şey, eskiden ayrılmış genetik soyların şempanze-insan bölünmesine kadar sürmesidir.*

Bu yüzden tek bir ağacın öykünün tamamı olmadığını kabul etmeliyiz. Tür ağaçları çizilebilir; ama çok sayıda gen ağacının basitleştirilmiş bir özeti sayılmalıdırlar. Bir gen ağacını iki farklı şekilde yorumlamayı hayal edebilirim. İlki, geleneksel soybilimsel yorumdur. Bir tür bir diğeriyle, söz konusu tüm türler içinde en yakın ortak soybilimsel atayı paylaşıyorsa, o diğer türün en yakın akrabasıdır. İkincisi, sanırım, geleceğin yoludur. Bir tür ağacı, demokratik bir genom çoğunluğu arasındaki ilişkileri betimleyen ağaç olarak görülebilir. Gen ağaçları arasında bir "çoğunluk oyu"nun sonucunu temsil eder.

Demokratik düşünce –genetik oylama– tercih ettiğim bir düşüncedir. Bu kitapta, türler arasındaki tüm ilişkiler bu şekilde yorumlanmalıdır. Sunduğum tüm filogenetik ağaçlara, insaymunlar arasındaki ilişkilerden hayvanlar, bitkiler, mantarlar ve bakteriler arasındaki ilişkilere kadar, genetik demokrasi ruhuyla bakılmalıdır.

*Tür bölünmeleri arasındaki zaman ne kadar uzunsa, atasal soylar genetik sürüklenmeyle o kadar çok kaybolur. Bu yüzden tür ağaçlarının gen ağaçlarıyla örtüşmesini umut eden düzgün kafalı taksonomistler, Afrikalı insaymunlardan farklı olarak farklılaşma aralıkları zaman anlamında uzun olan hayvanlarla uğraşmayı daha kolay bulurlar. Ama ayrı soyları doğal seçilim tarafından uzun zaman aralıklarında korunan genler her zaman vardır; *SRY* gibi.

Randevu 5
ESKİ DÜNYA MAYMUNLARI

Bu randevuya yaklaşıp büyük Ortak Ata 5'e –yaklaşık 1.5 milyonuncu büyük-büyük ebeveynimiz– hazırlanırken, çok önemli (bir bakıma keyfi de olsa) bir sınırı geçeriz. Yolculuğumuzda ilk kez bir jeolojik zamandan, Neojen Dönem'den daha eski bir zamana, Paleojen Dönem'e giriyoruz. Bir dahaki sefere dinozorların Kretase dünyasına dalacağız. Randevu 5, Paleojen Dönem'de, yaklaşık 25 milyon yıl önceye verildi. Daha özgül olarak, Paleojen Dönem'in Oligosen Devresi'nde, geriye doğru yolculuğumuzda dünya ikliminin ve bitki örtüsünün bugünküne fark edilir ölçüde benzediği son durakta. Daha da geriye gidersek, Neojen Dönemimizi simgeleyen açık çayırların, çayırların yayılmasına eşlik edip dolaşan otobur sürülerin kanıtlarına rastlayamayız. 25 milyon yıl önce Afrika dünyadan tamamen yalıtıktı, en yakın kara parçasıyla –İspanya– arasında bugün Afrika'yı Madagaskar'dan ayıran deniz kadar geniş bir deniz vardı. Hac yolculuğumuz canlı ve becerikli acemilerin, –yolculuğa katılan ilk kuyruklu hacılar olan– Eski Dünya maymunlarının akınıyla bu devasa Afrika adasında başlamak üzeredir.

Bugün, Eski Dünya maymunlarının tür sayısı 100'ün biraz altındadır ve bazıları, anayurtları Afrika'dan Asya'ya göç etmiştir (bkz. Orangutan'ın Hikâyesi). İki ana gruba ayrılırlar: Bir yanda, Asyalı langurlar ve hortumlu maymunlarla birlikte Afrikalı kolobus maymunları, diğer yanda Afrikalı babunlar ve guenonlar ile çoğu Asyalı olan makaklar vardır.

Varlığını sürdüren tüm Eski Dünya maymunlarının son ortak atası, Ortak Ata 5'ten 11 milyon kadar yıl sonra, muhtemelen 14 milyon yıl önce yaşadı. Dönemi aydınlatmak bakımından en yararlı fosil cins, Victoria Gölü'ndeki Maboko Adası'nda bulunan muhteşem bir kafatası da dahil, binden fazla parçadan hareketle tanıdığımız *Victoriapithecus*'tur. Tüm Eski Dünya maymunu hacılar yaklaşık 14 milyon yıl önce el ele verip kendi ortak atalarına, herhalde *Victoriapithecus*'a ya da ona benzeyen bir şeye selam verirler. Sonra geriye doğru yürümeye devam edip, 25 milyon yıl önce bizim Ortak Ata 5'te insaymun hacılara katılırlar.

Ortak Ata 5 neye benziyordu? Belki, aslında 7 milyon yıl önce yaşamış olan fosil cins *Aegyptopithecus*'a biraz benziyordu. Ortak Ata 5'in kendisinin alışılmış başparmak kuralımıza göre, insaymunlardan ve Eski Dünya maymunlarından ibaret sayılan torunlarının, -dar burunlu-

Eski Dünya maymunları katılıyor

ların- paylaştığı karakteristiklere sahip olmaması daha olasıdır. Örneğin, Ortak Ata 5'in büyük olasılıkla, geniş-burunlu Yeni Dünya maymunlarının geniş ve yana bakan burun deliklerinden farklı olarak, dar ve aşağı bakan burun delikleri vardı. Dişileri tam âdet görüyorlardı; âdet kanaması insaymunlar ile Eski Dünya maymunları arasında yaygındı, ama Yeni Dünya maymunları arasında değildi. Kemikli bir kulak yolu bulunmayan Yeni Dünya maymunlarından farklı olarak, timpan kemiğinin oluşturduğu bir kulak yolu vardı.

Kuyruğu var mıydı? Neredeyse kesinlikle evet, vardı. İnsaymunlarla maymunlar arasındaki en aleni farkın kuyruğun varlığı ya da yokluğu olduğu göz önüne alınırsa, 25 milyon yıl önce ayrımının kuyruğun kaybolduğu ana denk geldiği düşüncesi aklımızı çeler. Aslında Ortak Ata 5, muhtemelen diğer tüm memeliler gibi kuyrukluydu ve Ortak Ata 4, torunları tüm modern insaymunlar gibi kuyruksuzdu. Ortak Ata 5'ten Ortak Ata 4'e giden yolun hangi noktasında kuyruğun kaybolduğunu bilmiyoruz. Kuyruk kaybını anlatmak için aniden "insaymun" sözcüğünü kullanmaya başlamamızın da belirli hiçbir nedeni yoktur. Örneğin Afrikalı fosil cins *Proconsul*'a, Randevu 5'te çatalın insaymun tarafında durduğu için, maymundan çok insaymun denilebilir. Ama çatalın insaymun tarafında olması, kuyruğu olup olmaması hakkında bize hiçbir şey anlatmaz. Kanıtların gösterdiğine göre, yakın zamanda yazılan yetkin bir yazının başlığını kullanırsak, "*Proconsul*'un kuyruğu yoktu." Ama bu, randevu ayrımında insaymun tarafında olmasından kaynaklanmaz.

O halde, kuyruklarını kaybetmeden önce Ortak Ata 5 ile *Proconsul* arasındakilere ne demeliyiz? Katı bir kladist, çatalın insaymun tarafında oldukları için onlara insaymun derdi. Farklı bir taksonomist, kuyruklu oldukları için maymun derdi. Her zamanki gibi, adların üzerinde fazla durmanın ahmaklık olduğunu söylüyorum.

Eski Dünya maymunları, uzunkuyruklu-maymungiller, gerçek bir kladdır, tek bir ortak atanın tüm torunlarını kapsayan bir gruptur.

Eski Dünya maymunları katılıyor. 100 kadar Eski Dünya maymunu türüne ilişkin bu filogeni genel olarak kabul edilir. Kolların ucunda görülen daireler, her grupta bilinen türlerin sayısını büyüklük olarak gösterir: Daire olmaması 1-9 bilinen tür, küçük çaplı bir daire 10-99 bilinen tür, büyük bir daire 100-999 bilinen tür demektir vb.; bu tabloda gösterilen dört gruptan her biri, 10 ila 99 tür barındırır.

Çizgi resimler, soldan sağa: mandril (*Mandrillus sphinx*); kırmızı kuyruklu maymun (*Cercopithecus ascanius*); hortumlu maymun (*Nasalis larvantus*); aiyah-beyaz Angola maymunu (*Colobus angolensis*).

Bununla birlikte, bir bütün olarak "maymunlar", Yeni Dünya maymunlarını da içerdiği için, geniş-burunlu değildirler. Tüm insaymunlar ve maymunlar birlikte doğal bir klad, insansılar kladını, oluştururlar. "Maymunlar" yapay (teknik olarak "kısmi soylu" [paraphyletic]) bir grupturlar; çünkü geniş-burunluların tümü ile bazı dar-burunluları kapsar, ama dar-burunluların insaymun kısmını dışlar. Eski Dünya maymunlarına kuyruklu insaymun demek daha iyi olabilir. Dar-burunlular adının Yunancası Catarrhine, "yere bakan burun", burun delikleri aşağı bakan demektir. Bu bakımdan biz ideal dar-burunluyuz. Voltaire'in Dr. Pangloss'unun yaptığı gözleme göre "burun gözlük için oluşmuştur, bu nedenle gözlük takıyoruz." Yere bakan dar burun deliklerimizin yağmuru uzak tutmaya yönelik olduğunu da ekleyebilirdi. İki büyük primat grubu arasındaki tek tanıtlayıcı fark bu değil, onlara adlarını veren farktır. Şimdi Randevu 6'ya gidip, geniş-burunlularla buluşalım.

Randevu 6
YENİ DÜNYA MAYMUNLARI

Yeni Dünya geniş-burunlu "maymun"larının bizimle ve yaklaşık 3 milyon büyük-büyük-ebeveynimiz, ilk insansı Ortak Ata 6'yla buluştukları Randevu 6, 40 milyon yıl kadar öncedir. Gür tropikal ormanların zamanıydı –o günlerde Antarktika bile en azından kısmen yeşildi. Şimdi tüm geniş-burunlu maymunlar Güney ya da Orta Amerika'da yaşamalarına karşın, randevunun kendisi neredeyse kesin olarak orada gerçekleşmedi. Randevu 6'nın Afrika'da bir yerde olduğunu tahmin ediyorum. Varlığını sürdüren Afrikalı torun bırakmayan basık burunlu bir Afrikalı primatlar grubu, küçük bir kurucu nüfus biçiminde Güney Amerika'ya geçmeyi bir şekilde başardı. Bunun ne zaman gerçekleştiğini bilmiyoruz, ama 25 milyon yıl öncesinin öncesinde (ilk maymun fosillerinin Güney Amerika'da görüldüğü zaman) ve 40 milyon yıl öncesinin (Randevu 6) sonrasında oldu. Güney Amerika ile Afrika birbirlerine bugün olduğundan daha yakındılar ve deniz düzeyleri alçaktı, belki de Batı Afrika'dan Güney Amerika'ya uzanan bir adalar zinciri vardı. Maymunlar bir olasılıkla denizi salla geçtiler, belki de kısa bir süre yüzen ada olarak yaşamı destekleyebilen tropikal bitki bataklıkları üzerinde. Akıntılar doğru yöndeydi. Başka bir hayvan grubu, oklu [hystricognath] kemirgenler, muhtemelen aynı sırada Güney Amerika'ya geldiler. Büyük olasılıkla onlar da Afrika'dan geldi ve adlarını Afrikalı oklukirpiden (Hystrix) alırlar. Maymunlar muhtemelen kemirgenlerle aynı ada zincirini kullandılar, aynı uygun akıntılardan yararlandılar; ama herhalde aynı sallarla değil.

Tüm Yeni Dünya primatları tek bir göçmenin soyundan mı gelirler? Ya da ada-sekme koridoru, primatlarca birden fazla kez kullanıldı mı?* Çifte bir göçün pozitif kanıtı ne olurdu? Kemirgenler olayında, Afrika oklukirpileri, kör sıçanlar, bambu sıçanları ve tavşan sıçanları da dahil, Afrika'da oklu kemirgenler hâlâ vardır. Eğer Güney Amerikalı kemirgenlerden bazılarının, Afrikalı bazı kemirgenlerin (sözgelişi oklukirpilerin) yakın kuzenleri ve diğer Güney Amerikalı kemirgenlerin diğer Afrikalı kemirgenlerin (sözgelişi kör sıçanların) yakın kuzenleri oldukları anlaşılsaydı, bu, kemirgenlerin birden fazla kez Güney Amerika'ya salla

*"Kullanıldı," kasıtsızlık dışında bir anlama gelirse, talihsizliktir. Dodo'nun Hikâyesi'nde göreceğimiz gibi, hiçbir hayvan yeni bir toprağı kolonileştirmeye çalışmaz. Ama tesadüfen olduğu zaman da, evrimsel sonuçları muazzam olabilir.

Yeni Dünya maymunları katılıyor

geçtiklerinin iyi bir kanıtı olurdu. Bunun olmaması, güçlü kanıt olmasa da, kemirgenlerin Güney Amerika'ya yalnızca bir kez dağıldıklarına ilişkin görüşle bağdaşır. Güney Amerikalı primatlar da, herhangi bir Afrikalı primattan çok birbirleriyle yakın kuzendirler. Bu da tek bir yayılma hipoteziyle bağdaşır, ama yine kanıt güçlü değil.

Tekrarlamanın yeridir: Okyanusu bir salla geçiş olasılığının düşüklüğü bunun gerçekleşmediğini düşünmenin gerekçesi olamaz. Bu şaşırtıcı görünür. Gündelik yaşamda yüksek olaslıksızlık, bir şeyin gerekleşmeyeceğini düşünmek için genellikle iyi bir nedendir. Maymunların, kemirgenlerin ya da başka bir şeyin kıtalararası sal yolculuğunda, olayın yalnızca bir kez gerçekleşmek zorunda olması ve bunun için kullanılan zamanın, muazzam sonuçlar doğurması için, sezgisel olarak kavrayabileceğimizin dışında olması önemlidir. Yüzen bir tropikal bitki bataklığının gebe bir dişi maymunu taşıyıp bir yıl içinde karaya ulaştırma olasılığı, on binde bir olabilir. İnsan deneyimi ışığında, bu olanaksız anlamına gelir. Ama 10 milyon yıl dikkate alındığında neredeyse kaçınılmaz olur. Bir kez gerçekleşince, gerisi kolaydı. Şanslı dişi bir aile doğurdu, o aile sonunda bir hanedanlık oldu, o hanedanlık da sonunda dallanıp Yeni Dünya maymunları türü haline geldi. Bu, yalnızca bir kez olmak zorundaydı; sonra büyük şeyler, küçük başlangıçlardan çıktılar.

Her neyse, rastlantısal sal yolculuğu sandığınız kadar ender değildir. Denizlerde yüzen sahipsiz eşyaların üzerinde küçük hayvanlara sıkça rastlanır. Hayvanlar her zaman küçük de değildir. Yeşil iguana ortalama bir metre uzunluğundadır ve boyu iki metreye kadar çıkabilir. Ellen J. Censky ve diğerlerinin *Nature*'a yazdıkları bir nottan aktarıyorum:

> 4 Ekim 1995'te Karayipler'de Anguilla'nın doğu sahilinde en az 15 yeşil iguana, *Iguana iguana*, görüldü. Bu tür, adada daha önce görülmemişti. Kütüklerden ve kökünden sökülmüş ağaçlardan oluşmuş bir sal üzerinde gelmişler; bazı ağaçların boyu 10 metreden fazlaydı ve kocaman kökleri vardı. Yerel balıkçılar salın çok büyük olduğunu ve kıyıya taşımanın iki gün aldığını söylüyorlar. İguanaları hem sahilde hem kütüklerin üzerinde gördüklerini söylediler.

12. Yeni Dünya maymunları katılıyor. 100 kadar Yeni Dünya maymunu türüne ilişkin bu filogeni bir bakıma tartışmalıdır, ama burada modern konsensüse uyuyoruz.

Çizgi resimler, soldan sağa: altın aslan tamarin (*Leontopithecus rosalia*); baykuşmaymunu (*Aotus trivirgatus*); sincap maymun (*Saimiri sciureus*); Siyah uluyanmaymun (*Alouatta caraya*); keşiş saki (Pithecia monachus).

İguanalar, muhtemelen başka bir adada bir kasırga tarafından, ya 4-5 Eylülde Doğu Karayipler'i kasıp kavuran Luis ya da 15 gün sonra başlayan Marilyn kasırgası tarafından kökünden sökülüp denize doğru yol alan ağaçlara tünemiş uyuyorlardı. Her iki kasırga da Anguilla'yı etkilemez. Censky ve arkadaşları daha sonra Anguilla'da ve kıyının bir buçuk kilometre açığındaki bir adacıkta iguana yakaladılar ya da gördüler. 1998'de iguana nüfusu hâlâ varlığını sürdürüyordu ve aralarında an az bir tane üreyebilen dişi vardı. Bu arada iguanalar ve akrabaları kertenkeleler, tüm dünyada adaları kolonileştirmede özellikle ustadırlar. İguanalar, Batı Hint adalarından çok daha uzak olan Fiji ve Tonga adalarında bile görülürler.

Bize daha yakın olasılıklara uygulandığında "yalnızca bir kez olmak zorundaydı" mantığının ne kadar tüyler ürpertici olduğunu belirtmeden edemiyorum. Nükleer caydırıcılık ilkesi ve nükleer silahlara sahip olunmasının ancak güçlükle savunulabilecek tek gerekçesi şudur: Hiç kimse misilleme korkusundan ötürü ilk saldıran olmayı göze almaz. Bir füzenin yanlışlıkla fırlatılma olasılığı, bir diktatörün delirme, bir bilgisayar sisteminin bozulma, tehditlerin kontrolden çıkma olasılığı nedir? Kıyameti başlatacak korkunç bir hata olasılığı nedir? Tek bir yıl içinde yüzde bir mi? Ben daha kötümser olurdum. 1963'de buna çok yaklaştık. Keşmir'de, İsrail'de, Kore'de ne olabilir? Yılda yüzde bir olasılığı düşük bir olasılık da olsa, sözünü ettiğimiz felaketin ölçeği göz önüne alındığında, bir yüzyıl çok kısa bir zamandır. Yalnızca bir kez olmak zorundadır.

Keyifli konuya, Yeni Dünya maymunlarına geri dönelim. Bazı Yeni Dünya maymunları, birçok Eski Dünya maymunu gibi dalların üzerinde dört ayakla yürümenin yanı sıra, gibonlar gibi dallara asılır, hatta kollarıyla daldan dala hareket ederler. Tüm Yeni Dünya maymunlarında kuyruk belirgindir ve örümcekmaymunlarında, yünlü maymunlarda ve uluyanmaymunlarda kuyruğun tutma yeteneği de vardır ve bir kol gibi kullanılır. Tek başına kuyrukla, kuyruk, kol ve bacakların herhangi bir kombinasyonuyla rahatlıkla asılabilirler. Kuyruğun ucunda bir el yoktur, ama bir örümcekmaymununu izlediğinizde olduğuna inanırsınız.*

Yeni Dünya maymunları, tek gececi insansı olan baykuşmaymununun yanı sıra, muhteşem akrobatik bazı sıçrayıcıları da barındırır.

*Kinkajoular (etçiller), oklukirpiler (kemirgenler), ağaç karıncayiyenleri (karıncayiyenler), Amerikan keseli sıçanları (keseliler) ve hatta Bolitoglossa semenderi de dahil, Güney Amerikalı diğer gruplarda da tutma yeteneği olan kuyruklara rastlanır. Güney Amerika'yla ilgili özel bir şey var mı? Ama Güney Amerikalı olmayan pangolinlerde, bazı ağaç sıçanlarında, bazı skinklerde ve bukalemunlarda da tutma yeteneği olan kuyruklar görülür.

Baykuşlar ve kediler gibi, baykuşmaymunlarının da büyük gözleri vardır –tüm maymunlar ya da insaymunlar arasında en büyük göze sahiptirler. Cüce marmosetler fındık faresi büyüklüğündedirler, diğer insansılardan küçüktürler. En büyük uluyanmaymunlar, ancak büyük bir gibon kadardırlar. Uluyanmaymunlar, kollardan asılıp sallanmada usta ve çok gürültücü olmaları bakımından da gibonlara benzerler –ama gibonların sesi New York polis sirenlerine benzerken, içi boş kemiksi ses kutuları olan uluyanmaymunların ağaçların tepesinde kükreyen sesi, bana hayalet bir jet filosunu hatırlatır. Bu arada, uluyanmaymunların biz Eski Dünya maymunlarına anlatacak özel bir hikâyeleri var –renkleri nasıl gördüğümüzle ilgili bir hikâye, zira bizden bağımsız olarak aynı çözüme ulaşmışlar.

ULUYANMAYMUN'UN HİKÂYESİ

Yan Wong'la birlikte yazıldı

Yeni genler genoma gökten zembille inmez. Eski genlerin kopyaları olarak doğarlar. Sonra evrimsel zaman içinde mutasyonla, seçilimle ve sürüklenmeyle kendi ayrı yollarına giderler. Genellikle bunu olurken görmeyiz, ama cinayetten sonra olay yerine gelen bir dedektif gibi, geride kalan kanıtlarla parçaları birleştirerek olup bitenleri ortaya çıkarabiliriz. Renkleri görmeyle ilgili genler, çarpıcı bir örnektir. Ortaya çıkacak nedenlerden ötürü, hikâyeyi en iyi, uluyanmaymun anlatır.

Milyonlarca yıllık oluşumları sırasında memeliler gece yaratıklarıydı. Gündüzler, eğer modern akrabalarına bakacak olursak süper renkli gören dinozorlara aitti. Memelilerin uzak atalarının, dinozorların yükselişinden önce gündüzleri işgal eden memelilere benzer sürüngenlerin de renkli gördüklerini düşünebiliriz. Ama memelilerin uzun gece sürgünlükleri sırasında gözleri, renkten bağımsız olarak karşılaştığı fotonları kapmak zorundaydı. Kör Mağarabalığı'nın Hikâyesi'nde inceleyeceğimiz nedenlerden ötürü, renk ayrımı bozuldu. Bugün pek çok memeli, gün ışığında yaşamaya geri dönenler bile, oldukça zayıf renk görme yeteneğine sahiptir; yalnızca iki-renkli ("dikromatik") bir sistemleri vardır. Bu, retinadaki renk-duyarlı hücrelerin –"koni hücreler" (konlar)– sayısıyla ilgilidir. Biz dar burunlu insaymunların ve Eski Dünya maymunlarının üç koni hücresi, kırmızı, yeşil ve mavi hücreleri var ve bu nedenle üç-renkliyiz; ama kanıtlar, üçüncü koni hücre sınıfını, gececi atalarımız yitirdikten sonra tekrar geri kazandığımızı gösteriyorlar.

Memeliler değil, ama balık ve sürüngenler gibi, diğer pek çok omurgalının üç-koni hücreli ("trikromatik") ya da dört-koni hücreli ("tetrakromatik") görme yetileri vardır; kuşlar ve kaplumbağalar daha da gelişmiş olabilirler. Biraz sonra Yeni Dünya maymunlarındaki çok özel duruma ve uluyanmaymundaki daha da özel duruma geleceğiz.

İlginç bir biçimde, Avustralyalı keselilerin trikromatik renk görmeleriyle pek çok memeliden farklı olduklarına ilişkin kanıtlar var. Opposumlar ve dunartlarda bunu keşfeden (valabilerde de gösterildi) Cahtherine Arrese ve çalışma arkadaşları, Avustralyalı (Amerikalı değil) keselilerin, diğer memelilerin kaybettiği, ata sürüngenlere ait bir görme pigmentini koruduklarını öne sürüyorlar. Omurgalılar arasında, renk görme yetenekleri en zayıf olanlar genel olarak memelilerdir. Pek çok memeli, eğer görüyorsa, ancak renkkörü bir insan kadar renk görebilir. Dikkate değer istisnalara primatlarda rastlanır ve diğer memeli gruplarından daha fazla primatların, cinsel gösterişte parlak renkleri kullanmaları tesadüf değildir.

Trikromatik görmeyi belki de hiç yitirmemiş olan Avustralyalı keselilerden farklı olarak, biz primatların trikromatik görmeyi sürüngen atalarımızdan almayıp, yeniden keşfettiğimizi –bir kez değil, birbirinden bağımsız olarak iki kez: Birincisi Eski Dünya maymunlarında ve insaymunlarda; ikincisi, genel olarak Yeni Dünya maymunları arasında olmasa da, Yeni Dünya uluyanmaymunlarında– memeliler arasındaki akrabalarımıza bakarak söyleyebiliriz. Uluyanmaymunun renk görüşü, insaymunlarınkine benzer, ama bağımsız kökenine ihanet edecek kadar farklıdır.

İyi renk görüşü neden o kadar önemliydi ki, Yeni ve Eski Dünya maymunlarında üç-renkli görme birbirinden bağımsız olarak gelişti? Gözde bir varsayıma göre, meyve yemekle ilgisi vardır. Ağırlıklı olarak yeşil olan bir ormanda meyveler renkleriyle göze çarparlar. Bu da tesadüf değildir. Meyveler, tohumlarının yayılmasında ve gübrelenmesinde yaşamsal bir rol oynayan maymunlar gibi meyve-oburların dikkatini çekmek için parlak renkleri geliştirmiş olabilirler. Trikromatik görme, koyu yeşil bir arka plana karşı daha taze, daha sulu yaprakları (çoğu kez açık yeşil, bazen de kırmızı) bulmaya da yardımcı olur –ama bu herhalde bitkilerin yararına değil.

Renk gözlerimizi kamaştırır. Renk sözcükleri bebeklerin ilk öğrendiği sıfatlar arasındadır. Algıladığımız renk türlerinin, dalga boyları yalnızca birazcık farklı elektromanyetik ışınımların etiketi olduklarını hatırlamak

zordur. Kırmızı ışığın dalga boyu, bir metrenin 700 milyarda biri, mor ışığın 420 milyarda biri civarındadır; ama bu sınırlar arasında bulunan görünür elektromanyetik ışınım yelpazesinin tümü, neredeyse gülünç derecede dar bir penceredir, dalga boyları kilometrelerden (bazı radyo dalgaları) bir nanometrenin kesirlerine (gama ışınları) kadar uzanan toplam yelpazenin küçücük bir parçasıdır.

Gezegenimizdeki tüm gözler, yerel yıldızımızın en parlak ışıldadığı ve atmosferimizin penceresinden geçen elektromanyetik ışınım dalgalarını kullanacak şekilde yapılmıştır. Bu gevşek sınırlı dalga boyu yelpazesine uygun biyokimyasal tekniklere adanmış bir göz için, fizik yasaları, elektromanyetik tayfın bu teknikler kullanılarak görülebilen kısmına daha keskin sınırlar koyar. Hiçbir hayvan kızılötesini fazla göremez. En fazla yaklaşanlar çıngıraklıyılanlardır; başlarındaki çukurlar, kızılötesi ışınlı gerçek bir görüntüye hiçbir anlamda odaklanmazken, bu yılanların avlarının ürettiği ısıya yönsel duyarlılık göstermelerine izin verir. Bazıları, örneğin arılar, bizden biraz daha ilerisini görebilmelerine karşın, hiçbir hayvan morötesini fazla göremez. Ama öte yanda arılar da, bizim kırmızımızı göremezler; arılar için kırmızı, kızılötesidir. Tüm hayvanlar, "ışık"ın kısa uçta morötesi ile uzun uçta kızılötesi arasında dar bir elektromanyetik dalga boyu aralığı olduğunu kabul ediyorlar. Arılar, insanlar ve yılanlar, ışığın her bir ucuna çizdikleri çizgiler bakımından yalnızca birazcık birbirlerinden farklıdırlar.

Bir retinada ışığa duyarlı farklı hücrelerin her birinin, daha da dar bir görüş alanı vardır. Bazı koni hücreler tayfın kırmızı ucuna biraz daha fazla duyarlıdırlar, bazıları ise mavi ucuna. Koni hücreler arasındaki karşılaştırma renk görmeyi olanaklı kılar ve renk görme kalitesi, büyük ölçüde, karşılaştırılacak ne kadar çok koni hücre sınıfı olduğuna bağlıdır. Dikromatik hayvanların, birbirine karışmış yalnızca iki koni hücre ana kitlesi vardır. Trikromatiklerin üç, tetrakromatiklerin dört. Her koni hücrenin, tayfın bir yerinde doruğa çıkan ve doruğun her iki tarafında kaybolan (özellikle simetrik değil) bir duyarlılık grafiği vardır. Duyarlılık grafiğinin ötesinde hücrenin kör olduğu söylenebilir.

Diyelim, bir koni hücrenin duyarlılığı tayfın yeşil kısmında doruğa çıkar. Bu, eğer o hücre beyne doğru impuls ateşlerse, çimen ya da bilardo masası gibi yeşil bir nesneye baktığı anlamına mı gelir? Kesinlikle hayır. Hücrenin (sözün gelişi) verili bir yeşil ışık miktarıyla aynı ateşleme oranına ulaşmak için daha fazla kırmızı ışığa ihtiyaç duyduğu anlamına gelir. Böyle bir hücre, parlak kırmızı ışığa ya da soluk yeşil ışığa da aynı

davranırdı.* Sinir sistemi, farklı renklerden yana olan (en az) iki hücrenin eşzamanlı ateşleme oranlarını *karşılaştırarak* bir nesnenin rengini söyleyebilir. Her biri diğeri için bir "kontrol" görevi görür. Her biri farklı duyarlılık grafiğine sahip üç hücrenin ateşleme oranını karşılaştırarak bir nesnenin rengi konusunda daha iyi bir fikir edinebilirsiniz.

Renkli televizyon ve bilgisayar ekranları da, kuşkusuz bizim trikromatik gözlerimize uygun tasarlandıkları için, üç-renk sistemiyle çalışırlar. Normal bir bilgisayar monitöründe, her "piksel", gözün çözmesi için birbirine çok yakın konulan üç noktadan ibarettir. Her nokta her zaman aynı renge bürünür –bir ekrana yeterince büyütüp bakarsanız, işi diğer kombinasyonlar yapmasına karşın, her zaman sadece aynı üç rengi, genellikle de kırmızı, yeşil ve maviyi görürsünüz. Canlı tonlara, ince gölgelere –ve istediğiniz renk türüne– bu üç temel rengin ışıldama yoğunlukları manipüle edilerek ulaşılabilir. Örneğin tetrakromatik kaplumbağalar, televizyonlarımızdaki ve sinema perdelerimizdeki resimlerin (onlara göre) gerçek dışılığına şaşırabilirler.

Beyinlerimiz yalnızca üç tür koni hücreden gelen ateşleme oranlarını karşılaştırarak, bir sürü renk algılayabilirler. Ama söylendiği gibi, pek çok eteneli memeli trikromatik değil, dikromatiktir; retinalarında yalnızca iki koni hücre ana kitlesi vardır. Bir koni hücre sınıfı morda (ya da bazı durumlarda morötesinde), diğeri yeşil ile kırmızı arasında bir yerde doruğa çıkar. Biz trikromatiklerde kısa dalga boylu koni hücreler, mor ile mavi arasında doruğa çıkarlar ve bunlara normal olarak mavi koni hücreler denilir. Diğer iki koni hücre sınıfına yeşil koni hücreler ve kırmızı koni hücreler denilebilir. Kafa karıştıracak bir biçimde, "kırmızı" koni hücreler bile, aslında sarımsı olan bir dalga boyunda doruğa çıkarlar. Ama bir bütün olarak duyarlılık eğrileri, tayfın kırmızı ucuna kadar uzanır. Sarıda doruğa çıksalar da, kırmızı ışığa tepki olarak güçlü bir biçimde ateşleme gerçekleştirirler. Yani, "kırmızı" bir koni hücrenin ateşleme oranından "yeşil" bir koni hücrenin ateşleme oranını çıkarırsanız, kırmızı ışığa baktığınızda özellikle yüksek bir sonuç alırsınız. Bundan sonra doruk duyarlılıklarını (mor, yeşil ve sarı) unutup, üç koni hücre sınıfına mavi, yeşil ve kırmızı diyeceğim. Koni hücrelere ek olarak, sopacıklar vardır; şekilleri koni hücrelerden farklı, özellikle gece görmekte yararlı olan ve renk algısında kullanılmayan

*Bu karışık bir olasılık doğurur. Düşünün ki, bir nörobiyolog sözün gelişi yeşil bir koni hücreye küçük bir mil sokar ve elektrikle uyarır. Yeşil hücre "ışık" bildiriminde bulunurken, diğer hücreler sessiz kalır. Beyin, gerçek ışıkla ulaşılamayan "süper yeşil" bir renk mi "görür"? Ne kadar katışıksız olursa olsun, gerçek ışık her zaman üç koni hücre sınıfını farklı ölçülerde uyarır.

yüksek-duyarlı hücreler. Öykümüzde fazla rol oynamazlar.

Renk görmenin kimyası ve genetiği oldukça iyi biliniyor. Öyküdeki baş moleküler oyuncular opsinlerdir. Opsinler, koni hücrelerde (ve sopacıklarda) görme pigmenti işlevi gören protein molekülleridir. Her opsin molekülü, tek bir retinal moleküle (A vitamininden çıkan bir kimyasal) bağlanarak ve onu kaplayarak etkili olur.* Retinal molekül önceden zorla bükülerek opsine uygun hale getirilir. Uygun bir rengin tek bir ışık fotonu değince, büklüm düzelir. Bu, beyne "Benim ışık türüm *burada*," diyen bir sinir impulsu ateşlemesi için hücreye verilen işarettir. Sonra opsin molekül, hücredeki bir ambardan başka bir bükülmüş retinal molekülle yeniden dolar.

Tüm opsin moleküllerin aynı olmaması, önemli bir noktadır. Opsinler, tüm proteinler gibi, genlerin etkisiyle oluşurlar. DNA farklılıkları, farklı dalga boyunda ışıklara duyarlı opsinler üretir ve sözünü ettiğimiz iki-renkli ya da üç-renkli sistemlerin genetik temeli budur. Elbette, tüm hücrelerde tüm genler bulunduğu için, kırmızı bir koni hücre ile mavi bir koni hüre arasındaki farkı yaratan şey, sahip oldukları genler değil, uyardıkları genlerdir. Herhangi bir koni hücrenin *yalnızca* bir gen sınıfını uyardığını söyleyen bir tür kural vardır.

Yeşil ve kırmızı opsinlerimizi yapan genler birbirlerine çok benzerler ve X-kromozomu (dişilerin iki, erkeklerin yalnızca bir kopyasına sahip olduğu cinsiyet kromozomu) üzerindedirler. Mavi opsini yapan gen biraz farklıdır ve bir cinsiyet kromozomu üzerinde değil, cinsiyet kromozomu olmayan ve otozom denilen (bizdeki kromozom 7) bir kromozomun üzerindedir. Yeşil ve kırmızı hücrelerimiz açıkça yakın zamandaki bir gen çoğalması olayından kaynaklanmışlardır ve çok uzun süre önce başka bir gen çoğalması olayında mavi opsinden ayrılmış olmalılar. Bir bireyin dikromatik ya da trikromatik görmeye sahip olup olmaması, genomunda ne kadar farklı opsin gene sahip olduğuna bağlıdır. Sözün gelişi maviye ve yeşile duyarlı opsinleri var, kırmızı-duyarlı opsini yoksa, dikromatik olur.

Genel olarak renk görmenin arka planı budur. Şimdi, uluyanmaymunun özel durumuna ve nasıl trikromatik olduğuna gelmeden önce, geriye kalan Yeni Dünya maymunlarının tuhaf dikromatik sistemini bilmemiz gerekir (bu arada bazı lemurların da trikromatik görme sistemi vardır, ama tüm Yeni Dünya maymunlarının yoktur –örneğin, gececi

*Havuç, A vitaminini oluşturan beta-karoten bakımından zengindir; havucun görmeyi güçlendirdiği söylentisinin –söylentiler doğru olabilir– nedeni budur.

baykuşmaymunlarının monokromatik (tek-renk) görme yetenekleri vardır). Bu tartışmanın amaçları bakımından, "Yeni Dünya maymunu" ifadesi uluyanmaymunları ve diğer istisna türleri geçici olarak dışlıyor. Uluyanmaymunlara daha sonra geleceğiz.

Önce, ister erkek olsun ister dişi, tüm bireylerde bulunan mavi geni, bir otozom üzerindeki değişmeyen demirbaş olarak bir tarafa bırakalım. X-kromozomu üzerindeki kırmızı ve yeşil genler daha fazla karışıktırlar ve bizi daha fazla meşgul edecekler. Her X-kromozomunun, kırmızı ya da yeşil bir alelin oturabileceği yalnızca bir lokusu vardır.* Bir dişinin iki X-kromozomu olduğu için, bir kırmızı ya da yeşil gen için iki olanağı vardır. Ama yalnızca bir X-kromozomu olan bir erkeğin, *ya* kırmızı *ya* yeşil bir geni vardır, *ikisine birden* sahip değildir. Bu yüzden tipik bir erkek Yeni Dünya maymunu, dikromatik olmak zorundadır. Yalnızca iki tür geni vardır: Mavi artı kırmızı *ya da* mavi artı yeşil. Standartlarımıza göre tüm erkekler renkkörüdür, ama iki farklı biçimde renkkörüdürler; bir ana kitle içinde bazı erkekler yeşil opsinlerden, bazıları kırmızı opsinlerden yoksundur. Hepsinin mavi opsini vardır.

Dişiler potansiyel olarak daha şanslıdırlar. İki kromozomlu oldukları için, bir kromozomun üzerinde kırmızı bir gene, diğerinin üzerinde yeşil bir gene (söylemeye gerek yok, artı mavi gene) sahip olacak kadar şanslı olabilirler. Böyle bir dişi trikromatik olur.** Ama talihsiz bir dişi iki kırmızı ya da iki yeşil genli, dolayısıyla da dikromatik olabilir. Standartlarımıza göre bu tür dişiler renkkörüdür ve tıpkı erkekler gibi iki bakımdan.

Bu yüzden, tamarinler ya da sincapmaymunları gibi bir Yeni Dünya maymunları kitlesi, tuhaf bir biçimde karışık bir kitledir. Tüm erkekler ve bazı dişiler dikromatiktir; standartlarımıza göre renkkörüdürler, ama iki farklı biçimde. Erkekler değil, bazı dişiler trikromatiktir, muhtemelen bizimkine benzer bir gerçek renk görme yetisine sahiptirler. Kamuflajlı kutularda yiyecek arayan tamarinlerle yapılan deneyler, trikromatik bireylerin dikromatiklerden daha başarılı olduklarını gösterdi. Belki, yiyecek arayan Yeni Dünya maymunu sürüleri, pek çoğunun gözden kaçıracağı yiyecekleri bulmada şanslı trikromatik dişilerine güveniyor-

* Aslında kırmızı ve yeşil, bu lokustaki bir dizi olasılıktan yalnızca ikisidir; ama işler yeterince karışık, bir de bunu karıştırmaya gerek yok. Bu hikâyenin amaçları bakımından, sağlam bir biçimde "kırmızı" ve "yeşil" olacaklar.

** Bir koni hücrede yalnızca kırmızı ya da yeşil opsin genin -ikisinin birden değil- uyarılmasını sağlamaya gelince, bu dişilerde kolay olur. Herhangi bir hücredeki bir X-kromozomunun tümünü kapatma mekanizmaları zaten vardır. Hücrelerin rasgele yarısı iki X-kromozomundan birini aktif olmaktan çıkarır, diğer yarısı da diğerini. Bu önemlidir, çünkü bir X-kromozomundaki tüm genler, yalnızca biri aktifse çalışacak şekilde kurulmuştur –zorunludur, çünkü erkeklerin yalnızca bir X-kromozomu vardır.

lardı. Diğer yanda, dikromatiklerin, ya tek başlarına ya da başka tür dikromatiklerle anlaşma halinde, tuhaf avantajları olabilir. İkinci Dünya Savaşı'nda, belli kamuflaj tiplerini başka durumlarda daha şanslı olan trikromatik arkadaşlarından daha iyi fark edebilen renkkörlerinin bilinçli olarak seçilip askere alındığına ilişkin anekdotlar vardır. Deneysel kanıtlar, insan dikromatiklerin, trikromatikleri kandıran belli kamuflaj biçimlerini fark edebildiklerini doğruluyor. Trikromatiklerden ve iki tür dikromatiklerden oluşan bir maymun sürüsünün, katışıksız trikromatik bir sürüden daha fazla çeşitlilikte meyve bulması olanaklı mı? Bu zorlama gibi görünebilir, ama aptalca değil.

Yeni Dünya maymunlarındaki kırmızı ve yeşil opsin genler, bir "çok-biçimlilik" örneği oluşturur. Çok-biçimlilik, bir ana kitle içinde bir genin iki ya da daha fazla alternatif versiyonunun eşzamanlı varoluşudur; buradaki versiyonlardan hiçbiri, bir yakın mutantı olacak kadar ender değildir. Bunun gibi görünür çok-biçimliliklerin nedensiz olmaması, yerleşik bir evrimsel genetik ilkesidir. Çok özel bir şey olmadıkça, kırmızı genli maymunlar yeşil genli maymunlardan ya çok daha iyi ya da çok daha kötü durumda olurlar. Hangi durumda olacaklarını bilmiyoruz, ama tamı tamına eşit ölçüde iyi olma olasılıkları çok düşüktür. Daha kötü durumda olanın soyu tükenmelidir.

O nedenle bir ana kitle içinde istikrarlı bir çok-biçimlilik, özel bir şeyin olduğunu gösterir. Ne tür bir şey? Genel olarak çok-biçimlilik için iki ana öneride bulunulmuştur ve her ikisi de bu duruma uygulanabilir: sıklığa bağlı seçilim ve heterozigot avantaj. Sıklığa-bağlı seçilim, ender tip, basitçe ender olduğu için avantajlı olduğunda gerçekleşir. Bu yüzden, "aşağı" olduğunu düşündüğümüz tip yok olmaya başlayınca, aşağı olmaktan çıkar ve kendini toparlar. Bu nasıl olabilir? Diyelim ki, "kırmızı" maymunlar özellikle kırmızı meyveleri görmede iyiyken, "yeşil" maymunlar da özellikle yeşil meyveleri görmede iyidirler. Kırmızı maymunların ağırlıkta olduğu bir maymun kitlesinde, kırmızı meyvelerin çok büyük çoğunluğu zaten alınmıştır ve yeşil meyveleri görmekte tek başına olan bir yeşil maymun, avantajlı durumda olur –ve tersi. Bu durum özellikle akla uygun olmasa da, bir ana kitle içinde her iki tipin, biri yok olmadan varlığını sürdürmesini olanaklı kılan özel koşullara ilişkin bir örnektir.

Heterozigot avantaja dönersek, klasik örnek –neredeyse klişe– insanlardaki orak-hücre anemisidir. Oraklaşan gen kötüdür; çünkü genin iki kopyasına (homozigotlara) sahip bireylerin, orağa benzeyen hasarlı kan

kürecikleri vardır ve güçten düşürücü anemiye yakalanırlar. Ama yalnızca bir kopyasına (heterozigotlar) sahip olan bireylerin, sıtmaya karşı korunaklı olmaları anlamında da iyidir. Sıtmanın bir sorun olduğu alanlarda, iyi kötüye ağır basar ve oraklaşan gen, homozigot olacak kadar şanssız bireyler üzerindeki olumsuz etkilerine karşın, kitleye yayılma eğilimindedir.* Esas olarak Yeni Dünya maymunlarındaki çok-biçimli renk görme sistemini açığa çıkarmaya yönelik araştırmalar yapan Profesör John Mollon ve çalışma arkadaşları, trikromatik dişilerin sahip olduğu heterozigot avantajın, kırmızı ve yeşil genlerin bir arada yaşamalarını kolaylaştırmaya yettiğini öne sürüyorlar. Ama uluyanmaymun bunu daha iyi yapıyor ve bu da bizi hikâyeyi anlatana götürüyor.

Uluyanmaymunlar, ikisini tek bir kromozomda birleştirerek, çok-biçimliliğin her iki tarafının erdemlerinden yararlanmayı becermişler. Bunu şanslı bir translokasyonla yapmışlar. Translokasyon, özel bir mutasyon türüdür. Bir kromozom topağı yanlışlıkla farklı bir kromozoma ya da aynı kromozomda farklı bir yere yapışır. Öyle görünüyor ki, uluyanmaymunların şanslı bir atasının, sonunda tek bir X-kromozomu üzerinde birbirine kapı komşu bir kırmızı gen ile bir yeşil gene sahip olan şanslı bir mutant atanın başına bu gelmiş. Bu maymun, erkek bile olsa, gerçek bir trikromatik olmaya doğru evrilme yolundaydı. Mutant X-kromozom, tüm uluyanmaymunlar o kromozoma sahip olana kadar topluluğa yayıldı.

Uluyanmaymunların bu evrim hilesini gerçekleştirmeleri kolaydı; çünkü üç opsin gen, Yeni Dünya maymunlarında zaten dolaşıp duruyordu: Birkaç şanslı dişi istisna dışında, her bireysel maymunun yalnızca iki opsin geni vardı. Biz insaymunlar ve Eski Dünya maymunları bağımsız olarak aynı şeyi yaptığımızda, farklı bir biçimde yaptık. Kaynağımız olan dikromatikler yalnızca bir bakımdan dikromatiktiler: Alınacak bir çok-biçimlilik yoktu. Kanıtlar, atalarımızda X-kromozomu üzerindeki opsin gen çoğalmasının, gerçek bir çoğalma olduğunu gösteriyor. Özgün mutant kendisini, özdeş bir genin art arda iki kopyasıyla, sözün gelişi kromozom üzerinde birbirine kapı komşu iki genle baş başa buldu ve bu nedenle, ata uluyanmaymun mutant gibi olmaya yakın bir trikromatik değildi. Bir mavi, iki yeşil genli bir dikromatikti. Eski Dünya maymunları daha sonraki evrim sürecinde, doğal seçilim iki X opsin

* Bu durum, artık sıtmalı bir ülkede yaşamayan, ama yaşayan ataların genlerini miras alan birçok Afrika kökenli Amerikalıyı kötü etkiliyor. Heterozigot koşulda koleradan koruyor gibi görünen sistik fibroz hastalığı geni, başka bir örnektir.

genin renk duyarlılığının sırayla yeşil ve kırmızıya ayrılmasından yana olunca, trikromatikleştiler.

Bir translokasyon olduğunda, yalnızca söz konusu genin yer değiştirdiği görülmez. Bazen yol arkadaşları da --onunla birlikte yeni kromozoma taşınan eski kromozomdaki komşuları– bize bir şeyler anlatabilir. Burada öyledir. *Alu* denilen gen, "yer değiştirebilir öğe" olarak ünlüdür: Hücrenin DNA kopyalama mekanizmasını bozarak, bir tür parazit gibi, genomun orasında burasında kendini kopyalayan kısa, virüse-benzer bir DNA parçacığı. Opsinin taşınmasından *Alu* mu sorumluydu? Öyle görünüyor. Ayrıntılara baktığımızda, "dumanı tüten silah"ı görürüz. Kopyalanan bölgenin her iki ucunda *Alu* genler vardır. Muhtemelen kopyalama, parazit üremenin amaçlanmayan bir yan ürünüydü. Eosen Devre'nin çoktan unutulmuş bir maymununda, opsin gene yakın bir genom paraziti üremeye çalıştı, kazayla amaçlanandan daha büyük bir DNA topağı kopyaladı ve bizi üç-renk görme yoluna soktu. Bu arada, geriye dönülüp bakıldığında bir genom paraziti bize bir iyilik yapmış gibi göründüğüne göre, genomların gelecekte de iyilik bekleme umuduyla parazit barındırdığı düşüncesine kapılmaktan sakının. Doğal seçilim öyle çalışmaz.

Alu'nun marifeti olsun ya da olmasın, bu tür yanlışlar hâlâ olabiliyor. İki X-kromozomunun, sarılmadan önce, sıra olurken, yanlış dizilmeleri olanaklıdır. Bir kromozom üzerindeki kırmızı genin diğer kromozomda ona karşılık gelen kırmızıyla dizilmesi yerine, genlerin benzerliği dizilme sürecini karıştırabilir; böylece bir kırmızı bir yeşille dizilir. Sonra sarılma gerçekleşirse, "eşitsiz" olur: Bir kromozom kendisini fazladan bir yeşille (sözün gelişi) baş başa bulurken, diğer X-kromozomunun hiç yeşili olmayabilir. Sarılma olmasa bile, "gen çevirtimi" denilen bir işlem gerçekleşebilir; bir kromozomun kısa dizilişi, diğerinde denk dizilişe çevrilir. Yanlış dizilen kromozomlarla, kırmızı genin bir parçasının yerini yeşil genin eşdeğer parçası alabilir ya da tersi. Hem eşitsiz sarılma, hem yanlış hizalı çevirtim kırmızı-yeşil renkkörlüğüne yol açabilir.

Erkekler, kusurlu bir X-kromozomunu miras aldıklarında, onun yedeği işlevini görecek başka bir X-kromozomları olmadığı için, kadınlardan daha sık kırmızı-yeşil renkkörü olurlar (hastalık büyük değil, ama yine de bir rahatsızlıktır ve büyük olasılıkla, bizlerin yaşadığı estetik deneyimlerden yoksundurlar). Kanı ve çimeni bizim gibi görüp görmediklerini, ya da tamamen farklı bir biçimde görüp görmediklerini kimse bilmiyor. Aslında bu, kişiden kişiye değişebilir. Bildiğimiz tek şey,

kırmızı-yeşil renkkörü olanların, çimene-benzer şeyleri, kana-benzer şeylerle aynı renkte sanmalarıdır. İnsanlarda dikromatik renkkörlüğü erkeklerin yaklaşık yüzde ikisini etkilemektedir. Bu arada başka tür kırmızı-yeşil renkkörlüklerinin daha yaygın olması gerçeğine (erkeklerin yaklaşık yüzde sekizini etkiler) şaşırmayın. Bu bireylere, aykırı trikromatikler denilir: Genetik olarak trikromatiktirler, ama üç tür opsinden biri çalışmaz.*

Eşitsiz sarılma işleri her zaman kötüleştirmez. Bazı X-kromozomları sonunda ikiden fazla opsin genle baş başa kalırlar. Öyle görünüyor ki, fazla genler neredeyse her zaman kırmızıdan çok yeşildir. Rekor sayı, peş peşe sıralanmış fazladan on iki yeşil gendir. Ama fazladan yeşil geni olan bireylerin daha iyi görebildiklerine dair hiçbir kanıt yoktur. Yine de, X-kromozomunun bu tarafındaki yüksek mutasyon oranı, popülasyondaki tüm "yeşil" genlerin birbirlerinin tıpatıp aynısı olmadıkları anlamına gelir. Bu yüzden bir dişinin, iki X-kromozomuyla, trikromatik değil, tetrakromatik (hatta kırmızı genleri de farklıysa, pentakromatik) görme yeteneği olması kuramsal olarak olanaklıdır. Birinin bunu test edip etmediğini bilmiyorum.

Endişe verici bir düşüncenin kafanıza takılmış olması olasıdır. Sanki mutasyonla yeni bir opsin kazanma otomatik olarak daha güçlü renk görmeye neden oluyormuş gibi konuştum. Elbette, koni hücrelerin renk duyarlılıkları arasındaki farkların, beyin, hangi tür koni hücrenin kendisine mesaj gönderdiğini bilme araçlarına sahip olmadıkça, hiçbir önemi yoktur. Genetik donanımla başarılsaydı –falan beyin hücresi kırmızı bir koni hücreye, filan sinir hücresi yeşil bir koni hücreye bağlansaydı– sistem çalışırdı, ama retinadaki mutasyonlarla başa çıkamazdı. Nasıl çıksın? Beyin hücreleri, farklı bir renge duyarlı yeni bir opsinin aniden ortaya çıktığını ve retinadaki büyük koni hücre popülasyonu içinde belirli bir koni hücre kümesinin yeni opsin yapması için geni uyardığını nereden "bilsin"?

Öyle görünüyor ki, akla uygun tek yanıt beynin öğreniyor olmasıdır. Belki de, retinadaki koni hücre topluluklarından gelen ateşleme oranlarını karşılaştırır ve bir alt-topluluğun domates ve çilek görülünce, başka bir alt-topluluğun gökyüzüne bakılınca ve başka birinin de çimen-

* *Mendel's Demon*'da Mark Ridley, yüzde sekiz rakamının Avrupalılar ve iyi tıp geçmişi olan diğerleri için geçerli olduğuna işaret eder. Doğal seçilimin keskin ucuna daha yakın olan avcı-toplayıcılar ve diğer "geleneksel" toplumlar, daha düşük bir oran sergilerler. Ridley, doğal seçilimin gevşemesinin renkkörlüğünün artmasına olanak verdiğini öne sürer. *The Island of the Colour-Blind*'da Oliver Sacks, renkkörlüğü konusunu bir bütün olarak ele alır.

lere bakılınca güçlü ateşleme yaptığını "fark eder". Bu, "oyuncak" bir spekülasyondur; ama sanıyorum, sinir sisteminin retinada genetik bir değişime hızla uyum sağlamasını buna benzer bir şey olanaklı kılıyor. Bu konuyu tartıştığım meslektaşım Colin Blakemore, bu sorunu, merkezi sinir sisteminin çeperdeki bir değişime uyum sağlamak zorunda kaldığı her seferinde ortaya çıkan benzer sorunlar ailesinin bir üyesi olarak görür.*

Uluyanmaymun'un Hikâyesi'nin son dersi, gen çoğalmasının önemidir. Kırmızı ve yeşil opsin genlerin, X-kromozomunun farklı bir parçasına kendini kopyalayan tek bir ata genden türedikleri açıktır. Daha eski zamanda, benzer bir çoğalmanın mavi otozom geni, kırmızı/yeşil X-kromozomlu gen haline gelecek şeyden ayırdığından emin olabiliriz.** Tamamen farklı kromozomlar üzerindeki genlerin aynı "gen ailesi"ne ait olmaları yaygındır. Gen aileleri eski DNA çoğalmalarıyla ve bu çoğalmaları izleyen işlev ayrışmalarıyla doğmuştur. Çeşitli araştırmalar, tipik bir insan geninin, milyon yılda ortalama yüzde 0,1 ila yüzde 1 çoğalma olasılığı olduğunu bulgulamıştır. DNA çoğalması azar azar olabilir, ya da Alu gibi yeni bir dinç DNA paraziti genoma yayılınca ya da bir genom toptan çoğalıp ikiye katlanınca, ani patlamalar şeklinde de olabilir. (Bütün-genom çoğalması bitkilerde yaygındır ve omurgalıların oluşumu sırasında, atalarımızda en az iki kez gerçekleştiği kabul edilir.) Nasıl ya da ne zaman gerçekleştiğinden bağımsız olarak, rastlantısal DNA çoğalması, yeni genlerin başlıca kaynaklarından biridir. Evrimsel zaman içinde, yalnızca genomların içindeki genler değişmez. Genomlar da değişir.

*Böyle bir öğrenmenin, retinanın yüzeyine küçük renkli yağ damlacıkları koyarak renk duyarlılıklarını arttıran kuşlar ve sürüngenler tarafından kullanıldığını sanıyorum.

**Ya da morötesi ya da o günlerde neydiyse. Belki de, bu üç opsin sınıfının tam renk duyarlılıkları evrim sürecinde değişmiştir.

Randevu 7
CADI MAKİLER

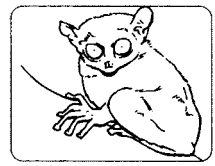
Biz insansı hacılar Randevu 7'ye 58 milyon yıl önce, Paleosen Devre'nin sık ve değişik ormanlarında ulaştık. Burada küçük bir evrimsel kuzenler topluluğunu, cadı makileri selamlıyoruz. İnsansılarla cadı makileri birleştiren klad için bir ada ihtiyacımız var ve basit-burunlular (haplorhine'ler) diyoruz. Basit-burunlular muhtemelen altı milyonuncu büyük-büyük ebeveynimiz olan Ortak Ata 7 ile onun tüm torunlarından, cadı makiler, "maymunlar" ve insaymunlardan oluşur.

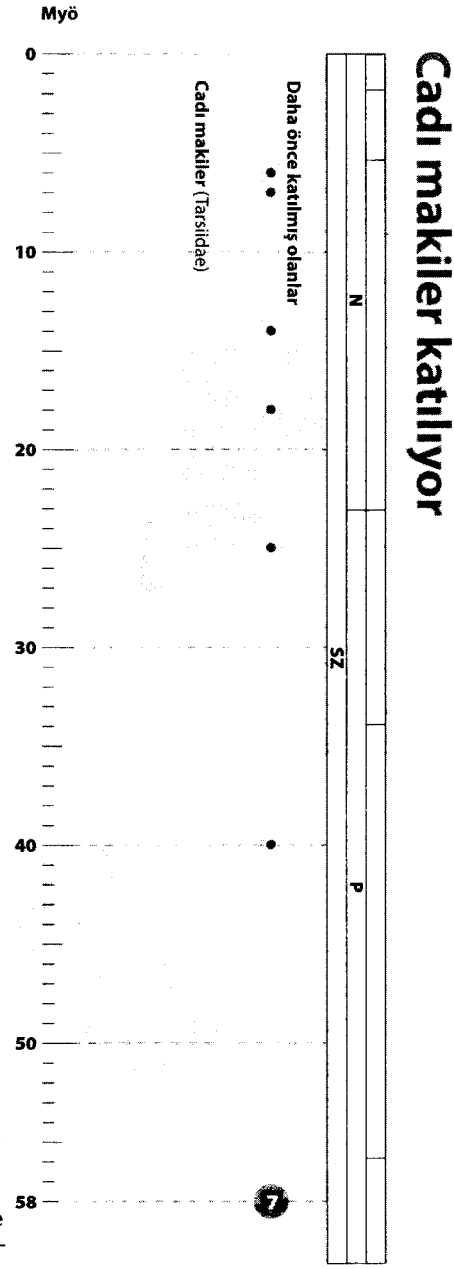
Bir cadı makisinde dikkati çeken ilk şey, gözleridir. Kafatasına bakıldığında, neredeyse tek bir şey dikkat çeker: "Bacaklar üzerinde bir çift göz", bir cadı makisini oldukça iyi özetler. Her bir gözü, beyni kadar büyüktür ve gözbebekleri de çok geniştir. Kafa, önden bakıldığında, devasa olmasa da oldukça büyük bir gözlük takmış gibi görünür. Büyük olmaları, gözlerin gözyuvalarında dönmesini zorlaştırır; ama cadı makiler işin üstesinden bazı baykuşlar gibi gelirler. Son derece esnek bir boyun üzerindeki kafa bütün olarak neredeyse 360 derece dönebilir. Gözlerinin büyük olmasının nedeni, baykuşların ve gece maymunlarının gözlerinin büyük olma nedeniyle aynıdır -gececidirler. Ay ışığına, yıldız ışığına, seher ışığına bağlıdırlar ve olabildiğince çok fotonu süpürüp kapmaları gerekir.

Diğer gececi memelilerin bir tapetum lucidum'u –retinanın arkasında, fotonları geldikleri yöne geri çeviren ve böylece retina pigmentlerine fotonları yorumlamaları için ikinci bir şans veren yansıtıcı tabaka– vardır. Geceleri kedilerin ve diğer hayvanların yerini belli eden tapetumdur.* Bir el feneri yakın. Çevredeki tüm hayvanların dikkatini çeker; hepsi merakla doğrudan elinizdeki ışığa bakarlar. Işık demeti tapetumdan geri yansır. Bazen tek bir el feneri ışığıyla düzinelerce gözün yerini saptayabilirsiniz. Elektrik ışığı huzmeleri, hayvanların evrildiği ortamın bir özelliği olsaydı, bir tapetum lucidum geliştirmeyebilirlerdi.

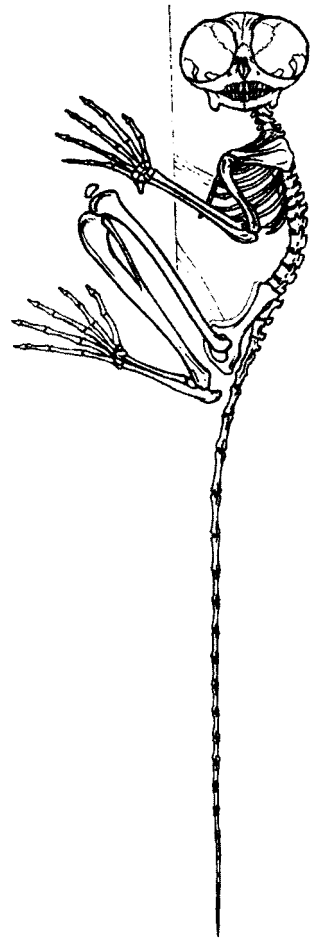
Şaşırtıcı bir biçimde, cadı makilerin tapetum lucidum'u yoktur. Atalarının, diğer primatlarla birlikte, gündüzcü bir evreden geçtikleri ve tapetumu kaybettikleri öne sürülmektedir. Cadı makilerin pek çok Yeni Dünya maymunuyla aynı tuhaf renk görme sistemine sahip olmaları, bu

Pek çok gececi kuşun da yansıtıcı gözleri vardır; ama Avustralasya'nın kukumavları (Aegothelidae) ile dünyadaki tek gececi martı olan kırlangıç-kuyruklu Galapagos martısının (*Creagrus furcatus*) yoktur.





8. Cadı makiler katılıyor. Son morfolojik ve moleküler araştırmalar beş cadı maki türünü, daha önce düşünüldüğü gibi lemurların değil, insaymunların ve maymunların kardeş grubu olarak gösteriyor.
Çizgi resim: Filipin cadı makisi (*Tarsius syrichta*).



öneriyi desteklemektir. Dinozorlar zamanında gececi olan birçok memeli grubu, dinozorların ölümüyle gündüzler güvenli olunca gündüzcü oldular. Tahmine göre, cadı makiler sonunda geceye geri döndüler, ama bir nedenle tapetumu yeniden geliştirme yolu kapandı. Bu yüzden de, aynı sonuca, olabildiğince çok foton kapma sonucuna gözlerini çok büyüterek ulaştılar.*

Ortak Ata 7'nin diğer torunlarının da, "maymunlar" ve insaymunların da tapetumları yoktur; Güney Amerikalı baykuşmaymunu hariç, hepsinin gündüzcü olduğu göz önüne alınırsa, bunda şaşılacak bir şey yok. Cadı makiler gibi baykuşmaymunları da, cadı makiler kadar olmasa da, kafaya oranla çok büyük gözler geliştirerek bu durumu telafi etmişler. Ortak Ata 7'nin de tapetumdan yoksun olduğunu ve büyük olasılıkla gündüzcü olduğunu tahmin edebiliriz. Başka ne denilebilir?

Gündüzcü olmanın dışında, cadı makiye benzemiş olabilir. Bunun söylemenin nedeni, aşağı yukarı aynı zamana tarihlenen ve omomyidler denilen akla yatkın bazı fosillerin olmasıdır. Ortak Ata 7, omomyide benzer bir şey olmuş olabilir ve omomyidler cadı makilere oldukça benziyorlardı. Gözleri modern cadı makilerinki kadar büyük değildi, ama gececi olduklarını gösterecek kadar büyüktü. Belki de Ortak Ata 7, bir omomyidin ağaçlarda yaşayan gündüzcü bir versiyonuydu. İki torun soyundan biri aydınlıkta kaldı ve gelişip insansı maymunlara ve insaymunlara dönüştü. Diğeri karanlığa geri dönüp, modern cadı makiler haline geldi.

*Bu kurama göre, cadı makiler tapetumu yeniden geliştirmeyi başarmış olsalardı, böylesine büyük gözlere ihtiyaçları olmazdı ve bu iyi bir şey olurdu. Tüm hayvan krallığındaki en büyük gözler, dev mürekkepbalığının çapı neredeyse 30 santimetreye ulaşan gözleridir. Onlar da düşük ışık düzeyleriyle başa çıkmak zorundadırlar; ama gececi oldukları için değil, yaşadıkları okyanusun derinliklerine çok az ışık sızdığı için.

Cadı makiler hakkında, gözler dışında ne söylenebilir? Çekirgelerinkine ve kurbağalarınkine benzer uzun bacaklarıyla, usta atlayıcılardır. Bir cadı maki yatay olarak 3 metreden fazla, dikey olarak da 1,5 metre sıçrayabilir. Cadı makilere kürklü kurbağa da denilmektedir. Alt bacağın iki kemiğini, tibia [kaval kemiği] ile fibula [baldır kemiği] birleştirip tek bir güçlü kemik –tibiofibula– haline getirmeleri bakımından da kurbağalara benzemeleri herhalde tesadüf değildir. Tüm insansıların pençe tırnak yerine, normal tırnakları vardır; cadı makilerin de, ama ikinci ve üçüncü ayak parmaklardaki "tımar pençeleri" hariç.

Randevu 7'nin nerede gerçekleştiğini herhangi bir kesinlikte tahmin edemeyiz. Ama Kuzey Amerika'nın o zamana ait omomyid fosiller bakımından zengin olduğunu ve o günlerde, şimdi Grönland olarak bilinen yer üzerinden Avrasya'ya bitişik olduğunu belirtebiliriz.

Randevu 8
LEMURLAR, ÇALIBEBEKLERİ VE AKRABALARI

Atlayıcı küçük cadı makileri hac kafilemize kattıktan sonra, geleneksel olarak yarı-maymunlar (prosimian) denilen diğer primatların, lemurların, pottoların, çalıbebeklerinin velorislerin bize katılacağı Randevu 8'e doğru yol alıyoruz. Cadı maki olmayan bu "yarı-maymunlar"a bir ad vermemiz gerekir. "Kıvrık-burunlular" (strepsirhines), gelenekselleşmiş addır. Biraz kafa karıştırıcı bir addır. Burun deliklerinin, bir köpeğinki gibi şekillendiği anlamına gelir. Biz de dahil, diğer primatlar basit-burunludurlar (burun deliklerimiz basit birer deliktir).

Randevu 8'de, biz basit-burunlu hacılar, büyük çoğunluğunu lemurların oluşturduğu kıvrık-burunlu kuzenlerimizi selamlıyoruz. Bu nokta için çeşitli tarihler öne sürülmektedir. Ben 63 milyon önce olarak kabul ettim; bu genelde kabul edilen tarihtir ve Kretase Dönem'e geri gidişimizden hemen "önce"dir. Bununla birlikte, birkaç araştırmacının bu randevuyu daha da geri zamanda, bizzat Kretase Dönemde hayal ettiğini de akılda tutun. 63 milyon yıl önce, dünyanın bitki örtüsü ve iklimi, Kretase Dönem –ve dinozorlar– son bulunca (bkz. "Büyük Kretase Felaketi") şiddetli kargaşadan kurtulmuştu. Dünya büyük ölçüde nemli ve ormanla kaplıydı; en azından kuzey kıtalar, yaprak döken kozalaklı ağaçların görece sınırlı bir karışımıyla ve saçılan çiçekli bitki türleriyle kaplıydı.

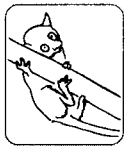
Muhtemelen bir ağacın dallarında, meyve ya da belki bir böcek arayan Ortak Ata 8'le karşılaşırız. Varlığını sürdüren tüm primatların bu en yakın ortak atası, yaklaşık olarak yedi milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimizdir. Ortak Ata 8'in benzerini yeniden inşa etmemize yardım edebilecek fosiller, plesiadapiform denilen büyük grubu kapsar. Aşağı yukarı aynı zamanda yaşadılar ve tüm primatların büyük atasından bekleyeceğiniz niteliklerin çoğuna sahiptirler. Ama tüm niteliklerini

Lemurlar ve akrabaları katılıyor. Yaşayan primatlar, lemurlar ve akrabaları ile geri kalanlar olarak ayrılabilir. Bu ayrılığın zamanı tartışılıyor –bazı uzmanlar, 20 milyon yıl daha önce diyor; bu durumda Ortak Ata 9, 10 ve 11'in yaşı artar. Beş Madagaskarlı lemur familyası (30 kadar tür) ve loris familyası (18 tür), "kıvrık-burunlular" olarak bilinir. Bu kıvrık-burunlu filogenisinde lemurlar içindeki dallanma düzeni tartışmalıdır. **Çizgi resimler, soldan sağa:** cüce fare lemur (Microcebus myoxinus); kırmızı kuyruklu sporcu lemur (*Lepilemur ruficaudatus*); indri (*Indri indri*); beyaz alınlı kahverengi lemur (*Eulemur fulvus albifrons*); ay-ay (*Daubentonia madagascariensis*); ince loris (*Loris tardigradus*).

Lemurlar ve akrabaları katılıyor



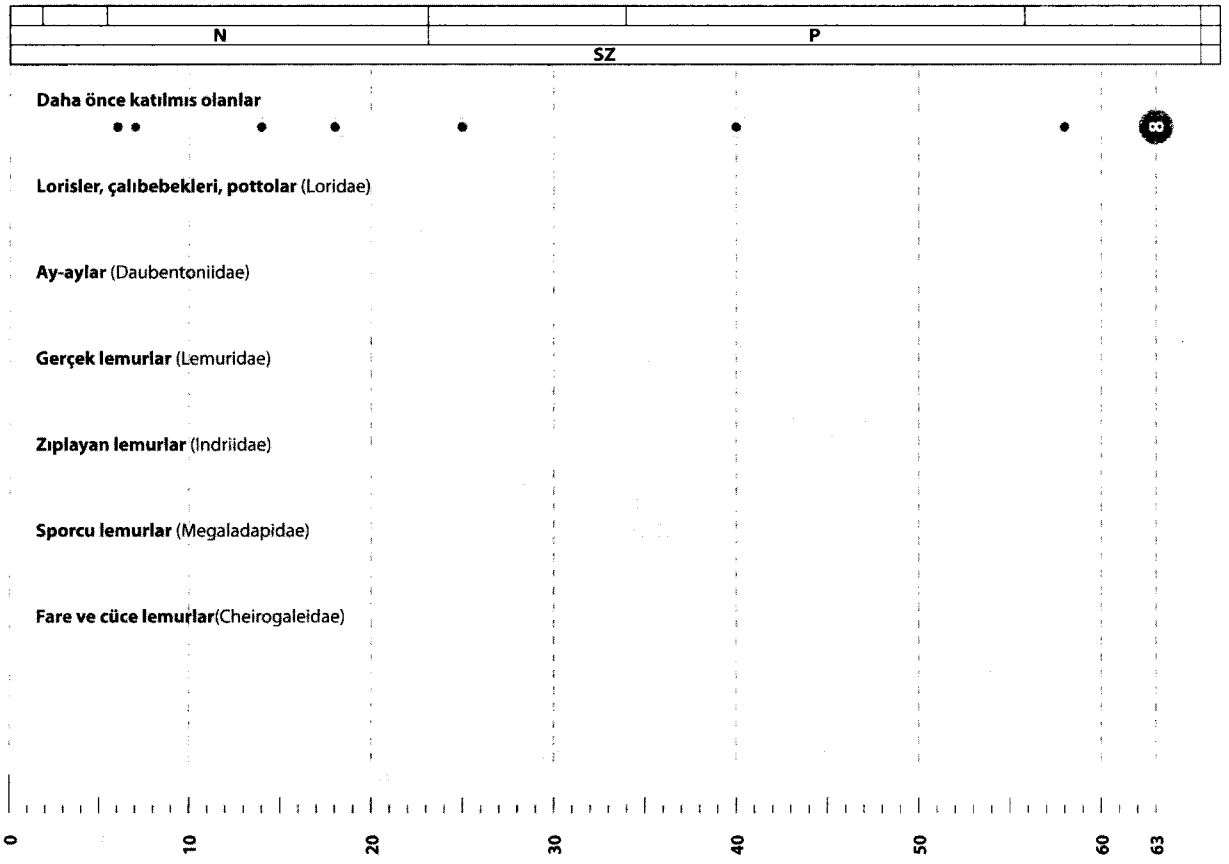












değil ve bu durum, primat ataya yakın sayılan konumlarını tartışma konusu yapıyor.

Yaşayan kıvrık-burunluların çoğunluğu, yalnızca Madagaskar'da yaşayan lemurlardır ve izleyen hikâyede onlara geleceğiz. Diğerleri iki ana gruba ayrılır, zıplayan çalıbebekleri ve emekleyen lorisler ve pottolar. Nyasaland'da (şimdi Malawi) üç yaşında bir çocukken, evcil bir çalıbebeğimiz vardı. Bir Afrikalının getirdiği Percy, büyük olasılıkla yetim bir çocuktu. Minicikti, bir viski bardağının kenarına tüneyecek kadar küçüktü; bardağa elini daldırıp, viskiyi keyifle içiyordu. Gündüzleri banyodaki bir kirişin altına kıvrılarak uyuyordu. Onun "sabah"ı (gece) olunca, ebeveynlerim zamanında yakalayamamışsa (son derece çevik ve müthiş bir zıplayıcı olduğu için, çoğu kez yakalayamazlardı), cibinliğimin tepesine çıkıp üzerime işerdi. Zıplarken, örneğin bir kişinin üzerine, yaygın çalıbebeği alışkanlığını, önce kendi ellerine işeme alışkanlığını sergilemezdi. "İdrarla yıkama"nın koku bırakmak için olduğunu söyleyen kurama göre, yetişkin olmadığı için böyle davranması anlaşılırdı. İdrarın kavramayı iyileştirdiğini söyleyen alternatif kurama göre ise, neden kendi ellerine işemediği fazla açık değil.

Percy'nin on yedi çalıbebeği türünden hangisine ait olduğunu asla öğrenemeyeceğim; ama çok büyük olasılıkla bir emekleyen değil, bir zıplayandı. Emekleyenler, Afrikalı pottolar ile Asyalı lorislerdir. Çok yavaş hareket ederler –özellikle de, bir dalın üzerinde avına yaklaşıncaya kadar büyük bir sessizlikle ilerleyen, sonra büyük bir hızla avın üzerine atılan bir hayalet avcı olan Uzak Asyalı "yavaş loris."

Çalıbebekleri ve pottolar, bana tropikal ormanın deniz gibi üç boyutlu bir dünya olduğunu hatırlatırlar. Yukarıdan bakıldığında ufka doğru uzanan yeşil dalgalar. Aşağıdaki koyu yeşil dünyaya dalın, denizde olduğu gibi farklı tabakalardan geçersiniz. Orman hayvanları, denizdeki balıklar gibi, yatay olduğu kadar yukarı ve aşağı doğru da kolayca hareket ederler. Tıpkı denizdeki gibi, her tür, geçimini belirli bir katmanda sağlama konusunda uzmandır. Batı Afrika ormanlarında gece vakti, böcek avlayan cüce çalıbebeklerinin ve meyve yiyen pottoların mekânı, orman tepeliğidir. Tepeliğin altında, birbirinden ayrı ağaç gövdeleri, iğne tırnaklı çalıbebeğinin alanıdır; adını aldığı iğne tırnaklar, bir ağaçtan diğerine atlarken gövdelere tutunmasını olanaklı kılar. Daha aşağıda, alt katta, altın potto ve yakın akraba angwantibo tırtıl avlar. Şafak vakti, gececi çalıbebekleri ve pottolar yerlerini gündüz avlanan maymunlara bırakırlar; onlar da ormanı benzer bir biçimde tabakalar halinde

parsellerler. Aynı tabakalaşma Güney Amerika ormanlarında da vardır; burada da, her biri kendi katmanında yedi opossum (keseli) türü bulunabilir.

Lemurlar, Afrika'da maymunlar evrildiği sırada ıssız Madagaskar'da mahsur kalan erken primatların torunlarıdır. Madagaskar, evrim konusunda doğal deney laboratuvarı görevi görecek kadar büyük bir adadır. Madagaskar'ın hikâyesini, lemurlardan biri, ama hiçbir şekilde lemurların en tipiği olmayan ay-ay *Daubentonia* anlatacak. Harold Pusey'in –konferans salonunun bilge ve bilgili kurdu– benim kuşağımdan Oxfordlu zoologlara lemurlar konusunda verdiği derslerden fazla bir şey anımsamıyorum; ama lemurlarla ilgili neredeyse her cümlenin sonunda tekrarladığı ifadeyi anımsıyorum: "*Daubentonia* hariç." "*Daubentonia* HARİÇ!" Görüntüye karşın, *Daubentonia*, ay-ay, kusursuz ve saygın bir lemurdur ve lemurlar, büyük Madagaskar adasının en ünlü sakinleridir. Ay-ay'ın Hikâyesi, biyo-coğrafi doğal deneyler vitrini Madagaskar'la ilgilidir, yalnızca lemurların değil, Madagaskar'a özgü tüm fauna ve floranın bir hikâyesidir.

AY-AY'IN HİKÂYESİ

Bir İngiliz politikacı bir keresinde bir rakibini (daha sonra partisinin lideri oldu) "Karanlık bir tarafı var," diye tanımlamıştı. Ay-ay benzer bir izlenim verir ve gerçekten de tamamen gececidir –tamamen gececi olan en büyük primat. Hayalet gibi solgun bir yüzde inanılmaz gözleri vardır. Parmaklar, saçma ölçüde uzundur; bir Arthur Rackham cadısının parmakları. Ama yalnızca insan standartlarına göre "saçma"; zira bu parmakların iyi bir nedenden ötürü uzun olduklarından emin olabiliriz: Kısa parmaklı ay-aylar, nedenini bilmiyoruz ama, doğal seçilim tarafından cezalandırılırdı. Doğal seçilim, bu şekilde kestirimci olacak kadar güçlü bir kuramdır; zira bilimi kendi doğrusuna ikna etmeye artık gerek yoktur.

Bir parmağı --ortaparmağı- benzersizdir. Ay-ay'ın parmak standartlarına göre bile çok uzun ve incedir; özel olarak kuru ağaçlarda delik açıp kurtçuk çıkarmak için kullanılır. Ay-aylar ağacın içindeki avlarını, ağaca aynı uzun parmakla vurup içeriden gelen ses değişimlerini dinleyerek belirlerler.* Uzun ortaparmak yalnızca bu amaçla kullanılmıyor.

*Aynı uzun parmakla (bu kez üçüncü parmak yerine dördüncü parmak) aynı alışkanlık, bir grup Yeni Gineli keselide, çizgili opossumlarla trioklarda (*Dactilopsila*) da evrilmiş. Bu arada, bu keseliler şampiyon yakınlaşıcı gibi görünüyorlar. Çizgi örüntüleri kokarcalarla aynıdır. Kokarcalar gibi, savunma amacıyla güçlü bir koku yayarlar.

Madagaskar dışında en büyük lemur koleksiyonuna sahip olan Duke Üniversitesi'nde, büyük bir zarafet ve güvenle uzun ortaparmağını burun deliklerine sokan bir ay-ay gördüm –ne aradığını bilmiyorum. Merhum Douglas Adams, zoolog Mark Carwardine'le yaptığı yolculuklarla ilgili bir gezi kitabı olan *Last Chance to See*'de ay-ayla ilgili harika bir bölüm yazmış:

> Ay-ay gececi bir lemurdur. Başka hayvanların parçalarından bir araya getirilmiş gibi, çok tuhaf görünümlü bir yaratıktır. Yarasa kulaklı, kunduz dişli, büyük bir devekuşu tüyüne benzeyen bir kuyruğu, kuru bir ince dala benzeyen bir ortaparmağı ve sol omzunuzun hemen üstünde var olan tamamen farklı bir dünyaya bakıyormuş gibi duran kocaman gözleri olan büyük bir kediye benzer... Madagaskar'da yaşayan her şey gibi, yeryüzünde başka yerde bulunmaz.

Ne kadar etkileyici bir yazı, yazarının kaybı ne kadar üzücü. Adams ile Carwardine'in *Last Chance to See*'deki amacı, soyu tükenmekte olan türlerin acısına dikkat çekmekti. Varlığını sürdüren 30 kadar lemur türü, yıkıcı insanlar yaklaşık 2.000 yıl önce Madagaskar'ı istila edinceye kadar varlığını sürdürmüş çok daha büyük bir faunanın kalıntılarıdır.

Madagaskar, yaklaşık 165 milyon yıl önce şimdiki Afrika'dan ve yaklaşık 90 milyon yıl önce de Hindistan'dan ayrılan Gondvana kıtasının bir parçasıdır. Bu olaylar sırası şaşırtıcı görünebilir; ama göreceğimiz gibi, Hindistan sarsılıp Madagaskar'dan koptuktan sonra, levha tektoniğinin sub-lorisoid standartlarına göre alışılmadık ölçüde hızlı uzaklaştı.

Yarasaları (herhalde adaya uçarak gelmişlerdir) ve insan girişlerini bir tarafa bırakırsak, Madagaskar'ın kara sakinleri, ya eski Gondvana fauna ve florasının ya da başka yerlerden sallara binip gelen inanılmaz şanslı göçmenlerin torunlarıdırlar. Dünyadaki tüm kara bitkisi ve hayvanı türlerinin yaklaşık yüzde beşini barındıran doğal bir botanik ve zooloji bahçesidir; barındırdığı türlerin yüzde 80'inden fazlası da başka yerlerde bulunmaz. Yine de, bu şaşırtıcı tür zenginliğine karşın, hiç barındırmadığı büyük gruplarıyla da dikkate değerdir. Afrika'dan ya da Asya'dan farklı olarak, Madagaskar'da yerli antiloplar, atlar ya da zebralar, zürafalar, filler, tavşanlar, fil-sivrifareleri, kedi ya da köpek ailesinin hiçbir üyesi yoktur: Fosil kalıntılar birkaç hipopotam türünün yakın zamana kadar yaşadığını göstermesine karşın, Afrika faunasından beklenenlere rastlanmaz. Oldukça yakın zamanda gelmiş, adaya insanlar tarafından sokulmuş gibi görünen çalı domuzları vardır. (Hikâyenin sonunda ay-aya ve diğer lemurlara döneceğiz.)

Madagaskar'da mongos familyasının üç üyesi vardır; bunlar birbirleriyle açıkça akrabadırlar ve Afrika'dan tek bir kurucu tür biçimde gelip daha sonra dallanmış olmalılar. En ünlüsü, tazı büyüklüğünde ve uzun kuyruklu bir tür dev mongos olan fossadır. Falanus ve Latince adı kafa karıştırıcı bir biçimde *Fossa fossa* olan fanaloka, fossanın daha küçük olan akrabalarıdır. Fossanın Latince adı, oldukça farklı bir şeydir.

Tek bir Nesomyinae alt-familyasında birleşmiş toplam dokuz cinsten oluşan Madagaskar'a özgü bir kemirgen grubu vardır. Bunlar, kazıcı dev sıçana benzeyen bir formu, bir ağaç-tırmanıcıyı, püskül kuyruklu bir "bataklık sıçanı"nı ve sıçrayan Arap tavşanına benzeyen bir formu kapsar. Madagaskar'a özgü bu kemirgenlerin tek bir göç olayı sonucu mu ortaya çıktıkları, yoksa birkaç göç olayından mı kaynaklandıkları uzun süredir tartışılmaktadır. Tek bir kurucu olsaydı, bu, torunları Madagaskar'a geldikten itibaren gelişip, bu farklı kemirgen yarıkları doldurdukları anlamına gelirdi -çok Madagaskarca bir öykü. Son moleküler kanıtlar, Afrika anakarasında iki türün, Madagaskarlı bazı kemirgenlerle yakın akraba, Madagaskarlı bazı kemirgenlerin birbirleriyle akrabalığından daha yakın akraba olduklarını gösteriyor. Bu, Afrika'dan birden fazla göçün işareti gibi görünebilir. Ne var ki, kanıtlara daha yakın bir bakış daha şaşırtıcı bir hipotezi destekler. Öyle görünüyor ki, Madagaskarlı tüm kemirgenler, Afrika'dan değil, *Hindistan*'dan gelen tek bir kurucunun torunlarıdırlar. Eğer bu doğruysa, iki Afrikalı kemirgenle akrabalık, Madagaskar'dan Afrika'ya bir sal yolculuğunu gösterir. Afrikalı türün ataları, Madagaskar üzerinden Hindistan'dan geldiler. Hint Okyanusu batıya doğru sal yolculuğuna uygun gibi görünüyor. Ve yine unutmamalıyız ki, göç olduğu sırada Hindistan Madagaskar'a daha yakındı.

Sekiz baobab ağacı türünün altısı, yalnızca Madagaskar'da vardır ve sayılan 130 palmiye ağacı türü, tüm Afrika'da bulunan tür sayısını cüceleştirir. Bazı otoriteler, bukalemunların orada ortaya çıktıklarını düşünürler. Kuşkusuz, dünyanın bukalemun türlerinin üçte ikisi Madagaskar yerlisidir. Madagaskar'a özgü olan ve sivrifarelere benzeyen bir hayvan familyası, tenrekler familyası vardır. Bunlar bir zamanlar Böcekçiller takımına dahil edilmiştiler; şimdi, Randevu 13'te karşılaşacağımız Afrika memelileri (Afrotheria) arasında anılıyorlar. Belki de diğer memelilerden önce, iki farklı kurucu topluluk olarak Madagaskar'a geldiler. Şimdi çeşitlenip, bazıları kirpiye benzeyen, bazıları sivrifarelere benzeyen ve biri de su faresi gibi büyük ölçüde su altında

yaşayan 27 türe ayrılmışlar. Benzerlikler yöndeşiktir –Madagaskar'a özgü biçimde birbirinden bağımsız evrilmiştir. Madagaskar yalıtık olduğu için, "gerçek" kirpiler ve "gerçek" su fareleri yoktu. Bu yüzden orada olma şansını bulan tenrekler evrilip, kirpilerin ve su farelerinin yerel eşdeğerleri haline geldiler.

Madagaskar'ın maymunları ya da insaymunları yoktur ve sahne lemurlara kalmıştır. 63 milyon yıl önceki tarihten bir süre sonra, erken kıvrık-burunlulardan oluşan kurucu bir topluluğun yolu şans eseri Madagaskar'a düştü. Her zamanki gibi, bunun nasıl olduğuna ilişkin bir fikrimiz yok. Evrimsel ayrılma (Randevu 8, 63 milyon yıl önce), Madagaskar'ın Afrika'dan (165 milyon yıl önce) ve Hindistan'dan (88 milyon yıl önce) coğrafi olarak ayrılmasından sonraydı, bu yüzden lemurların atalarının hep orada oturan Gondvana sakini olduklarını söyleyemeyiz. Bu kitapta birkaç yerde, "bilinmeyen bir araçla, büyük istatistiksel olasısızlıkla, yalnızca bir kez gerçekleşmek zorunda olan ve daha sonraki sonuçlarını gördüğümüz için en az bir kez gerçekleşmiş olması gereken şans eseri deniz geçme"nin bir tür kısaltılmış kodu olarak "salla yolculuk"tan söz ettim. "Büyük istatistiksel olasısızlık"ın, biçim aşkına orada olduğunu eklemeliyim. Randevu 6'da gördüğümüz gibi, bu genel anlamda "salla yolculuk", sezginin umduğundan daha yaygındır. Yıkıcı bir volkanik olayla aniden parçalandıktan sonra Krakatoa'nın kalıntılarının hızla yeniden kolonileştirilmesi klasik örnektir. E. O. Wilson'ın *The Diversity of Life*'ının güzel bir anlatımı vardır.

Madagaskar'da şanslı sal yolculuğunun sonuçları dramatik ve hoştu: Boyları bir hamsterden küçük olan cüce fare lemurdan, büyük bir gümüş-siyah gorilden daha ağır olan, ayıya benzeyen ve yakın zamanda soyu tükenen *Archaeoindris*'e kadar uzanan küçük ve büyük lemurlar; koşarken havada sallanan uzun, çizgili, tüylü-tırtıl kuyruklarıyla halka kuyruklu lemurlar; ya da indriler ya da bizden sonra en başarılı iki ayaklı primat olabilen dans eden sifakalar.

Ve elbette ay-ay, bu hikâyenin anlatıcısı var. Korktuğum gibi ay-ayın soyu tükenirse, dünya daha sıkıcı bir yer olur. Ama Madagaskar'sız bir dünya yalnızca daha sıkıcı olmakla kalmaz, yoksullaşır da. Madagaskar'ı haritadan silerseniz, dünyanın toplam karasal alanının yalnızca binde biri kadarını, ama tüm bitki ve hayvan türlerinin tam yüzde dördünü yok edersiniz.

Bir biyolog için Madagaskar, Kutsal Ada'dır. Hac yolculuğumuzda, dünya tarihinin can alıcı kavşaklarında yalıtılmışlıklarıyla memeli

çeşitliliğini köklü bir biçimde yapılandıran beş büyük –bazı durumlarda çok büyük– adanın ilkidir. Bu durum yalnızca memeliler geçerli değil. Böceklerde, kuşlarda, bitkilerde ve balıklarda da benzer bir şey olur ve daha uzak hacılar bize katıldıkça, aynı rolü oynayan başka adalar göreceğiz –hepsi kuru kara ada değil. Sihlid'in Hikâyesi, büyük Afrika göllerinden her birinin sulu Madagaskar, sihlid balıklarının da lemur olduklarına bizi ikna edecek.

Memelilerin evrimini şekillendiren adalar ya da ada kıtalar, ziyaret ettiğimiz sıraya göre Madagaskar, Lavrasya (bir zamanlar güneydeki taydaşı Gondvana'dan ayrı olan büyük kuzey kıtası), Güney Amerika, Afrika ve Avustralya'dır. Listeye Gondvana da eklenebilir; zira Randevu 15'te keşfedeceğimiz gibi, parçalanıp Güney Yarıküre kıtalarına ayrılmadan önce o da kendi benzersiz faunasını yetiştirdi. Ay-ay'ın Hikâyesi, Madagaskar'ın fauna ve flora bonkörlüğünü bize gösterdi. Lavrasya, Randevu 11'de karşılaşacağımız büyük hacı kafilesinin, Lavrasya memelilerinin (laurasiatheres) eski yurdu ve Darvinci kanıtlama alanıdır. Randevu 12'de, evrimsel çıraklıklarını o sırada ada-kıta olan Güney Amerika'da yapan ve adanın diğer sakinlerinin hikâyesini bize anlatacak olan tuhaf bir hacı kafilesi, Tuhaf-klemliler (xenarthrans) bize katılacak. Randevu 13'te, çeşitlilikleri Afrika ada kıtasında bilinen başka bir memeli grubunu, Afrika memelilerini görüyoruz. Sonra, Randevu 14'te sıra Avustralya'ya ve keselilere geliyor. Madagaskar örüntüyü belirleyen mikroevrendir –örnek bir açıklıkla sergileyecek kadar küçük, izlenecek kadar büyük.

BÜYÜK KRETASE FELAKETİ

Hacılarımızın 63 milyon yıl önce lemurlarla buluştuğu Randevu 8, geriye doğru yolculuğumuzda 65-milyon-yıl engelini, Memeliler Çağı'nı ondan önce gelen çok daha uzun Dinozorlar Çağı'ndan ayıran ve K/T denilen sınırı geçmeden "önceki" son randevumuzdu.* K/T, memelilerin kaderinde bir yol ayrımıydı. 100 milyon yıldan fazla bir süre küçük sivrifareye benzer yaratıklar, gececi böcekçiller olmuşlardı; evrimsel coşkuları, sürüngen hegemonyasının ağırlığı altında kalmıştı. Baskı aniden kalktı ve bu sivrifarelerin torunları jeolojik bakımdan çok kısa bir zaman içinde yayılıp, dinozorların terk ettiği ekolojik mekânları doldurdular.

Felakete neden olan neydi? Tartışmalı bir soru. O sırada Hindistan'da yoğun volkanik etkinlik vardı, 1 milyon kilometrekareyi kaplayan lav selleri fışkırıyordu ("Dekkan Kapanları"); bu durum, iklim üzerinde köklü bir etki yaratmış olmalı. Ama çeşitli kanıtlar, son öldürücü darbenin çok daha ani ve şiddetli olduğu konusunda bir konsensüs oluşturuyor. Öyle görünüyor ki, bir uzay mermisi –büyük bir göktaşı ya da kuyrukluyıldız– dünyaya çarptı. Dedektifler, olayları sigara külünden ve ayak izlerinden yola çıkarak yeniden kurarlar. Bu olayda kül, jeolojik katmanlarda tam doğru yerde bulunan dünya çapında iridyum elementi tabakasıdır. İridyum normalde yer kabuğunda ender bulunan bir elementtir, ama göktaşlarında yaygındır. Sözünü ettiğimiz türden bir çarpma, gelen ateş topunu toz haline getirip tüm atmosfere saçar; sonra da toz parçacıkları yeryüzünün tüm yüzeyine yağar. Ayak izi ise –100 mil genişliğinde ve 30 mil derinliğinde– Meksika'daki Yucatan yarımadasının ucunda çarpma sonucu oluşmuş devasa Chicxulub krateridir.

Uzay hareket halinde, rasgele yönlerde ve birbirlerine göre değişik hızlarda dolaşan nesnelerle doludur. Bu nesnelerin bize göre hızlı dolaşma yolları, yavaş dolaşma yollarından fazladır. Bu yüzden, gezegenimize çarpan nesnelerin çok büyük çoğunluğu gerçekten de çok hızlı hareket ediyorlar. Bereket, büyük çoğunluğu küçüktür ve atmosferimizde yanıp "kayan yıldız" olur. Birkaçı, gezegen yüzeyine katı bir kütle olarak gelecek kadar büyüktür. On milyonlarca yıl içinde bir kez çok büyük bir tanesi bize çarpar. Bu kütleler, dünyaya göre yüksek yörünge

*K/T, Kretase/Tersiyer'in kısaltılmışıdır. Kretase, tebeşirin Latince karşılığı olan *creta*'dan gelir; "Tersiyer" ise, artık kullanılmayan bir terim sisteminin parçasıydı ve Senozoik Zaman'ın ilk beş devresini kapsıyordu. Sınıra şimdi Kretase-Paleojen deniliyor. Yine de "K/T" kısaltması yaygın olarak kullanılmaktadır ve burada ben de kullanacağım.

hızlarından ötürü, çarptıklarında hayal edilemeyecek kadar büyük miktarda enerji açığa çıkarırlar. Kurşun yarası, merminin yörünge hızından ötürü sıcaktır. Çarpan bir göktaşının ya da kuyrukluyıldızın, bir tüfek mermisinin yörünge hızından daha hızlı hareket etmesi olasıdır. Ama bir tüfek mermisinin ağırlığı gramlarla ölçülürken, Kretase Dönem'e son veren ve dinozorları katleden gök cisminin kütlesi, cigatonlarla ölçülüyordu. Çarpmanın saatte bin kilometre hızla dünyaya yayılan gürültüsü, yangının kül etmediği, rüzgâr şokunun nefessiz bırakmadığı, fiilen kaynayan denizi kaplayan 150 metrelik tsunaminin boğmadığı ya da San Andreas fayının yaratığı en büyük depremden bin kat daha şiddetli bir depremin toz haline getirmediği her canlı yaratığı büyük olasılıkla sağırlaştırdı. Tam bir felaketti. Sonrası da vardı –küresel orman yangınları ve pek çok bitkiyi öldüren ve dünyanın besin zincirini aniden koparan iki yıllık nükleer kış boyunca güneşin önünü kapatan duman, toz ve kül.

Kuşlar dışında, tüm dinozorların yok olmasına şaşmamak gerek –sadece dinozorlar da değil, özelikle denizdekiler olmak üzere tüm türlerin yaklaşık yarısı.* Şaşkınlık yaratan, bu afet ziyaretlerinden sağ kurtulanlardır. Bu arada, Kretase Dönem'e ve dinozorlara son veren felaket en büyüğü değildir –bu onur, yaklaşık 250 milyon yıl önce, tüm türlerin yaklaşık yüzde 95'ini yok eden ve Permiyen Dönem'e son veren kitlesel yıkıma aittir. Son kanıtlar, tüm yıkımların anası olan bu büyük yıkımdan, daha da büyük bir göktaşının ya da kuyrukluyıldızın sorumlu olduğunu gösteriyor. Benzer bir felaketin her an bizim başımıza da gelebileceğinin farkındayız. Kretase Dönem'deki dinozorlardan ya da Permiyen Dönem'deki pelikozor (memelilere benzeyen) sürüngenlerden farklı olarak, astronomlar bizi yıllar önce, en azından aylar önce uyarabilir durumdadırlar. Ama bu pek işe yaramaz; en azından bugünkü teknolojiyle, engellemek için yapabileceğimiz bir şey yok. Bereket, bunun belirli bir kişinin yaşadığı sürece başına gelme olasılığı, sigorta şirketlerinin normal risk-prim standartlarına göre, çok düşüktür. Aynı zamanda, bazı talihsiz bireylerin yaşam süresinde gerçekleşme olasılığı, kesine yakındır. Sigorta şirketleri bu kadar uzağı düşünmeye alışık değiller. Söz konusu talihsiz bireyler de büyük olasılıkla insan olmayacak; çünkü istatistiksel olasılık, o zamana gelmeden soyumuzun tükeneceği yönündedir.

*Felaketin tuhaf bir biçimde seçici olduğunu görmemek elde değil. Derin deniz foraminiferleri (çok büyük sayıda fosilleşen ve bu nedenle jeologlar tarafından gösterge tür olarak kullanılan küçük kabuklardaki tekhücreliler) neredeyse hiç zarar görmemişler.

Şöyle bir rasyonel savunma yapılabilir: İnsanlık teknolojiyi, güvenilir uyarı geldiğinde önlemleri uygulamaya zaman kalacak şekilde geliştirmek için şimdiden savunma önlemlerini araştırmaya başlamalıdır. Bugünkü teknoloji, uygun tohumları, evcil hayvanları ve birikmiş kültürel bilgiyle dolu veritabanları ile bilgisayarları da kapsayan makineleri, ayrıcalıklı insanlarla birlikte (şimdi de siyasal bir sorun var) yeraltı sığınaklarına depolayarak, etkiyi en aza indirmekten başka bir şey yapamaz. Şimdiye kadar yalnızca düşlenen teknolojileri, davetsiz misafirin yönünü değiştirerek ya da yok ederek felaketi savuşturacak teknolojileri geliştirmek daha iyi olur. Ekonomik ya da seçmen desteği almak için dış güçlerden gelen dış tehditler icat eden politikacılar, çarpma potansiyeli olan bir meteorun, aşağılık amaçlarına, bir Şer İmparatorluğu, bir Şer Ekseni ya da daha puslu soyutlama "Terör" kadar hizmet ettiğini anlayabilir, böylece uluslararası bölünmeden çok uluslararası işbirliğini teşvik edebilirler. Teknolojinin kendisi, en ileri "yıldız savaşları" silah sistemleri ve uzay araştırmaları gibidir. Bir bütün olarak insanlığın ortak düşmanlara sahip olduğunun kitlesel olarak anlaşılmasının, şimdi olduğu gibi bizi ayırmak yerine birleştirmesi bakımından sonsuz yararları olabilir.

Açıkçası, biz var olduğumuza göre, atalarımız Permiyen yıkımdan ve daha sonra Kretase yıkımdan sağ kurtuldular. Her iki felaket ve gerçekleşen diğer felaketler onlar için son derece tatsız olmuş olmalı ve kıl payı kurtuldular, büyük olasılıkla sağır ve kör oldular, ama üreme yeteneklerini kaybetmediler; yoksa şimdi burada olmazdık. Belki de o sırada kış uykusundaydılar ve felaketlerden sonra geldiği düşünülen nükleer kıştan sonra uyandılar. Sonra evrimsel zaman dolunca, yararlarını devşirdiler. Kretase felaketinden sağ kurtulanlar için, artık onları yiyecek, onlarla rekabet edecek dinozorlar yoktu. Tersini de düşünebilirsiniz: Yiyecekleri dinozor yoktu. Ama dinozor yiyecek kadar büyük memeli ve yenilecek kadar küçük dinozor çok azdı; o yüzden fazla bir kayıp sayılmazdı. K/T'den sonra memelilerin kitlesel olarak çiçeklendiklerinden kuşku yok; ama çiçeklenmenin biçimi ve randevu noktalarımızla ilişkisi tartışmalıdır. Üç model öne sürülmüştür ve şimdi onları tartışmanın zamanıdır. Üçü iç içe geçer ve yalnızca basit olsun diye, uç biçimleriyle sunacağım. Anlaşılması bakımından alışılmış adlarını Büyük Patlama Modeli, Gecikmiş Patlama Modeli ve Patlamasız Model olarak değiştireceğim. Kadifekurtçuk'un Hikâyesi'nde tartışılacak Kambriyen Patlama'yla ilgili anlaşmazlıkla paralellikler var.

1. Uç biçimiyle Büyük Patlama Modeli, K/T felaketinden kurtulan tek bir memeli türü, Paleosen Nuh'un bir türünü görür. Felaketten hemen sonra bu Nuh'un torunları çoğalmaya ve ayrışmaya başladılar. Büyük Patlama Modeli'ne göre, randevuların çok büyük bölümü, K/T sınırının bu tarafında, bir salkım halinde gerçekleşti –Nuh'un torunlarının hızla birbirinden uzaklaşan dallara ayrılmalarına geriye dönük bakış şekli.

2. Gecikmiş Patlama Modeli, K/T sınırından sonra memeli çeşitlenmesinde önemli bir patlama olduğunu kabul eder. Ama patlamanın memelileri, tek bir Nuh'tan gelmediler ve memeli hacılar arasındaki randevu noktalarının çok büyük bölümü, K/T sınırından öncedir. Dinozorlar aniden sahneyi terk ettiğinde, hayatta kalıp onların yerini dolduran sivrifareye-benzer bir sürü küçük soy vardı. Bir "sivrifare" etçillere evrildi, başka bir "sivrifare" primatlara evrildi vb. Büyük olasılıkla birbirlerine çok benzemelerine karşın, bu farklı "sivrifareler"in ayrı atalarının izi, Dinozorlar Çağı'nda yolları tekrar birleşmek üzere, uzak geçmişe kadar gitmekteydi. Dinozorlar Çağından K/T sınırına kadar birbirlerine paralel geldiler. Sora dinozorlar kaybolunca, hepsi birden az çok eşzamanlı bir çeşitlenme patlaması yaşadılar. Sonuç olarak, dinozorların ölümünden sonra görünüş ve yaşam tarzı bakımından birbirlerinden ayrılmaya başlamalarına karşın, modern memelilerin ataları K/T sınırından çok önceye uzanır.

3. Patlamasız Model K/T sınırını, memeli çeşitliliğinin gelişmesinde bir tür keskin kopuşun işareti olarak görmez. Memeliler sürekli dallanıp kollara ayrıldılar ve süreç, K/T sınırından sonra nasıl devam ettiyse öncesinde de öyle devam etti. Gecikmiş Patlama Modeli'nde olduğu gibi, modern memelilerin ortak ataları K/T sınırından önceye uzanır. Ama bu modele göre, dinozorlar ortadan kaybolduğu sırada zaten önemli ölçüde çeşitlenmişlerdi.

Kanıtlar, özellikle moleküler kanıtlar, ama giderek artan ölçüde fosil kanıtlar da, Gecikmiş Patlama Modeli'nden yana görünüyor. Memeli familyasındaki önemli ayrılmaların çok büyük çoğunluğu geriye, dinozorlar zamanına kadar gider. Ama dinozorlarla bir arada yaşayan memelilerin çok büyük çoğunluğu birbirine epeyce benziyordu ve dinozorlardan kurtulup, Memeliler Çağı'ndaki patlamaya kadar öyle kaldılar. Bu büyük soyların birkaç üyesi, o ilk zamanlardan bu yana fazla değişmedi ve dolayısıyla, paylaştıkları ortak atalar son derece eski olmalarına karşın, birbirlerine benziyorlar. Örneğin Avrasyalı sivrifareler ve tenrek fareleri, büyük olasılıkla farklı başlangıç noktalarından çıkıp

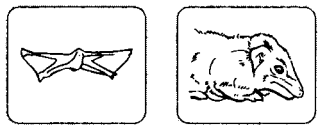
yakınlaştıkları için değil, ilk zamanlardan bu yana fazla değişmedikleri için birbirlerine çok benzerler. Ortak atalarının, Ortak Ata 13'ün, yaklaşık 105 milyon yıl önce, K/T sınırı bugünden ne kadar önceyse K/T sınırından o kadar önce yaşadığı sanılıyor.

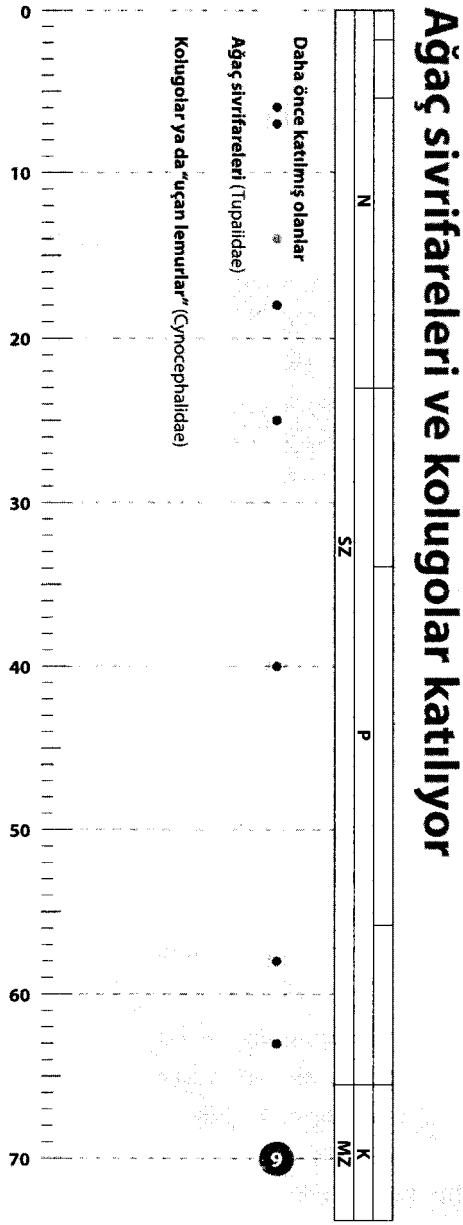
Randevu 9
KOLUGOLAR VE AĞAÇ SİVRİFARELERİ

Randevu 9, 70 milyon yıl önce, dinozorlar zamanında ve memeli çeşitliği gerektiği gibi çiçeklenmeye başlamadan önce gerçekleşiyor. Aslında çiçeklerin çiçeklenmesi de daha yeni başlamıştı. Çiçek açan bitkiler, daha önce çeşitlenmiş oldukları halde, fil dinozorlarının kökünden söktüğü ya da yangının mahvettiği rahatsız edilmiş habitatlarla sınırlı olmuştu; ama şimdi bir dizi orman ağacını ve çalıyı kapsayacak şekilde genişlemişlerdi. On milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz gibi bir şey olan Ortak Ata 9, sincaba benzeyen bir çift memeli grubuyla paylaştığımız ortak ataydı. Bu iki memeli grubundan biri sincaba benziyordu, diğeri daha çok uçan sincaba. Bunlar, tümü Güneydoğu Asya'dan olmak üzere on sekiz ağaç sivrifaresi türü ve iki kolugo ya da "uçan lemur" türüdür.

Ağaç sivrifareleri birbirlerine çok benzerler ve Tupaiidae (sivri sincapçıkgiller) familyasına dahil edilirler. Pek çoğu sincaplar gibi ağaçlarda yaşar ve bazı türler, uzun, kabarık tüylü kuyruklara varana kadar sincaplara benzerler. Ne var ki, benzerlik yüzeyseldir. Sincaplar kemirgendir. Ağaç sivrifareleri kesinlikle kemirgen değildir. Ne olduklarına gelince, bir sonraki hikâye neyle ilgiliyse odurlar. Cins adlarının gösterdiği gibi, sivrifare midirler? Bazı otoritelerin uzun süredir düşündükleri gibi, primat mıdırlar? Yoksa tamamen başka bir şey midirler? Pragmatik çözüm, onları kendilerine ait olan memeli takımına, Scandentia (tırmanıcılar –Latince *scandere*, tırmanmak) takımına yerleştirmek olmuştur. Ama ortak ata noktalarını ararken, sorundan bu kadar kolay kurtulamayız. Kolugo'nun Hikâyesi, benimsediğim çözüm için öne sürdüğüm gerekçeyi –yoksa savunmayı mı?- içerir; benimsediğim çözüm, kolugolarla ağaç sivrifarelerini onlar hac yolculuğumuza katılmadan "önce" birleştirmektir.

Kolugolar uzun süre uçan lemurlar olarak tanındılar ve bu, şu aleni yergiye yol açmaktaydı: Ne uçuyorlar ne de lemurdurlar. Son kanıtlar, lemurlara, yanlış addan sorumlu olanların sandığından bile daha yakın olduklarını gösteriyor. Bir yarasa ya da kuş gibi uçma yetenekleri olmadığı halde, usta planörcüdürler. İki türün, Filipin kolugosu *Cynocephalus volans* ile Malay kolugosu *C. variegatus* türlerinin, kendilerine ait bir takımı, Dermoptera [abalı memeliler] takımı vardır. "Dermoptera",





Ağaç sivrifareleri ve kolugolar katılıyor. Bu kitaptaki en belirsiz filogenilerden biri budur (bkz. Kolugo'nun Hikâyesi). Burada gösterilen ve iki kolugo ile on altı ağaç sivrifaresi türünü primatların kardeş grubu olarak gruplandıran şemayı, bazı moleküler taksonomistler savunuyor. Bu ve sonraki randevunun tarihi çok iyi saptanmamıştır.
Çizgi resim, soldan sağa: Malay kolugosu (*Cynocephalus variegatus*); kuzey ağaç sivrifaresi (*Tupaia belangeri*).

"deri kanatlar" demektir. Amerikalı ve Avrasyalı uçan sincaplar, daha uzak akraba Afrikalı uçan pullu-kuyruklu sincaplar, Avustralyalı ve Yeni Gineli keseli planörcüler gibi kolugoların da, biraz kontrollü bir paraşüt gibi çalışan tek bir geniş deri kanatçığı, patagium, vardır. Diğer planörcülerden farklı olarak, kolugonun patagiumu, kol ve bacakların yanı sıra kuyruğu da kapsar, el ve ayak parmak uçlarına kadar uzanır. Kolugolar, 70 santimetreyi bulan kanatlarıyla, diğer planörcülerden büyüktürler. Kolugolar, geceleyin ormanda uzak bir ağaca, fazla yükseklik kaybetmeden 70 metreden fazla süzülebilirler.

Patagiumun kuyruğun ucuna, el ve ayak parmak uçlarına kadar uzanması, kolugoların planörcü yaşam tarzına, diğer memeli planörcülerden daha fazla sadık olduklarını gösteriyor. Gerçekten de, yerde oldukça beceriksizdirler. Bunu havada fazlasıyla telafi ederler; geniş paraşütleri, geniş orman alanlarını yüksek hızla geçmelerine olanak verir. Bu, geceleyin ölümcül bir çarpışmadan sakınarak hedef ağaca havadan ulaşmak ve doğru yere konmak için iyi bir üçboyutlu görüşü zorunlu kılar. Gerçekten de, gece görüşü için kusursuz, üçboyutlu gören gözleri vardır.

Kolugoların ve ağaç sivrifarelerinin sıradışı, ama farklı yönlerde sıra dışı üreme sistemleri vardır. Kolugolar, bebeklerinin daha embriyonken doğmaları bakımından keselilere benzerler. Kesesi olmayan anne, patagiumu hizmete sokar. Patagiumun kuyruk bölgesi, bebeğin içinde oturacağı geçici bir kese oluşturacak şekilde ileriye doğru kıvrılır. Anne, bir tembel hayvan gibi bir dala ters asılır; patagium, bebek için bir hamak gibi ve rahat bir hamak gibi olur.

Sıcak, kürklü bir hamağın kenarından dışarıyı izleyen bir bebek kolugo olmak, çekici görünüyor. Diğer yanda, bebek ağaç sivrifaresi, diğer bebek memelilerden daha az anne bakımı görür. Anne ağaç sivrifaresinin -en azından birkaç türün- iki yuvası vardır; birisinde kendisi yaşar, birisine bebekleri koyar. Bebekleri yalnızca beş on dakika beslemek için ziyaret eder. Ve yalnızca 48 saatte bir kez ziyaret eder. Bu arada, diğer bebek memelilerden farklı olarak kendilerini ısıtacak anneleri olmayan küçük ağaç sivrifareleri, kendilerini yiyecekleri sayesinde ısıtmak zorundadırlar. Bu bakımdan anne sütü olağanüstü zengindir.

Ağaç sivrifareleri ile kolugoların birbirleriyle ve diğer memelilere yakınlıkları, bir tartışma ve belirsizlik konusudur. Bizzat bu olgunun kendisinde bir ders var ve bu, Kolugo'nun Hikâyesi'nin dersidir.

KOLUGO'NUN HİKÂYESİ

Kolugo, Güneydoğu Asya ormanlarında gece planör gibi süzülüp gitmenin hikâyesini anlatabilirdi. Ama hac yolculuğumuzun amaçları bakımından, daha pratik, ana fikri bir uyarı olan bir hikâyesi var. Uyarı şudur: Ortak atalara, randevu noktalarına ve hacıların bize katılma sıralarına ilişkin görünürde derli toplu öykümüz, yeni araştırmalar yapıldıkça büyük ölçüde anlaşmazlığa ve düzeltmelere konu olur. Randevu 9'daki filogeni şeması, son zamanlarda desteklenen bir görüşü gösterir. Burada geçici olarak kabul ettiğim bu görüşe göre, biz primatların Randevu 9'da selamladığımız hacılar, zaten birleşmiş, kolugolardan ve ağaç sivrifarelerinden oluşan bir kafiledir. Birkaç yıl önce, kolugolar bu resme girmezdi. Ortodoks taksonomi, bu randevuda primatlara yalnızca ağaç sivrifarelerini katardı: Kolugolar, yolun daha ilerisinde, hiç de yakın olmayan bir ilerisinde bize katılırlardı.

Şu andaki resmimizin böyle kalacağının bir garantisi yoktur. Yeni kanıtlar önceki görüşümüzü canlandırabilir ya da tamamen farklı bir görüşe yol açabilir. Bazı araştırmacılar, kolugoların primatlara, ağaç sivrifarelerinden daha yakın olduklarını bile düşünüyorlar. Eğer haklılarsa, Randevu 9, kolugoların biz primatlara katıldığı yerdedir. Ağaç sivrifarelerini Randevu 10'da beklemek zorundayız ve ondan sonra ortak ata numaraları, bir fazla olmak zorundadır. Ama benim benimsediğim görüş bu değil. Kuşku ve belirsizlik, bir hikâyenin ana fikri olarak pek doyurucu görünmeyebilir; ama geçmişe hac yolculuğumuz daha fazla ilerlemeden güvertede alınması gereken önemli bir derstir. Bu ders, diğer birçok randevu için de geçerli olacaktır.

Filogenetik ağaçlarımda çoklu bölünmelerle ("çok-çatal" [polytomies]: bkz. Gibon'un Hikâyesi) belirsizliğimin işaretini verebilirdim. Bazı yazarların, özellikle de, yeryüzündeki tüm yaşamın filogenetik özeti olan *The Variety of Life*'ta Colin Tudge'un benimsediği çözüm budur. Bazı dallarda çok-çatala sahip olmanın, diğer dalara sahte güven verme tehlikesi vardır. Memeli sistematiğinde Lavrasya memelileri ve Afrika memelileriyle ilgili devrim, daha 2000 yılında Tudge'un kitabının yayımlanmasından sonra gerçekleşti ve sınıflandırmasının çözümlenmiş saydığı bazı alanları şimdi dönüşmüş durumdadır. Yeni basımı yapılsaydı, kesinlikle köklü bir biçimde değiştirilirdi. Çok büyük olasılıkla aynı şey bu kitabın da başına gelecektir ve sorun, yalnızca kolugolar ve ağaç sivrifareleri de değildir. Cadı makilerin (Randevu 7) konumu ve ırmak taşemeninin balık asalaklarıyla birlikte

gruplandırılması (Randevu 22) kesin değildir. Afrika memelileri (Randevu 13) ile koelakantların (Randevu 19) yakınlığı hâlâ fazla kesin değildir. Knidlilerle ve taraklılarla randevularımızın (Randevu 28 ve 29) sırası da yanlış olabilir.

Diğer randevular, orangutanlarla randevu gibi, kesine olabildiğince yakındır ve bu mutlu kategoriye giren çok daha fazla durum vardır. Sınırda olan durumlar da var. Bu yüzden, hangi grupların tam çözülmüş ağaçları hak ettiği, hangilerinin hak etmediğiyle ilgili öznel denebilecek bir yargıda ortaya koymak yerine, 2004'te bayrak direğine belli belirsiz renklerimi çivileyip, olanaklı olduğu yerlerde metindeki kuşkuları açıkladım (tek bir 37 numaralı randevu dışında; o randevuda da düzen o kadar kesindir ki, uzmanlar bir tahminde bulunmaya kalkışmak istemezler). Randevu noktalarımdan ve onlara ilişkin filogenilerimden bazılarının (umarım, görece çok azının), yeni kanıtlar ışığında yanlış oldukları ortaya çıkacak.*

Evrim standardına bağlı olmayan eski taksonomi sistemleri, zevk ya da yargı konularının tartışmalı olması gibi, tartışmalı olabilirdi. Bir taksonomist, müze örneklerini sergilerken kolaylık olsun diye, ağaç sivrifarelerini sivrifarelerle ve kolugoları uçan sincaplarla birlikte gruplandırmak gerektiğini öne sürebilirdi. Bu tür yargılarda mutlak doğru yanıt yoktur. Bu kitapta benimsenen filetik taksonomi farklıdır. Doğru bir yaşam ağacı vardır;** ama nasıl olduğunu henüz bilmiyoruz. Hâlâ insan yargısına yer var; ama bu, sonunda tartışılmaz hakikat olduğu ortaya çıkacak şeyle ilgili yargıdır. Bu hakikatin ne olduğundan hâlâ emin olmamamızın nedeni, ayrıntılara, özellikle de moleküler ayrıntılara henüz yeterince bakmamış olmamızdır. Hakikat, orada asılı biçimde keşfedilmeyi bekliyor. Müze kolaylığıyla ya da zevkle ilgili yargılar için aynı şey söylenemez.

* Yaratılışçı yanlış aktarma uyarısı: Yaratılışçılar, lütfen bunu, "evrimcilerin hiçbir konuda anlaşamadıkları"nın, dolayısıyla kuramlarının da fırlatılıp atılabileceğinin işareti olarak aktarmayın.

** Ufak bir çekinceyle: Gibon'un Hikâyesi'nin son paragrafında açıklandığı gibi, bu ağaç aslında gen ağaçları arasında bir çoğunluk konsensüsü olacaktır.

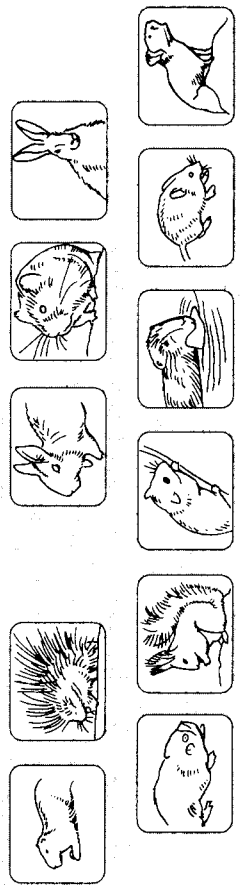
Randevu 10
KEMİRGENLER VE TAVŞANLAR

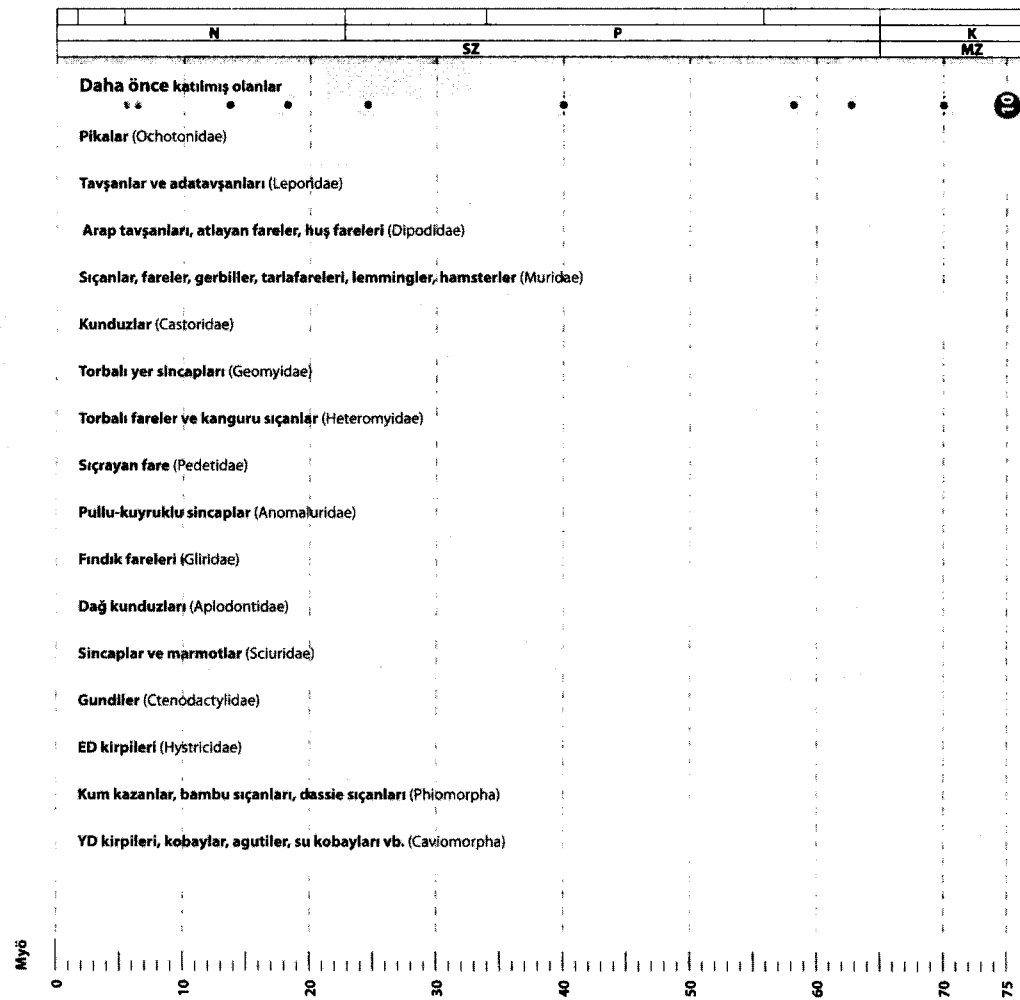
Randevu 10, 75 milyon yıl önce gerçekleşir. Bol yavrulayan, telaş içinde sağa sola seğirten, kemiren, bıyık titreten bir kemirgenler sürüsü hacılarımıza burada katılır –daha doğrusu, hacılarımızı istila eder. Ayrıca, birbirlerine çok benzeyen uzun ayaklı Amerikan tavşanları ve adatavşanları ile oldukça uzak pikaları kapsayan tavşanları da burada selamlıyoruz. Ön tarafta çok belirgin kemirici dişleri olduğu için tavşanlar da bir zamanlar kemirgenler olarak sınıflandırılırdı. Sonra ayrı tutulup, Rodentia'ya (kemirgenler) karşıt olarak Lagomorpha (tavşanımsılar) takımına dahil edildiler ve hâlâ öyledirler. Ama modern otoriteler tavşanımsıları kemirgenlerle birlikte Glires (yediuyuklayangiller) denilen bir "grup"ta toplarlar. Bu kitabın terimleriyle, tavşanımsı hacılar ile kemirgen hacılar, hepsi birden hac yolculuğumuza katılmadan "önce" birbirleriyle birleştiler. Ortak Ata 10, yaklaşık olarak 15 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimizdir. Bir fareyle paylaştığımız en son atadır; ama fare, kuşak zamanları kısa olduğu için, çok daha fazla sayıda büyük-ebeveyn üzerinden ataya bağlanır.

Kemirgenler, memeli krallığının büyük başarı öykülerinden biridir. Tüm memeli türlerinin yüzde 40'ından fazlası kemirgendir ve dünyada, diğer tüm memelilerin toplamından daha fazla kemirgen birey olduğu söylenir. Sıçanlar ve fareler, Tarım Devrimimizin gizli yararlanıcıları oldular ve denizleri bizimle birlikte aşıp dünyada her yere gittiler. Ambarlarımızı ve sağlığımızı mahvediyorlar. Sıçanlar ve taşıdıkları pireler Büyük Bela'dan (bilinen biçimiyle, ancak şimdilerde tartışmalı olarak Kara Ölüm de hıyarcıklı veba olmuş olabilir) sorumluydular, tifüsü yaydılar ve ikinci binyılda tüm savaşların ve devrimlerin öldürdüğünden daha fazla insan öldürmekle suçlandılar. Kıyamet mahşerin dört atlısını

Kemirgenler ve tavşanlar katılıyor. Uzmanlar, akraba tavşanların 70 kadar türü ile yaklaşık 2.000 kemirgeni (üçte ikisi fare familyasından) birlikte gruplandırmayı genel olarak kabul ederler. Son genetik çalışmalar bu grubu, primatların, kolugoların ve ağaç sivrifarelerinin kardeş grubu olarak belirtir. Kemirgenlerdeki dallanma düzeninin bazı bölümleri tam olarak kanıtlanmamıştır, ama pek çok moleküler veri buna benzer bir filogeniyi desteklemektedir.
Çizgi resimler, soldan sağa: su kobayı (*Hydrochaeris hydrochaeris*); kumkazan (*Georychus capensis*); oklukirpi (*Hystrix africaeaustralis*); kırmızı sincap (*Sciurus vulgaris*); fındık faresi (*Muscardinus avellanarius*); sıçrayan fare (*Pedetes capensis*); Avrupa kunduzu (*Castor fiber*); tarlafaresi (*Clethrionomys glareolus*); kuzey huş faresi (*Sicista betulina*); kutup tavşanı (*Lepus arcticus*); Amerika pikası (*Ochotona princeps*).

Kemirgenler ve tavşanlar katılıyor





yere serdiğinde bile, kalıntılarını sıçanlar temizleyecektir, uygarlığın harabeleri üzerinde lemingler gibi kaynaşan sıçanlar. Bu arada lemingler de kemirgendir –tam olarak bilinmeyen nedenlerle, "leming yılları"nda nüfuslarını afet ölçüsünde arttıran, sonra –iddia edildiği gibi intihar etmeye değil– çılgınca kitlesel göçlere başlayan kuzey tarlafareleri.

Kemirgenler, kemirme makineleridir. Çok belirgin, aşınmayı telafi etmek için sürekli büyüyen bir çift kesici ön dişleri vardır. Çiğneme kasları kemirgenlerde özellikle iyi gelişmiştir. Köpekdişleri yoktur ve ön dişleri arka dişlerden ayıran büyük boşluk, kemirme verimliliklerini artırır. Kemirgenler hemen hemen her şeyi kemirerek kendilerine yol açabilirler. Kunduzlar, gövdelerini kemirerek büyük ağaçları devirirler. Körsıçanlar tamamen yeraltında yaşarlar ve köstebekler gibi ön ayaklarıyla değil, ön dişleriyle tünel kazarlar.* Farklı kemirgen türleri dünyanın çöllerine (gundiler, gerbiller), yüksek dağlarına (marmotlar, şinşilyalar), orman tepeliklerine (sincaplar, uçan sincaplar da dahil), ırmaklarına (sufareleri, kunduzlar, sukobayları), yağmur ormanlarının zeminine (agutiler), savanalarına (maralar, sıçrayan fareler) ve kutup tundralarına (lemingler) nüfuz etmiştir.

Pek çok kemirgen, fare büyüklüğündedir; ama marmotlardan, kunduzlardan, agutilerden ve maralardan Güney Amerika su yollarının koyun büyüklüğündeki sukobaylarına kadar uzanan değişik boyları vardır. Sukobayları etleri bakımından değerlidirler; büyüklüklerinden ötürü değil, Roma Katolik Kilisesi'nin, muhtemelen suda yaşadıkları için onları Kutsal Cuma yemeklerinin onur balığı saymasından ötürü. Büyük olmalarına karşın, modern sukobayları, oldukça yakın zamanda soyları tükenen dev Güney Amerika kemirgenlerinin yanında cüce kalırlar. Dev sukobayı *Protohydrochoerus*, bir eşek büyüklüğündeydi. *Telicomys*, küçük bir gergedan büyüklüğünde bir kemirgendi; dev sukobayı gibi, Büyük Amerikan Mübadelesi sırasında, Panama Kıstağı Güney Amerika'nın ada statüsüne son verince soyu tükendi. Bu iki dev kemirgen grubu birbirleriyle özellikle yakın akraba değillerdi ve öyle görünüyor ki, devliklerini birbirlerinden bağımsız geliştirmişler.

Kemirgensiz bir dünya, çok farklı bir dünya olurdu. İnsandan kurtulmuş, kemirgenlerin egemenliğinde bir dünyanın ortaya çıkması daha az

* 15 türden biri hariç, yer altında kemirerek kendilerine yol açarlar. Körsıçanların en aşırı mağara adamları, tüysüz körsıçanlar, peş peşe dizilip bir yığın barınak yaparlar; öncü işçiler kemirilen toprağı yer üstüne iterler. "İşçi" sözcüğünü kullanıyorum; zira tüysüz körsıçanlar, memeli dünyasında sosyal böceklere en yakın memeli olmalarıyla da ünlüdürler. Hatta biraz aşırı büyük termitlere bile benzerler –bizim standartlarımıza göre son derece çirkinler; ama kendileri kördür, muhtemelen bu nedenle çirkinliğe aldırmıyorlar.

olasıdır. Nükleer bir savaş insanlığı ve geriye kalan yaşamın çok büyük kısmını yok etse, kısa erimde hayatta kalma, uzun erimde evrimsel ata olma bakımından şanslı olanlar sıçanlardır. Mahşer sonrasına ilişkin bir görüşüm var. Biz ve diğer büyük memelilerin tümü yok oluyor. Kemirgenler insan sonrası çöp toplayıcılar olarak ortaya çıkarlar. New York, Londra ve Tokyo'ya yayılıp dağılmış ambarları, hayalet süpermarketleri ve insan cesetlerini yerler, onları yeni kuşak sıçan ve farelere dönüştürürler, nüfusları patlayıp kentlere ve kırlara yayılır. İnsan hovardalığının tüm kalıntıları yenince, nüfusları yine çatırdar ve kemirgenler birbirlerine ve onlarla birlikte çöp temizleyen hamamböceklerine yönelirler. Yoğun bir rekabet döneminde, belki de radyoaktiviteyle güçlenen mutasyon oranlarıyla hızla evrilirler. İnsan gemileri ve uçakları yok olduğu için adalar yeniden ada olurlar; yerel popülasyonlar, ara sıra şans eseri sal yolculukları dışında yalıtık kalırlar: Evrimsel ıraksama için ideal koşul. 5 milyon yıl içinde, tamamen yeni bir sürü tür, bildiğimiz türlerin yerini alır. Keskin dişli yırtıcı sıçanlar, otla beslenen dev sıçan sürülerine sokulur.* Yeterli zaman geçince, zeki, kültürlü bir sıçan türü ortaya çıkar mı? Kemirgen tarihçiler ve bilginler, uzun süre kapalı kalan kentlerimizin katmanlarında dikkatli arkeolojik kazılar (kemirmeler?) yapıp, sıçanoğluna büyük atılım yapma şansı veren o trajik koşulları anlamaya çalışırlar mı?

FARE'NİN HİKÂYESİ

Binlerce kemirgen arasında ev faresinin, *Mus musculus*'un, bizden sonra en fazla araştırılan memeli türü olduğu için anlatacak özel bir hikâyesi vardır. Fare, herkesçe bilinen kobaya göre, tüm dünyada tıbbi, fizyolojik ve genetik laboratuvarların daha önde gelen bir demirbaşıdır. Biz insanlar dışında genomu şimdiye kadar tam olarak dizilen birkaç memeliden biridir.

Yakın zamanda dizilen bu genomlarla ilgili iki şey, gereksiz bir şaşkınlık yarattı. Birincisi, memeli genomlarının oldukça küçük görünmesidir: 30.000 genlik, hatta daha az genden oluşan bir dizi bile olabilir. İkincisi birbirlerine çok benzemeleridir. İnsan asaleti, genomumuzun o minicik fareninkinden büyük olmasını gerektiriyordu. Kesinlikle 30.000'den fazla gen olması gerekmiyor mu?

*Dougal Dixon, uzun süre önce bu öngörmüş ve yaratıcı kitabı *After Man: A Zoology of the Future*'da bunu resmetme yeteneğini göstermişti.

Bu son beklenti, daha iyisini bilmesi gerekenler de dahil insanların, bir vücudu nitelendirmeye yeter sayıda gen olmadığı için "çevre"nin sandığımızdan daha önemli olması gerektiği sonucunu çıkarmalarına yol açtı. Bu, gerçekten de nefes kesici bir mantıktır. Bir vücudu nitelendirmek için ne kadar gene ihtiyaç olduğuna hangi standarda göre *karar veriyoruz?* Bu düşünüş, yanlış bir bilinçaltı varsayıma dayanır: Genomun, her genin vücudun kendine ait parçasını belirlediği bir tür ozalit plan olduğu varsayımı. Meyvesineği'nin Hikâyesi'nin bize anlatacağı gibi, bu, bir ozalit plan değildir; daha çok bir yemek tarifine, bir bilgisayar programına ya da bir montaj kılavuzuna benzer bir şeydir.

Genomu bir ozalit plan gibi düşünürseniz, bizim gibi, büyük, karışık bir hayvanın, daha az hücreye ve daha az gelişkin bir beyne sahip küçük bir fareden daha fazla gene olmasını bekleyebilirsiniz. Ama dediğim gibi, genler öyle çalışmaz. Doğru anlaşılmadığında, yemek tarif ya da montaj kılavuzu modeli bile yanıltıcı olabilir. Meslektaşım Matt Ridley, *Nature via Nurture* kitabında, çok anlaşılır bulduğum farklı bir benzetme geliştirir. Dizilimini yaptığımız genomun çok büyük bölümü bir insan ya da fare yapmak için bir talimat kitabı ya da ana bilgisayar programı değildir. Öyle olsaydı, bizim programımızın fareninkinden büyük olmasını gerçekten bekleyebilirdik. Ama genomun çok büyük bölümü, daha çok, bir talimat kitabını yazmak için kullanılabilir sözcükler sözlüğüne –ya da biraz sonra göreceğimiz gibi, ana programın gerektirdiği alt-yordamlar kümesine– benzer. Ridley'in dediği gibi, *David Copperfield*'deki sözcüklerin listesi, *Gönülçelen*'deki sözcükler listesiyle neredeyse aynıdır. Her ikisi de, anadili İngilizce olan eğitimli birinin söz dağarcığından yararlanır. İki kitabı birbirinden tamamen farklı yapan şey, bu sözcüklerin yan yana getirilme düzenidir.

Bir kişi meydana geldiğinde ya da bir fare meydana geldiğinde, her iki embriyoloji aynı gen sözlüğünden, memeli embriyolojilerin normal söz dağarcığından yararlanır. Bir kişi ile bir fare arasındaki fark, ortak memeli söz dağarcığından alınan genlerin farklı konuşlanma düzenlerinden, vücutta bunun gerçekleştiği yerlerin farklılığından ve zamanlamasından kaynaklanır. Bütün bunlar, işi, karışık ve zarifçe zamanlanmış basamaklar halinde diğer genleri çalıştırmak olan belirli genlerin kontrolü altındadır. Bu tür kontrol genleri, genomdaki genlerin küçük bir azınlığını oluştururlar.

"Düzen"den, genlerin kromozom boyunca asılma sırasını anlamayın. Meyvesineği'nin Hikâyesi'nde karşılaşacağımız dikkate değer istisnalar

dışında, genlerin bir kromozomdaki düzeni, bir söz dağarcığındaki sözcüklerin düzeni –genellikle alfabetiktir; ama özellikle yurtdışı geziler için hazırlanan yabancı dil kılavuzlarında, bazen hava alanında işe yarayacak sözcükler, doktora gidildiğinde işe yarayacak sözcükler, alışverişte işe yarayacak sözcükler vb. gibi kullanım alanına göre sıralanırlar– kadar keyfidir. Genlerin kromozomlarda depolanma düzeni önemsizdir. Önemli olan hücre makinesinin ihtiyacı olduğunda doğru geni bulmasıdır ve bunu, giderek daha fazla bilinir olan yöntemleri kullanarak yapar. Meyvesineği'nin Hikâyesi'nde, kromozomdaki gen sırasının, yabancı dil kılavuzlarındakine benzer bir anlamda keyfi olmadığı birkaç ilginç vakaya döneceğiz. Şimdilik önemli olan nokta, bir fareyi bir insandan ayırt edenin, büyük ölçüde genlerin kendileri ya da kromozom "dil kılavuzu"nda depolanma sırası değil, genlerin çalışma düzenleri oluşudur. Dickens'ın ya da Salinger'ın İngilizce söz dağarcığından sözcükler seçip, onları cümleler halinde düzenlemeleri gibi.

Sözcük benzetmesi bir bakımdan yanıltıcıdır. Sözcükler genlerden daha kısadır ve bazı yazarlar, her geni bir cümleye benzetmektedir. Bununla birlikte cümle benzetmesi de, farklı bir nedenle uygun değildir. Sabit bir repertuardaki cümlelerin yerleri değiştirilerek farklı kitaplar oluşturulamaz. Pek çok cümle benzersizdir. Genler, sözcükler gibi, ama cümlelerden farklı olarak, farklı bağlamlarda tekrar tekrar kullanılırlar. Bir gen için sözcük ya da cümleden daha iyi bir benzetme, bir bilgisayardaki araç kutusu alt-yordamıdır.

Tesadüfen, bildiğim bilgisayar Macintosh'tur ve program yapalı yıllar oluyor, bu yüzden ayrıntılarda geri kaldığım kesindir. Önemi yok –ilke aynıdır ve diğer bilgisayarlar için de geçerlidir. Mac'in, ROM'da (Salt Okunur Belek) ya da başlarken kalıcı olarak yüklenen sistem dosyalarında saklanan araç kutusu yordamı vardır. Bu araç kutusu yordamlarından binlerce vardır ve her biri, ihtiyaç duyulması olası belirli bir işlemi tekrar tekrar, farklı programlarda biraz farklı bir biçimde yapar. Örneğin ObscureCursor denilen bir araç kutusu yordamı, fare bir daha hareket ettirilinceye kadar imlecin ekranda görünmesini engeller. Bize görünmeyen ObscureCursor "gen"i, yazmaya başladığınız her seferinde harekete geçirilir ve fare imleci kaybolur. Araç kutusu yordamları, Mac'teki (ve Windows makinelerindeki taklit eşdeğerlerinde) tüm programların paylaştığı bilinen özelliklerin arkasındadır: aşağı açılan menüler, akıtma çubukları, fareyle ekranda sürükleyebileceğiniz simgeleştirilebilir pencereler ve daha birçoğu.

Tüm Mac programlarının aynı "look and feel" (bizzat bu benzerlik dava konusu oldu) yordamını kullanmalarının nedeni, ister Apple, ister Microsoft, ister başka biri tarafından yazılsın tüm Mac programlarının aynı araç kutusu yordamlarına başvurmalarıdır. Bütün bir ekran bölgesini, sözün gelişi bir fare sürüklemesini izleyerek bir yönde hareket ettirmek isteyen bir programcıysanız ve ScrollRect araç kutusu yordamına başvurmadıysanız, zamanınızı boşa harcarsınız. Ya da bir aşağı açılan menü öğesiyle bir onay imi koymak istiyorsanız, bunu yapmak için kendi kodunuzu yazmanız delilik olur. Programınıza bir CheckItem çağrısı yazın, iş hallolur. Kim yazmış, hangi program diliyle ve hangi amaçla yazılmış olursa olsun, bir Mac programının metnine bakarsanız, dikkatinizi çekecek esas şey, büyük ölçüde bilinen, yerleşik araç kutusu yordamlarına başvurulardan ibaret olmasıdır. Aynı yordam repertuarı, tüm programlar için kullanılabilir. Farklı program, bu yordam çağrılarını farklı bileşimlerde ve dizilişlerde dizer.

Her hücrenin çekirdeğinde oturan genom, standart biyokimyasal işlevleri yerine getirmek için kullanılabilen DNA yordamları araç kutusudur. Bir hücrenin çekirdeği, bir Mac'in ROM'u gibidir. Farklı hücreler, örneğin karaciğer hücreleri, kemik hücreleri ve kas hücreleri, bu yordam "başvuruları"nı, büyüme, bölünme ya da hormon salgılama da dahil belirli hücre işlevlerini yerine getirdiklerinde farklı sıralarda ve bileşimlerde sıraya dizerler. Fare kemiği hücreleri, fare karaciğeri hücrelerinden çok insan kemiği hücrelerine benzerler –çok benzer işler yaparlar ve bunları yapmak için aynı yordam repertuarına başvurmaları gerekir. Tüm memeli genomlarının aşağı yukarı birbirleriyle aynı büyüklükte olmalarının nedeni budur –hepsinin aynı araç kutusuna ihtiyacı vardır.

Yine de fare kemiği hücreleri, insan kemiği hücrelerinden farklı davranırlar ve bu da, çekirdekteki araç kutusuna farklı başvurulara yansır. Araç kutusunun kendisi farede ve insanda aynı değildir; ama iki tür arasındaki temel farklara ilke olarak zarar vermeden özdeş de olabilirlerdi. Farelerin insanlardan farklı yapılması bakımından, önemli olan, bizzat araç kutusu yordamlarındaki farklılıklardan çok, araç kutusu yordamlarına başvurulmasındaki farklılıklardır.

KUNDUZ'UN HİKÂYESİ

Bir "fenotip", genlerin etkilediği şeydir. Bu, bir vücutla ilgili aşağı

yukarı her şey demektir. Ama sözcüğün etimolojisinden gelen ince bir vurgu vardır. *Feno* (Phaino), Yunanca "göstermek", "gün ışığına çıkarmak", "görünür kılmak", "sergilemek", "örtüsünü açmak", "ifşa etmek," "tezahür etmek/ettirmek" demektir. Fenotip, gizli genotipin dışsal ve görünür tezahürüdür. *Oxford English Dictionary* onu, "bir bireyin genotipinin çevreyle etkileşiminin sonucu olarak görülen gözlemlenebilir özelliklerinin toplamı" olarak tanımlar; ama bu tanımdan önce, daha ince bir tanım vardır: "Gözlemlenebilir özellikleriyle diğerlerinden ayırt edilebilen bir organizma tipi."

Darwin, doğal seçilimi, belli organizma tiplerinin, rakip organizma tipleri zararına hayatta kalması ve üremesi olarak görüyordu. Burada "tip", grup, ırk ya da tür anlamına gelmez. *Türlerin Kökeni*'nin alt başlığında, çok yanlış anlaşılan "avantajlı ırkların korunması" ifadesi, normal anlamında ırk anlamına gelmez. Darwin, genler adlandırılmadan ya da yeterince anlaşılmadan önce yazıyordu; ama "avantajlı ırklar" ifadesiyle anlatmak istediği şey, modern terimlerle "avantajlı genlere sahip olanlar"dı.

Seçilim, alternatif tipler farklılıklarını genlere borçlu oldukları ölçüde evrimi dürtükler: Farklılıklar kalıtımsal değilse, farklılık gösteren kalımın gelecek kuşaklar üzerinde hiçbir etkisi olmaz. Bir Darvinci için fenotipler, genlerin seçilimle kararlaştırılmalarının tezahürleridir. Bir kunduzun kuyruğunun bir kürek işlevi görmek için yassılaştığını söylediğimiz zaman, fenotipik ifadesi kuyruğun yassılaşmasını da kapsayan genlerin, o fenotip sayesinde varlığını sürdürdüğünü anlatmak isteriz. Yassı-kuyruk fenotipli bireysel kunduzlar, daha iyi yüzücü olmanın bir sonucu olarak hayatta kaldılar; sorumlu genler onların içinde varlığını sürdürdü ve yeni yassı-kuyruklu kunduz kuşaklarına geçti.

Aynı zamanda, ağaçları kemirebilen iri, keskin ön dişlerde kendini ifade eden genler de varlıklarını sürdürdüler. Bireysel kunduzlar, kunduz gen havuzundaki genlerin sıralanımlarıyla vücut bulurlar. Genler, kunduz gen havuzundaki diğer genlerle işbirliği yapmada iyi olduklarını kanıtladıkları için ata kunduz kuşakları boyunca varlıklarını sürdürdüler.

Yine aynı zamanda, alternatif gen ortaklıkları diğer gen havuzlarında da varlıklarını sürdürüyor, diğer yaşam çizgilerinin izini sürerek varlıklarını sürdüren vücutlar yapıyorlar: kaplan ortaklığı, deve ortaklığı, hamamböceği ortaklığı, havuç ortaklığı. İlk kitabım *Gen Bencildir*'e, kitabın tek sözcüğünü değiştirmeye gerek kalmadan Gen İşbirlikçidir de denebilirdi. Aslında bu ad, bazı yanlış anlamaları da önleyebilirdi (ses-

leri en gür çıkan eleştirmenlerden bazıları, kitabın yalnızca başlığını okumakla yetinirler). Bencillik ve işbirliği, Darvinci bir madalyonun iki yüzüdür. Her gen ortak vücutlar meydana getirmek için, o genin ortamı olan cinsel bakımdan karışık gen havuzundaki diğer genlerle işbirliği yaparak kendi bencil refahını geliştirir.

Ama kunduz genlerinin, kaplanlarınkine, devlerin ya da havuçlarınkine hiç benzemeyen özel fenotipleri vardır. Kunduzların baraj fenotiplerinin neden olduğu göl fenotipleri vardır. Bir göl, *genişlemiş bir fenotiptir.* Genişlemiş fenotip, özel bir fenotiptir ve bu başlığı taşıyan kitabımın kısa bir özeti olan bu hikâyenin geri kalan kısmının konusudur. Yalnızca kendi başına olmaktan öte, geleneksel fenotiplerin nasıl geliştiklerini anlamamıza yardımcı olduğu için de ilginçtir. Kunduz gölü gibi geniş bir fenotip ile yassılaşmış kunduz kuyruğu gibi geleneksel bir fenotip arasında büyük bir ilke farkı olmadığı ortaya çıkacak.

Bir yanda etten, kemikten ve kandan oluşan bir kuyruk, diğer yanda bir vadide bir baraj tarafından akışı durdurulan bir durgun su kütlesi için aynı sözcüğü kullanmak nasıl doğru olabilir? Çünkü her ikisi de, kunduz genlerinin tezahürüdür; her ikisi de, bu genleri korumada gittikçe daha iyi hale gelecek şekilde evrilmiştir; her ikisi de ifade ettikleri genlere, embriyolojik nedensel halkalardan oluşan benzer bir zincirle bağlıdır. Açıklayayım.

Kunduz genlerinin kunduz kuyruklarını şekillendirdiği embriyolojik süreçler ayrıntılı olarak bilinmiyor; ama olanları biliyoruz. Bir kunduzun her hücresindeki genler, sanki ne tür bir hücrenin içinde olduklarını "biliyorlarmış" gibi davranırlar. Deri hücreleri, kemik hücreleriyle aynı genlere sahiptir; ama iki dokuda farklı genler harekete geçer. Fare'nin Hikâyesi'nde bunu gördük. Bir kunduzun kuyruğundaki farklı hücrelerin her birinde genler, nerede olduklarını "biliyorlarmış" gibi davranırlar. İlgili hücrelerin, bütün kuyruk karakteristik biçimde tüysüz yassı şeklini alacak şekilde birbirleriyle etkileşmelerine neden olurlar. Kuyruğun hangi kesiminde olduklarını nasıl "bildiklerini" anlamada müthiş güçlükler vardır; ama bu güçlüklerin üstesinden nasıl gelindiğini ilke olarak biliyoruz; ve kaplan ayağının, deve hörgücünün ve havuç yaprağının gelişimine yöneldiğimiz zaman, güçlükler gibi çözümler de aynı genel türden çözümler olurlar.

Davranışa neden olan nöronal ve nöro-kimyasal mekanizmaların gelişiminde de aynı genel türdendirler. Kunduzlarda çiftleşme davranışı içgüdüseldir. Erkek kunduzun beyni kana hormon salgılayarak ve

kemiklerin üzerindeki kasları kontrol eden sinirler aracılığıyla, bir hareket senfonisini yönetir. Sonuç, birleşmeyi kolaylaştırmak için eşit ölçüde özenle yönetilen kendi hareket senfonisine uygun hareket eden dişiyle kesin bir eşgüdümdür. Böylesine hassas bir sinirsel-kassal müziği, kuşaklar boyu doğal seçilimin kusursuzlaştırdığından emin olabilirsiniz. Ve seçilim, gen seçilimi demektir. Kunduz geni havuzlarında, kuşaklar boyu ata kunduzların beyinleri, sinirleri, kasları, bezleri, kemikleri ve duyu organları üzerindeki fenotipik etkileriyle kuşaktan kuşağa geçip bugüne ulaşan genlerin şansını güçlendiren genler hayatta kalmıştır.

Davranıştan "sorumlu" genler, kemiklerden ve deriden "sorumlu" genlerle aynı şekilde varlıklarını sürdürürler. "Gerçekten" genlerden sorumlu herhangi bir gen yoktur, yalnızca davranışı ortaya çıkaran sinirlerden ve kaslardan sorumlu genler vardır diyerek, itiraz mı ediyorsunuz? Putperest düşler arasında telef olmuşsunuz. Anatomik yapıların, genlerin "doğrudan" etkisinin söz konusu olduğu davranış yapılarının üzerinde özel bir statüleri yoktur. Genler, yalnızca proteinlerden ya da diğer dolaysız biyokimyasal sonuçlardan "gerçekten" ya da "doğrudan" sorumludurlar. Diğer sonuçların tümü, ister anatomik, ister davranışsal fenotipler üzerinde olsun, dolaylıdır. Ama doğrudan ile dolaylı arasındaki ayrım, anlamsızdır. Darvinci anlamda önemli olan, genler arasındaki *farklılıkların*, fenotiplerde *farklılıklar* olarak yorumlanmasıdır. Doğal seçilimin aldırdığı tek fark budur. Aynı şekilde genetikçilerin de önem verdiği farklılıklar bunlardır.

Oxford English Dictionary'deki "daha ince" fenotip tanımını anımsayın: "Gözlemlenebilir özellikleriyle diğerlerinden ayırt edilebilen bir organizma tipi." Anahtar sözcük, ayırt edilebilir sözcüğüdür. Kahverengi gözlerden "sorumlu" bir gen, bir kahverengi pigment sentezini doğrudan kodlayan gen değildir. Tesadüfen olabilirdi de, ama konu bu değil. Kahverengi gözlerden "sorumlu" bir genle ilgili esas nokta, genin alternatif bir versiyonuyla –bir "alelle"– *karşılaştırılınca* göz renginde bir *fark* yaratmasıdır. Bir fenotip ile diğeri arasındaki, sözün gelişi kahverengi göz ile mavi göz arasındaki farkla sonuçlanan nedensellik zinciri genellikle uzun ve çapraşıktır. Gen, alternatif genin meydana getirdiği proteinden farklı olan bir protein meydana getirir. Protein, Z'yi etkileyen Y'yi, Y'yi etkileyen X'i, X'i etkileyen... etkileyen hücre kimyası üzerinde, yani söz konusu fenotipi etkileyen uzun bir ara nedenler zinciri üzerinde enzimsel bir etki yaratır. Alel, kendi fenotipi, alternatif alelden önce gelen uzun nedensellik zincirinin sonunda eş alelle karşılaştırılınca *farklılık* yaratır. Gen farklılıkları,

fenotip farklara neden olur. Gen değişiklikleri, fenotip değişikliklerine neden olur. Darvinci evrimde aleller, alternatif aleller karşısında, fenotipler üzerindeki etkilerinin farklılığına göre seçilirler.

Kunduzda, fenotipler arasındaki bu karşılaştırma, nedensellik zincirinin herhangi bir yerinde gerçekleşebilir. Zincirin tüm ara halkaları gerçek fenotiptir ve içlerinden herhangi biri, genin seçildiği fenotipik sonucu oluşturabilir: Doğal seçilime "görünür" olmak zorundadır; bize görünür olup olmamasına kimse aldırmaz. Zincirde "nihai" halka diye bir şey yoktur; son, tanımlayıcı fenotip yoktur. Dünyanın herhangi bir yerinde, nedensellik zinciri ne kadar dolaylı ve ne kadar uzun olursa olsun, alellerde bir değişimin sonucu, rakiplerine kıyasla sorumlu alelin hayatta kalmasını etkilediği sürece, doğal seçilim için meşru bir hedeftir.

Şimdi, kunduzlarda baraj inşa etmeye yol açan embriyolojik nedensellik zincirine bakalım. Baraj inşa etme davranışı, iyi ayarlanmış saat mekanizması gibi beyne yerleşmiş karışık bir stereotipidir. Ya da saat tarihini izleyip elektronik çağa gelirsek, baraj inşa etme beyindeki donanımdır. İçinde su ve ağaç bulunmayan çıplak bir kafese kapatılmış esir kunduzlarla ilgili bir film görmüştüm. Kunduzlar, gerçek su ve gerçek ağaç bulunduğunda doğal baraj inşa etme davranışında görülen tüm stereotip hareketleri "bir boşlukta" canlandırıyorlardı. Sanal ağaçları sanal baraj duvarına yerleştiriyor gibi davranıyor, hapishanelerinin sert, kuru, düz zemininde hayalet sopalarla hayalet bir duvar örmeye çalışıyorlardı. İnsan hallerine üzülüyor: Adeta engellenen baraj inşa etme saatlerini can havliyle çalıştırıyorlardı.

Yalnızca kunduzların bu tür bir beyin saatleri vardır. Diğer türlerin çiftleşme, eşeleme ve dövüşme saatleri vardır; kunduzların da. Ama yalnızca kunduzların baraj inşa etmek için beyin saatleri vardır ve yavaş düzeyde ata kunduzlarda evrilmiş olmalı. Barajlarla meydana getirilen göller yararlı olduğu için evrilmiştir. Ne için yararlı oldukları tam olarak açık değil; ama yalnızca eski kunduzlar için değil, barajları yapan kunduzlar için de yararlı olmalı. Öyle görünüyor ki, en iyi tahmin şudur: Bir göl bir kunduza, yuvasını pek çok yırtıcıdan uzak inşa edebileceği güvenli bir yer ve yiyecek taşımak için güvenli bir yol sağlar. Avantajı her neyse, hayati bir avantaj olmalı; yoksa kunduzlar baraj inşa etmeye bu kadar zaman ve çaba harcamazlardı. Yine doğal seçilimin, kestirimci bir kuram olduğuna dikkat edin. Darvinci şu kendinden emin kestirimi yapabilir: Baraj inşası boşa zaman harcamak olsaydı, baraj inşa etmekten uzak duran rakip kunduzlar varlıklarını daha iyi sürdürür ve baraj

yapmama genetik eğilimlerini aktarırlardı. Kunduzların baraj inşa etmeye bu kadar can atmaları, bunu yapmanın atalarına da yararlı olduğunun çok güçlü bir kanıtıdır.

Her yararlı adaptasyon gibi, beyindeki baraj inşa etme saati de, Darvinci gen seçilimiyle evrilmiş olmalı. Baraj inşa etmeyi etkileyen beyin tellerinde genetik çeşitlilik olmuş olmalı. Gelişmiş barajlarla sonuçlanan genetik çeşitlerin, kunduz gen havuzlarında varlıklarını sürdürmeleri daha fazla olasıydı. Tüm Darvinci adaptasyonlar için aynı öykü geçerlidir. Peki hangisi fenotiptir? Nedensel zincirin hangi halkasında, genetik farklılığın etkisini gösterdiğini söyleriz? Yinelemek gerekirse yanıt, "Bir farklılığın görüldüğü tüm halkalarda"dır. Beynin bağlantı şemasında mı? Evet, neredeyse kesinlikle. Hücre kimyasında bu, embriyon gelişiminde o bağlantıya mı yol açıyor? Elbette. Ama *davranış* da –davranış olan kas kasılmaları senfonisi– bu da, dört dörtlük saygın bir fenotiptir. İnşa davranışındaki farklılıklar, kuşkusuz, genlerdeki farklılıkların tezahürleridir. Aynı şekilde, o davranışın *sonuçları* da, gen fenotipleri olarak kabul edilebilir. Hangi sonuçlar? Elbette barajlar. Ve göller, zira göller barajların sonuçlarıdırlar. Göller arasındaki farklılıklar, barajlar arasındaki farklılıklardan; barajlar arasındaki farklılıklar, davranış örüntüleri arasındaki farklılıklardan etkilenir ve davranış örüntüleri de, genler arasındaki farklılıkların sonuçlarıdır. Bir barajın ya da bir gölün karakteristikleri, genlerin gerçek fenotipik etkileridir ve aynı mantığı kullanarak, bir kuyruğun karakteristiklerinin genlerin fenotipik etkileri olduğunu söyleyebiliriz.

Geleneksel olarak biyologlar, bir genin fenotipik sonuçlarını, o geni taşıyan bireyin derisinin içiyle sınırlı görürler. Kunduz'un Hikâyesi, bunun zorunlu olmadığını gösteriyor. Bir genin fenotipi, sözcüğün gerçek anlamında, bireyin derisinin dışına genişleyebilir. Kuşların yuvaları geniş fenotiplerdir. Şekilleri ve büyüklükleri, bulundukları yerler, hepsi Darvinci adaptasyonlardır ve bu yüzden, alternatif genlerin farklılık gösteren hayatta kalışlarıyla evrilmiş olmalılar. İnşa davranışından sorumlu genler mi? Evet. Beynin örgüsünden genler sorumlu olduğu için mi, beyin doğru şekilde ve büyüklükte yuva yapmakta başarılıdır? Evet, aynı nedenle, evet. Yuvalar ottan, çalı çırpıdan ya da çamurdan yapılır, kuş hücrelerinden değil. Ama yuvalar arasındaki farklılıkların, genler arasındaki farklılıklardan etkilenip etkilenmediği sorusu yersizdir. Etkileniyorlarsa, yuvalar genlerin gerçek fenotipleridir. Yuva farklılıkları, kuşkusuz gen farklılıklarından etkilenmiş olmalı; yok-

sa doğal seçilimle nasıl iyileşmiş olabilirlerdi?

Yuva ve baraj (ve göller) gibi yapıntılar geniş fenotiplerin kolay anlaşılır örnekleridir [bkz. resim 7]. Bu mantığın biraz daha "ileri gittiği" başka örnekler de vardır. Örneğin, parazit genlerin, barındıkları vücutlarda fenotipik ifadeye sahip oldukları söylenebilir. Hatta, gugukkuşu örneğinde olduğu gibi, taşıyıcının içinde yaşamadıklarında bile aynı şey söylenebilir.* Hayvan iletişiminin birçok örneği –erkek bir kanarya dişi bir kanaryaya şakıdığında, dişi kanaryanın yumurtalığının büyümesi gibi– geniş fenotip diliyle yeniden yazılabilir. Ama bu, son bir gözlemle hikâyesi son bulacak olan kunduzdan bizi çok uzaklaştırır. Uygun koşullarda bir kunduzun gölü birkaç mil genişleyip, dünyadaki en büyük gen fenotipi haline gelebilir.

*Yazar, gugukkuşlarının kendi yuvalarını yapmayıp, yumurtalarını başka kuşların yuvalarına bırakmalarını ve bu türün yavrularının, durumun farkına varmayan başka kuş türlerince büyütülmelerini kastediyor [ç.n.].

Randevu 11
LAVRASYA MEMELİLERİ

Seksen beş milyon yıl önce, Üst Kretase Dönem'in sera dünyasında Ortak Ata 11'i, yaklaşık 25 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimizi selamlıyoruz. Burada, Randevu 10'da kafilemize katılıp saflarımızı kalabalıklaştıran kemirgenlerden ve tavşanlardan çok daha büyük bir çeşitlilik sunan bir hacı kafilesi bize katılıyor. Azimli taksonomistler onlara bir ad, Lavrasya memelileri adını vermekle, ortak atalarını kabul ediyorlar; ama bu ad ender kullanılır, çünkü aslında dağınık bir salkımdır. Kemirgenler aynı diş tasarımına sahiptirler ve büyük olasılıkla bu tasarım işe yaradığı için çoğalıp çeşitlendiler. Bu nedenle "kemirgenler", gerçekten güçlü bir şey ifade eder; ortak birçok yönü olan hayvanları birleştirir. "Lavrasya memelileri," göründüğü kadar hantal bir ifadedir. Yalnızca tek bir ortak yanları olan oldukça farklı memelileri birleştirir: Bu grubu oluşturan hacıların hepsi, bizimle buluşmadan "önce" birbirleriyle buluştular. Hepsi eski kuzey kıtası Lavrasya'dan çıkıp geliyorlar.

Bu Lavrasyalı hacılar tayfası o kadar çeşitlidir ki, bazıları uçar, bazıları yüzer, bazıları dörtnala koşar, yarısı diğer yarı tarafından yenilme korkusuyla yaşar. Yedi ayrı takıma aittirler: Pullular (pangolinler), Etçiller (köpekler, kediler, sırtlanlar, ayılar, gelincikler, foklar vb.), Tektoynaklılar (atlar, tapirler ve gergedanlar), Çift-toynaklılar (Cetartiodactyla –antiloplar, geyikler, sığırlar, develer, domuzlar, hipopotam ve... bu grubun sürpriz üyesine daha sonra geleceğiz), Küçük yarasalar ve Büyük yarasalar, Böcekçiller (köstebekler, kirpiler, sivrifareler; ama filfareleri ya da tenrekler değil: Onlarla buluşmak için Randevu 13'ü beklemeliyiz).

Etçiller, rahatsız edici bir addır; çünkü basitçe et yiyen demektir ve et yemek, hayvanlar âleminde yüzlerce kez birbirinden bağımsız biçimde icat edilmiştir. Tüm etçiller, Etçiller takımından değildir (örümcekler etçildir ve dinozorların sonundan beri en büyük et-yiyen olan toynaklı *Andrewsarchus* da etçildi) ve Etçiller takımından olanların tümü de etçil değildir (neredeyse bambudan başka bir şey yemeyen zarif dev pandayı düşünün). Memeliler için Etçiller takımı, sahiden monofiletik bir klad –yani, aralarından biri olarak sınıflandırılan tek bir ortak atadan gelen bir hayvan grubu– gibi görünüyor. Kediler (aslanlar, çitalar ve kaplanlar

Lavrasya memelileri katılıyor

dahil), köpekler (kurtlar, çakallar ve Cape avcı köpekleri dahil), gelincikler ve türleri, mongoslar ve türleri, ayılar (pandalar da dahil), sırtlanlar, ayı sansarları, foklar, denizaslanları ve morslar, tümü Lavrasyalı Etçiller takımının üyeleridir ve hepsi, aynı takıma sokulan bir ortak atadan gelirler.

Etçiller ve avları, birbirlerinden hızlı koşmaları gerekir ve çeviklik ihtiyacının, onları benzer evrimsel yönlere itmiş olması şaşırtıcı değildir. Koşmak için uzun bacaklara ihtiyaç vardır ve Lavrasyalı büyük otçullar ve etçiller, bizde göze çarpmayacak bir biçimde ellere (metakarpal –el tarak kemikleri) ya da ayaklara (metatarsal –ayak tarak kemikleri) gömülü olan kemikleri birbirlerinden bağımsız kullanarak bacaklarına ekstra uzunluk katmışlar. Bir atın "incik kemiği," ikinci ve dördüncü metakarpal (ya da metatarsal) kemiğin işareti olan iki küçük fibulayla kaynaşıp büyümüş üçüncü metakarpal (ya ta metatarsal) kemiktir. Antiloplarda ve diğer iki parmaklı toynaklılarda, incik kemiği, üçüncü ve dördüncü metakarpal (metatarsal) kemiğin kaynaşmasıdır. Etçiller de metatarsallarını ve metakarpallarını uzatmışlar; ama bu beş kemik, atlarda, sığırlarda ve diğer toynaklılarda olduğu gibi birbirleriyle kaynaşmak ya da toptan yok olmak yerine, ayrı ayrı durmaktadırlar.

Toynaklı sözcüğünün Latince karşılığı olan *Ungulate*, *unguis* sözcüğünden gelir ve tırnak demektir ve toynaklılar, tırnakları –toynakları– üzerinde yürüyen hayvanlardır. Ama tırnak üzerinde yürüme şekli, birkaç kez icat edilmiştir ve toynaklı, saygın bir taksonomik addan çok betimleyici bir terimdir. Atlar, gergedanlar ve tapirler, tek parmaklı toynaklılardır. Atlar tek bir parmak, ortaparmak, üzerinde yürürler. Gergedanlar ve tapirler, ilk atlar ve bugünün bazı mutant atları gibi, üç ortaparmak üzerinde yürürler. Çift parmaklı ya da çatal-tırnaklı toynaklılar iki parmak üzerinde, üçüncü ve dördüncü parmaklar üzerinde yürürler. İki parmaklı sığır ailesi ile tek parmaklı at ailesi

Lavrasya memelileri katılıyor. 2000'lerin başında genetik çalışmalar, memeli taksonomisinde bir devrime yol açtı. Bu yeni görüşe göre, dört büyük eteneli memeli grubu vardır. Biri (çok büyük ölçüde kemirgenlerden ve primatlardan oluşan) şu andaki kafilemizdir. Bu kafilenin en yakın akrabası olduğu bulunan grup, 2.000 kadar Lavrasyalı hayvan türünü kapsayan diğer büyük gruptur. Burada çizilen Lavrasya memelileri filogenisi, bu yeni sınıflandırmanın savunucularınca kesin sayılmaktadır. **Çizgi resimler, soldan sağa:** Cape pangolini (*Manis temminckii*); kutup ayısı (*Ursus maritimus*); Malay tapiri (*Tapirus indicus*); hipopotam (*Hippopotamus amphibus*); hayalet yarasa (*Macroderma gigas*); Hint uçan tilkisi (*Pteropus giganteus*); Avrupa kirpisi (*Erinaceus europaeus*).

arasındaki yakınsak benzerlikler, her ikisinin ayrı ayrı, soyu tükenmiş Güney Amerikalı bazı otçullarla yakınsak benzerlikleriyle karşılaştırıldığında mütevazıdır. Litopternler denilen bir grup, atların tek bir ortaparmak üzerinde yürüme alışkanlığını bağımsız bir biçimde ve daha önce "keşfetti". Bacak iskeletleri, atlarınkiyle neredeyse özdeştir. Notoungulate denilenler arasında diğer Güney Amerikalı otçullar, antilopların/sığırların üçüncü ve dördüncü parmaklar üzerinde yürüme alışkanlığını bağımsız bir biçimde keşfettiler. Bu tür şaşırtıcı benzerlikler, on dokuzuncu yüzyılda, Güney Amerika'nın birçok büyük memeli grubunun evrimsel yuvası olduğunu düşünen ünlü bir Arjantinli zooloğu faka bastırdı. Bu zoolog, litopternlerin, gerçek atların erken akrabaları olduklarına inanıyordu (belki biraz da, ülkesinin bu soylu hayvanın beşiği olabileceği ulusal gururuyla).

Şimdi aramıza katılan Lavrasyalı hacılar arasında, büyük toynaklıların ve etçillerin yanı sıra küçük hayvanlar da var. Yarasalar, her bakımdan dikkate değerdirler. Hayatta kalıp uçan kuşlarla rekabet edebilen yegâne omurgalılardır ve çok etkileyici akrobatlardır. Yaklaşık bin kadar türleriyle, kemirgenler hariç diğer memeli takımlarını geride bırakırlar. Yarasaların, insan denizaltı tasarımcıları da dahil, diğer memeli gruplarından daha yüksek derecede kusursuz sonar (radarın sesli eşdeğeri) sistemleri vardır.*

Küçük Lavrasya memelilerinin diğer ana gurubu, böcekçiller denilen gruptur. Böcekçiller takımı sivrifareleri, köstebekleri, kirpileri ve böcekler ile kurtçuk, kabuksuz sümüklüböcek ve kırkayak gibi küçük kara omurgasızlarını yiyen diğer küçük yaratıkları kapsar. Etçillerde olduğu gibi, taksonomik Böcekçiller grubuna işaret etmek için sözcüğü büyük "B" ile, böcek yiyen herhangi bir şey anlamına gelen böcekçil için ise küçük "b" ile kullanacağım. Bu durumda bir pangolin (ya da pullu karıncayiyen) bir böcekçildir, ama Böcekçil değildir; yani Böcekçillerden, Böcekçil takımından değildir. Bir köstebek, fiilen böcek yiyen bir Böcekçildir. Daha önce de belirttiğim gibi, ne yazık ki, ilk taksonomistler çok kolay birbirine karıştırdıkları yeme tercihleriyle gevşek bir biçimde bağıntılı olan Böcekçil ve Etçil gibi adlar kullandılar.

Foklar, denizaslanları ve morslar, köpek, kedi ve ayı gibi etçillerle akrabadırlar. Eşleşme sistemleriyle ilgili olan Fok'un Hikâyesi'ni biraz

*Bu araya Yarasa'nın Hikâyesi'ni sokmak isterdim, ama başka bir kitabımın bir bölümüyle büyük ölçüde aynı olurdu; bu yüzden vazgeçtim. Bu arada, "Örümcek'in Hikâyesi", "İncir Ağacı'nın Hikâyesi" ve yarım düzine değer Hikâyede de benzer bir sıkıntı yaşadım.

sonra dinleyeceğiz. Başka bir nedenden ötürü de fokları ilginç buluyorum: Suya taşındılar ve dugongların ya da balinaların değiştiğinin yarısı kadar değiştiler. Bu arada ele almadığımız başka bir önemli Lavrasya memeli grubu olduğunu hatırladım. Gerçek bir sürpriz için Hipopotam'ın Hikâyesi'ne geçiyoruz.

HİPOPOTAM'IN HİKÂYESİ

Okulda Yunanca dersleri alan bir öğrenciyken, *hippos*'un "at" ve *potamos*'un da "ırmak" anlamına geldiğini öğrendim. Hipopotamlar, ırmak atlarıydı. Daha sonra Yunancayı bırakıp, zooloji okumaya başlayınca, hipopotamların atlara yakın olmadıklarını öğrenmek beni çok rahatsız etmedi; iki parmaklı toynaklılar ya da çift-toynaklıların ortasında domuzlarla birlikte sınıflandırılıyorlardı. Aynı dönemde o kadar sarsıcı bir şey öğrendim ki, hâlâ inanmak istemiyorum, ama inanmak zorundaymışım gibi görünüyor. Hipopotamların yaşayan en yakın akrabaları balinalardır (bkz. resim 8). İki parmaklı toynaklılar balinaları da kapsıyor! Söylemeye gerek yok, balinaların toynakları yok, ne tek parmaklı, ne iki parmaklı. Aslında parmakları yok, o yüzden bilimsel Artiodactyla (iki parmaklı sözcüğünün Yunanca karşılığıdır, bu yüzden değişiklik fazla işe yaramaz) adını benimsememiz, daha az kafa karıştırıcı olabilirdi. Bu arada at takımının adının da Perissodactyla (tek parmaklı sözcüğünün Yunancası) olduğunu eklemeliyim. Şimdi güçlü moleküler kanıtlardan anlaşılıyor ki, balinalar artiodactyl'dir. Ama daha önce Cetacea [Balinalar] takımı içine konuldukları ve Artiodactyla da yerleşik bir ad olduğu için, yeni bir bileşim uyduruldu: Cetartiodactyla (Çift-toynaklılar ve balinalar).

Balinalar, dünyanın harikalarıdır. Hareket eden en büyük organizmaları kapsıyorlar. Yüzen bir balığın ya da koşan bir kertenkelenin bir o yana bir bu yana kıvrılarak hareketine karşıt olarak, dörtnala giden memeliler gibi yukarı-aşağı hareket ederek yüzerler. Ya da, başka bakımlardan, uyarıcı dikey bir kuyruk dışında, yatay kuyruğuyla denizde dörtnala yüzen yunus balığına benzeyen ihtiyozorun hareket tarzının aksine.* Balinanın ön ayakları yön ve denge sağlamak için kullanılır. Dışarıdan görünür arka ayaklar yoktur; ama bazı balinaların, vücutlarına gömülü küçük leğen ve bacak kemikleri vardır.

*İhtiyozor: Mezozoik Dönemin, domuzbalıklarına benzer bir vücudu ve kürek gibi yüzgeçleri bulunan deniz yaratıkları, balık-dinozor ya da balıkzor [ç.n.].

Balinaların, diğer memelilerden çok çift parmaklı toynaklıların yakın akrabaları olduklarına inanmak çok zor olmaz. Uzak bir atanın sola dallanarak denize gidip balinaları doğururken, sağa dallanarak da çift parmaklı toynaklıları doğurduğunu kabul etmek belki biraz tuhaf kaçar, ama sarsıcı değildir. Sarsıcı olan, yeni moleküler kanıtlara göre, balinalar, kesinlikle çift parmaklı toynaklıların *içindedirler*. Hipopotamlar, domuz gibi diğer çift parmaklı toynaklılar da dahil, başka her şeyden çok balinaların yakın kuzenleridir.* Geriye doğru yolculuklarında hipopotam hacılar ile balina hacılar, ikisi birden geviş getirenlerle birleşmeden "önce" birleşirler, ancak daha sonra domuz gibi diğer çift parmaklı toynaklılarla birleşirler. Randevu 11'de çift-toynaklılar ve balinaları (Cetartiodactyla) tanıttığımda çekinerek işaret ettiğim sürpriz üye, balinalardır. Bu, Whippo Hipotezi olarak bilinir.

Bütün bunlar, moleküllerin tanıklığına inanmamızı gerektirir.** Peki fosiller ne diyor? Başlangıçta beni şaşırtan yeni kuram tam yerine oturuyor. Pek çok büyük memeli takımı (takımlar içindeki alt bölümler almasa da), Büyük Kretase Felaketi bağlamında gördüğümüz gibi, Dinozorlar Çağı'na kadar geri gider. (Kemirgenler ve tavşanlarla) Randevu 10 ve (şu anda ulaştığımız) Randevu 11, Kretase Dönem'de, dinozor rejiminin doruğunda gerçekleşti. Ama o zamanki memelilerin tümü oldukça küçük, sivrifareye benzeyen yaratıklardı. Memeli çeşitliliğinin gerçek artışı, 65,5 milyon yıl önce dinozorların soyu tükendikten sonra başladı. Ondan sonra memeliler, dinozorların boş bıraktığı ekonomik işleri ele alıp çiçeklenebildiler. Büyük cüsse, memeliler için ancak dinozorlar gittikten sonra olanaklı olan bir şeydi. Iraksak evrim süreci hızlıydı ve her boydan ve şekilden bir sürü memeli, 5 milyon yıllık bir "kurtuluş" dönemi boyunca karalarda dolaşıp durdu. Beş ila on milyon yıl sonra, geç Palaeosen Devre'den erken Eosen Devre'ye kadar, bol miktarda çift parmaklı toynaklılara ait fosil vardır.

Bir 5 milyon yıl daha sonra, erken ve orta Eosen Devre'de, archaeocetes denilen bir grup buluyoruz. Bu ad "eski balinalar" demektir ve pek çok otorite, modern balinaların atalarının bu hayvanlar arasında bulunduğunu kabul eder. Bu hayvanların ilklerinden biri, Pakistanlı *Pakicetus*,

* Bu arada, çift-toynaklılar içinde hipopotamları domuzlara çok yakın sınıflandırmamız yanlıştı. Moleküller, hipopotam-balina kladının kardeş grubunun geviş getirenler, inekler, koyunlar ve antiloplar olduğunu gösteriyor. Domuzlar, bunların dışında duruyor.

** Bu radikal görüşün moleküler kanıtları, Gibon'un Hikâyesi'nde bir Ender Genom Değişimi (RGC) olarak işaret ettiğim şeydir. Oldukça tanınabilir hareketli DNA elementleri, genomun belirli yerlerinde bulunuyorlar ve olasılıkla hipopotam-balina atadan miras alınmıştır. Bu çok güçlü bir tanıklıktır, ama fosillere de bakmak gerekir.

zamanının en azından bir kısmını karada geçirmiş gibi görünüyor. Daha sonrakiler, talihsiz *Basilosaurus* adı verilenleri kapsar (Basil'den ötürü değil, "saurus" kertenkele anlamına geldiği için talihsiz: İlk keşfedildiğinde *Basilosaurus*'un bir deniz sürüngeni olduğu sanıldı ve şimdi meseleyi daha iyi bilmemize karşın, adlandırma kuralları önceden koyulmuş adı dayatıyor).* Çok uzun bir gövdesi vardı ve soyu çok önceleri tükenmemiş olsaydı, efsanevi dev denizyılanlığına iyi bir aday olurdu. Balinalar, *Basilosaurus*'un benzerleri tarafından temsil edildiği sırada, çağdaş hipopotam atalar antrakoterler (*Anthracotheriidae*) denilen bir grubun üyeleri olmuş olabilirler; bu hayvanların günümüzde yapılan kimi konstruksiyonları hipopotamlara çok benziyor.

Balinalara dönersek, eski balinaların suyu yeniden istila etmeden önceki atalarına ne demeli? Moleküller, balinaların en yakın akrabalarının hipopotamlar olduğu konusunda haklıysa, onların atalarını, otçulluğun bazı kanıtlarını gösteren fosiller arasında aramaya kapılabiliriz. Diğer yanda, hiçbir modern balina ya da yunus otçul değildir. Bu arada, hiç alakasız dugonglar ve manatiler, katışıksız bir deniz memelisinin katışıksız otçul olmasının olanaklı olduğunu gösteriyor. Ama balinalar ya plankton kabuklular (çubuklu balinalar) ya balık ve kalamar (yunuslar ve pek çok dişli balina) ya da fok gibi büyük avlar (katil balinalar) yerler. Bu durum, insanların balina atalarını etçil kara memelileri arasında aramalarına yol açtı; nedenini anlamasam da bazen alaya alınan Darwin'in kendi spekülasyonuyla başlamak üzere:

> Hearne, Kuzey Amerika'da kara ayının ağzını alabildiğine açarak saatlerce yüzdüğünü ve böylelikle bir balina gibi sudaki böcekleri yakaladığını görmüş. Böylesine uç bir durumda bile, böcek arzı değişmese ve ülkede daha iyi uyum göstermiş rakipler olmasa, doğal seçilimin, balina kadar ucube bir yaratık ortaya çıkıncaya kadar, bir ayı ırkını yapıları ve alışkanlıkları bakımından daha fazla sucullaştırmasında, ağızlarını giderek daha fazla büyütmesinde hiçbir güçlük göremiyorum.**

Darwin'in bu ifadesi, evrimle ilgili önemli bir noktayı aydınlatır. Hearne'ün gördüğü ayı, açıkça, türü için sıra dışı bir biçimde beslenen girişimci bir bireydi. Evrimde önemli yeni çıkışların bu şekilde, yeni ve yararlı bir âdet keşfeden ve bunu kusursuzlaştırmayı öğrenen bir bireyin biraz yanal düşünmesiyle başladığını düşünüyorum. Yeni alışkanlık, o

*Victoria döneminin ünlü anatomicisi Richard Owen, adı değiştirip Zeuglodon yapmaya çalıştı ve Haeckel, resim 9'da gösterilen filogenisinde aynı yolu izledi. Ama biz Basilosaurus'a takılıp kaldık.

** Krş. Charles Darwin, *Türlerin Kökeni*, çev. Öner Ünalan, Onur Yayınları 1996, s. 195. Ünalan'ın çevirisinde bu pasajın ikinci cümlesi çevrilmemiş [ç.n.].

bireyin kendi çocukları da dahil başkaları tarafından taklit edilirse, yeni bir seçilim baskısı oluşur. Doğal seçilim, yeni âdetle başarılı olmaya genetik yatkınlığı kayırır ve sonrası gelir. Ağaçkakanlardaki ağaç-çekiçleme, ardıç kuşlarındaki ve deniz samurlarındaki yumuşakça avcılığı gibi "içgüdüsel" beslenme alışkanlıklarının buna benzer bir şekilde başladığı kanısındayım.*

Uzun bir süre, eski balinaların makul bir atası için eldeki fosillere bakanlar, dinozorların soyunun tükenmesinden hemen sonra, Palaeosen Devre'de gelişen büyük bir karasal memeli grubundan, mezonikidlerden (mesonychidae –orta kanca tırnaklılar) yana oldular. Mezonikidler, görünüşe bakılırsa büyük ölçüde etçildiler ya da Darwin'in ayısı gibi her şeyi yiyorlardı ve hepimizin –hipopotam kuramına gelmeden önce– bir balina atada olması gerektiğini düşündüğümüz her şeye uyuyorlar. Mezonikidlerin bir özelliği de, toynaklı olmalarıdır. Toynaklı etçillerdi, biraz kurtlara benziyorlardı, ama toynakları üzerinde koşuyorlardı.**

Peki, balinaların yanı sıra çift parmaklı toynaklıları da doğurmuş olabilirler mi? Ne yazık ki, bu düşünce özel olarak hipopotam kuramına uymuyor. Mezonikidler bugünün çift parmaklı toynaklılarının kuzenleri gibi görünmelerine (buna inanmak için toynaklarını altında ve üstünde nedenler var) karşın, hipopotamlara, diğer çatal-tırnaklı hayvanlara olduklarından daha yakın değiller. Sürekli, moleküler şoka dönüyoruz: Balinalar yalnızca tüm çift-toynaklıların kuzenleri değildirler, bütünüyle çift-toynaklılara dahildirler ve hipopotamlara, inekler ve domuzlardan daha yakındırlar.

Bunların hepsini bir araya toplarsak, ileriye doğru şöyle bir kronoloji çıkarabiliriz. Moleküler kanıtlar, develer (ve lamalar) ile diğer çift-toynaklılar arasındaki ayrılmayı 65 milyon yıl önceye, aşağı yukarı son dinozorun öldüğü zamana yerleştiriyor. Bu arada, ortak atanın deveye benzer bir şey olduğunu düşünmeyin. O günlerde tüm memeliler, aşağı yukarı sivrifarelere benziyorlardı. Ama 65 milyon yıl önce, develeri doğuracak olan "sivrifareler", diğer çift-toynaklıların tamamını doğuracak olan "sivrifareler"den ayrıldılar. Domuzlarla (büyük çoğunluğu geviş getiren) geri kalanlar arasındaki ayrılık, 60 milyon yıl önce gerçekleşti. Geviş getirenler ile hipopotamlar arasındaki ayrılık ise yaklaşık 55 mil-

* Bu düşüncenin bir adı vardır; aynı yıl Lloyd Morgan tarafından ve daha önce Douglas Spalding tarafından önerilmesine karşın, Baldwin Etkisi deniliyor. The Living Stream'de Alister Hardy'nin yolunu izliyorum. Bir nedenle mistiklerin ve gericilerin gözdesidir.

** Korkunç Andrewsarchus onlardan biriydi.

yon yıl önce gerçekleşti. Sonra çok geçmeden, yaklaşık 54 milyon yıl önce balina soyu, hipopotam soyundan ayrıldı; bu aradaki süre, 50 milyon yıl önce yarı-sucul *Pakicetus* gibi ilkel balinaların evrilmesine yeter. Dişli balinalar ile çubuklu balinalar çok daha sonra, yaklaşık 34 milyon yıl önce ayrıldılar; bulunan en eski çubuklu balina fosilleri o zamana rastlıyor.

Benim gibi geleneksel bir zoologun hipopotam-balina bağlantısının keşfi karşısında hayrete düşmesi gerektiğini ima ettiğimde belki biraz abartıyordum. Ama, birkaç yıl önce ilk kez okuduğumda sahiden rahatsız olmamın nedenini açıklamaya çalışayım. Sorun, öğrenciyken öğrendiğimden farklı bir şeyin söz konusu olması değildi. Böyle bir şey beni hiç endişelendirmezdi, aksine heyecan verici bulurdum. Beni o zaman ve bir ölçüde hâlâ endişelendiren şey, hayvanları gruplandırma konusunda insanın yapmak isteyebileceği tüm genellemeleri zayıflatıyor gibi görünmesiydi. Bir moleküler taksonomistin yaşamı, her türü diğer türlerle ikişer ikişer karşılaştırmasına olanak vermeyecek kadar kısadır. Bunun yerine, sözün gelişi iki üç balina türü alınır ve bir bütün olarak balinaların temsilcisi oldukları varsayılır. Bu varsayım, balinaların, diğer hayvanların paylaşmadığı bir ortak atayı paylaşan bir klad oldukları anlamına gelir. Başka bir deyişle, tümünün yerine hangi balinayı ele aldığınızın önemli olmadığı varsayılıyor. Aynı şekilde, sözgelişi her kemirgen türünü ya da çift-toynaklı türünü test etmeye zamanımız olmadığı için, bir sıçandan ve bir inekten kan örneği alabiliriz.* Temsilci balinayla karşılaştırmak için hangi çift-toynaklıyı ele aldığınız önemli değil, çünkü çift-toynaklıların iyi bir klad olduklarını varsayarız, bu yüzden bir ineği, bir domuzu, bir deveyi ya da bir hipopotamı ele almamız fark etmez.

Ama şimdi bize önemli olduğu söyleniyor. Deve kanı ile hipopotam kanı, balina kanıyla farklı bir karşılaştırma sonucu verir; çünkü hipopotamlar, develerden çok balinaların yakın kuzenleridirler. Bunu bizi getirdiği yere bakın. Bir üyesi tarafından temsil edilen bir grup olarak birbirine bağlamak için çift-toynaklılara güvenemezsek, herhangi bir grubun birbirine bağlanacağından nasıl emin olabiliriz? Balinalarla karşılaştırmak için cüce bir hipopotamı mı, yoksa normal bir hipopotamı mı tercih ettiğimiz önemli olmayacak şekilde, hipopotamları bir bütün sayabilir miyiz? Ya balinalar normal hipopotamlardan çok cüce

*Aslında, memelilerde en iyi DNA kaynağı kan değildir; çünkü, omurgalılar arasında alışılmadık bir biçimde, kırmızı kan taneciklerinin çekirdek grubu yoktur.

hipopotamlara yakınsalar? Aslında bunu yok varsayabiliriz; çünkü fosil kanıtlar, iki hipopotam cinsinin yakın zamanda, bizim şempanzelerden ayrıldığımız zaman ayrıldıklarını gösteriyor ve bu durum, tüm farklı balina ve yunus türlerinin evrilmesine yetecek zaman bırakmıyor.

Tüm balinaların bir ataya bağlanması daha sorunludur. Görünürde dişli balinalar ile çubuklu balinalar, karadan denize tamamen ayrı iki dönüşü temsil edebilirler. Aslında bu olasılık sıkça savunulmaktadır. Hipopotam bağlantısını gösteren moleküler taksonomistler, çok akıllı bir biçimde hem bir dişli balinadan, hem bir çubuklu balinadan DNA aldılar. İki balinanın, bir hipopotamdan daha çok birbirleriyle yakın kuzen olduklarını buldular. Peki, "dişli balinalar"ın bir grup olarak birbirlerine bağlandıklarını nerden biliyoruz? "Çubuklu balinalar"ın da? Belki de, tüm çubuklu balinalar, bir hamsterle akraba olan minke balinası hariç, bir hipopotamla akrabadır. Hayır, buna inanmıyorum ve çubuklu balinaların gerçekten, çubuklu balina olmayan hiçbir şeyin paylaşmadığı ortak bir atayı paylaşan birleşik bir klad olduklarını düşünüyorum. Hipopotam-balina keşfinin, güveni ne kadar sarstığını görebiliyor musunuz?

Balinaların bu bakımdan özel bir durum olmaları için iyi bir neden düşünebilsek, güvenimizi yeniden kazanabiliriz. Balinalar, kaliteli çift-toynaklılarsa, evrim diliyle konuşacak olursak, aniden diğer çift-toynaklıları geride bırakarak başını alıp giden çift-toynaklılardır. En yakın kuzenleri hipopotamlar, normal, saygın çift-toynaklılar olarak görece durağan kaldılar. Balinaların tarihinde, onlara aşırı evrimsel hız kazandıran bir şey oldu. Diğer çift-toynaklılardan o kadar çok hızlı evrildiler ki, bu grup içindeki kökenleri, moleküler taksonomistler gelip açığa çıkarana kadar, karanlıkta kaldı. O halde, balinaların tarihinde özel olan nedir?

Bu şekilde yazınca, çözüm sayfayı aşar. Karadan ayrılıp tamamen sucul olmak, biraz uzaya gitmeye benzer. Uzaya çıkınca ağırlığımız olmaz (bu arada, birçok kişinin sandığı gibi yerçekiminden çok uzakta olduğumuz için değil, henüz paraşütünü açmamış bir paraşütçü gibi serbest düşüş halinde olduğumuz için). Balina yüzer. Beslenmek için karaya çıkan bir foktan ya da su kaplumbağasından farklı olarak, bir balina durmadan yüzer. Hiçbir zaman yerçekimiyle uğraşmak zorunda değil. Bir hipopotam suda zaman geçirir, ama hâlâ kara için dayanıklı, ağaç gövdesi gibi bacaklara ve güçlü bacak kaslarına ihtiyacı vardır. Balinanın bacaklara ihtiyacı yoktur, bacakları da yoktur. Bir balinayı,

yerçekiminin zorbalığından kurtulmuş bir hipopotam gibi düşünün. Elbette, tüm zamanı suda geçirmekle ilgili o kadar çok tuhaf şey var ki, balinanın ani bir evrimle, karada ve çift-toynaklıların ortasında kalan hipopotamları geride bırakması çok daha az şaşırtıcı geliyor. Bu, birkaç paragraf önce gereksiz yere panik yarattığımı gösteriyor.

300 milyon yıl önce, balık atalarımız sudan karaya çıkınca da aynı şey oldu. Balinalar yüce hipopotamlarsa, biz de yüce akciğerli-balığız. Çift-toynaklıların arasından, diğer çift-toynaklıları "geride" bırakan bacaksız balinaların çıkması, belirli bir balık grubundan, o balıkları "geride" bırakan dört ayaklı memelilerin çıkmasından daha fazla şaşırtıcı görünmemelidir. Hipopotam-balina bağlantısını bu şekilde rasyonelleştiriyorum ve kaybolan zoolojik huzuruma tekrar kavuşuyorum.

HİPOPOTAM'IN HİKÂYESİ'NE SONSÖZ

Zoolojik huzurun canı cehenneme. Bu kitap hazırlığının son evrelerindeyken bir şey dikkatimi çekti. 1866'da, büyük Alman zoolog Ernst Haeckel, memelilerin şematik bir evrim ağacını çizdi [bkz. resim 9]. Zooloji tarihlerinde üretilmiş tam ağacı çok görmüştüm; ama balinaların ve hipopotamların Haeckel'in şemasındaki konumunu daha önce hiç fark etmemiştim. Balinalar, bugünkü gibi "Cetacea"ydı ve Haeckel onları, çift-toynaklılara yakın yerleştirmiş. Ama daha çekici olan, hipopotamları koyduğu yerdir. Hipopotamlara "Obesa" adını vermiş ve onları çift-toynaklılar içinde değil, Cetacea'ya giden dal üzerinde küçük bir sürgün olarak göstermiş.* Haeckel hipopotamları, balinaların kardeş grubu olarak sınıflandırmış: Ona göre hipopotamlar, domuzlardan çok balinaların yakın akrabalarıydı ve üçü, ineklerden çok birbirleriyle yakın akrabaydı.

> [G]üneşin altında yeni bir şey yok. Bak, bu yenidir, diyecek bir şey var mı? Çoktan, bizden evvel olan asırlarda olmuştur.
>
> *Kitabı Mukaddes*, Vaiz 1: 9-10

FOK'UN HİKÂYESİ

Pek çok yabanıl hayvan topluluğunun, aşağı yukarı eşit sayıda erkek ve dişisi vardır. Bunun iyi bir Darvinci nedeni vardır ve bu neden, büyük istatistikçi ve evrim genetikçisi R. A. Fisher tarafından açıkça

*Bununla birlikte Haeckel her şeyi doğru yapmamış. Denizineklerini (dugonglar ve manatiler) balinalarla birlikte sınıflar.

görülmüştür. Sayıların eşit olmadığı bir nüfus düşünün. Az bulunur cinsiyetin üyeleri, yaygın bulunan cinsiyetin bireyleri karşısında ortalama olarak bir üreme avantajına sahip olurlar. Bunun nedeni, aranır durumda olmaları ve daha kolay eş bulmaları değildir (bu da ek bir neden olmasına karşın). Fisher'in nedeni, ekonomik bir yanı da olan daha derin bir nedendir. Diyelim ki, bir toplulukta dişilerin iki katı erkek vardır. Şimdi her çocuğun yalnızca bir annesi ile bir babası olduğuna göre, diğer şeyler eşit olmak üzere ortalama dişinin, ortalama erkeğin iki katı çocuğu olmalıdır. Sorun, eldeki çocukları eldeki ebeveynlere tahsis etme sorunudur. Bu yüzden, ebeveynlerin kızlardan çok oğlanları ya da oğlanlardan çok kızları tercih etme genel eğilimi, derhal doğal seçilim tarafından karşıt eğilimle dengelenir. Evrimsel açıdan tek istikrarlı cinsiyet oranı 50/50'dir.

Ama bu kadar basit değil. Fisher, mantıkta ekonomik bir incelik saptadı. Belki erkekler iki kat büyük oldukları için, bir erkek büyütmenin maliyeti bir kız büyütmenin iki katıysa ne olur? Bu durumda muhakeme değişir. Bir ebeveynin karşı karşıya kaldığı tercih artık, "Bir oğlum mu olsun, yoksa bir kızım mı?" değildir. "Bir oğlum mu olsun, yoksa aynı fiyata iki kızım mı?" tercihidir. Şimdi nüfustaki dengeli cinsiyet oranı, erkeklerin iki katı dişidir. Erkeklerin az bulunur olduğu gerekçesiyle oğul isteyen ebeveynler, avantajlarının, erkek yetiştirmenin ekstra maliyetleriyle zayıfladığını görürler. Fisher, doğal seçilimin eşitlediği gerçek cinsiyet oranının erkeklerin sayısının dişilerin sayısına oranı olmadığını; oğul büyütmeye yapılan ekonomik harcamanın kız büyütmeye yapılan ekonomik harcamaya oranı olduğunu hissetti. Peki, ekonomik harcama ne demektir? Yiyecek mi? Zaman mı? Risk mi? Evet bunların hepsinin pratikte önemli olması olasıdır ve Fisher'e göre, harcamayı yapan aracı her zaman ebeveynlerdi. Ama iktisatçılar, fırsat maliyeti dedikleri daha genel bir maliyet ifadesi kullanırlar. Bir çocuk yapmanın bir ebeveyne gerçek maliyeti, başka çocuk yapmak için kaybedilen fırsatlarla ölçülür. Fisher, bu fırsat maliyetine Ebeveyn Giderleri adını verdi. Fisher'in zeki bir entelektüel ardılı olan Robert L. Trivers, cinsel seçilimi aydınlatmak için, "Ebeveyn Yatırımı" adı altında aynı düşünceyi kullandı. Trivers, eşit ölçüde zeki David Haig'in şaşırtıcı yönlerde daha ileri taşıdığı bir kuramla, ebeveyn-evlat çatışması görüngüsünü açıkça anlayan ilk kişiydi.

Her zamanki gibi ve kıt felsefe bilgisiyle engellenmeyen okurlarımın canını sıkma pahasına, kullandığım kasıtlı dilin harfi harfine ele alınma-

ması gerektiğini bir kez daha vurgulamalıyım. Ebeveynler oturup, bir oğlumuz mu olsun, yoksa bir kızımız mı olsun diye tartışmazlar. Doğal seçilim, üreyen bir topluluğun tamamında, oğullara ve kızlara eşit ya da eşitsiz ebeveyn giderlerine yol açacak şekilde yiyecek ya da başka kaynak yatırma genetik eğilimini kayırır ya da engeller. Pratikte bu, çoğu kez nüfus içinde eşit sayıda erkek ve dişi anlamına gelir.

Peki bir erkek azınlığın kadın çoğunluğu haremine aldığı durumlara ne demeli? Bu, Fisher'in beklentilerine aykırı mıdır? Bir de erkeklerin dişilerin önünden sırayla geçtiği ve dişilerin tepeden bakıp gözdesini seçtiği durumlar var? Pek çok dişinin gözdesi aynı erkektir, dolayısıyla sonuç haremle aynıdır: Çok-karılılık –ayrıcalıklı bir erkek azınlığın, kadın çoğunluğa orantısız erişimi. Sonuçta bu erkek azınlık, sonraki kuşağın büyük bölümünün babası olur; diğer erkekler ortalıkta bekar dolaşır. Çok-karılılık, Fisher'in beklentilerine aykırı mıdır? Hayır. Fisher yine de oğullara ve kızlara eşit yatırım bekler ve haklıdır. Erkeklerin düşük bir üreme beklentisi olabilir; ama ürerlerse de, fazlasıyla ürerler. Dişilerin çocuk sahibi olmaması olası değil, ama çok çocuk sahibi olmaları da olası değil. Aşırı çok-karılılık koşullarında bile, sayılar eşitlenir ve Fisher'in ilkesi geçerliliğini korur.

Çok-karılılığın en uç örneklerinden bazılarına foklar arasında rastlanır. Foklar üremek için, çoğu kez sürüler halinde, yoğun cinsel etkinlik ve saldırganlıkla kendilerini sahillere atarlar. Kaliforniyalı zoolog Burney LeBoeuf'ün denizfilleriyle (fil foklar) ilgili ünlü bir araştırmasına göre, erkeklerin yüzde dördü, görülen tüm çiftleşmelerin yüzde 88'inden yer almışlardı. Diğer erkeklerin hoşnutsuz olmasına ve denizfili savaşlarının, memeli krallığındaki en şiddetli savaşlar arasında olmasına şaşmamak gerek.

Denizfilleri adlarını (fil standartlarına göre kısa ve yalnızca sosyal amaçla kullanılan) hortumlarından alırlar; ama cüsselerinden de alabilirlerdi. Güney denizfilleri 3,7 tona, yani bazı dişi fillerden fazla bir ağırlığa ulaşabilirler. Ne var ki, yalnızca erkek foklar bu ağırlığa ulaşırlar ve hikâyenin esas noktalarından biri de budur. Dişi denizfillerinin ağırlığı, tipik olarak boğaların ağırlığının dörtte birinden azdır; bundan dolayı da, boğalar birbiriyle dövüşmeye kalkınca, yavrularla birlikte altta kalıp ezilirler.*

*Erkek fokların kendi türlerinden yavruları ezdiklerine şaşmayın. Ezilen yavrunun, o erkeğin kendi yavrusu olma olasılığı, rakip bir erkeğinki olma olasılığından fazla değildir. Bu yüzden, ezilmeye karşı Darvinci bir seçilim yoktur.

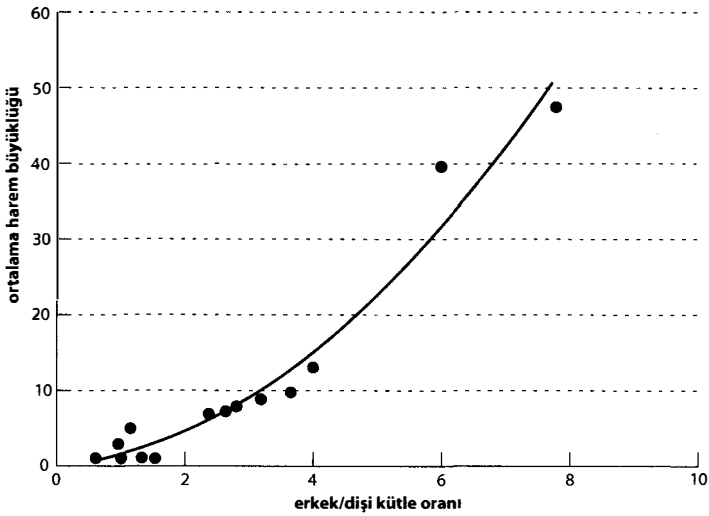
Erkekler neden dişilerden bu kadar büyüktür? Büyük cüsse, harem kurmalarına yardımcı olduğu için. Hangi cinsiyetten olursa olsun, pek çok genç fok, harem kuramamış küçük bir foktan çok, harem kurmuş dev bir babanın çocuğudur. Hangi cinsiyetten olursa olsun, pek çok genç fok, cüssesi savaş kazanmaktan çok çocuk doğurup büyütme işine olabildiğince uygun olan, görece küçük bir annenin çocuğudur.

Erkek ve dişi karakteristiklerin birbirlerinden ayrı olarak en iyi koşullara yükselişi gen seçilimiyle oluşur. İnsanlar, söz konusu genlerin her iki cinste bulunduğunu öğrenince bazen şaşırırlar. Doğal seçilim, cinsiyet-sınırlı denilen genleri kayırmıştır. Cinsiyet-sınırlı genler her iki cinste vardır; ama yalnızca bir cinste açıktır. Örneğin, gelişmekte olan foka "Erkeksen, çok büyü ve dövüş," diyen genler, "Dişiysen fazla büyüme ve dövüşme," diyen genlerle aynı zamanda kayırılır. Her iki gen sınıfı oğlanlara ve kızlara geçer; ama her biri kendisini tek bir cinsiyette ifade eder.

Genel olarak memelilere bakarsak, bir genelliği fark ederiz. Cinsel iki-biçimlilik –erkekler ile dişiler arasında büyük bir farklılık anlamında– çok-karılı türlerde, özellikle de harem tarzı bir yapıda en belirgin olma eğilimindedir. Gördüğümüz gibi, bunun iyi kuramsal nedenleri vardır ve denizfilleri ile denizaslanlarının bu konuda çok ileri gittiklerini de gördük.

Aşağıdaki grafiğin kaynağı, Michigan Üniversitesi'nden ünlü zoolog Richard D. Alexander ve çalışma arkadaşlarının yürüttüğü bir çalışmadır. Grafikteki her siyah nokta bir denizaslanı ya da fok türünü temsil eder ve cinsel iki-biçimlilik ile harem büyüklüğü arasında güçlü bir ilişki olduğunu görebilirsiniz. Uç durumlarda, örneğin grafikte yukarıdaki iki noktayla temsil edilen güneyli denizfillerinde ve kuzeyli kürklü foklarda, erkekler dişilerin altı katından fazla ağır olabilirler. Bu türlerde, başarılı erkeklerin –hafif deyimiyle bir azınlığın– büyük haremleri vardır. Genel sonuçlar çıkarmak için uç türler kullanılamaz. Ama foklar ve denizaslanları için bilinen verilerin istatistiksel çözümlenmesi, gördüğümüzü düşündüğümüz eğilimin gerçek olduğunu doğrular (bir şans etkisi olma olasılığı, 1/5000'den azdır). Toynaklılarda ve maymunlar ile insaymunlarda aynı yönde zayıf kanıtlar vardır.

Bunun evrimsel mantığını tekrarlarsak, erkekler diğer erkeklerle dövüşten çok şey kazanırlar ve çok şey kaybederler. Her iki cinsiyetten doğan bireylerin çok büyük çoğunluğu, uzun bir harem kurmayı başaran erkek ataların ve haremlerin üyesi dişi ataların torunlarıdırlar.



Cinsel iki-biçimlilik ile harem büyüklüğü arasındaki ilişki. Her nokta, bir fok ve denizaslanı türünü temsil ediyor. Alexander vd.'den uyarlandı [bkz. Kaynakça].

Bu nedenle pek çok birey, ister erkek olsun ister dişi, ister kaybeden olsun ister kazanan, erkek vücutların harem kurmasına ve dişi vücutların da o haremlere katılmasına yardım eden genetik donanımı miras alır. Cüsse rağbet görür ve başarılı erkekler, gerçekten çok iri olabilirler [bkz. resim 10]. Dişiler, diğer dişilerle dövüşten fazla bir şey kazanmazlar ve varlıklarını sürdürmeye ve iyi anne olmaya yetecek kadar büyüktürler. Her iki cinsiyetten bireyler, dişileri dövüşmekten uzak tutan ve çocuk büyütmeye yoğunlaştıran genleri miras alırlar. Her iki cinsiyetten bireyler, erkekleri diğer erkeklerle dövüştüren genleri miras alırlar. Erkekler anlaşmazlıklarını yazı turayla halledebilselerdi, evrimsel zaman içinde küçülüp dişiler kadar ya da daha küçük olurlardı ve zamanlarını çocuklara bakmaya ayırabilirlerdi. Uç durumlarda oluşumu ve bakımı epeyce yiyeceğe mal olan fazla kütleleri, diğer erkeklerle rekabet edebilmek için ödedikleri bedeldir.

Elbette tüm türler foklar gibi değildir. Birçoğu tekeşlidir ve cinsler birbirlerine çok benzerler. Cinslerin aynı büyüklükte olduğu türlerin, at gibi kimi istisnalar hariç, haremleri yoktur. Erkeklerin dişilerden belirgin bir biçimde büyük olduğu türler, harem sahibi olma ya da çok-karılılığın başka bir biçimini uygulama eğilimindedirler. Pek çok tür, muhtemelen farklı ekonomik koşullarına bağlı olarak ya çok-karılıdırlar ya da tekeşlidirler. Çok-kocalılık (birden fazla erkekle eşleşen dişiler) en-

derdir. Yakın akrabalarımız arasında gorillerin, hareme dayalı çok-karılı bir üreme sistemi vardır; gibonlar ise sadık tekeşlidirler. Bunu cinsel iki-biçimliliklerinden ya da cinsel iki-biçimlilikten yoksun oluşlarından çıkarabiliriz. Büyük bir erkek gorilin ağırlığı, tipik bir dişinin iki katıdır; dişi ve erkek gibonlar ise yaklaşık olarak eşit büyüklüktedirler. Şempanzelerin uçkuru çok daha gevşektir.

Fok'un Hikâyesi, uygarlık ve geleneğin izleri silmesinden önceki doğal üreme sistemimizle ilgili bir şey anlatabilir mi? Cinsel iki-biçimliliğimiz orta karardır, ama yadsınamaz. Bir sürü kadın bir sürü erkekten uzundur; ama en uzun erkekler, en uzun kadınlardan uzundur. Birçok kadın birçok erkekten daha hızlı koşabilir, daha fazla ağırlık kaldırabilir, mızrağı daha uzağa atabilir, daha iyi teniz oynayabilir. Ama insanlar için, yarış atlarından farklı olarak, temelde yatan cinsel iki-biçimlilik, aklınıza gelen her spor dalında üst düzeyde cinsiyetten bağımsız açık rekabeti önler. Pek çok fiziksel spor dalında, dünyada ilk yüze giren her erkek, ilk yüze giren her kadını yener.

Öyle de olsa, fokların ve diğer birçok hayvanın standartlarına göre, biz yalnızca birazcık iki-biçimliyiz. Gorillerden daha az, gibonlardan daha fazla. Belki de hafif iki-biçimliliğimiz, dişi atalarımızın bazen tekeşli, bazen küçük haremlerde yaşadıkları anlamına gelir. Modern toplumlar o kadar çeşitlidir ki, neredeyse her anlayışı destekleyecek örnekler bulabilirsiniz. G. P. Murdock'un 1967'de yayımlanan *Ethnographic Atlas*'ı, cesur bir derlemedir. Tüm dünyada incelenen 849 insan toplumunun özelliklerini sıralar. Oradan haremlere izin veren toplumlar ile tekeşliliği dayatan toplumların sayılarını çıkarmayı umabiliriz. Çizginin çekileceği yerin ya da bağımsız sayılacak şeyin nadiren aleni olması sorun yaratıyor. Bu durum, doğru istatistik yapmayı zorlaştırır. Yine de, atlas elinden geleni yapıyor. 849 toplumun 137'si (yaklaşık yüzde 16) tekeşlidir, dördü (yüzde birden az) çok-kocalıdır ve yüzde 83'ü (708 toplum) çok-karılıdır (erkekler birden fazla eşe sahip olabilir). 708 çok-karılı toplum, aşağı yukarı eşit bir biçimde, toplum kurallarının çok-karılılığa izin verdiği, ama çok-karılılığın pratikte ender olduğu toplumlar ile norm olduğu toplumlar olarak ayrılıyor. "Norm", kadınlar için harem üyeliğine, erkekler için harem özlemine işaret eder. Tanımı gereği, kadın ve erkek sayısı eşit sayılırsa, erkeklerin çoğunluğu mahrum kalır. Çin imparatorlarından ve Osmanlı sultanlarından bazılarının haremleri, denizfillerinin ve kürklü fokların rekorlarını geride bırakır. Yine de fiziksel iki-biçimliliğimiz, foklarla ve –yeterince kanıt olmasa

da– avustralopitesinlerle karşılaştırıldığında azdır. Bu, avustralopitesin reislerin Çin imparatorlarından daha büyük haremlere sahip oldukları anlamına gelir mi?

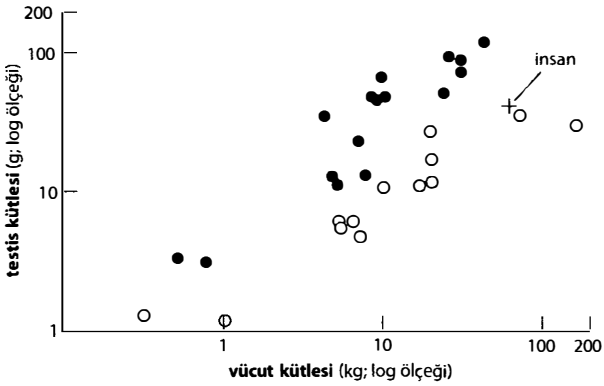
Hayır. Kuramı safça uygulamamalıyız. Cinsel iki-biçimlilik ile harem büyüklüğü arasındaki bağıntı, gevşektir. Fiziksel büyüklük, rekabet gücünün yalnızca bir işaretidir. Denizfilleri için erkek büyüklüğü herhalde önemlidir; çünkü diğer erkeklerle fiziksel olarak dövüşerek, onları ısırarak ya da ağırlıklarıyla alt ederek haremlerini kurarlar. Cüsse, insangillerde herhalde önemsiz değildir. Ama bazı erkeklerin orantısız sayıda dişiyi kontrol etmesine olanak veren bir tür ayırıcı güç, fiziksel büyüklüğün yerini alabilir. Bir reisin dostu olmak –ya da daha iyisi reis olmak– bireye güç verir: Büyük bir boğa fokun küçük bir fokun gözünü korkutmasına eşdeğer biçimde, rakip erkeklerin gözünü korkutmasına olanak verir ya da ekonomik zenginlik bakımından büyük eşitsizlikler olabilir. Karıları almak için dövüşmezsiniz, onları satın alırsınız ya da sizin yerinize dövüşmeleri için askerlere para verirsiniz. Sultan ya da imparator fiziksel olarak pısırığın teki olabilir; yine de, erkek bir denizfilininkinden büyük bir harem kurabilir. Gelmek istediğim nokta şu: Avustralopitesinler cüsse bakımından bizden çok daha fazla iki-biçimli olmuş olsalar bile, onlardan evrilmemiz, bizzat çok-karılılıktan uzaklaşma hareketi olmamış olabilir. Yalnızca erkek rekabeti için kullanılan silahlar -büyük cüsse ve kaba güçten, ekonomik güce ve siyasal yıldırıcılığa doğru- değişmiş olabilir. Elbette, daha sahici bir cinsel eşitliğe doğru da kaymış olabiliriz.

Cinsel eşitsizlikten hoşlanmayan bizler için, kaba güce dayanan çok-karılılıktan farklı olarak kültürel çok-karılılıktan kurtulmanın oldukça kolay olma olasılığı, teselli edici bir umuttur. (Mormon olmayan) Hıristiyan toplumlar gibi, resmi olarak tekeşlileşen toplumlarda, bu umut görünürde gerçekleşmiş gibi görünüyor. "Görünürde" ve "resmi olarak" diyorum; çünkü, görünürde tekeşli olan toplumların göründükleri gibi olmadıklarına ilişkin kanıtlar var. Laura Betzig, Darvinci düşünce tarzına sahip bir tarihçidir. Eski Roma ve ortaçağ Avrupa toplumları gibi açıkça tekeşli olan toplumların, aslında çokeşli olduklarını ortaya çıkarmıştır. Zengin bir soylunun ya da malikane efendisinin, yalnızca tek bir yasal karısı olmuş olabilir; ama fiilen dişi kölelerden, hizmetçilerden, yarıcıların karılarından ve kızlarından oluşan büyük bir haremi vardı. Betzig, aynı şeyin rahipler için, hatta bekâr olması gerekenler için bile, gerçekli olduğunu gösteren kanıtlar sunar.

Bazı bilim insanları, bu tarihsel ve antropolojik olguları, mütevazı cinsel iki-biçimliliğimizle birlikte, çok-karılı bir üreme rejimi altında evrildiğimizi gösteren olgular olarak görürler. Ama cinsel iki-biçimlilik, biyolojiden alabileceğimiz tek ipucu değildir. Geçmişten gelen ilginç bir işaret de, testis büyüklüğüdür.

En yakın akrabalarımız şempanzelerin ve bonoboların aşırı büyük testisleri vardır. Ne goriller gibi çok-karılıdırlar, ne gibonlar gibi tekeşlidirler. Dişi şempanzeler kızışma dönemlerinde normalde birden fazla erkekle çiftleşirler. Bu rasgele çiftleşme örüntüsü, bir dişinin birden fazla erkekle istikrarlı bağı anlamına gelen çok-kocalılık değildir. Herhangi bir basit cinsel iki-biçimlilik örüntüsü bildirmez. Ama İngiliz biyolog Roger Short'a büyük testislere ilişkin bir açıklama esinler: Şempanze genleri, aynı dişi içinde birçok erkeğe ait rakip spermlerle yaptığı yarışı kazanmak zorunda olan sperm hücreleri aracılığıyla kuşaktan kuşağa geçmiştir. Böyle bir dünyada, sperma hücresi sayısı önemlidir ve bu da büyük testisleri gerektirir. Diğer yanda erkek gorillerin küçük testisleri vardır, ama güçlü omuzları ve güçlü ses çıkaran göğüsleri vardır. Goril genleri, kadınları kazanmak için erkek dövüşleriyle ve kendi göğsüne vurarak yapılan tehditlerle rekabetlerini yürütürler; bu da, dişiler içindeki sperm rekabetinin önüne geçer. Şempanzeler, vajinaların içindeki vekil spermler yoluyla rekabet ederler. Gorillerin belirgin cinsel iki-biçimliliğe ve küçük testislere, şempanzelerin büyük testislere ve zayıf cinsel iki-biçimliliğe sahip olmalarının nedeni budur.

Meslektaşım Paul Harvey, Roger Short da aralarında olmak üzere çeşitli arkadaşlarla, maymunlardan ve insaymunlardan karşılaştırmalı kanıtlar kullanarak bu düşünceyi test etti. Yirmi primat cinsini alıp, testislerini tarttılar. Fiilen kütüphanelere gidip, testis kütleleriyle ilgili yayımlanmış bilgileri topladılar. Büyük hayvanlar, küçük hayvanlardan daha büyük testislere sahip olma eğilimindedirler; bu yüzden buna uygun düzeltme yapmalıydılar. Yöntemleri, Becerikli'nin Hikâyesi'nde beyinler için açıklanan yöntemdi. Her maymun ya da insaymun cinsini, vücut kütlesine oranla testis kütlesini gösteren bir grafiğe nokta olarak yerleştirdiler ve Becerikli'nin Hikâyesi'nde gördüğümüz nedenlerle, her ikisinin logaritmasını aldılar. En alttaki marmosetlerden en tepedeki gorillere kadar noktalar düz bir çizginin etrafına düştü. Beyinlerde olduğu gibi, ilginç soru şuydu: Hangi türlerin cüsselerine göre büyük, hangilerinin küçük testisleri vardır? Çizginin etrafına saçılan noktalardan, hangileri çizginin altına, hangileri üstüne düşüyor?



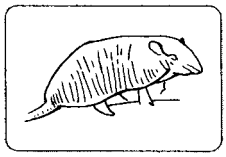
Testis kütlesi ile vücut kütlesi arasındaki ilişki. Her nokta, bir primat türünü temsil ediyor. Harvey ve Pagel'den [bkz. Kaynakça] uyarlandı.

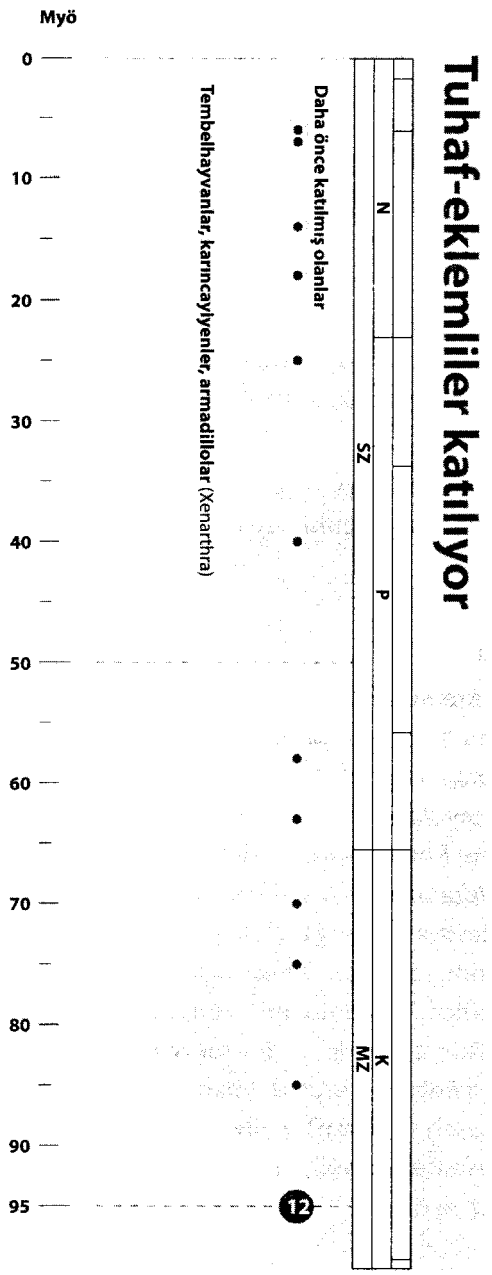
Sonuçlar fikir vericidir. İçi dolu siyah simgelerin tümü, şempanzeler gibi dişilerin birden fazla erkekle çiftleştiği ve dolayısıyla sperm rekabetinin olası olduğu hayvanları temsil eder. Şempanze, en üstteki siyah dairedir. İçi boş küçük daireler, ya goriller (en sağdaki içi boş küçük daire) gibi harem sahibi oldukları ya da gibonlar gibi sadık tekeşli oldukları için sperm rekabetini fazla gerektirmeyen üreme sistemlerine sahip hayvanları temsil eder.

İçi boş daireler ile içi dolu dairelerin ayrılığı tatmin edicidir.* Öyle görünüyor ki, sperm rekabeti hipotezini destekleyecek kadar veri var. Elbette, grafikte nereye düştüğümüzü bilmek isteriz. Testislerimiz ne kadar büyüktür? Grafikteki konumumuz, orangutana yakındır. Öyle görünüyor ki, siyah dairelerden çok, içi boş küçük dairelerle birlikte kümeleniyoruz. Şempanzelere benzemiyoruz ve herhalde evrim tarihimizde, sperm rekabetiyle çok fazla uğraşmak zorunda kalmadık. Ama bu grafik, evrimsel geçmişimizin üreme sisteminin bir gorilinki gibi mi (harem), yoksa bir gibonunki gibi mi (sadık tekeşli) olduğu konusunda hiçbir şey söylemez. Bu durum bizi tekrar, cinsel iki-biçimlilik ve antropolojik kanıtlara yöneltiyor ve her iki kanıt da, hafif çok-karılılığı - harem kurma yönünde küçük bir eğilimi-gösteriyor.

Yakın evrimsel atalarımızın düşük düzeyde de olsa çok-karılı olduklarına ilişkin kanıtlar varsa, bunun moral ya da siyasal bir duruşu şu ya

*Bu tür örgülerde, yalnızca birbirinden bağımsız verilerin kullanılması önemlidir; aksi takdirde, sonuçlar haksız yere şişebilir. Harvey ve çalışma arkadaşları, türler yerine cinsleri hesaba katarak bu tehlikeden sakınmaya çalıştılar. Bu, doğru bir adamdır; ama ideal çözüm, *The Explanation of Organic Diversity*'de Mark Ridley'in öne sürdüğü ve Harvey'in de tamamen katıldığı çözümdür: Aile ağacının kendisine bak; ne türleri, ne cinsleri, yalnızca ilgili karakteristiklerin bağımsız evrimini hesaba kat.





Tuhaf-eklemliler katılıyor. Moleküler taksonomistlerin saptadığı dört büyük eteneli memeli grubundan, en erken dallanan ikisi Afrika memelileri (bkz. Randevu 13) ile Güney Amerikalı Tuhaf-eklemlilerdir (yaklaşık 30 tembelhayvan, karıncayiyen ve armadillo türü). Daha fazla veri Randevu 12 ile 13'ün sırasını değiştirebilir; burada şu andaki konsensüsü çiziyoruz.
Çizgi resim: Altı kemerli armadillo (*Euphractus sexcintus*).

ayrıldıktan çok sonra, muhtemelen de ayrı ayrı rastlantısal sal yolculuklarıyla Güney Amerika'ya girdiklerini zaten görmüştük. Maymunlar ve kemirgenler geldiklerinde, benzersiz memelilerin yoğun bir biçimde yaşadığı bir kıta buldular. Büyük Amerikalı zoolog G. G. Simpson'ın *Splendid Isolation* kitabından ödünç aldığımız ifadeyle, Güney Amerika'nın bu "demirbaşları" üç ana gruba aitti. Bu gruplardan biri Tuhaf-eklemlilerdir ve daha sonra döneceğimiz keseliler de vardı. Geri kalan demirbaşlara da kabaca toynaklılar denilebilir. Randevu 11'de gördüğümüz gibi, "toynaklı" taksonomik olarak kesin bir sözcük değil. Güney Amerika'nın bu demirbaşları, atlarla, gergedanlarla ve develer gibi otçuldular; ama onlardan bağımsız evrildiler.

Madagaskar'dan ve Avustralya'dan farklı olarak Güney Amerika'nın yalıtılmışlığı, insan yolculuğu her türlü zoolojik yalıtılmışlığa son vermeden önce, doğal yolla son buldu. 3 milyon yıl önce Panama Kıstağı'nın doğuşu, Büyük Amerikan Mübadelesi'ne yol açtı. Kuzey ve Güney Amerika'nın ayrı faunaları, kıstağın oluşturduğu dar koridordan birbirlerinin kıtalarına geçtiler. Bu durum iki faunayı zenginleştirdi, ama sonra her iki tarafta, en azından kısmen rekabetin bir sonucu olarak bazı soylar tükendi.

Bugün Güney Amerika'da, Büyük Amerikan Mübadelesi'nden ötürü, tapirler (tek-parmaklı toynaklılar) ve pekariler (çift-parmaklı toynaklılar) –şu anda Kuzey Amerika'da tapirlerin soyları tükenmiş olmasına ve pekariler de büyük ölçüde azalmış olmalarına karşın, oradan gelen hayvanlar– vardır. Mübadele nedeniyle bugün Güney Amerika'da jaguarlar var. Daha önce hiçbir kedigil, ya da Etçiller takımının hiçbir üyesi yoktu. Onların yerine, keskin dişli yırtıcılara (gerçek kedilere) benzeyen etçil keseliler vardı. Armadillolar, glyptodonlar –hem keseli, hem eteneli, kuyruklarının ucunda, herhalde keskin dişli yırtıcılara karşı kullanılan, üstü çivi gibi sivri uçlarla donanmış kemikten bir topuz bulunan dev armadillolar– da dahil, mübadeleden itibaren Kuzey Amerika'da var oldular. Ne yazık ki, glyptodonların soyu oldukça yakın zamanda tükendi; bugünün ağaç tembelhayvanının yerde ikamet eden kuzenleri olan dev yer tembelhayvanları gibi. Yer tembelhayvanlarının arka ayaklarının üzerine kalkıp ağaçlarda beslendikleri söylenir ve bugün fillerin yaptığı gibi, ağaçları devirmiş de olabilirler. En büyükleri, gerçekten de fil boyutundaydı; altı metre uzunluğunda ve üç ila dört ton ağırlığında. Yer tembelhayvanları (en büyükleri olmasa da) Kuzey Amerika'da Alaska'ya kadar çıktılar.

Diğer taraftan gelen, tümü de deve ailesinin üyesi olan lamalar, alpakalar, guanakolar ve vikunyalar, şimdi yalnızca Güney Amerika'da varlar; ama devegiller, aslında Kuzey Amerika'da evrildiler. Oldukça yakın zamanda, muhtemelen Alaska üzerinden Asya'ya, sonra Arabistan'a ve Afrika'ya yayıldılar; Moğolistan steplerinin çift hörgüçlü develerini ve sıcak çöllerin hecin develerini buralarda doğurdular. At ailesi de, evriminin çok büyük bir bölümünü Kuzey Amerika'da gerçekleştirdi, sonra orada soyları tükendi; bu durum, ünlü conquistador'ların Avrasya'dan getirdiği atları gören yerli Amerikalıların içine düştüğü şaşkınlığı daha da acıklı kılıyor.

Karıncayiyenler Kuzey Amerika'ya geçmeyi başarmış gibi görünmüyorlar; ama üç cins Güney Amerika'da varlığını sürdürüyor ve çok sıra dışı memelilerdir. Dişleri yoktur ve özellikle de yerde yaşayan büyük karıncayiyen *Myrmecophaga*'nın kafatası, yapışkan uzun bir dille yuvalarından çıkarılan karıncaları ve termitleri emmek için uzun, eğri bir tüp, bir tür kamış haline gelmiştir. Size onlarla ilgili ilginç bir şey anlatayım. Pek çok memeli, bizim gibi, sindirime yardımcı olmak için mideye hidroklorik asit salgılar; ama Güney Amerikalı karıncayiyenler salgılamaz. Onun yerine, yedikleri karıncalardan aldıkları formik asitten yararlanırlar. Bu, doğal seçilimin tipik oportünizmidir.

Güney Amerika'nın diğer "demirbaş"larından keseliler, yalnızca opossumlar, çok farklı "sivrifare-opossumlar" (And Dağlarıyla sınırlı) ve fareye benzeyen tek monito del monte (küçük dağ maymunu –tuhaf bir biçimde, Avustralya'dan tekrar Güney Amerika'ya göç etmiş görünüyor) biçiminde varlıklarını sürdürüyorlar. Randevu 14'te onlarla buluşacağız.

Eski Güney Amerikalı "toynaklılar"ın tümünün soyu tükenmiştir ve şaşırtıcı yaratıklar oldukları için üzüntümüz daha büyüktür. Simpson'ın kullandığı "demirbaş" nitelemesi, atalarının çok uzun süreden beri, büyük olasılıkla da kıta Afrika'dan koptuğundan beri Güney Amerika'da bulundukları anlamına gelir. Daha fazla tanıdığımız memeliler Eski Dünya'da evrilip çeşitlenirken, aynı uzun dönem boyunca onlar da evrilip çeşitlendiler. Birçoğu Büyük Amerikan Mübadelesi zamanında, bazıları daha sonra gelişti. Litopternler erkenden, bir olasılıkla (burun kemiklerinin konumu nedeniyle) file benzer bir hortumu olan at-benzeri ve deve-benzeri biçimlere ayrıldılar. Başka bir grup olan pyrotherlerin de olasılıkla bir hortumları vardı ve diğer bakımlardan da fil-benzeri olmuş olabilirler. Kesinlikle çok büyüktüler. Güney Amerika'nın memeli faunası, fosil kemikleri ilk kez Darwin tarafından bulunan gergedan-

benzeri biçimlere eğilimliydi. Notoungulate denilenler, kocaman gergedan-benzeri toksodonları, daha küçük tavşan-benzeri ve kemirgen-benzeri biçimleri kapsar.

Armadillo'nun Hikâyesi, Güney Amerika'nın Memeliler Çağı'ndaki hikâyesidir. Gondvana'nın kopmasıyla sürüklenen Madagaskar, Avustralya ve Hindistan gibi dev bir salın hikâyesidir. Madagaskar'ı Ay-ayın Hikâyesi'nde ele aldık. Avustralya, Keseliköstebek'in Hikâyesi'nin konusu olacak. Hindistan, oldukça erken bir zamanda Asya'ya ulaşacak kadar hızlı kuzeye hareket etmeseydi ve dolayısıyla faunası, Memeliler Çağı'nın ikinci yarısında Asya faunasıyla birleşmemiş olsaydı, dördüncü sal deneyi olurdu. Afrika da, memelilerin yükselişi sırasında dev bir adaydı; ama Güney Amerika kadar ve o kadar uzun süre yalıtık kalmadı; ama yine de yalıtılmışlığı, büyük ve çok çeşitlilik sergileyen bir memeli grubunun, diğer memelilerden çok birbirleriyle yakın kuzen olan bir memeli grubunun birbirlerinden ayrılıp kendi yoluna gitmesine yetecek kadar uzun sürdü. Bunlar Afrika memelileridir ve Randevu 13'te onlarla buluşmak üzereyiz.

Randevu 13
AFRİKA MEMELİLERİ

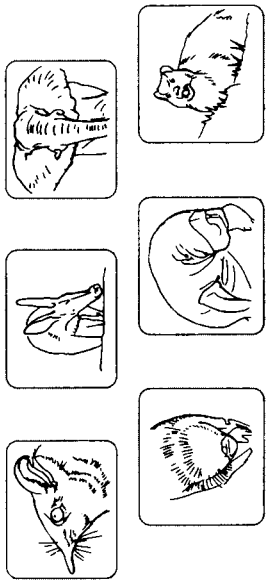
Afrika memelileri, hac yolculuğumuza katılan son eteneli memelilerdir. Adlarının da gösterdiği gibi Afrika kökenlidirler ve filleri, filfareleri, dugongları ve manatileri (denizfilleri ya da denizinekleri olarak de bilinir), kırsıçanlarını, yerdomuzlarını ve karıncaayılarını, bir olasılıkla Madagaskarlı tenrekleri ve Güney Afrikalı altın köstebekleri kapsıyorlar. Bundan sonra selamlayacağımız hacılar çok daha uzak kuzenlerimiz keseliler olacak; bu yüzden Afrika memelileri –tümü– keseli olmayan en uzak kuzenlerimizdir. Ortak Ata 13, 105 milyon yıl önce yaşadı ve 45 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimizdi. Yine Ortak Ata 12 ve 11 gibi, sivrifarelere epeyce benziyordu.

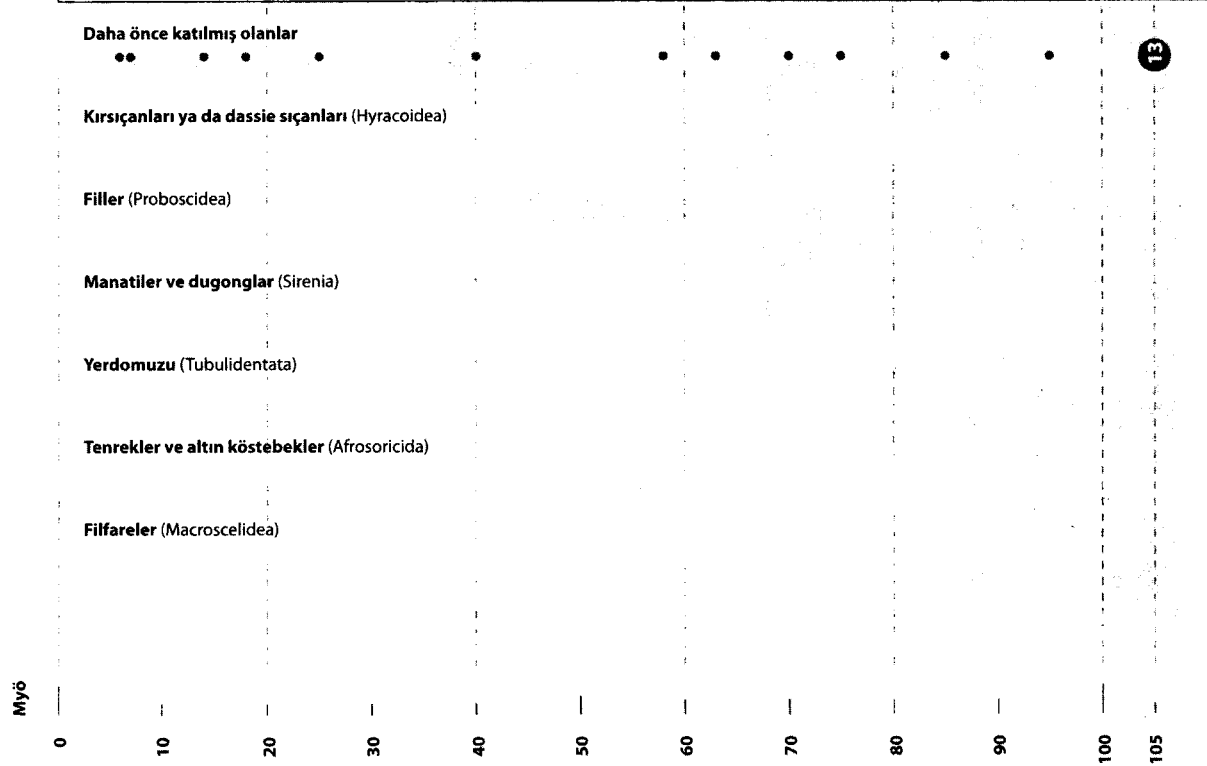
Çocukluğumun geçtiği ve eski adı Nyasaland olan güzel ülke Malavi'yi yeniden ziyaret edinceye kadar, bir filfaresi görmemiştim. Eşimle birlikte, ülkeye adını veren ve sahilinde ilk kova-kürek tatillerimi geçirdiğim büyük Rift Vadisi gölünün, Malavi Gölü'nün hemen güneyinde, Mvuu Koruma Alanı'nda bir süre geçirdim. Koruma alanında Afrikalı rehberimizin hayvanlarla ilgili ansiklopedik bilgisinden, hayvanları anında gören keskin gözlerinden ve dikkatimizi çekmek için başvurduğu anlatım tarzından yararlandık. Filfareleri, her seferinde onun aynı şakayı yapmasına neden oluyorlardı: "Minik beşlerden biri" [bkz. resim 11].

Adlarını uzun, hortum gibi burunlarından alan filfareleri, Avrupalı sivrifarelerden büyüktürler, daha uzun bacaklar üzerinde daha hızlı koşarlar –minyatür antilop gibidirler. Filfareleri daha kalabalıktılar ve daha fazla çeşitliydiler ve bugün de varlıklarını sürdüren böcekçillerin yanı sıra bitki yiyen türleri de kapsıyorlardı. Filfarelerinin, daha sonra yırtıcılardan kaçarken kullanmak üzere koşu yolları yapmaya zaman ayırma alışkanlıkları vardır. Bu, öngörü gibi görünüyor ve bir bakıma

Afrika memelileri katılıyor. Eteneli memelilerin yeni filogenisi, 79 kadar Afrika memelisi türü ile diğer tüm eteneliler arasındaki bölünmenin, grup içindeki en eski bölünme olduğunu kabul eder. Bununla birlikte, Randevu 12 ile 13'ün sırası, tamamen çözülmemiştir. Afrika memelileri içinde, fillerin, denizineklerinin ve kırsıçanlarının dallanma sırası; yerdomuzunun konumu; tenrekler ve altın köstebeklerle ilgili tartışma vardır.
Çizgi resimler, soldan sağa: Cape filfaresi (*Elephantulus edwardii*); Grant'ın altın köstebeği (*Eremitalpa granti*); yerdomuzu (*Orycteropus afer*); Batı Hint manatisi (*Trechechus manatus*); Afrika fili (*Loxodonta africana*); kaya damanı (*Procavia capensis*).

Afrika memelileri katılıyor





öyledir de; yine de bu, (her zamanki gibi, göz ardı edilememesine karşın) planlı niyet ima ediyormuş gibi anlaşılmamalıdır. Hayvanlar sıkça, gelecekleri için iyi olanı biliyorlarmış gibi davranırlar, ama "mış gibi" olduğunu asla unutmamalıyız. Doğal seçilim, akıl çelen; planlı bir amaç kalpazanıdır.

Sevimli küçük hortumlarına rağmen, filfarelerinin fillere özellikle yakın olabilecekleri kimsenin aklına gelmedi. Avrasyalı sivrifarelerin Afrikalı versiyonları oldukları sanıldı. Son moleküler kanıtlar, filfarelerinin, sivrifarelerden çok fillerin yakın kuzenleri olduklarına ilişkin bilgiyle bizi şaşırtıyor ve bazıları, onları sivrifarelerden uzaklaştırmak için diğer adları olan "sengi"yi tercih ediyor. Bu arada, filfarelerinin "hortum"ları, fillerle ilişkilerinden sonra gelir. Minik beşlerden büyük olanına, filin kendisine geliyoruz.

Bugün filler iki cinse inmiştir: Hindistan fili *Elephas* ve Afrika fili *Loxodonta*; ama bir zamanlar mamutlar ve mastodonlar da dahil çeşitli fil türleri, Avustralya hariç, bütün kıtaları turluyorlardı. Hatta Avustralya'ya da gittiklerine dair belirtiler bile var. Fil fosillerine ait parçalar bulunduğu bildirildi; ama bunlar herhalde Afrika'dan kalmaydı. Mastodonlar ve mamutlar yaklaşık 12 bin yıl önce, muhtemelen Clovis halkı tarafından imha edilene kadar Amerika'daydılar. Mamutlar Sibirya'da o kadar yakın zamanda öldüler ki, ara sıra toprakta donmuş olarak bulunurlar ve şairlerin söylediğine göre, çorbaları bile yapılmış:

DONMUŞ MAMUT

Nadir de olsa bu Yaratık, bulunuyor hâlâ
Kuzey Sibirya Bölgesinin Doğusunda.
O ilkel grubun tümü biliyor
Leşinden güzel çorba yapmayı,
Ama pişerken bilmek gerek geri durmayı
(Ciddiyim):
Postu haşlanmadan delinirse,
Berbat olur çorbanız.
Bu yüzden (canavarın büyüklüğünden ötürü)
Kimse bilmez tadını.

HILAIRE BELLOC

Afrika, tüm Afrika memelilerinin olduğu gibi, fillerin, mastodonların ve mamutların da eski yuvası; evrildikleri ve çeşitlendikleri alandır. Afrika, antiloplar ve zebralar, onları avlayan etçiller gibi başka memelilerin de yuvası oldu; ama bunlar, Afrika'ya daha sonra, büyük kuzey kıtası

Lavrasya'dan gelen Lavrasya memelileridir.

Fil takımına, aslında uzamış bir burun olan hortumlarından ötürü Proboscidea (hortumlu memeliler) denilir. Hortum birçok amaçla kullanılır; bu amaçlardan biri de su içmektir. Fil ya da zürafa gibi uzun bir hayvansanız, su içmek bir sorundur. Fillerin ve zürafaların yiyeceği, büyük ölçüde ağaçlarda yetişir; uzun boylu olmalarının bir nedeni de bu olabilir. Ama su yerde bulunur. Diz çöküp suya eğilmek bir olasılıktır. Develer bunu yapıyor. Ama tekrar ayağa kalkmak zor iştir; filler ve zürafalar için daha da zordur. Her ikisi, uzun bir borudan suyu emerek sorunu çözüyor. Zürafalar kafalarını borunun –boyunlarının– ucuna takıyorlar. Bu yüzden zürafa kafaları oldukça küçük olmak zorunda. Filler kafalarını borunun başlangıcında tutuyorlar –bu yüzden kafaları daha büyük ve daha beyinli olabilir. Elbette, boruları hortumlarıdır ve başka birçok işe de yarıyor. Başka bir yerde, fil hortumu konusunda Oria Douglas-Hamilton'dan alıntı yapmıştım. Kocası Ian'la birlikte yaşamının çoğunu, yabani fillerin araştırılmasına ve korunmasına adamıştır. Zimbabwe'de kitlesel bir fil "avı"nın dehşet görüntüleri karşısında yazılan öfkeli bir pasaj:

> Kesilip atılan hortumlardan birine baktım ve böyle bir evrim mucizesinin yaratılmasının kaç milyon yıl sürdüğünü merak ettim. Elli bin kasla donatılan ve böylesine bir karmaşıklığa denk bir beyin tarafından kontrol edilen hortum, tonlarca ağırlığı çekip itebilir. Aynı zamanda, bir tutam tohumu ağza indirmek gibi en hassas işleri de yapabiliyor. Çok amaçlı bu organ, içmek ya da vücuduna serpmek için dört litre su tutabilen bir sifondur, uzamış bir parmaktır, bir trompettir ya da bir megafondur. Hortumun sosyal işlevleri de vardır; okşar, cinsel mesaj verir, güven verir, selam verir ve karşılıklı birbirine sarılarak kucaklaşır... Ama işte kesilmiş orada yatıyor, tüm Afrika'da gördüğüm çok sayıda fil hortumu gibi.

Hortumlu memelilerin, uzun dişleri de vardır; bu dişler aslında büyümüş kesici ön dişlerdir. Modern fillerin yalnızca üst çenede uzun dişleri vardır; ama soyu tükenmiş bazı hortumlu memelilerin, alt çenede ya da her iki çenede dişleri vardı. *Deinotherium*'un alt çenede, uçları aşağı doğru eğik büyük dişleri vardı; üst çenede yoktu. Gomphothere'ler denilen erken hortumlular grubunun Kuzey Amerikalı bir üyesi olan *Amebelodon*'un üst çenede filinkine benzer uzun dişleri, alt çenede düz, küreğe benzer uzun dişleri vardı. Belki de, gerçekten bitki kökü çıkarmak için kürek gibi kullanılıyorlardı [bkz. resim 12]. Bu arada, kürek gibi kullanma spekülasyonu, hortumun su içmek için çömelme ihtiyacını ortadan kaldıran sifon olarak evrildiğine ilişkin spekülasyonla çelişmez.

Ucunda iki düz kürek bulunan alt çene o kadar uzundu ki, ayakta duran bir gomphothere, çömelmeden yeri kazmak için kolayca kullanabilirdi.

The Water Babies'de Charles Kingsley, fil "Kitab-ı Mukaddes'teki küçük tüylü kaya porsuğunun ilk kuzenidir" diyordu. Kitab-ı Mukaddes'te geçen kaya porsuğunun İngilizce karşılığı olan *coney* ya da *cony* sözcüğünün sözlükteki birinci anlamı tavşandır; kitapta dört yerde geçmektedir ve bunlardan ikisi, tavşanın neden temiz olmadığına ilişkin açıklamalardır: "Ve kaya porsuğu, çünkü o geviş getirir, fakat çatal tırnaklı değildir, size murdardır" (Levililer 11:5 ve Tensiye 14:7'de çok benzer bir pasaj). Ama Kingsley, tavşanı kastetmiş olamaz; çünkü devamında filin, tavşanın 13. ya da 14. kuzeni olduğunu söylüyor. Kitab-ı Mukaddes'te kayalar arasında yaşayan bir hayvana yapılan diğer iki gönderme: Mezmurlar 104 (Yüksek dağlar dağ keçileri içindir, kayalar tavşanlara sığınacak yerdir") ve Süleymanın Meselleri 30:26 ("Kaya porsukları kuvvetsiz bir kavmdır, fakat evlerini kayada yaparlar").* Genel kabule göre, burada sözü edilen hayvan daman, dassie ya da kaya porsuğudur ve Darvinci din adamı Kingsley haklıydı.

Evet haklıydı; en azından şu bıktırıcı modern taksonomistler ortaya çıkana kadar. Kingsley'le hemfikir olan ders kitapları, fillerin yaşayan en yakın kuzenlerinin damanlar olduklarını söylüyorlar. Ama son çözümlemeler, dugongları ve manatileri de, damanlar kardeş grubuyla birlikte, hatta belki de fillerin yaşayan en yakın akrabaları olarak karışıma katmamız gerektiğini gösteriyor. Dugonglar ve manatiler, üremek için bile olsa karaya hiç çıkmayan deniz memelileridir ve öyle görünüyor ki, hipopotamlar ile balinalar konusunda olduğu gibi yanıldık. Katışıksız deniz memelileri yerçekiminin sınırlamalarından kurtulmuşlardır ve kendi özel yollarında daha hızlı evrilebilirler. Karada bırakılan kırsıçanları ve filler, tıpkı hipopotamlar ve domuzlar gibi, birbirlerine çok benzer kaldılar. Geriye dönüp bakıldığında, dugongların ve manatilerin hafif hortum-benzeri burunları ve kırışık bir yüzde küçük gözleri, onlara fil benzeri bir görüntü verir; ama bu, belki de tasadüftür.

Dugonglar ve manatiler, Sirenia (denizinekleri) takımına aittirler. Adlarını, mitolojideki sirenlere sözde benzerliklerinden alırlar; ama böyle bir benzerliğin inandırıcı olmadığı söylenmelidir. Yavaş, uyuşuk

*Kitabı Mukaddes'te sözü edilen hayvana yapılan dört göndermenin üçünde "kaya porsuğu," birinde "tavşan" deniliyor. Kitabı Mukaddes'in İngilizce çevirisinde her dört yerde de aynı hayvan "cony" sözcüğüyle karşılanıyor. Anlaşılan, çok kesin tanımlanan bir hayvan değil [ç.n.].

yüzmeleri, denizkızına benzetilmelerine neden olmuş olabilir ve çocuklarını da yüzgeçlerin altında bulunan iki memeyle emzirirler. Benzerliği ilk fark eden denizcilerin, çok uzun süredir denizde olduklarını düşünmemek elde değil. Denizinekleri, balinalarla birlikte, karaya hiç çıkmayan tek memelidir. Bir tür, Amazon manatileri, tatlı sularda yaşar; diğer iki manati, denizlerde de bulunur. Dugonglar yalnızca denizde yaşarlar ve dört türünün tümü yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır; bu durum eşimin bir tişört tasarlamasına esin kaynağı oldu: Dugoing, Dugong, Dugone. Bering Boğazı'nda yaşayan ve ağırlığı 5 tonu aşan beşinci tür Steller denizineğinin hazin bir öyküsü var. 1741'de Bering Boğazı'nda keşfedildikten 27 yıl sonra aşırı avlanmadan ötürü soyu tükendi.

Balinalarda ve yunuslarda olduğu gibi, denizineklerinin ön bacakları yüzgeç olmuştur; arka ayakları da yoktur. İneklerle hiçbir ilgileri yoktur ve geviş getirmezler. Vejetaryen oldukları için uzun bağırsakları ve düşük bir enerji bütçeleri vardır. Etçil yunusun yüksek hızlı hareketleri, vejetaryen dugongun tembelce sürüklenmesiyle taban tabana zıttır; biri güdümlü füzeyse, diğeri balondur.

Küçük Afrika memelileri de vardır. Altın köstebekler ile tenrekler birbirleriyle akraba gibi görünüyorlar ve pek çok modern otorite, onları Afrika memelileri arasında sayar. Altın köstebekler Güney Afrika'da yaşarlar; Avrasyalı köstebeklerin benzeridir; kumda sanki sudaymış gibi yüzerler. Tenrekler büyük ölçüde Madagaskar'da yaşarlar. Yarı sucul suköstebekleri vardır; bunlar da aslında Batı Afrika'daki tenreklerdir. Ayayın Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi, Madagaskarlı tenrekler, sivrifarebenzeri biçimleri, kirpi-benzeri biçimleri ve muhtemelen Afrikalılardan bağımsız olarak suya geri dönen sucul bir türü kapsamaktadır.

Randevu 14
KESELİLER

140 milyon yıl önce, yuvarlak rakamla 80 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz Ortak Ata 14'ün dinozorların gölgesinde yaşadığı Kretase Dönem'in başlangıcındayız. Dev-boylu Kuş'un Hikâyesi'nin anlatacağı gibi, büyük güney süper kıtası Gondvana'nın parçaları olan Güney Amerika, Antarktika, Avustralya, Afrika ve Hindistan daha yeni ayrılmaya başlıyordu (bu dönemin yaklaşık bir haritası resim 19'da veriliyor). Sonuçta, iklim değişikliği dünyayı, kış aylarında kutupları kaplayan kar ve buz tabakasıyla (jeolojik olarak) kısa ömürlü bir soğuk döneme soktu. Yer kürenin kuzey ve güney parçalarını kapsayan eğreltiotu ovalarında ve ılıman iğne yapraklı ağaç ormanlarında yalnızca birkaç çiçekli bitki yetişiyordu ve dolayısıyla, bugün tanıdığımız polenleme yapan böceklerin çok azı vardı. Artık küçük bir böcekçil tarafından temsil edilen eteneli memelilerden –atlar ve kediler, tembelhayvanlar ve balinalar, yarasalar ve armadillolar, develer ve sırtlanlar, gergedanlar ve dugonglar, fareler ve insanlar– oluşan hacı kafilesi, başka bir büyük memeli grubunu, keselileri, işte böyle bir dünyada selamlıyor.

Keselilerin Latince karşılığı Marsupials, kese anlamına gelen Marsupium'dan gelir. Anatomiciler bunu, insan testis torbası gibi her türlü kese için teknik bir terim olarak kullanırlar. Ama hayvanlar âlemindeki en ünlü keseler, kanguruların ve diğer keselilerin yavrularını içinde tuttukları keselerdir. Keseliler, ancak emekleyebilecek kadar donanımlı küçük embriyonlar olarak kesenin içine doğarlar; kesenin içindeki bir memeye ağızlarını geçirirler.

Diğer ana memeli grubuna, embriyonlarını bir etenenin çeşitli versiyonlarıyla besledikleri için eteneli denilir. Etene, bebeğe ait kilometre-

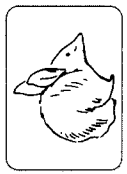
Keseliler katılıyor. Yaşayan memelilerin üreme yöntemlerine dayalı üç ana hat kabul edilir: yumurtlayan memeliler (tekdelikliler), keseli memeliler (keseliler) ve eteneli memeliler (bizler). Morfoloji ve pek çok DNA araştırması, keselileri ve etenelileri birlikte gruplandırmayı, Randevu 14'ü 270 kadar keseli türünün 4.500 kadar eteneli memeli türünden ayrılma noktası haline getirmeyi kabul eder. Keselilerin burada gösterilen altı takıma ayrıldıkları genel olarak kabul edilir. İç ilişkileri tam olarak saptanmamıştır: Güney Amerikalı "küçük dağ maymunu"nun konumu sorunludur.
Çizgi resimler, soldan sağa: kırmızı kanguru (*Macropus rufus*); Tazmanya şeytanı (*Sarcophilus harrisii*); güneyli keseliköstebek (*Notoryctes typhlops*); bilbi (*Macrotis lagotis*); Virginia opossumu (*Didelphis virginiana*).

Keseliler katılıyor











	N	P		K	J
	SZ			MZ	

Daha önce katılmış olanlar

14

Amerikan ve gerçek opossumlar (Didelphimorphia)

Sivrifare opossumları (Paucituberculata)

Bandikutlar ve bilbiller (Peramelemorphia)

Keseliköstebek (Notoryctemorphia)

Tazmanya şeytanı, numbat vb. (Dasyuromorphia)

Küçük dağmaymunu (Microbiotheria)

Vombatlar, kangurular, kuskuslar, koalalar vb.. (Diprotodontia)

Myö

0 50 100 140

lerce kılcal damarın anneye ait kilometrelerce kılcal damarla yakın ilişki içine girdiği büyük bir organdır. Bu kusursuz alışveriş sistemi (zira cenini beslemenin yanı sıra, atıklarını uzaklaştırmaya da yarar), bebeğin çok sonra doğmasını olanaklı kılar. Örneğin toynaklı otçullarda yavru kendi ayakları üzerinde durup sürüye ayak uydurabilecek, hatta yırtıcılardan kendi bacaklarıyla kaçabilecek duruma gelene kadar annenin vücudunda korunur. Keselilerde durum farklıdır. Kese, bir dış rahim gibidir ve bebeğin yarı-kalıcı bir ek olarak yapıştığı büyük bir meme, bir ölçüde göbek bağı gibi çalışır. Yavru daha sonra memeyi bırakır ve bir etene bebeği gibi yalnızca ara sıra emer. Keseden adeta ikinci bir doğum gibi çıkar ve keseyi giderek daha az, geçici bir sığınak gibi kullanır. Kanguru keseleri öne açılır, ama birçok keselinin kesesi arkaya açılır.

Gördüğümüz gibi keseliler, yaşayan memelilerin ayrıldığı iki büyük gruptan biridir. Keselileri normalde Avustralya'yla bütünleştiririz; Avustralya, fauna açısından bakılırsa, Yeni Gine'yi de kapsayacak şekilde düşünülebilir. Ama ne yazık ki, yaygın kabul gören ve bu iki kara kütlesini birleştiren bir sözcük yok. "Meganezya" ya da "Sahul" yeterince unutulmaz ya da anımsatıcı değildir. Avustralasya, zoolojik bakımdan Avustralya ve Yeni Gine'yle ortak yanı fazla olmayan Yeni Zelanda'yı da kapsadığı için uygun değildir. Kendi amacım için Avustralyen bölge adını uydurdum.* Avustralyen bir hayvan Avustralya, Tazmanya ya da Yeni Gine anakarasından seslenir; Yeni Zelanda'dan değil. İnsan bakış açısısından olmasa da, zoolojik açıdan Yeni Gine, Avustralya'nın tropikal bir kanadı gibidir ve her ikisinin memeli faunasına keseliler egemendir. Armadillo'nun Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi keselilerin, büyük ölçüde bir düzine kadar opossum türü biçiminde hâlâ var oldukları Güney Amerika'yla bağlantılı uzun ve eski bir tarihleri de vardır.

Bugünkü Amerikan keselilerinin neredeyse tümü opossum olmasına karşın, her zaman öyle değildi. Fosilleri hesaba katarsak, keseli çeşitliliğinin büyük bölümü Güney Amerika'dadır. Kuzey Amerika'da daha eski fosiller bulunmuştur; ama en eski keseli fosilleri Çin'dedir. Lavrasya'da soyları tükenmiş, ama Gondvana'nın iki ana kalıntısında, yani Güney Amerika'da ve Avustralyen bölgede varlıklarını sürdürmüşler. Modern keseli çeşitliliğinin ana sahnesi de Avustralyen bölgedir. Keselilerin Güney Amerika'dan Antarktika üzerinden Avustral-

*Avustralinea faunası Yeni Gine'nin biraz ötesine, Asya'ya doğru uzanır. Doğal seçilimin büyük eş-kâşifinden adını alan Wallace Çizgisi, Avustralya faunasını Asya faunasından ayırır. Çizgi, Endonezya takımadalarının iki küçük adasının, birbirinden oldukça dar (ama derin) bir boğazla ayrılan Lombok ve Bali adalarının arasından geçer. Daha kuzeyde, Wallace Çizgisi, daha büyük olan Sulawesi ve Borneo adalarını ayırır.

yen bölgeye geldikleri genel olarak kabul edilir. Antarktika'da bulunan fosil keseliler, kendi başlarına, Avustralyen biçimlerin akla yakın ataları değildirler; bunun nedeni, belki de Antarktika'da çok az fosilin bulunmuş olmasıdır.

Gondvana'dan ayrıldıktan sonraki tarihinin büyük bir bölümünde Avustralyen bölgenin eteneli memelileri olmadı. Tüm Avustralya keselilerinin, Güney Amerika'dan opossum benzeri kurucu bir hayvanın Antarktika üzerinden tek bir girişinden kaynaklanmaları olasıdır. Tam olarak ne zaman olduğunu bilmiyoruz; ama 55 milyon yıl öncesinden çok sonra, Avustralya (daha çok Tazmanya) adadan adaya seken memeliler için ulaşılamaz olacak kadar Antarktika'dan uzaklaştığı sırada olmuş olabilir. Antarktika'nın memeliler için ne kadar misafirperver olup olmadığına bağlı olarak, daha önce de olabilir. Amerikalı opossumlar, Avustralyalıların kuskus (possum) dedikleri hayvanlara, diğer Avustralyalı keselilere olduğundan daha yakın akraba değildirler. Çoğu fosil diğer Amerikalı keseliler, daha uzak akraba gibi görünüyorlar. Başka bir deyişle, keseli aile ağacındaki başlıca dalların pek çoğu Amerikandır; keselilerin Amerika kaynaklı olduklarını ve oradan Avustralyen bölgeye göç ettiklerini düşünmemizin bir nedeni de budur. Ama aile ağacının Avustralyen dalı, anayurtları yalıtıldıktan sonra güçlü bir biçimde çeşitlendi. Yalıtılmışlık yaklaşık 15 milyon yıl önce, Avustralyen bölge (özellikle de Yeni Gine), yarasaların ve (herhalde adadan adaya seken) kemirgenlerin gelmesine izin verecek kadar Asya'ya yaklaştığı zaman son buldu. Sonra, daha yakın zamanda, dingolar (ticaret kanolarıyla varsaymalıyız) ve nihayet Avrupalı göçmenlerin getirdiği tavşanlar, develer ve atlar gibi bir sürü başka hayvan geldi. En gülünç olanı da, avlamak için tilkilerin de getirilmesiydi.

Biraz sonra bize katılacak olan tekdeliklilerle birlikte, evrilmekte olan Avustralya keselileri, büyük Avustralya salı üzerinde Güney Pasifik'in yalıtılmışlığına taşındılar. Orada sonraki 40 milyon yıl boyunca keseliler (ve tekdelikliler), Avustralya'yı yurt edindiler. Başlangıçta diğer memeliler de olsaydı, erkenden ölürlerdi.* Dinozor ayakkabıları, dünyanın geri kalan kısmında olduğu gibi Avustralya'da da doldurulmayı bekliyordu. Bizim bakış açımızdan, Avustralya'nın heyecan verici yanı, çok uzun süre yalıtık kalmış olması ve çok küçük bir kurucu keseli memeli nüfusuna sahip olmuş olmasıdır.

*Kondilartlara (Condylarthra –soyu tükenmiş bir eteneli memeliler grubu) aitmiş gibi görünen bir çift diş bulunmuştur, ama 55 milyon yıldan daha geç bir döneme ait hiçbir şey bulunamamıştır.

Sonuç? Baş döndürücüdür. Dünyada varlığını sürdüren yaklaşık 270 keseli türünün yaklaşık dörtte üçü Avustralyendir (geri kalanların tümü Amerikalı, büyük çoğunluğu opossum ve esrarengiz Dromiciops, küçük dağ maymunları gibi birkaç tür). Avustralyen (dallandırıcı mı, yoksa bir araya toplayıcı mı olduğumuza bağlı olarak biraz aşağı, biraz yukarı) 200 tür dallanıp, dünyanın geri kalan kısmında daha önce dinozorların ve diğer memelilerin bağımsız olarak işgal ettikleri "makamları" doldurdu.* Keseliköstebek'in Hikâyesi, bu makamlardan bazılarına birer birer göz atıyor.

KESELİKÖSTEBEK'İN HİKÂYESİ

Yeraltında sürülmesi gereken bir yaşam, köstebeklerin (Talpidae familyası) Avrasya'da ve Kuzey Amerika'da bize tanıttığı bir yaşam vardır. Köstebekler kendilerini işlerine adamış kazma makineleridirler, elleri değişip küreğe dönüşmüş, yeraltında yararı olmayan gözler neredeyse tamamen yok olmuştur. Afrika'da köstebek türü bakımından açılmış gediği altın köstebekler (Chrysochloridae familyası) doldurur. Bunlar, Avrasyalı köstebeklere yüzeysel olarak çok benzerler ve yıllarca aynı takıma –böcekçillere- dahil edildiler. Avustralya'da gediği, bekleyeceğimiz gibi, bir keseli, *Notoryctes*, yani keseliköstebek dolduruyor.**

Keseliköstebekler, gerçek (talpid) köstebeklere ve altın köstebeklere benzerler, gerçek köstebekler ve altın köstebekler gibi kurtçuklarla ve böcek larvalarıyla beslenirler, gerçek köstebekler ve daha çok altın köstebekler gibi kazı yaparlar. Gerçek köstebekler, kazı yapıp av ararken arkalarında boş bir tünel bırakırlar. Altın köstebekler, en azından çöllerde yaşayanları, kumda "yüzerler", açtıkları tüneller çöker; keseliköstebekler de aynısını yaparlar. Evrim, gerçek köstebeklerin "kürek"lerini elin beş parmağından yapmış. Keseliköstebekler ile altın köstebekler, iki (bazı altın köstebekler üç) parmağı kullanır. Gerçek köstebeklerle keseliköstebeklerde kuyruk kısadır; altın köstebeklerde ise hiç fark edilmez. Üçü de kördür ve görünür kulakları yoktur. Keseliköstebeklerin bir kesesi vardır; erken (eteneli standartlarına göre erken) doğan yavrular orada barınır.

*Az çok açık bu terimler, hayvanları (ve bitkileri) birkaç büyük grupta toplama alışkanlığında olan ya da bir sürü küçük gruba ayırma alışkanlığında olan taksonomistler için teknik terim haline gelmiştir. Dallandırıcılar adları çoğaltır; fosillerin söz konusu olduğu uç durumlarda, neredeyse keşfettikleri her örneği tür statüsüne yükseltirler.

** Miyosen Devre'nin Güney Amerikalı bir keselisi olan *Necrolestes* de bir köstebekmiş gibi görünüyor. Adı, oldukça uygunsuz bir biçimde, "mezar soyguncusu" anlamına gelir.

Bu üç "köstebek"in benzerliği, yakınsaktır: Kazı alışkanlıkları birbirinden bağımsızdır, farklı başlangıçlardan ve kazıcı olmayan atalardan evrilmişlerdir ve söz konusu olan üç kollu bir yakınsaklaşmadır. Altın köstebekler ile Avrasyalı köstebekler, birbirleriyle keseliköstebeklerle olduğundan daha yakın akraba olmalarına karşın, ortak ataları kesinlikle uzman bir kazıcı değildi. Üçü, kazı yaptıkları için birbirlerine benzerler. Yeri gelmişken, dinozor ayakkabılarını memelilerin giydiği düşüncesine o kadar çok alışmışız ki, şimdiye kadar hiçbir dinozor "köstebek"in bulunmamış olmasını düşünmek şaşırtıcıdır. Hem fosilleşmiş izler, hem kazı yapmaya uyarlanmış özel organlar, dinozorlardan önceki "memelibenzeri sürüngenler" bakımından betimlenmiş; ama dinozorların kendileri bakımından inandırıcı bir biçimde betimlenmemiştir.

Avustralyen bölge yalnızca keseliköstebeklerin değil, dramatik bir keseli kadrosunun da yuvasıdır; bu keselilerden her biri, başka bir kıtada eteneli bir memeliyle aşağı yukarı aynı rolü oynar. Keseli "fareler" (böcek yedikleri için keseli sivrifareler demek daha iyi), keseli "kediler", "köpekler", "uçan sincaplar" ve dünyanın geri kalan kısmında bilinen hayvanların taydaşları vardır. Bazı durumlarda benzerlik çok çarpıcıdır. Amerika ormanlarının *Glaucomys volans*'ı gibi uçan sincaplar, Avustralya okaliptüs ormanlarının, uçan şeker (*Petaurus breviceps*) ya da uçan maun (*Petaurus gracilis*) gibi sakinlerine çok benzer ve onlar gibi davranırlar. Avustralya ormanlarının bu sakinlerine, Phalangeridae (kuskuslar ve çalı-kuyruklu kuskuslar) familyasının üyeleri olmamalarına karşın, "uçan kuskuslar" da denilir. Amerikalı uçan sincaplar gerçek sincaplardır, bildiğimiz sincaplar ağacına bağlıdırlar. Afrika'da ilginç bir biçimde, uçan sincabın yerini, kemirgen olmalarına rağmen gerçek sincap olmayan Anomaluridae ya da pullu-kuyruklu sincap denilen hayvanlar tutar. Avustralya keselileri de, uçma alışkanlığını birbirlerinden bağımsız geliştiren üç uçan soy üretmiştir. Randevu 9'da karşılaştığımız eteneli uçanlara, uçmayı sağlayan zarın dört ayağın yanı sıra kuyruğu da kapsaması bakımından uçan sincaplardan ve uçan keselilerden farklı olan gizemli "uçan lemurlara" ya da kolugolara dönüyoruz.

Thylacinus, Tazmanya kurdu, yakınsak evrimin en ünlü örneklerinden biridir. Tazmanya kurtlarına bazen, çizgili sırtlarından ötürü Tazmanya kaplanları da denilir; ama bu talihsiz bir addır. Daha çok kurtlara ya da köpeklere benzerler. Bir zamanlar Avustralya ve Yeni Gine'de çok yaygındılar ve Tazmanya'da çok yakın zamana kadar yaşadılar. 1909'a kadar kellelerini getirenlere para veriliyordu, yaban hayatta görülen son

sahici örneği 1930'da vuruldu ve son esir Tazmanya kurdu 1936'da Hobart Hayvanat Bahçesi'nde öldü. Pek çok müzede doldurulmuş örneği vardır. Sırtındaki çizgilerden gerçek bir köpek olmadığını söylemek kolaydır, ama iskeletini ayırt etmek zordur. Oxford'da benim kuşağımın zooloji öğrencileri, bitirme sınavının bir parçası olarak 100 zoolojik tür örneğini tanımlamak zorundaydılar. Çok geçmeden ortalıkta bir söz dolaşmaya başladı: Bir "köpek" kafatası verilirse, köpek kafatası kadar aleni bir şey bir aldatmaca olacağı için, güvenle *Thylacinus* olarak saptanabilir. Sonra bir yıl, sınavı yapanlar blöfü katmerleyip, sınavda gerçek bir köpek kafatası çıkardılar. İlgiliyseniz, aradaki farkı söylemenin en kolay yolu, damak kemiğinde genel olarak keselilere özgü olan iki belirgin deliğe bakmaktır. Dingolar keseli değil, gerçek köpeklerdir; bunları belki de Aborjin insan getirdi. Anakara Avustralya'da Tazmanya kurtlarının soyunun tükenmesine neden olan belki de dingolarla rekabettir. Dingolar Tazmanya'ya hiç ulaşmadılar; Tazmanya kurtlarının, Avrupalı yerleşimciler gelip soylarını tüketene kadar orada varlıklarını sürdürmelerinin nedeni bu olabilir. Ama fosiller, Avustralya'da insanların ya da dingoların suçlanamayacağı kadar erken bir zamanda soyu tükenen başka Tazmanya kurdu türlerinin var olduklarını gösteriyor.

Avustralyen "alternatif memeliler"in "doğal deney"i, Avustralyen bir keseliyi daha fazla tanınan eteneli taydaşıyla eşleştiren bir dizi resimde gösterilir. Ama tüm ekolojik taydaşlar birbirlerine benzemezler. Ballı kuskusun eteneli eşdeğeri yok gibi görünüyor. Balinaların neden keseli eşdeğerinin olmadığını anlamak kolaydır: Su altında bir keseyi idare etmenin güçlüğünden ayrı olarak, "balinalar", Avustralyalı keselilerin ayrı evrilmelerini olanaklı kılan yalıtılmışlığa maruz kalmadılar. Keseli yarasaların olmamasının nedeni de, benzer bir akıl yürütmeyle açıklanır. Kangurular, antilopların Avustralyen eşdeğeri olarak betimlenebilir, ama çok farklı görünürler; çünkü vücutlarının çoğu, denge sağlayıcı büyük kuyrukla birlikte arka ayakları üzerinde zıplama özelliğine göre şekillenmiştir. Yine de, 68 Avustralyen kanguru ve valabi türü, yeme alışkanlığı ve yaşam tarzı bakımından 72 antilop ve ceylan türüne denk gelir. Örtüşme kusursuz değil. Bazı kangurular, bulma şansları olursa böcek yerler ve fosiller, büyük ve korkunç bir etçil kanguruya işaret ediyor. Avustralya dışında kanguru gibi zıplayan eteneli memeliler vardır; ama bunlar, çoğunlukla zıplayan Arap tavşanı gibi küçük kemirgenlerdir. Afrika'nın sıçrayan faresi de, gerçek bir tavşan değil, bir kemirgendir ve bir kanguruyla (daha doğrusu küçük bir valabiyle) karşılaştırılabilecek

tek eteneli memelidir. Nairobi Üniversitesi'nde zooloji dersi veren meslektaşım Dr. Stephen Cobb, kanguruların Avustralya ve Yeni Gine'yle sınırlı olduklarını söyleyince, öğrencisinin itirazıyla karşılaşmıştı.

Keseliköstebek'in Hikâyesi'nin evrimde yakınsaklığın –bu kitabın merkezi metaforu olan geriye doğru kaynaşmanın değil, ileriye doğru gerçek yakınsamanın– önemiyle ilgili dersleri, son bölümde, Hancının Dönüşü'nde ele alınacak.

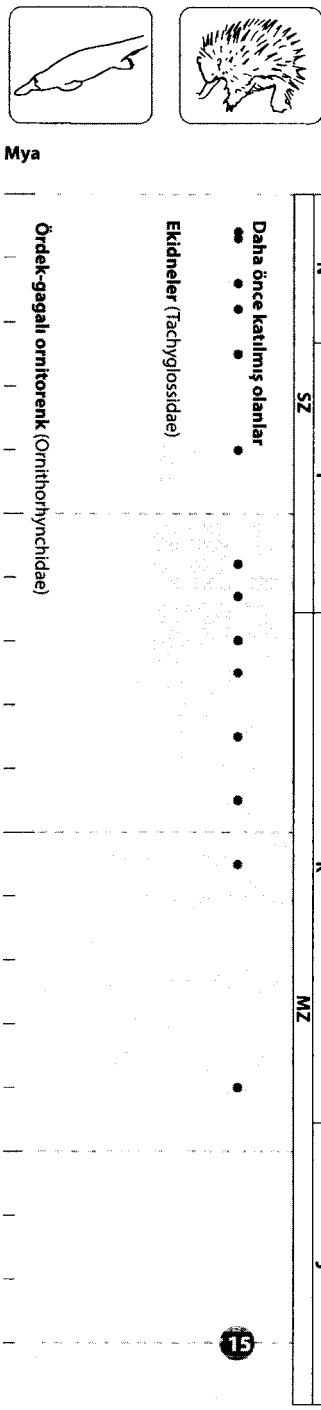
Randevu 15
TEKDELİKLİLER

Randevu 15 yaklaşık 180 milyon yıl önce, Alt Jura Dönemi'nin yarı-musonlu, yarı-kurak dünyasında gerçekleşir. Güney kıtası Gondvana, büyük kuzey kıtası Lavrasya'dan henüz tam kopmamıştı –geriye doğru yolculuğumuzda, ilk kez tüm büyük kara kütlelerinin kesiksiz bir "Pangaea"da toplandıklarını görüyoruz. İleriye doğru zamanda, Pangaea'nın bölünmesinin, büyük olasılıkla 120 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz olan Ortak Ata 15'in torunları için muazzam sonuçları olacaktı. Randevumuz, epeyce tek taraflı bir iştir. Diğer tüm memelilere katılan yeni hacılar burada yalnızca üç cins tarafından temsil ediliyor: Doğu Avustralya ve Tazmanya'da yaşayan ördek-gagalı ornitorenk, *Ornithorhynchus anatimus*; tüm Avustralya'da ve Yeni Gine'de yaşayan kısa gagalı ekidne, *Tachiglossus aculeatus*; ve Yeni Gine yaylalarıyla sınırlı olan uzun gagalı ekidne, *Zaglossus*.* Üç cinsin tümü birden, tekdelikliler olarak bilinir.

Birkaç hikâyemiz, büyük hayvan gruplarının yuvası olarak ada-kıtalar temasını geliştirdi: Afrika memelilerinin yuvası Afrika, Lavrasya memelilerinin yuvası Lavrasya, Tuhaf-klemlilerin yuvası Güney Amerika, lemurların yuvası Madagaskar, yaşayan keselilerin büyük çoğunluğunun yuvası Avustralya. Ama memeliler arasında çok daha eskiye dayanan bir kıtasal ayrılım varmış gibi görünüyor. Destek gören bir kurama göre, dinozorların ölümünden çok önce, memeliler, avustralosfenidanlar (australosphenidans) ve boreosfenidanlar (boreosphenidans) denilen iki büyük grubu ayrıldılar. Avustralo, yine Avustralya demek değil, güney, güneyli demektir. Boreo da kuzey, kuzeyli demektir. Avustralosfenidanlar, büyük güney kıtası Gondvana'da evrilen memelilerdi. Boreosfenidanlar da kuzey kıtası Lavrasya'da, bugün bildiğimiz Lavrasya memelileri evrilmeden çok önce bir tür erken cisimleşmeyle evrildiler. Tekdelikliler, avustralosfenidanların, varlığını sürdüren tek temsilcileridir. Şimdi Avustralya'yla bütünleştirdiğimiz keseliler de dahil, geriye kalan tüm memeliler, kuzeyli boreosfenidanların torunlarıdır. Daha sonra güneyle ve Gondvana'nın kopan bölümüyle bütünleşen memeliler –örneğin Afrika'nın Afrika memelileri ve Güney Amerika'nın ve Avus-

*Üç Zaglossus türü ayırt edildi; memnuniyetle söylüyorum, birine *Z. attenboroughi* deniliyor.

Tekdelikliler katılıyor



Tekdelikliler katılıyor. 5.000'den az türü sayılan yaşayan memelilerin hepsinin kürkü vardır ve çocuklarını emzirirler. Şimdiye kadar buluştuklarımızın –eteneli ve keseli memeliler– kökeninin Jura Dönemi'nde Kuzey Yarıküre olduğu düşünülür. Beş tekdelikli tür, bir zamanlar çeşitlilik sunan Güney Yarıküre memelileri soyundan varlıklarını sürdüren ve yumurtlama alışkanlıklarını koruyan türlerdir.
Çizgi resimler, soldan sağa: ördek-gagalı ornitorenk (*Ornithorhynchus anatinus*); kısa gagalı ekidne (*Tachyglossus aculeutus*).

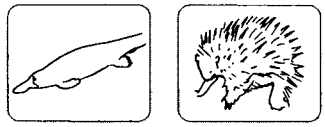
Randevu 15
TEKDELİKLİLER

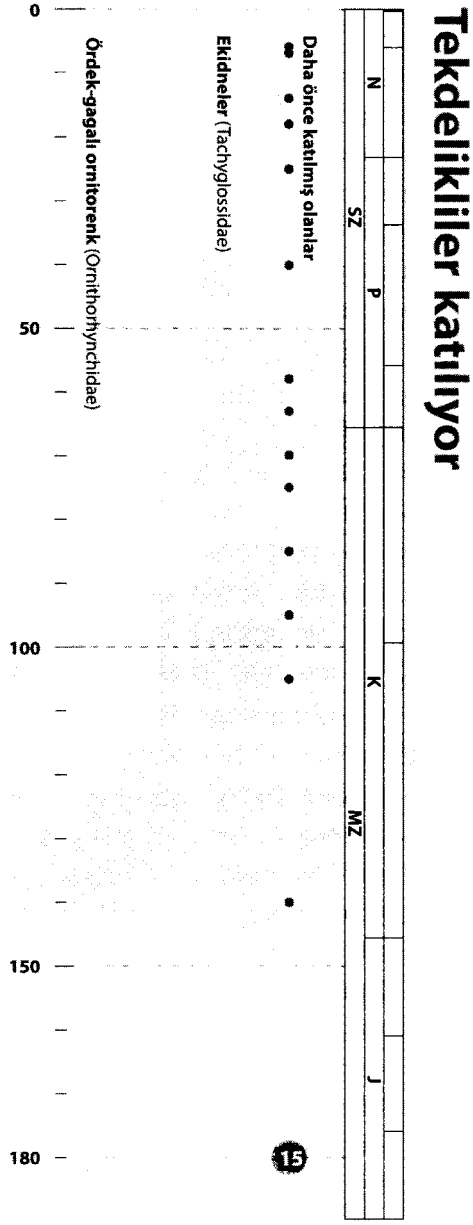
Randevu 15 yaklaşık 180 milyon yıl önce, Alt Jura Dönemi'nin yarımusonlu, yarı-kurak dünyasında gerçekleşir. Güney kıtası Gondvana, büyük kuzey kıtası Lavrasya'dan henüz tam kopmamıştı –geriye doğru yolculuğumuzda, ilk kez tüm büyük kara kütlelerinin kesiksiz bir "Pangaea"da toplandıklarını görüyoruz. İleriye doğru zamanda, Pangaea'nın bölünmesinin, büyük olasılıkla 120 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz olan Ortak Ata 15'in torunları için muazzam sonuçları olacaktı. Randevumuz, epeyce tek taraflı bir iştir. Diğer tüm memelilere katılan yeni hacılar burada yalnızca üç cins tarafından temsil ediliyor: Doğu Avustralya ve Tazmanya'da yaşayan ördek-gagalı ornitorenk, *Ornithorhynchus anatimus*; tüm Avustralya'da ve Yeni Gine'de yaşayan kısa gagalı ekidne, *Tachiglossus aculeatus*; ve Yeni Gine yaylalarıyla sınırlı olan uzun gagalı ekidne, *Zaglossus*.* Üç cinsin tümü birden, tekdelikliler olarak bilinir.

Birkaç hikâyemiz, büyük hayvan gruplarının yuvası olarak ada-kıtalar temasını geliştirdi: Afrika memelilerinin yuvası Afrika, Lavrasya memelilerinin yuvası Lavrasya, Tuhaf-klemlilerin yuvası Güney Amerika, lemurların yuvası Madagaskar, yaşayan keselilerin büyük çoğunluğunun yuvası Avustralya. Ama memeliler arasında çok daha eskiye dayanan bir kıtasal ayrılım varmış gibi görünüyor. Destek gören bir kurama göre, dinozorların ölümünden çok önce, memeliler, avustralosfenidanlar (australosphenidans) ve boreosfenidanlar (boreosphenidans) denilen iki büyük grubu ayrıldılar. Avustralo, yine Avustralya demek değil, güney, güneyli demektir. Boreo da kuzey, kuzeyli demektir. Avustralosfenidanlar, büyük güney kıtası Gondvana'da evrilen memelilerdi. Boreosfenidanlar da kuzey kıtası Lavrasya'da, bugün bildiğimiz Lavrasya memelileri evrilmeden çok önce bir tür erken cisimleşmeyle evrildiler. Tekdelikliler, avustralosfenidanların, varlığını sürdüren tek temsilcileridir. Şimdi Avustralya'yla bütünleştirdiğimiz keseliler de dahil, geriye kalan tüm memeliler, kuzeyli boreosfenidanların torunlarıdır. Daha sonra güneyle ve Gondvana'nın kopan bölümüyle bütünleşen memeliler –örneğin Afrika'nın Afrika memelileri ve Güney Amerika'nın ve Avus-

*Üç Zaglossus türü ayırt edildi; memnuniyetle söylüyorum, birine *Z. attenboroughi* deniliyor.

Tekdelikliler katılıyor





Tekdelikliler katılıyor. 5.000'den az türü sayılan yaşayan memelilerin hepsinin kürkü vardır ve çocuklarını emzirirler. Şimdiye kadar buluştuklarımızın –eteneli ve keseli memeliler– kökeninin Jura Dönemi'nde Kuzey Yarıküre olduğu düşünülür. Beş tekdelikli tür, bir zamanlar çeşitlilik sunan Güney Yarıküre memelileri soyundan varlıklarını sürdüren ve yumurtlama alışkanlıklarını koruyan türlerdir.
Çizgi resimler, soldan sağa: ördek-gagalı ornitorenk (*Ornithorhynchus anatinus*); kısa gagalı ekidne (*Tachyglossus aculeutus*).

tralya'nın keselileri– kuzeyde ortaya çıktıktan çok sonra güneydeki Gondvana'ya göç eden boreosfenidanlardı.

Şimdi tekdeliklilere dönelim. Ekidneler kuru karada yaşar, karıncaları ve termitleri yerler. Ornitorenk çoğunlukla suda yaşar ve çamurların içindeki küçük omurgasızlarla beslenir. "Gaga" gerçekten bir ördeğinkine benzer. Ekidnelerin gagası daha borumsudur. Bu arada, biraz da şaşırtıcı bir biçimde, moleküler kanıtlar, ekidneler ile ornitorenklerin ortak atasının, gagasının içinde dişlerin olması dışında modern ornitorenk gibi yaşayan ve ona benzeyen fosil ornitorenk *Obdurodon*'dan daha yakın zamanda yaşadığını gösteriyor. Bu demektir ki, ekidneler, son 20 milyon yıl içinde suyu terk eden, parmakları arasındaki perdeyi yitiren, gagası daralıp bir karıncayiyenin borusu haline gelen, koruyucu iğneler geliştiren, değişime uğramış ornitorenklerdir.

Tekdelikliler adlarını, sürüngenlerle ve kuşlarla paylaştıkları bir özelliklerinden alırlar. Sürüngenlerde ve kuşlarda olduğu gibi, anüs, idrar yolu ve üreme yolu tek bir ortak boşluğa, kloak denilen bir dışkılığa açılır. Bu hayvanları sürüngenlere daha da çok benzeten özellikleri kloaklarından yavru değil de yumurta çıkmasıdır. Bunlar, diğer tüm memelilerde olduğu gibi mikroskobik değil; sert beyaz kabuklu, bir sürüngende ya da kuşta olduğu gibi "gaga"sının ucundaki bir yumurta dişinin yardımıyla kabuğu kırıp çıkana kadar yavruyu besleyen besini içeren, iki santimetre büyüklüğünde yumurtalardır.

Tekdeliklilerin, sürüngenlere özgü olan başka özellikleri de vardır; sürüngenlerde bulunan, ama diğer memelilerde bulunmayan, omuza yakın interklavikula gibi. Diğer yandan tekdelikli iskeletinin, birçok standart memeli özelliği de vardır. Alt çeneleri tek bir kemikten, çene kemiğinden, oluşur. Sürüngen alt çenelerinde, ana kafatası menteşesinin civarında üç kemik daha vardır. Memelilerin evrimi sırasında bu üç kemik, alt çeneden ortakulağa göç etmiştir; çekiç, örs, üzengi adlarını aldıkları ortakulakta, kulak davulundan gelen sesi, hekimlerin empedans uyumu dedikleri bir yolla içkulağa iletirler. Tekdelikliler bu konuda memelilerle birliktedirler. Ne var ki, içkulakları daha çok sürüngenlerinkine ya da kuşlarınkine benzer; çünkü, içkulakta farklı ses derecelerini saptayan koklea (salyangoz kanalı), bütün memelilerde bulunan ve organa adını veren salyangoz benzeri sarmaldan daha düzdür.

Tekdelikliler, bebeklerine süt salgılama bakımından da memelilerle aynıdırlar. Ama yine, belirgin memelerden yoksun olmakla, işi biraz bozarlar. Süt, meme yerine, karın derisindeki gözeneklerden sızar; an-



Atanız buna benzemiş olabilir mi? Bir öpantoter (eupantothere) olan *Henkelotherium*'un Elke Gröning tarafından çizimi. Gösterilen yaprak biçimi, modern ginko yaprağıdır; Jura Dönemi ginko yaprakları daha düzgün dağılmış olurdu.

nenin belindeki tüylere tutunan yavru, sızan sütü yalar. Belki atalarımız da aynısını yaptı. Tekdeliklilerin kol ve bacakları, tipik memelilerinkinden biraz daha fazla yana açılır. Bunu, ekidnelerin tuhaf yürüme özelliğinde görebilirsiniz; ne tam kertenkele gibi, ne de tam memeli gibi. Bu, tekdeliklilerin, sürüngenler ile memeliler arasında bir tür aracı oldukları izlenimini güçlendiriyor.

Ortak Ata 15 neye benziyordu? Elbette, bir ekidneye ya da bir ornitorenke benzediğini düşünmek için hiçbir neden yoktur. Her şeyden önce, onların olduğu kadar *bizim* de atamızdı ve hepimiz o zamandan beri evrilmekteyiz. Jura Dönemi'ne ait fosiller, *Morganucodon* gibi küçük sivrifare-benzeri ya da kemirgen-benzeri çeşitli hayvan tiplerine ve Multituberculata (Çok-çıkıntılılar) olarak bilinen büyük bir gruba aittir. Yukarıdaki sevimli resim, bu erken memelilerden birinin, bir ginko ağacına tırmanan bir öpantoterin (eupantothere) resmidir.

ÖRDEK-GAGALI'NIN HİKÂYESİ

Ornitorenkin ilk Latince adı, *Ornithorhynchus paradoxus*'tu. İlk keşfedildiğinde o kadar acayipti ki, bir müzeye gönderilen örneğinin bir şaka olduğu, memeli parçaları ile kuş parçalarının birbirine eklendiği

sanıldı. Bazıları, Tanrı'nın ornitorenki yaratırken kötü bir gün geçirip geçirmediğini merak ettiler. Atölyede kalmış bazı parçaları bulan Tanrı, atmak yerine birleştirmeye karar vermiştir sanki. Daha sinsi (şaka yapmadıkları için) bazı zoologlar, sanki oturup ilkel olmak tam zamanlı bir yaşam tarzıymış gibi, tekdeliklileri "ilkel" diye bir tarafa atarlar. Ördekgagalı'nın Hikâyesi'nin amacı, bunu sorgulamaktır.

Ortak Ata 15'ten itibaren ornitorenklerin, tamı tamına diğer memeliler kadar evrilme zamanı vardı. Bir grubun diğerinden daha ilkel olması için hiçbir neden yoktur (unutmayın, ilkel "ataya benzemek" demektir). Tekdelikliler, bazı bakımlardan –yumurtlamak gibi– bizden daha ilkel olabilirler. Ama bir bakımdan ilkelliğin, başka bakımlardan da ilkelliği zorunlu kılması için hiçbir neden yoktur. Antikitenin özü denilen ve kanı istila edip kemiklere sızan bir töz yoktur. İlkel bir kemik, uzun bir süre fazla değişmemiş bir kemiktir. Komşu kemiğin de ilkel olmak zorunda olduğunu söyleyen hiçbir kural yoktur. Hayvana adını veren ördek gagasından daha iyi bir örnek yoktur. Çok fazla evrime uğramıştır; ornitorenkin diğer parçaları uğramadığı halde.

Ornitorenkin gagası komik görünür; göreli büyüklüğü, ördek gagasına benzerliğini daha da acayipleştiriyor, bir de ördek gagasının belki de Donald Duck'a borçlu olduğu belli bir gülünçlük var. Ama mizah, bu harika aygıta haksızlık ediyor. Acayip bir eklenti olarak düşünmek isterseniz, ördeklerle ilgili her şeyi unutun. Bir Nimrod keşif uçağına eklenen ekstra bir burun, daha çarpıcı bir karşılaştırmadır. Bu tür keşif uçağının Amerikan eşdeğeri AWACS'tır; AWACS daha fazla tanınıyor, ama karşılaştırmama daha az uygundur, çünkü AWACS "eklenti"si gaga gibi önde değil, uçak gövdesinin üstündedir.

Ornitorenk gagası, bir ördekte olduğu gibi yalnızca su sıçratmaya ve beslenmeye yarayan bir çift çene değildir. Ördek gagası gibi kemiksi olmaktan çok kauçuk gibi olmasına karşın, yemeye ve içmeye de yarar. Ama çok daha ilginç olanı, ornitorenk gagasının bir keşif aygıtı, bir AWACS (erken uyarı) organı olmasıdır. Ornitorenkler, akarsuların dip çamurunda yaşayan kabukluları, böcek larvalarını ve diğer küçük yaratıkları avlarlar. Gözler çamurda fazla işe yaramaz ve ornitorenk, avlanırken gözlerini sıkı sıkıya kapatır. Yalnızca bu da değil; burun deliklerini ve kulaklarını da kapatır. Avı görmez, avı duymaz, avın kokusunu almaz; yine de büyük bir isabetle avını bulur, günde ağırlığının yarısı kadar av yakalar.

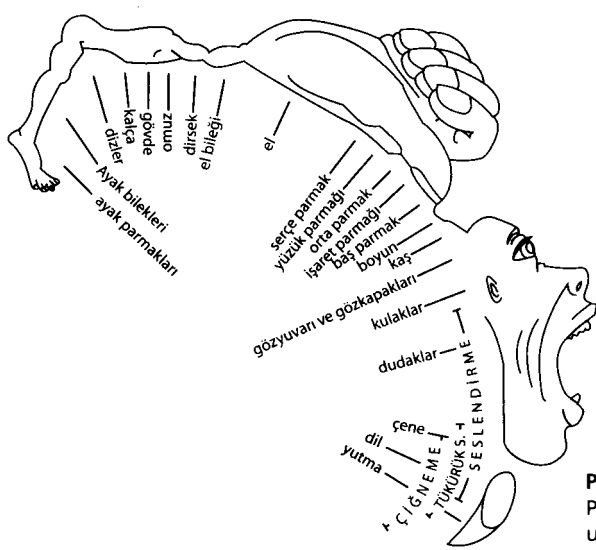
"Altıncı duyu"su olduğunu iddia eden birini araştıran bir kuşkucu ol-

saydınız, ne yapardınız? Gözlerini bağlar, kulaklarını ve burun deliklerini tıkar, sonra da bir duyusal algılama işi verirdiniz. Ornitorenkler bu deneyi yaparlar. Adeta tüm dikkatlerini başka bir duyu organına yoğunlaştırmak amacıyla, bizim için (muhtemelen karadayken onlar için de) önemli olan üç duyuyu kapatırlar. Avlanma davranışlarının başka bir özelliği de ipucu veriyor. Yüzerken gagayı, seğirme denilen hareketlerle bir o yana bir bu yana sallar. Gagaları, etrafı tarayan bir radar çanağı gibidir.

İlk bilimsel ornitorenk betimlemelerinden biri, Sir Everard Home'un 1802de *Philosophical Transactions of the Royal Society*'de çıkan yazısı, ileri görüşlüydü. Üçlü sinirin yüzü kaplayan kolunun "alışılmamış ölçüde geniş" olduğunu fark etti:

> Bu durum, bizi gaganın farklı parçalarının duyarlılığının çok büyük olduğuna ve dolayısıyla, bir elin amacına karşılık verdiğine ve ince bir his ayrımı yapabildiğine inanmaya götürmelidir.

Sir Everard, meselenin yarısını bilmiyordu. Burada önemli olan bir ele yapılan göndermedir. Kanadalı büyük nörolog Wilder Penfield, vücudun farklı parçalarına ayrılan oranları gösteren bir şemayla birlikte ünlü bir insan beyni resmi yayımladı. Beynin, farklı vücut bölümlerindeki kasları kontrol etmeye ayrılan bir bölümünün haritası, aşağıda gösteriliyor. Penfield, vücudun farklı bölümlerindeki dokunma duyusuyla ilgili beyin bölümlerinin benzer bir haritasını yaptı. Her iki haritanın çarpıcı yanı, ele verilen ağırlıktır. Yüz de öne çıkıyor; özellikle de



Penfield beyin haritası. Penfield ve Rasmussen'den uyarlandı.

çiğnerken ve konuşurken çene hareketlerini kontrol eden bölümler. Bir Penfield "minyatür insan"ına baktığınızda, el gerçekten dikkatinizi çeker. Resim 13, anı şeyin başka bir ifade şeklidir. Bu grotesk figürün vücudu, farklı bölümlere ayrılan beyin kütlesiyle orantılı olarak çarpıtılmıştır, minyatür de yine insan beyninin el-ağırlıklı olduğunu göstermektedir.

Bütün bunlar bizi nereye götürüyor? Ördek-gagalı'nın Hikâyesi'ne ilişkin anlatımımı, Avustralyalı saygın nörobiyolog Jack Pettigrew'e ve Paul Manger'in de aralarında bulunduğu çalışma arkadaşlarıma borçluyum; onların yaptıkları büyüleyici işlerden biri de, Penfield minyatür insanının ornitorenk eşdeğerini, bir "ornitorenk minyatürünü" hazırlamaktı. Söylenecek ilk şey şudur: Gerçeğe, çok kıt veriye dayanan Penfield minyatür insanından çok daha yakındır. Minyatür ornitorenk, çok ayrıntılı bir çalışmadır. Beynin üst kesiminde üç küçük ornitorenk haritası görebilirsiniz: Beynin farklı bölümlerinde, vücut yüzeyinden gelen duyusal bilginin ayrı ayrı temsilleri. Hayvan için önemli olan, vücudun her bölümü ile beynin ona karşılık gelen bölümü arasında düzenli bir boyutsal haritadır.

Üç haritada siyah renkli olan el ve ayakların, kocaman elli Penfield minyatür insanından farklı olarak, vücutla aşağı yukarı orantılı olduklarını dikkat edin. Minyatür ornitorenkte orantılı olmayan, gagadır. Gaga haritaları, diğer vücut haritalarından aşağı uzanan büyük alanlardır. İnsan beyni el-ağırlıklıyken, ornitorenk beyni gaga-ağırlıklıdır [bkz. Resim 14]. Sir Everard Home'un tahmini güzel görünüyor. Ama göreceğimiz gibi, bir bakımdan gaga, elden daha iyidir: Dokunmadığı şeylere ulaşabilir ve "hissedebilir". Uzaktan hissedebilir. Bunu elektrikle yapar.

Ornitorenkin tipik bir avı olan tatlı su karidesi gibi bir hayvan kaslarını kullandığı zaman, kaçınılmaz olarak zayıf elektrik alanları oluşur. Yeterince duyarlı aygıtlarla bu alanlar saptanabilir, özellikle de suda. Geniş bir algılayıcılar yelpazesinden gelen verileri ele almaya uygun bir bilgisayarla, elektrik alanlarının kaynağı hesaplanabilir. Elbette, ornitorenkler bir matematikçi ya da bilgisayar gibi hesap yapmaz. Ama beyinlerinin bir düzeyinde, hesaplamaya eşdeğer bir şey gerçekleşir ve bunun sonucunda avlarını yakalarlar.

Ornitorenklerin, gaganın her iki yüzeyine boylamasına şeritler halinde dağılmış 40.000 kadar elektriksel algılayıcısı vardır. Minyatür ornitorenkin gösterdiği gibi, beynin büyük bir bölümü, bu 40.000

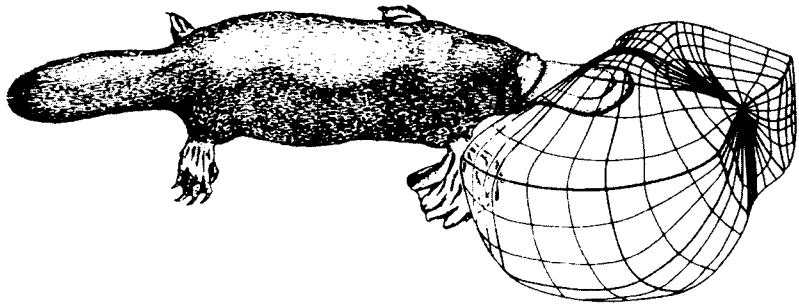
algılayıcıdan gelen verileri işlemeye ayrılmıştır. Ama örgü sıklaşır. 40.000 elektriksel algılayıcıya ek olarak, gaganın yüzeyine dağılmış, itme çubukları denilen 60.000 kadar mekanik algılayıcı vardır. Pettigrew ve çalışma arkadaşları, beyinde, mekanik algılayıcılardan gelen girdileri alan sinir hücreleri buldular. Hem mekanik, hem elektriksel algılayıcılara yanıt veren başka beyin hücreleri de buldular (şimdiye kadar yalnızca elektriksel algılayıcılara yanıt veren beyin hücreleri bulmadılar). Her iki tür hücre, gaganın boyutsal haritasında doğru konumdadırlar ve katmanlı yerleşimin iki gözle görmeye yardımcı olduğu insanın görsel beynini anımsatan bir şekilde katmanlıdır. Nasıl ki bizim katmanlı beynimiz üç boyutlu bir algı inşa etmek için iki gözden gelen bilgiyi birleştiriyorsa, Pettigrew grubu, ornitorenklerin de elektriksel ve mekanik algılayıcılardan gelen bilgiyi aynı şekilde yararlı bir biçimde birleştiriyor olabileceklerini öne sürüyor. Bu nasıl olabilir?

Gök gürültüsü ve şimşek benzetmesini öneriyorlar. Şimşeğin çakması ile gök gürlemesi aynı anda olur. Şimşeği anında görürüz, ama görece düşük ses hızıyla yol alan gök gürlemesinin bize ulaşması daha fazla zaman alır (bu arada, gürültü yankılanmadan ötürü gümbürtü haline gelir). Şimşek ile gök gürültüsü arasındaki gecikme zamanıyla, fırtınanın ne kadar uzakta olduğunu hesaplayabiliriz. Herhalde avın kaslarından gelen elektrik ornitorenkin şimşeğidir; gök gürültüsü ise, hareket eden avın çalkaladığı suyun dalgalarıdır. Ornitorenk beyni ikisi arasındaki zaman farkını hesaplayacak, dolayısıyla avın ne kadar uzakta olduğunu hesaplayacak şekilde mi kurulmuştur? Olası görünüyor.

Avın yönünü belirlemeye gelince, insan yapımı radarın çanak rotasyonunu kullanması gibi, gaganın yanlamasına tarama hareketlerinin yardımıyla, haritanın üzerindeki tüm farklı almaçlardan gelen girdiler karşılaştırılarak yapılıyor olmalı. Ornitorenk, haritalanmış beyin hücrelerine yönelen bir sürü algılayıcıyla, çok olasıdır ki, civardaki elektriksel kargaşadan ayrıntılı bir üçboyutlu görüntü oluşturur.

Pettigrew ve çalışma arkadaşları, ornitorenk gagasının etrafındaki eşit elektriksel duyarlılık hatlarının eşyükselti haritasını hazırladılar. Ornitorenki düşündüğünüzde, ördeği unutun; Nimrod'u düşünün; AWACS'ı düşünün; uzaktan karıncalanmayla hissederek yolunu bulan koca eli düşünün; şimşek çakması ile gök gürültüsünü düşünün.

Ornitorenk, bu türden elektriksel duyuyu kullanan tek hayvan değildir. *Polyodon spathula* gibi kaşık-ağızlı mersinbalıkları da aralarında olmak üzere, çeşitli balıklar da aynı özelliğe sahiptir. Teknik



Uzaktan karıncalanma. Ornitorenkin elektriksel duyu dünyası. Manger ve Pettigrew'den [bkz. Kaynakça].

olarak "kemikli" balık olan kaşık-ağızlı mersinbalıkları, akrabaları mersinmorinalarıyla birlikte, köpekbalığı gibi kıkırdaklı bir iskelet geliştirmişler. Bununla birlikte, köpekbalıklarından farklı olarak, kaşık-ağızlı mersinbalıkları tatlı sularda, çoğunlukla da gözlerin fazla işe yaramadığı bulanık çamurlu ırmaklarda yaşarlar. "Kaşık-ağız" asla bir çene olmamasına, kafanın bir uzantısı olmasına karşın, bir ornitorenkin gagasının üst çenesine epeyce benzer şekillenmiştir. Aşırı uzun, bazen vücut uzunluğunun üçte biri kadar olabilir. Bana, ornitorenkten çok bir Nimrod savaş uçağını anımsatıyor.

Kaşığın, balığın yaşamında açıkça önemli bir işlevi vardır ve ornitorengin gagasıyla aynı görevi –hayvan avlardan gelen elektrik alanlarını saptama– üstlendiği açık seçik gösterildi. Ornitorenklerde olduğu gibi, elektrik algılayıcılar, boylamasına dizilmiş gözeneklerin içindedir. Bununla birlikte, iki sistem birbirinden bağımsız evrilmiştir. Ornitorenkin elektrik gözenekleri, değişikliğe uğramış sümüksü bezlerdir. Kaşık-ağızlı mersinbalığının elektrik gözenekleri, köpekbalıklarının elektriksel duyum için kullandıkları ve Lorenzini ampulleri denen gözeneklere o kadar çok benzerler ki, onlara da aynı ad verilmiştir. Ama ornitorenk duyusal gözeneklerini gaga boyunca bir düzine kadar dar şerit şeklinde düzenlerken; kaşık-ağızlı mersinbalığının, ağzın orta çizgisinin her iki tarafında iki geniş şerit bulunur. Ornitorenk gibi, kaşık-ağızlı mersinbalığının da çok sayıda duyusal gözeneği vardır –aslında ornitorenkinden daha fazla. Hem kaşık-ağızlı mersinbalığı, hem ornitorenk elektriğe, algılayıcılarının herhangi birinden çok daha fazla duyarlıdır. Farklı algılayıcılardan bir tür gelişmiş sinyal toplama işi yapıyor olmalılar.

Elektriksel duyumun, yetişkin kaşık-ağızlı mersinbalığından çok yavrular için önemli olduğunu gösteren kanıtlar vardır. Kaşıklarını kazayla yitiren yetişkinlere rastlanmıştır ve görünüşe bakılırsa sağlıklılar; ama kaşıksız yaşayabilen yavrular görülmemiştir. Bunun nedeni, yavru kaşık-ağızlı mersinbalıklarının, yetişkin ornitorenkler gibi, tek bir avı hedef alıp yakalamaları olabilir. Yetişkin kaşık-ağızlı mersinbalıkları, daha çok plankton yiyen çubuklu balina gibi beslenir; çamuru elekten geçirerek, avı toplu yakalar. Bu yeme tarzıyla –balina kadar değil, ama bir insan boyunda ve ağırlığında olana dek, tatlı suda yüzen pek çok havyandan daha çok– büyürler. Bir yetişkin olarak plankton yiyorsanız, iyi çalışan bir yer saptayıcıya daha az, ama bir yavru olarak her seferinde tek bir av peşinde koşuyorsanız, daha fazla ihtiyaç duyarsınız.

Ornitorenk ile kaşık-ağızlı mersinbalığı, birbirlerinden bağımsız olarak aynı yolu bulmuşlar [bkz. resim 15]. Başka bir hayvan da bunu keşfetmiş mi? Araştırma asistanım Sam Turvey Çin'de doktora yaparken, *Reedocalymene* denilen son derece sıra dışı bir trilobitle karşılaştı. Başka bakımlardan "aksesuarsız" sade bir tribolit olan (Dudley kasabasının armasında yer alan Dudley Bug'a, *Calymene*'ye benzeyen) *Reedocalymene*'nin benzersiz ve dikkate değer bir özelliği vardır: Kaşık-ağızlı mersinbalığının ağzına benzer, uzun ve yassı bir rostrum (gagamsı çıkıntı). Suda kaygan akış amaçlı olamaz; çünkü bu tribolit, diğer birçok tribolitten farklı olarak, deniz yatağının üstünde yüzmeye uygun değildi. Çeşitli nedenlerle, bir savunma amacı da olası değildir. Kaşık-ağızlı mersinbalığı, mersinmorinası ya da ornitorenk gibi, tribolitin rostrumu da, muhtemelen avın yerin saptamak için kullanılan duyusal almaçlara benzeyen bir şeyle kaplıdır. Turvey, elektriksel duyu organı olan modern bir eklembacaklı (artropod) tanımaz (eklembacaklıların çok yönlülüğü dikkate alındığında, kendi başına ilginç bir şey); ama *Reedocalymene*'nin başka bir "kaşık-ağızlı mersinbalığı" ya da "ornitorenk" olduğuna bahse girerdi. Yakında bu konuda çalışmaya başlamayı umuyor.

Başka balıkların, ornitorenkin ve kaşık-ağızlı mersinbalığının Nimrod-benzeri "anten"lerinden yoksun olmasına karşın, daha gelişkin bir elektriksel duyusu vardır. Avın yaydığı elektriksel sinyallerle yetinmeyen bu balıklar, kendi elektriksel alanlarını üretirler. Dolaşır ve üretilen bu alanlardaki bozulmaları okuyarak avın yerini saptar. Çeşitli kıkırdaklı vatozlarla birlikte, iki kemikli balık grubu, Güney Amerika'nın Gymnotidae (elektrikli yılanbalığıgiller) familyası ile Afrika'nın Mormyridae (Nil tur-

nabalığıgiller) familyası, birbirinden bağımsız olarak bunu geliştirip yüksek bir sanata dönüştürmüştür.

Bu balıklar kendi elektriklerini nasıl üretirler? Tatlı su karideslerinin, böcek larvalarının ve ornitorenklerin diğer avlarının istemeden yaptıkları gibi: kaslarıyla. Ama karidesler, sırf kasları öyle çalıştığı için biraz elektrik yaymadan edemezler; oysa elektrikli balıklar, kas bloklarını ardışık piller gibi bir araya toplar.* Gymnotidae ya da Mormyridae familyasından elektrikli bir balığın kuyruk boyunca art arda dizili kas bloklarından oluşan bir pil bataryası vardır; her biri düşük bir voltaj üretir, bunlar birbirine eklenerek büyük bir voltaja ulaşır. Elektrikli yılanbalığı (gerçek bir yılan balığı değil, Güney Amerikalı Gymnotidae familyasından başka bir tatlı su balığıdır) işi aşırıya vardırır. Normal uzunlukta bir balıktan çok daha büyük bir elektrikli hücre bataryası sığdırdığı çok uzun bir kuyruğu vardır. Avını, 600 voltu aşabilen ve insanlar için öldürücü olabilen elektrik şoklarıyla sersemletir. Afrikalı elektrikli kedibalığı *Malapterurus* gibi diğer tatlı su balıkları ve denizde yaşayan elektrikli vatoz *Torpedo* da, avlarını öldürmeye ya da bayıltmaya yetecek kadar elektrik üretir.

Bu yüksek voltajlı balıklar, esasında balıklar tarafından av arayıp bulmak için kullanılan bir tür radar olan bir kapasiteyi fiilen sersemletici bir aşırılığa vardırmış gibi görünüyorlar. Güney Amerikalı *Gymnotus* ve onunla hiçbir akrabalığı olmayan Afrikalı *Gymnarchus* gibi zayıf elektrikli balıkların, elektrikli yılanbalığınkine benzer bir elektrik organı vardır, ama çok daha kısadır –bataryaları, daha az değişmiş kas levhalarından oluşur– ve zayıf elektrikli bir balığın ürettiği elektrik, tipik olarak bir voltun altındadır. Balık, göreceğimiz gibi çok iyi bir nedenle suda katı bir sopa gibi durur ve elektrik akımı, kavisli çizgiler boyunca akar. Vücudun her iki tarafında, elektrik algılayıcılar –küçük voltmetreler– içeren gözenekler vardır. Engeller ya da avlar, yaratılan elektrik alanını çeşitli biçimlerde bozar; bu küçük voltmetreler bozulmaları saptar. Balık farklı voltmetrelerin değerlerini karşılaştırarak ve bunları bizzat alandaki (bazı türlerde sinüzoidal, bazılarında darbeli) dalgalanmalarla ilişkilendirerek engellerin ve avın yerini hesaplayabilir. Elektrik organlarını ve algılayıcılarını birbirleriyle iletişim kurmak için de kullanırlar.

Gymnotus gibi Güney Amerikalı bir elektrikli balık, Afrikalı taydaşı

*Elbette özgün elektriksel anlamında pil sözcüğü, tek bir hücreye karşıt olarak ardışık hücrelerden oluşan bir batarya demektir. Transistorlu radyonuz altı "pil"le çalışıyorsa, ukala biri altı hücrelik tek bir bataryayla çalıştığında ısrar ederdi.

Gymnarchus'a belirgin bir biçimde benzer; ama aralarında açıklayıcı bir fark bulunur. Her ikisinin tek bir uzun yüzgeci vardır ve her ikisi de onu aynı amaçla kullanır. Gövdelerini yüzen bir balığın normal sinüs dalgalarının içine sokamazlar; çünkü bu, elektrik duyularını bozar. Her ikisi de vücudu katı tutmak zorundadır; bu yüzden, tıpkı normal bir balık gibi sinüs dalgası biçiminde hareket eden boylamasına yüzgeçle yüzer. Yani yavaş yüzerler; ama herhalde, iyi bir sinyal almak için değer. Güzel gerçek şu ki, *Gymnarchus*'un boylamasına yüzgeci sırtındadır; *Gymnotus* ve elektrikli "yılanbalığı" da dahil, Güney Amerikalı diğer elektrikli balıkların ise karınlarındadır. "İstisna kuralı kanıtlar" bu tür durumlar için uydurulmuştur.

Ornitorenke dönersek, hikâyedeki iğne, aslında erkek ornitorenkin arka ayaklarındadır. Gerçek zehirli iğnelere, çeşitli omurgasız filumlarda ve omurgalılar arasında da balıklarda ve sürüngenlerde rastlanır --ornitorenk dışındaki memelilerde ya da kuşlarda asla rastlanmaz (ısırdıklarını biraz zehirleyen bazı sivrifarelerin ve sivri-burunlu tenreklerin zehirli salyalarını saymazsak). Memeliler arasında erkek ornitorenk kendi başına bir sınıftır ve zehirli hayvanlar arasında da kendi başına bir sınıf olabilir. Zehirli iğnenin yalnızca erkeklerde bulunması, oldukça şaşırtıcı bir biçimde, (arılarda olduğu gibi) yırtıcıları ya da (yılanlarda olduğu gibi) avı değil, rakipleri hedeflediğini gösterir. Zehir, tehlikeli değildir; ama aşırı acı verir ve morfine duyarsızdır. Sanki ornitorenk zehri doğrudan ağrı almaçları üzerinde etkili oluyormuş gibi. Bilim insanları bunun nasıl olduğunu anlayabilse, kanserin neden olduğu ağrıya karşı koymanın ipuçlarını verme umudu olabilir.

Bu hikâye, ornitorenke "ilkel" diyen zoologları ayıplayarak başladı. En iyi durumda bu bir betimlemedir. İlkel, "ataya benzeme" demektir ve bunun adil bir ornitorenk betimlemesi olduğu birkaç durum vardır. Gaga ve iğne ilginç istisnalardır. Ama hikâyenin daha önemli ana fikri şudur: Her bakımdan sahiden ilkel olan bir hayvanın bile ilkel olmasının bir nedeni vardır. Atasal karakteristikler yaşam tarzı bakımından iyidir, bu yüzden değişmesi için bir neden yoktur. Liverpool Üniversitesi'nden Profesör Arthur Cain'in hoşlandığı ifadeyle, bir hayvan, öyle olması gerektiği için öyledir.

TEPELİKÖSTEBEK ÖRDEK-GAGALI ORNİTORENKE NE DEDİ?

Randevu 11'de diğer Lavrasya memelileriyle birlikte hac yolculuğuna katılan tepeliköstebek, Ördek-gagalı'nın Hikâyesi'ni büyük bir dikkatle dinledi ve iğne kadar gözlerinden geriye kalanları daha iyi anladı. Daha büyük hacılardan bazılarının duyamayacağı kadar yüksek ve tiz bir sesle "Evet" deyip, heyecanla el çırptı. "Tam da benim gibi... ya da işte, bana oldukça benziyor."

Hayır, olmuyor. Chaucer'ın yolundan gidip, bir hacının bir başkasına söylediklerine hiç olmazsa bir bölüm ayırmak istedim; ama şimdi bunu başlıkla ve birinci paragrafla sınırlayıp, hikâyeyi kendi sözlerimle anlatma pratiğine geri dönüyorum. Bruce Fogle'un (*101 Questions Your Dog Would Ask Its Vet* –Köpeğinizin Veterinerine Soracağı 101 Soru) ya da Olivia Judson'ın (*Dr. Tatiana's Sex Advice to All Creation* –Dr. Tatiana'dan Tüm Yaratıklara Seks Öğütleri) yaptığı yanına kâr kalabilir, ama benim için durum farklı.

Tepeliköstebek, *Condylura cristata*, diğer köstebekler gibi kazı yapmanın ve kurtçuk avlamanın yanı sıra, su altında da avlanan iyi bir yüzücü olan bir Kuzey Amerika köstebeğidir. Islak, loş yerleri tercih ettiği yerüstünde de, kendisini diğer köstebeklerden daha rahat hisseder. Diğer köstebekler gibi büyük kürek elleri vardır.

Onu ayırt eden şey, dikkat çekici burnudur. Öne çıkık iki burun deliğinin etrafında, 22 kollu bebek bir denizgülü gibi, etli dokunaçlardan oluşan yıldıza benzer olağanüstü bir çember vardır. Dokunaçlar, bir şey yakalamak için kullanılmaz. Aklımıza gelebileceği gibi, koku almaya



Dokunmanın sınırlarını düşlerimizin ötesine taşır. Tepeli köstebeğin, *Condylura cristata*, önden görünüşü.

da yardımcı olmaz. Ornitorenkinki gibi elektrikli bir radar da değiller. Vanderbilt Üniversitesi'nden Kenneth Catania ile Jon Kaas, bu dokunaçların gerçek doğasını ortaya çıkardılar. Yıldız çember, süper duyarlı bir insan eli gibi dokunmaya yarayan bir organdır, ama elin tutma işlevinden yoksundur. Ama sıradan bir dokunma organı değildir. Tepeliköstebek, dokunmanın sınırlarını düşlerimizin ötesine taşır. Burnunun derisi, insan eli de dahil olmak üzere, memelilerdeki diğer deri alanlarından daha duyarlıdır.

Her burun deliğinin etrafını çeviren 11 dokunaç vardır ve bunların her biri, sırayla 1'den 11'e kadar etiketlenir. Ortaya yakın bir yerde ve burun deliği düzeyinin hemen altında bulunan dokunaç 11, biraz sonra göreceğimiz gibi özeldir. Yakalama amaçlı kullanılmamalarına karşın, dokunaçlar bağımsız olarak ya da belirli gruplar halinde hareket ederler. Her dokunacın yüzeyi, Eimer Organları denilen küçük yuvarlak yumrularla kaplıdır; bunların her biri dokunmaya duyarlı bir birimdir ve her birinde, (dokunaçların çoğu için) dört ila (dokunaç 11 için) yedi sinir lifi döşelidir.

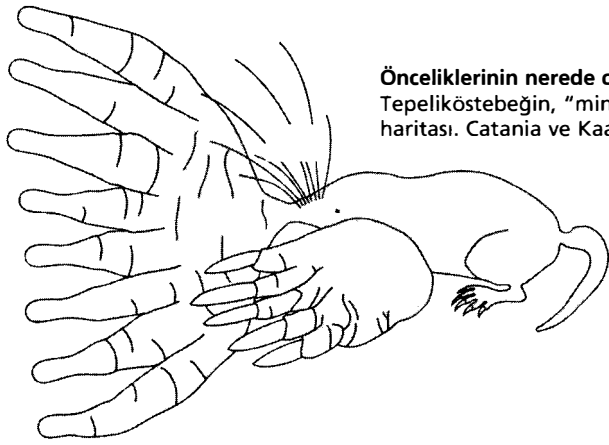
Eimer organlarının yoğunluğu, tüm dokunaçlar için aynıdır. Daha küçük olan dokunaç 11'in daha az Eimer organı vardır; ama onda da her bir Eimer organına ayrılan sinir daha fazladır. Catania ile Kaas, dokunaçları beyinle eşlemleyebildiler. Beyin korteksinde (en az) iki bağımsız burun yıldızı eşlemi buldular. Bu iki beyin alanının her birinde, beynin her dokunaca karşılık gelen bölümleri düzenli bir biçimde sergilendi. Dokunaç 11 yine özeldir. Diğerlerinden daha duyarlıdır. Dokunaçlardan biri bir nesneyi ilk fark edince, hayvan, dokunaç 11 dikkatlice inceleyebilsin diye yıldızı hareket ettirir. Ondan sonra söz konusu nesnenin yenilip yenilmeyeceğine karar verilir. Catania ile Kaas, dokunaç 11'e, yıldız cemberin "fovea"sı diyorlar.*

Daha genel olarak diyorlar ki,

> [t]epeli köstebeğin burnu bir dokunsal duyum yüzeyi gibi hareket etmesine karşın, köstebeğin duyu sistemi ile diğer memelilerin görme sistemi arasında anatomik ve davranışsal benzerlikler vardır.

Yıldız çember bir elektrik algılayıcı değilse, bu bölümün başlangıcında değindiğim ornitorenkle empati niye? Catania ile Kaas, vücut yüzeyinin farklı parçalarına ayrılan göreli beyin dokusu miktarının şematik bir modelini kurdular. Penfield'in minyatür insanına ve Petti-

*Fovea, insan retinasının ortasında koni hücrelerin yoğunlaştığı küçük alandır. Foveamızla okuruz, birbirimizin yüzlerini tanırız ve ince görsel ayrımı gerektiren her şeyi yaparız.



Önceliklerinin nerede olduğunu görebilirsiniz. Tepeliköstebeğin, "minyatür köstebek" beyin haritası. Catania ve Kaas'tan [bkz. Kaynakça].

grew'ün minyatür ornitorenkine benzeştirme yaparsak, bu da bir minyatür köstebektir. Yalnızca bakın.* Tepeli köstebeğin önceliklerinin nerede olduğunu görebilirsiniz. Tepeli köstebeğin dünyasını hissedebilirsiniz. *His*, doğru sözcüktür. Bu hayvan, burun dokunaçlarının egemen olduğu, büyük kürek ellere ve bıyıklara da ihtiyaç duyulan dokunsal bir dünyada yaşar.

Bir tepeliköstebek olmak nasıl bir şeydir? Bir keresinde yarasalar için ortaya attığım bir düşüncenin, tepeliköstebek bakımından bir eşini sunmak istiyorum. Yarasalar bir ses dünyasında yaşarlar; ama yarasaların kulaklarıyla yaptıkların şeylerin çoğu, sözgelişi kırlangıç gibi böcek avlayan kuşların gözleriyle yaptıklarının aynısıdır. Her ikisinde de, yüksek hızda hareket edebilmek, engellerden kaçabilmek ve hareket eden küçük nesneleri yakalayabilmek için beyin üçboyutlu bir dünyanın zihinsel bir modelini kurmalıdır. Dünya modeli, ister ışın yardımıyla kurulsun, ister ses yankılarının yardımıyla, aynı olmalıdır. Benim tahminim şuydu: Bir yarasa dünyayı, büyük ölçüde bir kırlangıcın ya da bir insanın ışık kullanarak dünyayı görmesiyle aynı şekilde (ses yankılarını kullanarak) "görür".

Hatta yarasaların renkli duyduklarını söyleyecek kadar ileri gittim. Algıladığımız renk özlerinin, temsil ettikleri belirli ışık dalga boylarıyla zorunlu bir bağları yoktur. Benim kırmızı dediğim duyum (ve benim kırmızımın sizinkiyle aynı olup olmadığını kimse bilmiyor), uzun dalga boylu ışık için kullanılan keyfi bir etikettir. Pekâlâ kısa dalga boyları için

*"Minyatür köstebek"in, görebildiğimiz bölümlerinin arkasına gizlenen bölümlerine dikkat edin.

de kullanılabilirdi ve mavi dediğim duyum da uzun dalga boyları için... Bu renk özü duyumları, dış dünyada en uygun olana bağlanmak için beyinde bulunurlar. Yarasa beyinlerindeki bu canlı duyusal girdi deneyimleri (qualia), ışıkta boşa harcanmış olacaktır. Bunların, belirli nitelikte yankılara, belki de engellerin ya da avın yüzey dokusuna bağlanan etiketler olarak kullanılmaları daha olasıdır.

Şimdiki tahminime göre ise, tepeliköstebek burnuyla "görür." Benim kurguma göre, dokunsal duyumların etiketleri olarak, bizim renk dediğimizle aynı duyusal girdi deneyimlerini kullanır. Aynı şekilde, ördek-gagalı ornitorenklerin gagayla "gördükleri" ve elektriksel duyumların iç etiketleri olarak bizim renk dediğimiz duyusal girdi deneyimlerini kullandıkları tahmininde bulunmak istiyorum. Ornitorenklerin elektriğe duyarlı gagalarıyla avlanırken gözlerini sıkı sıkıya kapatmalarını nedeni bu olabilir mi? Gaga ile gözlerin beyinde nitel (qualia) etiketler için rekabet etmeleri ve aynı anda iki duyu organını birden kullanmanın karışıklığa yol açacak olması olabilir mi?

MEMELİ-BENZERİ SÜRÜNGENLER

Tekdelikliler de bize katılınca, bütün memeli hacılar kafilesi, geriye kesintisiz 130 milyon yıl, yani iki kilometre taşı arasındaki en uzun mesafeyi, yürüyüp, bizden daha kalabalık bir hacı kafilesiyle, Sauropsidler (sürüngenler ve kuşlar –yumurtlayanlar) karşılaşacağımız Randevu 16'ya gidiyoruz. Sauropsidler, aşağı yukarı, karada su geçirmez yumurtalar yumurtlayan tüm omurgalılar anlamına gelir. "Aşağı yukarı" demeliyim, çünkü biraz önce bize katılan tekdelikliler de aynı yumurtaları yumurtlarlar. Diğer zamanlar tamamen denizde yaşayan sukaplumbağaları bile, yumurtlamak için kendilerine sahile atarlar. Plesiyozorlar da aynısını yapmış olabilirler. Bununla birlikte, ihtiyozorlar yüzmede o kadar uzmanlardı ki, daha sonra onlara benzeyen yunuslar gibi, muhtemelen hiç kıyıya çıkamadılar. Canlı yavru doğurmayı bağımsız olarak keşfettiler –doğum halinde fosilleşmiş annelerden biliyoruz.*

Hacılarımızın kilometre taşsız 130 milyon yıl yürüdüklerini söyledim; elbette "kilometre taşsız", yalnızca bu kitabın teamülleri içinde doğrudur: Yalnızca yaşayan hacılarla randevuları kilometre taşı kabul ediyoruz. "Memeli-benzeri sürüngenler"in zengin fosil kalıntılarından bildiğimiz gibi, atasal soyumuz bereketli evrimsel dallanmanın keyfini o süre zarfında sürdü; ama bunların arasında hiçbir dal, "randevu" sayılmıyor, çünkü anlaşıldığı üzere, hiçbiri hayatta kalmadı. Bu yüzden, şimdiki zamandan oraya giden hacı sayılabilecek modern temsilciler yoktur. İnsangillerde benzer bir sorunla karşılaştığımızda, bazı fosillere "gölge hacı" onursal statüsünü vermeye karar verdik. Atalarımızı arayan hacılar, 100 milyonuncu büyük-büyük ebeveynimizin neye benzediğimi gerçekten bilmek isteyen hacılar olduğumuza göre, memeli-benzeri sürüngenleri atlayıp, doğrudan Ortak Ata 16'ye geçemeyiz. Göreceğimiz gibi, Ortak Ata 16, bir kertenkeleye benziyordu. Bir sivrifareye benzeyen Ortak Ata 15'ten Ortak Ata 16'ya olan mesafe, kapatılmadan bırakılamayacak kadar büyüktür. Memeli-benzeri sürüngenleri, sanki yürüyüşümüze katılan canlı hacılarmış gibi, gölge hacılar olarak incelemek zorundayız –fiilen hikâye anlatmayacak olmalarına karşın. Ama önce, çok uzun olduğu için, söz konusu zaman aralığıyla ilgili biraz bilgi verelim.

Arada geçen randevusuz yıllar, Jura Dönemi'nin yarısını, Triyas Dönemi'nin tamamını, Permiyen Dönem'in tamamını ve Karbonifer

*Varlığını sürdüren bazı kertenkeleler de canlı doğurmayı keşfetmiş.

Dönem'in son 10 milyon yılını kapsar. Hac yolculuğu Jura Dönemi'nden Triyas Dönemi'nin –gezegenin tarihinde en sıcak dönemlerden biri, tüm kara kütlelerinin birleşip Pangea'yı oluşturdukları zaman– daha sıcak ve daha kuru dünyasına geçince, tüm türlerin dörtte üçünün soyunun tükendiği geç Triyas Dönemin kitlesel yok oluşunu geride bırakıyoruz. Ama bu, bir sonraki geçişle, Triyas Dönemi'nden Permiyen Dönem'e geçişle karşılaştırıldığında hiçbir şeydir. Permiyen-Triyas sınırda, tüm türlerin yüzde 90'ı, tüm trilobitler ve birçok diğer memeli grubu da dahil, evlat bırakmadan yok oldu. Adil olmak gerekirse, trilobitler uzun süredir zaten gerilemekteydiler. Permiyen Dönem sonu kitlesel yok oluşu, tüm zamanların en yıkıcısıydı. Bu yok oluşa, Kretase Dönem'deki gibi, büyük bir göktaşı çarpmasının neden olduğunu gösteren bazı kanıtlar Avustralya'da var. Böcekler bile ağır bir darbe aldı; tarihlerinde aldıkları tek darbe. Denizde, dipte yaşayan topluluklar neredeyse silindi. Karada, memeli-benzeri sürüngenlerin Nuh'u, *Lystrosaurus*'tu. Felaketten hemen sonra, bodur, kısa kuyruklu *Lystrosaurus*, tüm dünyada son derece bollaştı, boş yerleri hızla doldurdu.

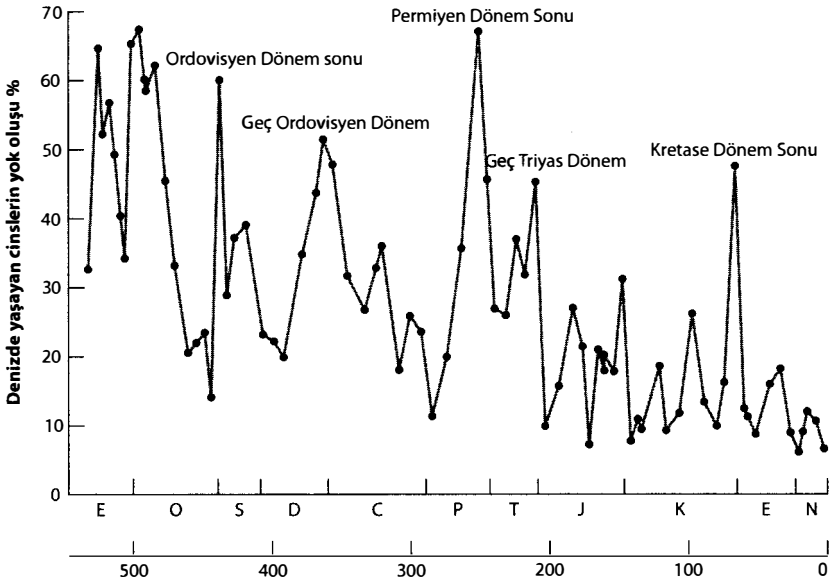
Kıyamet kıyımıyla doğal ilişki, yumuşatılmalıdır. Soyun tükenmesi, neredeyse tüm türlerin nihai kaderidir. Muhtemelen, şimdiye kadar var olmuş tüm türlerin yüzde 99'unun soyu tükenmiştir. Yine de, milyon yıl başına yok oluş oranı sabit değildir ve yalnızca ara sıra, keyfi bir biçimde bir "kitlesel" yok oluş için eşik sayılan yüzde 75'in üzerine çıkar. Kitlesel yok oluşlar, yok oluş oranlarında, geçmiş oranların üzerine çıkan doruklardır.

Aşağıdaki şema, milyon yıl başına yok oluş oranlarını gösteriyor.* Bu doruklar sırasında bir şeyler olmuş. Kötü şeyler. Belki, 65 milyon yıl önce, Kretase-Paleojen yok oluşunda dinozorları öldüren büyük bir göktaşıyla çarpışma gibi tek bir felaket olayı. Ya da beş doruğu oluşturan diğer vakalarda can çekişme süreci çok uzamış olabilir. Richard Leakey ile Roger Lewin'in Altıncı Yok Oluş dedikleri şey, *Homo sapiens*'in –ya da yaşlı Almanca öğretmenim William Cartwright'ın tercih edeceği gibi *Homo insipiens*'in** – yapmakta olduğu şeydir.***

*Mutlak rakamlar yüzde 75'ten düşüktür; çünkü türlere değil, cinslere işaret ederler. Türlerin mutlak rakamları, cinslerin rakamlarından büyüktür; çünkü her cins bir sürü türü kapsar, bu yüzden bir cinsi yok etmek bir türü yok etmekten zordur.

**"Insipien", "aptal" anlamına gelir [ç.n.].

*** Dobra, fırça kaşlı, yavaş konuşan bir adam olan Bay Cartwright, çevre eylemciliğini moda olmadan çok önce keşfetti ve Almancamızın zararına, ama insani eğitimimizin yararına dersleri ekolojiyle doldurdu.



Fanerozoyik Üstzaman boyunca denizde yaşayan cinslerin yok oluş yüzdesi. Sepkoski'den uyarlandı [bkz. Kaynakça].

Memeli-benzeri sürüngenlere geçmeden önce, bir bakıma can sıkıcı bir terminoloji konusuyla karşı karşıya kalıyoruz. Sürüngen ve memeli gibi terimler, "kladlar"a ya da "tabakalar"a işaret eder –ikisi birbirini dışlamaz. Bir klad, bir ata ile onun tüm torunlarından oluşan bir hayvan kümesidir. "Kuşlar" iyi bir klad oluşturur. Geleneksel olarak anlaşıldığı şekliyle "sürüngenler" iyi bir klad değildir, çünkü kuşları dışlar. Bu yüzden biyologlar sürüngenlere "kısmi soylu" derler.* Bazı sürüngenler (örneğin timsahlar), diğer sürüngenlerden (kaplumbağalar) çok, sürüngen olmayan bazı hayvanların (kuşlar) yakın kuzenleridir. Tüm sürüngenlerin ortak bir yanı olduğu ölçüde, bir kladın değil, bir *tabakanın* üyeleridirler. Bir tabaka, ileri doğru evrim çizgisinde benzer bir evreye ulaşmış hayvanlar kümesidir.

Amerikalı zoologların tercih ettiği başka bir gayri resmi tabaka adı da "herp"tir. Herpetoloji, sürüngenleri (kuşlar hariç) ve amfibyumları inceler. "Herp" ender bir sözcüktür; uzun biçimi olmayan bir kısaltmadır. Bir herp, herpetoloğun incelediği hayvandır ve bu, bir hayvanı tanımlamak için oldukça sakat bir yoldur. Yakın tek isim, Kitab-ı Mukaddes'te geçen "sürünen şey"dir.

*Kısmi soylu (paraphyletic): Bir grubun tüm üyelerinin bir ortak atası var, ama grup o ortak atanın tüm torunlarını kapsamazsa, o gruba kısmi soylu denilir [ç.n.].

Başka bir tabaka adı da balıktır. "Balık", köpekbalıklarını, soyu tükenmiş çeşitli fosil grupları, (alabalık ve turnabalığı gibi) kemikli balıkları ve koelakantları kapsar. Ama alabalıklar, köpekbalıklarından çok insanların yakın kuzenleridirler (ve koelakantlar da, alabalıklardan çok insanların yakın kuzendirler). Bu yüzden "balık", insanları (ve tüm memelileri, kuşları, sürüngenleri, amfibyumları) dışladığı için bir klad değildir. Balık, bir nevi balık gibi görünen hayvanların tabaka adıdır. Tabaka terminolojisini kesinleştirmek aşağı yukarı olanaksızdır. *İhtiyozorlar* ve yunuslar balıksı görünürler ve onları yeseydik, herhalde balığımsı tatları olurdu; ama balık "tabakası"nın üyeleri sayılmazlar, çünkü balıksı olmayan atalar üzerinden *balıksılığa döndüler.*

Tek bir yönde, ortak bir başlangıç noktasından paralel çizgiler halinde ileriye doğru yürüyen evrime güçlü bir inancınız varsa, tabaka terminolojisi işinize yarar. Sözün gelişi, pek çok akraba soyun, bağımsız bir biçimde amfibiyumluktan başlayıp sürüngenlikten geçerek memeliliğe paralel evrildiklerini düşünüyorsanız, sürüngen tabakasından memeli tabakasına geçişten söz edebilirsiniz. Bu paralel yürüyüş gibi bir şey gerçekleşmiş olabilir. Omurgalılar paleontolojisi öğretmenim, çok saydığım Harold Pusey tarafından bu düşünceyle yetiştirildim. Bol zamanım var; ama bu, genel olarak doğru kabul edilmesi gereken bir şey değil, ne de onu terminolojiye sokmak zorunlu.

Diğer uca geçip katı kladcı terminolojiyi benimsersek, sürüngen sözcüğü, ancak kuşları da kapsadığı kabul edilirse kurtulabilir. Maddison kardeşlerin kurduğu yetkin "Yaşam Ağacı" projesinin desteklediği seyir budur.* Onları izlemek ve "memeli-benzeri sürüngen"in yerine "sürüngene-benzer memeli"yi geçirme taktiği için söylenecek çok şey var. Ama sürüngen sözcüğünün geleneksel anlamı o kadar yerleşmiş ki, şimdi değiştirmenin karışıklığa neden olmasından korkarım. Katı kladcı pürizmin gülünç sonuçlar doğurabildiği zamanlar vardır. İşte bir olmayana ergi. Ortak Ata 16'nın dolaysız bir torunu memeli tarafında, bir torunu da kertenkele/timsah/dinozor/kuş, ya da sauropsidler, tarafında olmalı. İki torun, birbiriyle neredeyse özdeş olmalı. Aslında birbirleriyle melezleştikleri bir zaman olmalı. Yine de katı bir kladcı, birine yumurtlayan, diğerine memeli demekte ısrar eder. Bereket versin, pratikte böyle bir ergiye ulaşmayız; ama kladcı püristler kendilerini bir şey sanınca, bu tür hipotetik vakaları aktarmak iyidir.

*Bu mükemmel kaynak http://tolweb.org/tree adresinde sürekli güncellenmektedir. Web sitesinin hoş bir feragatnamesi var: "Ağaç yapım halindedir. Lütfen sabırlı olun: Gerçek Ağacın yetişmesi 3.000.000.000 yıl aldı."

Dinozorların ardılı olarak memeliler düşüncesine o kadar alışığız ki, memeli-benzeri sürüngenlerin dinozorların yükselişinden önce çoğalmalarını şaşırtıcı bulabiliyoruz. Memeli-benzeri sürüngenler, daha sonra dinozorların doldurdukları ve onlardan da sonra memelilerin dolduracağı boşlukların aynısını doldurdular. Aslında bu boşlukları bir kez değil, peş peşe büyük yok oluşların ardından birkaç kez doldurdular. Yaşayan hacılarla randevulara göre verilen kilometre taşlarının yokluğunda, sivrifareye-benzer Ortak Ata 15 (bizi tekdeliklilere bağlar) ile kertenkeleye-benzer Ortak Ata 16 (bizi kuşlara ve dinozorlara bağlar) arasındaki mesafeyi birleştirmek için üç gölge kilometre taşı kabul edeceğim.

150 milyonuncu büyük-büyükanneniz, Orta Triyas Dönemi'nde yaşayan ve fosilleri, o sırada Gondvana içinde birbirine bitişik olan Afrika ve Antarktika'da bulunan *Thrinaxodon*'a biraz benzeyen bir şey olabilir. Bizzat *Trinaxodon*'un kendisi ya da tesadüfen bulduğumuz başka herhangi bir tikel fosil olduğunu ummak ileri gitmek olur. *Trinaxodon*, herhangi bir fosil gibi, bizzat atamız olarak değil de, atamızın bir kuzeni olarak düşünülmelidir. Cynodontlar (köpekdişliler) denilen bir memeli-benzeri sürüngen grubunun bir üyesiydi. Cynodontlar memeliye o kadar çok benziyorlardı ki, insanın memeli diyesi geliyor. Ama onlara ne dediğimiz kimin umurunda? Neredeyse kusursuz ara konaklardır. Evrimin gerçekleştiği dikkate alınırsa, cynodontlar gibi ara konakların olmaması tuhaf olurdu.

Cynodontlar, therapsidler denilen daha eski bir memeli-benzeri sürüngen grubundan yayılan birkaç gruptan biriydi. 160 milyonuncu büyük-büyükbabanız belki de Permiyen Dönem'de yaşayan bir therapsiddi; ama onu temsil eden tikel bir fosili seçip ayırmak zordur. Therapsidler, dinozorlar Triyas Dönemi'nde ortaya çıkmadan önce dünyaya hâkimdiler, hatta Triyas Döneminde de dinozorları epeyce zorladılar. Aralarında büyük hayvanlar da vardı: Üç metre boyunda otçullar, onları avlayan büyük ve herhalde acımasız etçiller. Ama bizim therapsid atamız büyük olasılıkla daha küçük ve daha önemsiz bir yaratıktı. Korkunç dişli gorgonopsidler ya da fildişli otçul dicynodontlar (çifte köpekdişliler) (bkz. resim 16) gibi büyük ya da uzman hayvanların uzun bir evrimsel geleceklerinin olmaması, soylarının tükenmesi kaçınılmaz olan yüzde 99'luk türlerden olmaları kuralmış gibi görünüyor. Tufandan kurtulan Nuh türler, daha sonraki hayvanların atası olan yüzde birlik kesim, daha küçük ve daha çekingen olma eğilimindedir.

İlk therapsidler, memelilere ardılları cynodontlardan biraz daha az,

öncelleri pelikozorlardan daha fazla benziyorlardı. Therapsidlerden önce, 165 milyonuncu büyük-büyükanneniz, yine tikel bir fosili seçip ayırmak aptallık olmasına karşın, neredeyse kesinlikle bir pelikozordu. Pelikozorlar, en erken memeli-benzeri sürüngenler dalgasıydı. Büyük kömür yataklarının serildiği Karbonifer Dönem'de geliştiler. En ünlü pelikozor, sırtında büyük bir yelken olan *Dimetrodon*'dur. *Dimetrodon*'un onu nasıl kullandığını kimse bilmiyor. Hayvan, bu yelkeni kaslarını çalıştırabilecek sıcaklığa ulaşabilmek için bir güneş paneli olarak ve/veya çok sıcak olunca gölgede serinlemek için bir fan olarak kullanmış olabilir. Ya da sadece bir cinsel reklam, tavuskuşu yelpazesinin kemikli bir eşdeğeri de olmuş olabilir. Pelikozorların soyu çok büyük ölçüde Permiyen Dönem'de tükendi –memeli-benzeri sürüngenlerin ikinci dalgası therapsidleri doğuran Nuh-pelikozorlar hariç. Therapsidler, Triyas Dönemi'nin ilk bölümünü, "Geç Permiyen Dönemin kaybolmuş vücut biçimlerinin birçoğunu yeniden keşfederek" geçirdiler.*

Pelikozorlar, memelilere therapsidlerden daha az benziyorlardı ve onlar da memelilere cynodontlardan uzaktılar. Örneğin, pelikozorlar, kertenkeleler gibi, yana açık bacaklarla karınları üzerinde sürünürlerdi. Muhtemelen yürüyüşlerinde balığa-benzer bir tarz vardı. Therapsidler, sonra cynodontlar ve son olarak memeliler karınlarını yerden giderek daha fazla kaldırdılar –bacakları daha dikleşti ve yürüyüş tarzları karadaki bir balığı giderek daha az andırır oldu. Diğer "memelileşme" eğilimleri şöyleydi: Alt çene tek bir kemiğe, alt-çene kemiğine, dönüşürken, diğer kemiklere (Randevu 15'te anlatıldığı gibi) kulak el koydu. Fosiller saptanmasında fazla yardımcı olmasa da, atalarımız bir noktada tüy ve bir termostat, süt ve ileri yavru bakımı, farklı amaçlar için uzmanlaşmış karmaşık dişler geliştirdi.

Memeli-benzeri sürüngenlerle bağlantılarımızı –"gölge hacılar"– ardışık üç dalga olarak ele aldım: pelikozorlar, therapsidler ve cynodontlar. Memeliler dördüncü dalgadır; ama bilinen ekotipi evrimsel istilaları, 150 milyon yıl ertelendi. Önce dinozorlar hüküm sürecekti; üç memeli-benzeri sürüngen dalgasının toplamından iki kat uzun bir süre.

Geriye doğru yürüyüşümüzde, üç "gölge hacı" grubumuzun en eskisi bizi, yaklaşık 300 milyon yıl önce Triyas Dönemi'nde yaşamış 165 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimize, kertenkeleye oldukça benzeyen pelikozor "Nuh"a getirdi. Randevu 16'ya geldik sayılır.

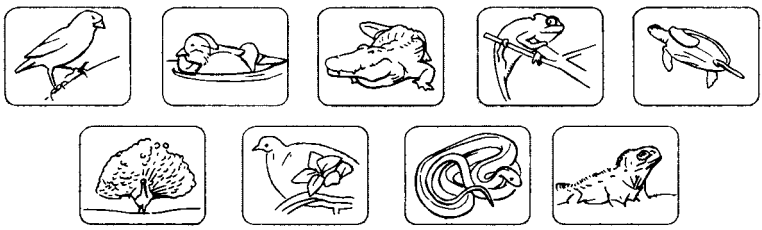
*Bu hoş anlatım tarzı, A. Halam ve P. B. Wignall'in *Mass Extinctions and Their Aftermath*'tan.

Randevu 16
SAUROPSİDLER

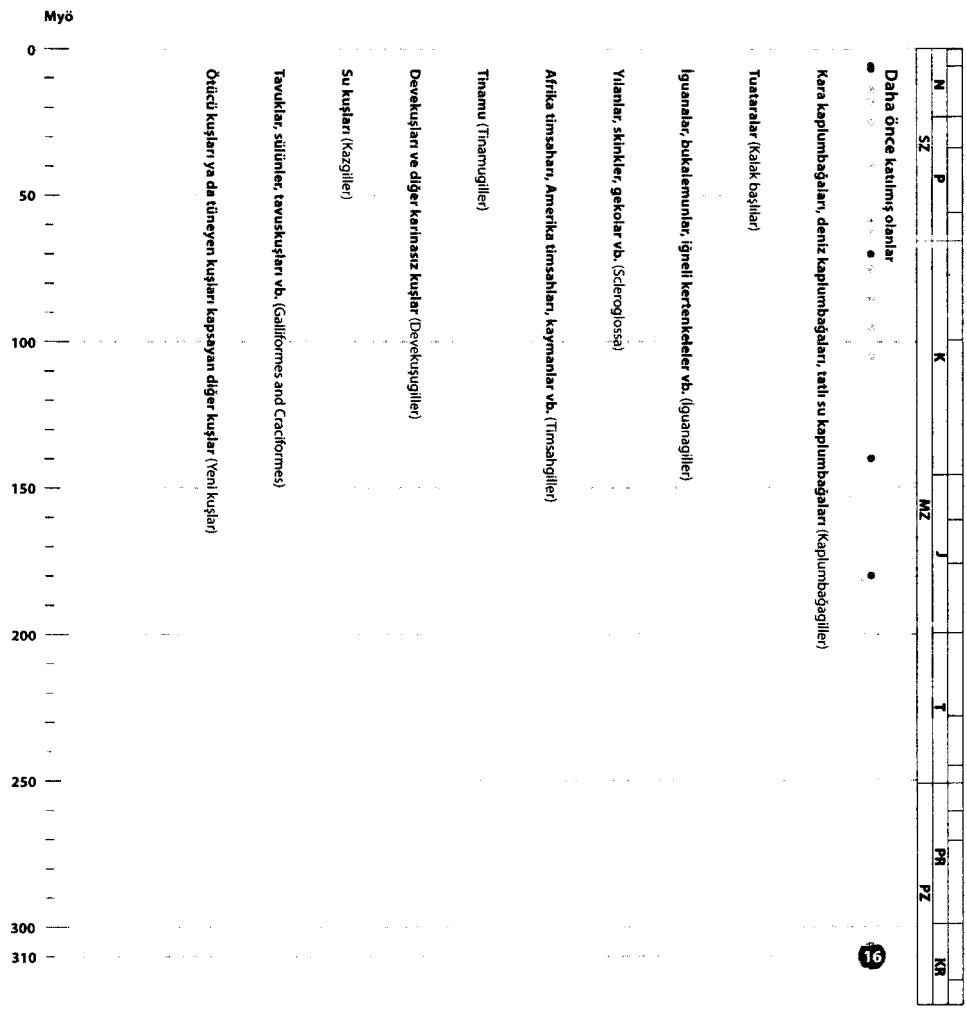
Ortak Ata 16, yaklaşık 170 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz, 310 milyon kadar yıl önce, tropik kuşakta dev kurtayağı ağaçların barındığı geniş bataklıkların (kömürün büyük bir bölümünün kaynağı) bulunduğu ve Güney Kutbu'nun buzla kaplı olduğu Karbonifer Dönem'in ikinci yarısında yaşadı. Bu randevu noktası, çok büyük bir yeni hacı kafilesinin, sauropsidlerin bize katıldığı yerdir. Sauropsidler, Hac yolunda henüz ele almadığımız en büyük yeni gelenler alayıdır. Ortak Ata 16'nın yaşadığı zamandan itibaren sauropsidler, uzun bir süre dinozorlar biçiminde gezegene egemen oldular. Bugün bile, dinozorlar yok olmuşken, memelilerin üç katı kadar sauropsid tür vardır. Randevu 16'da yaklaşık 4.600 memeli hacı, 9.600 kuş hacı ile geriye kalan sürüngenlerden 7.770 hacıyı –timsahlar, yılanlar, kertenkeleler, tuataralar ve kaplumbağalar– selamlıyor. Karada yaşayan omurgalı hacıların ana grubudurlar. Bizim onlara katıldığımızı değil, onların bize katıldığını kabul etmemin tek nedeni, keyfi bir biçimde yolculuğa insan gözüyle bakmayı tercih etmemizdir.

Sauropsid gözlerle bakıldığında, bizimle randevularından "önce" onlara son katılanlar, kaplumbağalardı (sözcüğü, deniz kaplumbağalarını, tatlı su kaplumbağalarını ve kara kaplumbağalarını kapsayan Amerikan anlamında kullanıyorum). Bu nedenle, sauropsid ekibi, kaplumbağalardan ve diğerlerinden oluşur. "Diğerleri", iki büyük grubun birliğidir: yılanları, bukalemunları, iguanaları, Komodo ejderlerlerini ve tuataraları kapsayan kertenkele-benzeri sürüngenler ile pterodactylleri, timsahları ve kuşları kapsayan dinozor-benzeri sürüngenler ya da arkozorlar. İhtiyozorlar ve plesiyozorlar gibi büyük sucul sürüngen grupları dinozor değiller; kertenkeleye-benzer sürüngenlere yakın görünüyorlar. Pterodactyllerin, dinozor olarak kabul edilmeye kuşlardan daha az hakları vardır. Kuşlar, tikel bir dinozor takımının, Saurischia (keler-kalçalılar) takımının bir koludur. *Tyrannosaurus* ve devasa sauropod gibi keler-kalçalı dinozorlar, diğer ana dinozor grubundan, *Iguanodon*, *Triceratops* ve ördek-gagalı hadrozor gibi talihsiz adlı ornithischia'lardan (kuş-kalçalı) çok kuşlara yakındırlar. Ornithischian, "kuş-kalçalı" demektir, ama benzerlik yüzeysel ve kafa karıştırıcıdır.

Yakın zamanda Çin'de bulunan kuş tüylü dinozor fosilleri, kuşların



Sürüngenler (kuşlar dahil) katılıyor



Sürüngenler (kuşlar dahil) katılıyor. Amniyon, su geçirmez ama hava geçirir yumurta zarı, yer omurgalılarının evriminde bir atılımdı. Bu amniyonluların erken ayrılan iki soyu bugün varlığını sürdürüyor: (memeliler tarafından temsil edilen) synapsidler ve burada bize katılan sauropsidler (17.000 yaşayan "sürüngen" ve kuş türü). Burada gösterilen filogeni, makul ölçüde güvenlidir.
Çizgi resimler, soldan sağa: Galapagos ispinozu (*Geospiza fortis*); Hint tavuskuşu (*Pavo cristatus*); mandarin ördeği (Aux galericulata); Yalnız tinamu (*Tinamus solitarius*); Nil timsahı (*Crocodylus niloticus*); Kırmızı benekli yılan (*Thamnophis sirtalis parietalis*); Akdeniz bukalemunu (*Chamaeleo chamaeleon*); tuatara (*Sphenodon punctatus*); yeşil kaplumbağa (*Chelonia mydas*).

keler-kalçalı dinozorlarla ilişkisini kesinleştiriyor. Tiranozorlar, bitki yiyen büyük sauropod *Diplodocus* ve *Brachiosaurus* gibi diğer keler-kalçalılardan çok kuşların yakın kuzenleridir.

O yüzden bunlar, sauropsid hacılardır, kaplumbağalar, kertenkeleler ve yılanlar, timsahlar ve kuşlarla birlikte, büyük gölge hacılar kafilesi –havada pterozorlar, suda ihtiyozorlar, plesiyozorlar ve mosazorlar ile her şeyden önce karada dinozorlar. Bu kitaptaki gibi, şimdiki zamandan hacılara odaklanınca, o kadar uzun süre gezegene egemen olan ve sonlarını getiren o acımasız –hayır, umursamaz– çarpışma olmasaydı egemen olmaya devam edecek olan dinozorların üzerinde ayrıntılı durmak uygun olmaz. Onlara şimdi umursamaz davranmak, acımasızlığı katlamış görünüyor.* Bir modadan –özel ve güzel kuş modasından– sonra yaşadılar ve dört kuş hikâyesi dinleyerek onlara saygımızı sunacağız. Ama önce Shelley'in ünlü *Bir Dinozora Övgü*'sü:

Antik diyardan gelen bir seyyaha rastladım.
Dedi ki:
"Gövdesiz, kocaman iki taş bacak
Ve hemen yakınında yarı beline kadar kuma gömülmüş
Çatık kaşları, kırışmış dudakları
Ve buz gibi soğuk alaycı görünümüyle,
Paramparça olmuş
Taştan bir surat vardı.
Onlara şekil veren o eller ve ruhlarını besleyen o kalp
Cansız şeylere kazanın tutkuları ne kadar da canlı göstermişti!
Üzerinde ise şu sözler yazılıydı:
'Ben kralların kralı Ozymandias...
Şu yaptıklarıma bakın da,
Haddinizi bilin!'
Ama koca yıkıntılar arasında saklı kalmış bir harabe
Ve ucu bucağı görülmeyen , çıplak ve yapayalnız kumlardan başka
Artık ne kaldı geriye?
Hiçbir şey!"

GALAPAGOS İSPİNOZU'NUN HİKÂYESİNE ÖNSÖZ

İnsan imgelemi antikiteden korkar; jeolojik zamanın büyüklüğü şairlerin ve arkeologların bilgi sınırını öylesine aşar ki, korkutucu olabilir. Ama jeolojik zaman, yalnızca insan yaşamının ve insan tarihinin bilinen zaman ölçekleriyle kıyaslandığında büyük değildir. Bizatihi evrimin za-

*Başka kitaplar onları onurlandırmıştır, örneğin David Norman'ın *Dinosaur!*'u ve Robert Bakker'ın *The Dinosaur Heresies*'i; Robert Mash'ın hoş duygulu *How to Keep Dinosaurs*'unu da unutmayalım.

man ölçeğine göre de büyüktür. Bu durum, Darwin'in kendi eleştirmenlerinden itibaren, doğal seçilimin, kuramın gerektirdiği değişiklikleri yapması için yeterli zaman olmadığından yakınanları şaşırtır. Bugün, eğer bir sorun varsa, sorunun bunun tam tersi olduğunu biliyoruz. Gereğinden fazla zaman vardı! Evrim oranlarını kısa bir zaman üzerinden ölçer, sonra da bunun sözgelişi bir milyon yıllık dış değerini bulursak, potansiyel evrimsel değişim miktarının fiili miktardan büyük olduğu ortaya çıkar. Evrim adeta dönemin çoğu için zamanı belirliyor olmalı. Yoksa, zamanı belirlemiyorsa, uzun erimde olabilecek eğilimleri kısa erimde bastıran dolambaçlı dalgalanmalarla oradan oraya başıboş dolaşıyor olmalı.

Çeşitli türden kanıtlar ve kuramsal hesaplamalar bu sonucu işaret ediyorlar. Darvinci seçilimi yapay olarak elimizden geldiğince katı dayatırsak, doğada görülenden çok daha hızlı bir evrimsel değişime neden olabilir. Bunu görmek için, atalarımızın yüzyıllar boyunca seçici bir biçimde evcil hayvan ve bitki yetiştirmeleri olgusundan yararlanabiliriz (bkz. Çiftçi'nin Hikâyesi). Her durumda bu görkemli evrimsel değişimler birkaç yüzyılda, bilemediniz bin yılda başarıldı; fosil kalıntılarda ölçebildiğimiz en hızlı evrimsel değişimden çok daha hızlı. Charles Darwin'in kitaplarında evcilleştirmeye fazlasıyla önem vermesi boşuna değil.

Aynı şeyi daha kontrollü deney koşullarında yapabiliriz. Doğayla ilgili bir hipotezin en dolaysız testi, hipotezdeki can alıcı doğa öğesini bilerek ve yapay bir biçimde taklit ettiğimiz bir *deneydir*. Sözgelişi, bitkilerin nitrat içeren toprakta daha iyi yetiştiklerine ilişkin bir hipoteziniz varsa, nitrat olup olmadığını görmek için toprak analizi yapmazsınız. Deneysel olarak bir toprağa nitrat *katar*, diğerine *katmazsınız*. Darvinci seçilimde de durum budur. Doğayla ilgili hipotez şudur: Kuşaklar boyunca rasgele olmayan hayatta kalım, ortalama biçimde sistematik bir değişime yol açar. Deneysel test, evrimi istenen bir yöne çevirme girişimiyle, rasgele olmayan böyle bir hayatta kalımı düzenlemektir. Yapay seçilim budur. En derli toplu deneyler, eşzamanlı olarak aynı başlangıç noktasından karşıt yönlere giden iki sülale seçer: Sözgelişi, büyük hayvanlar meydana getiren bir sülale ile küçük hayvanlar meydana getiren başka bir sülale. Açıkça yaşlanıp ölmeden önce sonuç almak istiyorsanız, sizinkinden daha hızlı bir yaşam döngüsü olan bir yaratık seçmelisiniz.

Meyve sinekleri ve fareler, kuşaklarını bizim gibi onyıllarla değil, haftalarla ve aylarla ölçerler. Bir deneyde, *Drosophila* meyve sinekleri iki

"sülale"ye ayrıldı. Bir sülale birkaç kuşak boyunca ışığa yaklaşma eğiliminden yana büyütüldü. Her kuşakta en fazla ışık arayan bireylerin büyümesine izin verildi. Diğer sülale aynı sayıda kuşak boyunca karşıt yönde, ışıktan uzak durma eğiliminden yana büyütüldü. 20 kuşaklık bir süre içinde, her iki yönde dramatik evrimsel değişime ulaşıldı. Iraksama aynı hızda devam eder miydi? Hayır, çünkü eldeki genetik çeşit, sonunda biterdi ve yeni mutasyonlar beklemek zorunda kalırdık. Ama bu noktaya gelmeden, epeyce değişim sağlanabilirdi.

Mısırın, *Drosophila*'dan daha uzun bir kuşak oluşum süresi vardır. Ama 1896'da Illinois Eyalet Tarım Laboratuvarı, tohumlardaki yağ için mısır yetiştirmeye başladı. Yüksek yağ içeriği için "yüksek soy" seçildi, eşzamanlı düşük yağ içeriği için de düşük bir soy seçildi (bkz. resim 17). Şansımıza, bu deney normal bir bilim insanının mesleki ömründen daha uzun süre sürdürüldü ve 90 kadar kuşak sonra, yüksek soydaki yağ içeriğinde yaklaşık olarak doğrusal bir artışı görmek olanaklıdır. Düşük soyda yağ içeriği daha yavaş azalmıştır; ama herhalde bunun nedeni grafiğin tabanına değmesidir: Sıfırdan az yağa ulaşılmaz.

Bu deney, *Drosophila* deneyi ve aynı tipte pek çok deney gibi, evrimsel değişimi gerçekten çok hızlandırma konusunda seçilimin potansiyel gücünü gösterir. 90 mısır kuşağını ya da 20 *Drosophila* kuşağını, hatta 20 fil kuşağını gerçek zamana çevirin, jeolojik ölçekte önemi olmayan bir şey elde edersiniz. Pek çok fosil kalıntıda dikkate alınmayacak kadar kısa olan bir milyon yıl, mısır tohumlarındaki yağ içeriğini üçe katlamak için gereken zamandan 20.000 kat fazladır. Elbette bu, bir milyon yıllık bir seçilimin yağ içeriğini 60.000 kat artırabileceği anlamına gelmez. Genetik çeşidin tükenmesi dışında, bir mısır tohumunun alabileceği yağ miktarının bir sınırı vardır. Ama bu deneyler, milyonlarca fosil yılına yayılmış görünür eğilimlere bakıp, onları aralıksız seçilim baskılarına yanıt olarak yorumlamaya karşı bir uyarı görevi görürler.

Darvinci seçilim baskıları kuşkusuz vardır. Ve bu kitap boyunca gördüğümüz gibi, son derece önemlidir de. Ama seçilim baskıları, özellikle fosil kalıntıların daha eski parçalarında fosillerle çözülebilen zaman ölçeklerinde aralıksız ve tek tip değildir. Mısır ve meyvesineği deneylerinin verdiği ders şudur: Darvinci seçilim, on binlerce kez, kaya kayıtlarında ölçebileceğimiz en kısa zaman içinde oraya buraya, ileriye geriye hareket edebilir. Bunun olduğuna bahse girerim.

Yine de daha uzun zaman ölçeklerinde ana eğilimler vardır ve bunların da farkında olmalıyız. Daha önce kullandığım bir benzetmeyi

tekrarlarsak, Amerika'nın Atlantik kıyısı açıklarında yüzen bir mantar tapayı düşünün. Gulf Stream akıntısı, mantarın ortalama konumunda doğuya doğru bütünsel bir sürüklenmeyi dayatır; mantar sonunda bir Avrupa sahilini boylar. Ama herhangi bir andaki hareket yönünü, dalgalarla, anaforlarla ve girdaplarla sürekli karışan yönünü ölçerseniz, doğuya olduğu kadar batıya da hareket ediyormuş gibi görünür. Konumunu çok daha uzun zaman dilimlerine dayanarak örneklemezseniz, doğuya doğru bir eğilimi fark edemezsiniz. Ama doğuya doğru eğilim gerçektir, oradadır ve bir açıklamayı da hak eder.

Doğal evrimin dalgaları ve anaforları, kısa ömrümüzde ya da en azından tipik bir araştırma süresi içinde göremeyeceğimiz kadar yavaştır. Dikkate değer birkaç istisna var. Benim kuşağımdan Oxfordlu zoologlara genetiği öğreten eksantrik ve müşkülpesent bilgin E. B. Ford'un okulu, yabanıl kelebek, güve ve salyangoz topluluklarında belirli genlerin yıldan yıla seyrini izlemeye on yılları adadı. Öyle görünüyor ki, bazı durumlarda sonuçların düpedüz Darvinci açıklamaları var. Bazı durumlarda ise, çarpan dalgaların gürültüsü, Gulf Stream akıntısının dip akıntıda sürüklemekte olduğu şeyin sinyalini boğar ve sonuçlar muammalıdır. Belirtmek istediğim nokta şudur: Ölümlü her Darvinci –hatta Ford kadar uzun meslek yaşamı olan bir Darvinci bile– böyle bir muamma beklemelidir. Bizzat Ford'un kendisinin ömrünü verdiği çalışmadan çıkardığı ana mesajlardan biri şuydu: Doğada fiilen rastlanan seçilim baskıları, her zaman aynı yöne çekmeseler bile, yeni-Darvinci dirilişin en iyimser kurucularının hayal edebileceğinden daha güçlü büyüklüktedirler. Bu da yine aynı noktayı vurguluyor: Evrim, neden olduğundan daha hızlı ilerlemez?

GALAPAGOS İSPİNOZU'NUN HİKÂYESİ

Galapagos Takımadaları volkaniktir ve en fazla 5 milyon yıllıktır. Bu kısa varoluş süresinde görkemli bir türsel çeşitlilik geliştirmiştir –bunlar arasında en ünlü olanları, yaygın biçimde ama belki de yanlış yere Darwin'in başlıca esin kaynağı olduğuna inanılan 14 ispinoz türüdür.* Galapagos ispinozları, var olan yabanıl hayvanların en ayrıntılı araştırılanları arasındadırlar. Peter ve Rosemary Grant, mesleki yaşamlarını bu küçük ada kuşlarını yıldan yıla izlemeye adadılar. Charles Darwin ile (yüzü hoş bir biçimde Darwin'e benzeyen) Peter Grant arasında geçen yıllarda,

*Stephen Gould, *The Flamingo's Smile*'da toplanan denemelerin birinde, "Darwin at sea –and the virtues of port" başlıklı denemede bu konuyu tartışır.

büyük (ama sakalsız) kuşbilimci David Lack de adayı derinlikli ve verimli bir ziyarette bulundu.*

Grantlar ile meslektaşları ve öğrencileri çeyrek yüzyıldan fazla bir süredir her yıl Galapagos Adaları'na geliyor, örüntüleri ve diğer ilişkileri saptamak için ispinoz yakalıyor, tek tek işaretliyor, gagalarını ve kanatlarını ölçüyor ve daha yakın zamanlardan beri de DNA çözümlemesi için kan örnekleri alıyorlar. Yabanıl bir topluluğun genleri ve bireyleri belki de hiçbir zaman bu kadar tam incelenmemiştir. Grantlar, evrim denizinde her yıl değişen seçilim baskılarıyla oradan oraya çarparken ispinoz topluluklarının başına gelenleri en ince ayrıntısına kadar biliyorlar.

1977'de şiddetli bir kuraklık oldu ve yiyecek arzı hızla düştü. küçük Daphne Major Adası'ndaki tüm ispinoz türlerinin toplam birey sayısı Ocak'ta 1.300 iken, Aralık'ta 300'ün altına düştü. Egemen tür olan *Geospiza fortis* nüfusu, 1.200'den 180'e düştü. Kaktüs ispinozu *Geospiza sacandens*, 280'den 110'a düştü. Diğer türlerin rakamları da, 1977'nin ispinozlar için korkunç bir yıl olduğunu doğruluyordu. Ama Grant ekibi her türden ölenleri ve sağ kalanları tek tek saymadılar. Darvinci oldukları için, her tür içindeki *seçimli* ölüm rakamlarına baktılar. Belli karakteristiklere sahip bireylerin felaketten kurtulmaları, diğerlerinden daha fazla olası mıydı? Kuraklık, bir topluluğun göreli bileşimini seçici bir biçimde değiştirdi mi?

Evet, değiştirdi. *G. fortis* topluluğu içinde, hayatta kalanlar ölenlerden ortalama yüzde beş daha büyüktüler. Daha önce 10,68 mm. olan ortalama gaga uzunluğu, kuraklıktan sonra 11,07 mm. oldu. Ortalama gaga derinliği de aynı şekilde 9,42 mm.'den 9,96 mm.'ye çıkmıştı. Bu farklılıklar küçük görünebilir; ama istatistik biliminin kuşkucu görenekleri içinde, şansa yer bırakmayacak kadar tutarlıydılar. Peki, kurak bir yıl neden bu tür değişimleri kayırdı? Ekibin elinde, büyük gagalı büyük kuşların, kuraklığın en kötü zamanında bulunabilen neredeyse tek tohum olan yabani *Tribulus* bitkisinin tohumları gibi, büyük, sert, dikenli tohumlarla uğraşma konusunda ortalama kuşlardan daha etkili olduklarını gösteren kanıtlar vardı. Farklı bir tür olan *G. magnirostris*, iş *Tribulus* tohumlarıyla uğraşmaya gelince profesyoneldir. Ama Darvinci en uygun olanın hayatta kalımı, bir tür içindeki bireylerin göreli hayatta

*Bkz. 1947 tarihli kitabı Darwin's Finches. 1994'te Grantlar'ın çalışması, başka bir mükemmel kitabın, Jonathan Weiner'ın *The Beak of the Finch* başlıklı kitabının temeli oldu. Peter Grant'ın 1986 tarihli klasik monografisi, *Ecology and Evolution of Darwin's Finches*, 1999'da yayımlandı.

kalımıyla ilgilidir; bir türün başka bir türe kıyasla göreli hayatta kalımıyla ilgili değil. *G. fortis* topluluğu içinde, en büyük gagaya sahip en büyük bireyler en iyi dayandılar. Ortalama *G. fortis* bireyi, *G. magnirostris*'e birazcık daha benzer oldu. Grant ekibi, tek bir yıl içinde, durum halinde küçük bir doğal seçilim olayı gözlemlemişti.

Kuraklık sona erdikten sona, ispinoz topluluklarını aynı evrimsel yöne, ama farklı bir nedenle iten bir olaya daha tanık oldular. Birçok kuş türünde olduğu gibi, *G. fortis* erkekleri dişilerinden büyüktür ve daha büyük gagaları vardır; büyük olasılıkla da kuraklığa daha iyi dayanmalarını bu sağlamıştır. Kuraklıktan önce yaklaşık 600 erkek ve 600 dişi vardı. Kuraklıktan sonra hayatta kalan 180 bireyin 150'si erkekti. Ocak 1978'de nihayet geri dönen yağmurlar, üremek için ideal koşullar yarattı. Ama her dişiye beş erkek düşüyordu. Anlaşılacağı üzere, erkekler arasında kıt dişileri elde etmek için şiddetli bir rekabet başladı. Bu cinsel rekabeti kazanan erkekler, zaten normalden büyük olup hayatta kalan erkekler arasındaki yeni kazananlar, yine en büyük gagaya sahip en büyük erkekler olma eğilimindeydiler. Yine doğal seçilim popülasyonu daha büyük vücut büyüklüğü ve daha büyük gaga geliştirmeye itiyordu, ama bu kez farklı bir nedenle. Dişilerin neden büyük erkek tercih ettiğine gelince, Fok'un Hikâyesi –daha rekabetçi cinsiyet–, erkek *Geospiza*'nın dişiden daha büyük olmasının önemini görmemizi sağladı.

Büyük cüssenin böyle bir avantajı varsa, kuşlar neden ilk önce daha büyük olmadılar? Çünkü kuraklığın olmadığı diğer yıllarda, doğal seçilim daha küçük gagalı daha küçük bireyleri kayırır. Grantlar, bir El Nino tayfununun görüldüğü 1982-83'ü izleyen yıllarda buna fiilen tanık oldular. Tayfundan sonra tohum dengesi değişti. *Tribulus* gibi bitkilerin büyük ve sert tohumları, *Cacabus* gibi bitkilerin daha küçük ve daha yumuşak tohumlarına kıyasla enderleşti. Şimdi de daha küçük gagalı daha küçük ispinozların günü gelmişti. Sorun büyük kuşların küçük, yumuşak tohumları yiyememesi değildi. Büyük vücutlarını sürdürmek için daha fazla tohuma ihtiyaç duymalarıydı. O yüzden küçük kuşlar şimdi biraz daha avantajlıydı. *G. fortis* topluluğu içinde, dengeler değişti. Kurak yılların evrimsel eğilimi, tersine döndü.

Kurak yılda başarılı kuşlar ile başarısız kuşların gaga büyüklüğündeki farklar çok küçük görünüyor, değil mi? Jonathan Weiner bununla ilgili, Peter Grant'tan fikir verici bir anekdot aktarır:

> Bir keresinde, bir seminere tam başlamışken, dinleyiciler arasındaki bir biyolog sözümü kesip, "Hayatta kalan bir ispinozun gagası ile ölen bir ispinozun

gagası arasında ne kadar fark gördüğünüzü iddia ediyorsunuz?" dedi.

"Ortalama olarak bir milimetrenin yarısı" dedim.

Adam "İnanmıyorum!" dedi. "Bir milimetrenin yarısının gerçekten bu kadar önemli olduğuna inanmıyorum."

"Gerçek bu. Verilerimi izleyin, ondan sonra soru sorun," dedim.

Soru sormadı.

Peter Grant, Daphne Major Adası'nda *Geospiza fortis*'in *Geospiza magnirostris*'e dönüşmesi için 1977'deki gibi 23 kuraklığın gerekli olduğunu hesapladı. Elbette harfi harfine *magnirostris* olmazdı. Ama bu, türlerin kökenini ve evrimin ne kadar hızlı olabileceğini görselleştirmenin canlı bir yoludur. Darwin onlarla karşılaşıp gerektiği gibi adlandıramadığı o günlerde, ispinozlarının ne kadar güçlü müttefik olduklarının açığa çıkacağını bilemezdi.*

TAVUSKUŞU'NUN HİKÂYESİ

Tavuskuşunun "kuyruğu", onun gerçek morfolojik kuyruğu değil (bu kuşun gerçek kuyruğu, pişmiş tavuğun kuyruğu kadardır), uzun arka tüylerinden oluşmuş bir "yelpaze"dir. Tavuskuşu'nun Hikâyesi, bu kitabın örneğidir; çünkü gerçek Chaucer tarzıyla, bir hacıdan, diğer hacıların kendilerini anlamalarına yardım eden bir mesaj ya da ana fikir taşır. Özellikle, insan evriminde iki büyük geçişi tartıştığım zaman, tavuskuşunun (bu örnekte dişi değil, erkek tavuskuşunun) hac kafilemi-ze katılıp hikâyesinin yararlarını bize sunacağı zamanı dört gözle bekledim. Hikâye, bir cinsel seçilim hikâyesidir. İki insangil geçiş, dört ayaktan iki ayağa geçişimiz ile daha sonra beynimizin büyümesiydi. Belki daha az önemli, ama çok karakteristik bir insan özelliği olan üçüncüsünü ekleyelim: Vücut kıllarımızı kaybetmemiz. Neden "çıplak insaymun" olduk?

Geç Miyosen Devre'de Afrika'da bir sürü insaymun türü vardı. Neden içlerinden biri aniden ve hızlı bir şekilde diğerlerinden –aslında diğer memelilerden– çok farklı bir yönde evrilmeye başladı? Bu türü seçip, yüksek bir hızla yeni ve tuhaf evrimsel yönlere, önce iki ayaklı olmaya,

*Hawaii daha da uzak bir volkanik takımadadır ve aşağı yukarı Galapagos kadar gençtir. Hawaii'nin Robinson Crusoe kuşu, torunları hızla evrilip "bir Galapagos" olan –hatta bir "ağaçkakan"a evrilen– bir bal tırmaşıkkuşuydu. Aynı şekilde, yaklaşık 400 özgün göçmen böcek türü, benzersiz bir etçil tırtıl ve bir yarı-denizci cırcır da dahil, 10.000 yerel Hawaii türü doğurdu. Bir yarasa ile bir fok dışında, yerli Hawaii memelisi yoktur. Ne yazık ki, E. O. Wilson'ın güzel kitabı *The Diversity of Life*'ından aktarırsak, "Bal tırmaşıkkuşlarının çok büyük çoğunluğu artık yok. Hawaii manzarasını 'zenginleştirmek' için getirilen egzotik kuşların taşıdığı sıtmanın ve dropsi hastalığının, yarasaların, etçil karıncaların, ormansızlaşmanın ve aşırı avlanmanın baskısı altında geri çekilip yok oldular."

sonra beyinli olmaya ve bir noktada vücut kıllarının çoğunu kaybetmeye iten neydi?

Evrimin tuhaf yönlerde hızlı, görünüşe göre keyfi atakları bana tek bir şey söylüyor: Cinsel seçilim. Burada tavuskuşuna kulak vermeliyiz. Tavuskuşunun, neden vücudunun geri kalan kısmını cüceleştiren, parlak mor ve yeşil göz motifleriyle güneşte titreşip ışıldayan bir kuyruğu var? Kuşaklar boyunca dişi tavuskuşları, bu abartılı reklamların atasal eşdeğerlerini sergileyen erkek tavuskuşlarını tercih ettikleri için. Erkek on iki telli cennetkuşunun kırmızı gözleri ve yanar döner yeşil kâküllü siyah bir boynu varken, Wilson'ın cennetkuşu neden kırmızı bir sırta, sarı bir boyna ve mavi bir kafayla göze sahiptir? Yedikleri bir şey ya da yaşam ortamlarındaki bir şey, bu iki türü farklı renk şemalarına eğilimli kıldığı için değil. Hayır, bu farklılıklar da diğer cennetkuşu türlerini belirgin bir biçimde ayırt eden diğer farklılıklar da keyfidir, kaprise dayanır ve hiç kimse için önemli değildirler –dişi cennetkuşları hariç (bkz. resim 18). Cinsel seçilim bu tür bir şey yapar. Cinsel seçilim, görünürde keyfi yönlere giden, kendi kendisiyle beslenip evrimsel hayal dünyaları yaratan garip, kaprisli bir evrim üretir.

Diğer yanda, cinsel seçilim cinsiyetler arasındaki farkı –cinsel ikibiçimliliği– büyütme eğilimindedir de (bkz. Fok'un Hikâyesi). İnsan beyinlerini, iki ayaklılığı ya da çıplaklığı cinsel seçilime atfeden her kuram, büyük bir güçlüğü göze almak zorundadır. Bir cinsiyetin diğerinden daha beyinli ya da bir cinsiyetin diğerinden daha iki ayaklı olduğunu gösteren hiçbir kanıt yoktur. Bir cinsiyetin diğerinden daha çıplak olma eğiliminde olduğu doğrudur ve Darwin, insan kılının yitimine ilişkin kendi cinsel seçilim kuramında bundan yararlandı. Erkek ataların, hayvanlar âleminde normal olanın dışında bir yolla dişi seçtiklerini, kılsız dişileri tercih ettiklerini varsaydı. Bir cinsiyet diğerinin önünde evrilince (bu durumda dişi cinsiyet kılsızlığa doğru), diğer cinsiyetin "onun peşinde sürüklendiği" düşünülebilir. Bu eski çetin ceviz, erkek meme ucu için az çok sunmak zorunda olduğumuz açıklama budur. Kadındaki daha toptan çıplaklığın peşinde sürüklenen erkekteki kısmi çıplaklığın evrimi için, buna başvurmak akla aykırı değildir. "Peşinde sürüklenme" kuramı, iki ayaklılık ve beyinlilik için daha az işe yarar. Bir cinsiyetin iki ayaklı üyesinin diğer cinsiyetin dört ayaklı üyesiyle yürüdüğünü hayal etmeye çalışınca, zihin ürperir –hatta geri çekilir. Yine de, "peşinde sürüklenme" kuramının oynayacağı bir rol var.

Cinsel seçilimin, tek-biçimliliği kayırabildiği koşullar vardır. Benim

fikrime ve *The Mating Mind*'da Geoffrey Miller'a göre, insan eş seçimi, belki de tavuskuşundan farklı olarak, iki yönlüdür. Dahası, tercih ölçütlerimiz, uzun erimli bir partner aradığımızda farklı, bir gecelik ilişki aradığımızda daha farklı olabilir.

Şimdilik, dişilerin seçim yaptığı, erkeklerin ortalıkta çalım atıp seçilmeyi umduğu tavuskuşu dünyasına dönüyoruz. Bir düşüncenin varsayımına göre, eş seçimi (bu örnekte dişi tavuskuşunun seçimi), örneğin yiyecek ya da habitat seçimiyle karşılaştırıldığında keyfidir ve değişkendir. Ama haklı olarak neden öyle olduğunu sorabilirsiniz. En azından nüfuzlu bir cinsel seçilim kuramına, büyük genetikçi ve istatistikçi R. A. Fisher'ın kuramına göre, çok iyi bir neden var. Başka bir kitapta (*Kör Saatçi*, Bölüm 8) bu kuramı ayrıntı olarak yorumladım ve burada tekrarlamayacağım. İşin esası şudur: Erkek görünüş ile dişi zevk, bir tür zincirleme tepkime gibi birlikte evrilir. Bir türün içinde dişi zevki konsensüsünde yenilikler ve buna uygun erkek görünüşünde değişiklikler, her ikisini giderek daha fazla tek yönde uygun adım yürümeye iten denetimsiz bir süreçle ayrıntılanır. Bu tek yönün seçilmesinin açık bir nedeni yoktur: Evrim eğiliminin başladığı yön tesadüfen o olmuştur. Dişi tavuskuşlarının ataları tesadüfen, daha büyük bir yelpaze tercih etme yönünde bir adım attılar. Bu, cinsel seçilim motorunun çalışmasına yetti. Tekmeyi attı ve evrim standartlarına göre çok kısa bir zaman içinde, erkek tavuskuşları daha büyük ve daha yanardöner yelpazeler geliştirdiler ve dişilerinki yeterince gelişemedi.

Cennetkuşlarının her türü, başka birçok kuş, balık ve kurbağa, böcek ve kertenkele kendi evrim yönlerinde hızla yol aldılar, hepsi parlak renkler ya da garip biçimler geliştirdiler –ama farklı parlak renkler ve farklı garip biçimler. Amacımız bakımından önemli olan, sağlam bir matematiksel kurama göre, cinsel seçilimin, evrimi keyfi yönlere sevk etmeye ve işi, yararı olmayan aşırılıklara vardırmaya yatkın olmasıdır.

Darwin'in *İnsanın Türeyişi* adlı yapıtı, büyük ölçüde cinsel seçilime ayrılmıştır. İnsan olmayan hayvanlardaki cinsel seçilimi uzun uzadıya incelemesi, türümüzün yakın zaman evriminde egemen güç olarak cinsel seçilimi savunmasının önsözüdür. İnsan çıplaklığını ele alışı, yararcı nedenlerle kıllarımızı kaybetmiş olmamız olasılığını –modern izleyicilerinin rahat bulduklarından daha kayıtsız bir biçimde– bir tarafa atmakla başlar. Cinsel seçilime inancını, ne kadar kıllı ya da kılsız olursa olsun, tüm ırklarda kadınların erkeklerden daha az kıllı olma eğiliminde oldukları gözlemiyle güçlendirir. Darwin, ata erkeklerin kıllı kadınları çekici

bulmadıklarına inanıyordu. Kuşaklar boyunca erkekler eş olarak en çıplak kadınları seçtiler.* Erkeklerde çıplaklık, kadınlardaki çıplaklığın peşinden sürüklendi, ama hiçbir zaman yetişip onu yakalayamadı; erkeklerin kadınlardan daha kıllı kalmalarının nedeni budur.

Darwin'e göre, cinsel seçilimi harekete geçiren tercihler veriliydi. Erkekler pürüzsüz kadınları tercih ederler, açık ve net. Doğal seçilimin eş kâşifi Alfred Russel Wallace, Darvinci cinsel seçilimin keyfiliğinden nefret ederdi. Dişilerin erkekleri kaprise göre değil, liyakate göre seçmelerini isterdi. Tavuskuşlarının ve cennetkuşlarının parlak tüylerinin temelde yatan uygunluğun işaretleri olmasını isterdi. Darwin'e göre, dişi tavuskuşları erkek tavuskuşlarını sırf güzel gördükleri için seçerler. Fisher'ın daha sonraki matematiği bu Darvinci kuramı daha sağlam bir matematiksel temele oturttu. Wallace'çılara** göre, dişi tavuskuşları erkek tavuskuşlarını güzel oldukları için değil, parlak tüyleri temelde yatan sağlığın ve uygunluğun bir işareti olduğu için seçerler.

Wallace-sonrası dille, Wallace'çı bir dişi, bir erkeğin genlerini, dışsal tezahürlerine bakarak okuyor ve bu tezahürlerden hareketle nitelikleri hakkında bir yargıya varıyor. Gelişkin bir yeni-Wallace'çı kuramlaştırmanın şaşırtıcı bir sonucu da şudur: Erkeklerin, nitelikleri iyi olmasa bile, dişiler niteliklerini kolay okuyabilsin diye zahmete girmeleri beklenir. A. Zahavi, W. D. Hamilton ve A. Grafen'a borçlu olduğumuz bu kuram –daha doğrusu kuramlar dizisi– bizi çok uzaklara götürür. *Gen Bencildir*'in ikinci baskısına son notlarda elimden geldiğince yorumlamaya çalıştım.

Bu, bizi insan evrimiyle ilgili üç sorumuzdan ilkine götürür. Kıllarımızı neden kaybettik? Mark Pagel ile Walter Bodmer karmaşık bir öneri geliştirdi: Kılsızlık, bit gibi dış parazitleri azaltmak ve bu hikâyenin temasıyla uyum içinde, parazitsizliğin cinsel seçimli bir reklamı olarak evrildi. Pagel ile Bodmer, Darwin'in cinsel seçilim yolunu izlediler; ama W. D. Hamilton'ın yeni-Wallace'çı versiyonuyla.

Darwin dişi tercihini açıklamaya çalışmadı; bunu, erkek görünüşünü açıklamak için doğru varsaymakla yetindi. Wallace'çılar, bizzat cinsel tercihlerin evrimsel açıklamalarını arıyorlar. Hamilton'ın gözde açıklaması, tamamen sağlık reklamıyla ilgilidir. Bireyler eşlerini seçerken, sağlığa, parazitlerden kurtulmuş olmaya ya da eşin parazitleri kovmada

*Elbette, meslektaşım Desmond Morris gibi, "çıplak"ı giysisizlikten çok, kılsızlık anlamında kullanıyorum.

**Helena Cronin'in terimi, harika kitabı *The Ant and the Peacock*'ta.

ya da parazitlerle savaşmada iyi olmasının olası olduğunu gösteren işaretlere bakarlar. Seçilmeye çalışan bireyler de, sağlıklarının reklamını yaparlar: Sağlıkları ister iyi olsun, ister kötü, seçicilerin sağlıklarını okumalarını kolaylaştırırlar. Hindilerde ve maymunlardaki kılsız yerler, sağlığın sergilendiği açık ekranlardır. Deriden kanın rengini açıkça görebilirsiniz.

İnsanların, maymunlar gibi, kıçlarında kılsız deri yoktur. Kafanın üstü, koltuk altı ve kasık bölgesi hariç, tamamen çıplak derileri vardır. Bit gibi dış parazitlerimiz olunca, genellikle tüylü bölgelerle sınırlı olurlar. Kasık biti, *Phthirus pubis*, esas olarak kasık bölgesinde bulunur; ama koltukaltına, sakala, hatta kaşlara bile bulaşır. Baş biti, *Pediculus humanus capitus*, yalnızca kafadaki saç kıllarına bulaşır. Giyim biti, *P. h. Humanus*, baş bitiyle aynı türün bir alt-türüdür ve ilginç bir biçimde, biz giyinmeye başladıktan sonra evrildiğine inanılır. Almanya'da bazı araştırmacılar, giysi icadının tarihini belirlemek amacıyla, ne zaman farklılaştıklarını görmek için baş biti ile giyim bitinin DNA'larına baktılar. Giysinin icat tarihini 72.000 artı eksi 42.000 yıl olarak belirlediler.

Bitin kıla ihtiyacı vardır ve Pagel ile Bodmer'ın ilk iddiaları şudur: Vücut kıllarımızı yitirmemizin yararı, bitlerin kullanabileceği alanları azaltmış olmasıdır. İki soru akla gelir. Kılları yitirmek böylesine iyi bir fikirse, dış parazitlere maruz kalan diğer memeliler neden kıllarını alıkoydular? Filler ve gergedanlar gibi, kılsız sıcak kalmaya yetecek kadar büyük oldukları için kıllarını kaybetmeye gücü yeten memeliler, kıllarını gerçekten kaybettiler. Pagel ve Bodmer, ateş ve giysi icadının kıllarımızdan vazgeçmemizi olanaklı kıldığını öne sürüyorlar. Bu da bizi ikinci soruya götürür? Kafamız, koltukaltımız ve kasık bölgemizdeki kılları neden alıkoyduk? Ağır basan bazı avantajları olmuş olmalı. Kafamızdaki kılların, evrildiğimiz Afrika'da çok tehlikeli olabilen güneş çarpmasından koruduğu akla uygundur. Koltukaltı ve kasık tüylerine gelince, atalarımızın cinsel yaşamlarında kesinlikle kullandıkları ve birçoğumuzun sandığından daha fazla kullanmaya devam ettiğimiz güçlü feromonlar yaymaya yardım ediyor olabilirler.

Pagel/Bodmer kuramının doğru yanı şudur: Bit gibi dış parazitler tehlikelidir (bit, tifüs ve başka ciddi hastalıkların taşıyıcısıdır) ve dış parazitler, kılı çıplak tene tercih ederler. Kıldan kurtulmak, bu tatsız ve tehlikeli parazitlere yaşamı zorlaştırmak için iyi bir yoldur. Ayrıca kıllarımız olmazsa, kene gibi dış parazitleri görmek ve çıkarıp atmak bizim için daha kolay olur. Primatlar zamanlarının önemli bir kısmını,

kendilerini ve birbirlerinin kenelerini ayıklamaya ayırırlar. Bu önemli bir sosyal etkinlik ve dolayısıyla bir bağlanma aracı haline gelmiştir.

Pagel/Bodmer kuramında en ilginç bulduğum açı, yazılarında cinsel seçilimi oldukça kısa ele almalarıdır. Çıplaklık, yalnızca bitler ve keneler için kötü haber değildir. Aynı zamanda, müstakbel cinsel partnerde bit ya da kene olup olmadığını öğrenmeye çalışan seçiciler için iyi haberdir. Hamilton/Zahavi/Grafen kuramı, cinsel seçilimin, seçicilerin müstakbel eşlerde parazit olup olmadığını öğrenmelerine yardım eden her neyse onu güçlendireceğini öngörür. Kılsızlık güzel bir örnektir. Pagel/Bodmer yazısını kapatırken, T. H. Huxley'in ünlü sözünü düşündüm: Bunu düşünmemiş olmak ne kadar büyük bir aptallık.

Ama çıplaklık küçük bir meseledir. Söz verdiğimiz gibi, şimdi iki ayaklılığa ve beyinlere dönelim. Tavuskuşu, insan evrimindeki bu iki büyük olayı, arka ayaklarımızın üzerine kalkma ve beyinlerimizin şişip büyümesi olaylarını anlamamıza yardımcı olabilir mi? Önce iki ayaklılık geldi ve ben de önce onu tartışacağım. Küçük-ayak'ın Hikâyesi'nde iki ayaklılığa ilişkin, Jonathan Kingdon'ın çok inandırıcı bulduğum çömelerek beslenme kuramı da dahil, çeşitli kuramlardan söz ettim. Kendi önerimi Tavuskuşu'nun Hikâyesine ertelediğimi söyledim.

Cinsel seçilim ve cinsel seçilimin evrimi yararcı olmayan keyfi yönlere itme gücü, iki ayaklılığın evrimine ilişkin kuramımın birinci bileşenidir. İkincisi, taklit etme eğilimidir. Tüm insaymunlar arasında insanlar, kopyacılıkta şampiyondur; ama şempanzeler de kopyacıdır ve avustralopitesinlerin öyle olmadıklarını sanmak için hiçbir neden yoktur. Üçüncü bileşen, insaymunlar arasında yaygın olan, cinsellik ve saldırganlık gösterileri de dahil, geçici olarak arka ayaklarının üzerine çıkma alışkanlığıdır. Goriller, göğüslerini yumruklamak için ayağa kalkarlar. Erkek şempanzeler de göğüslerini döverler ve arka ayakları üzerinde sıçramayı gerektiren ve yağmur dansı denilen dikkate değer bir gösterileri vardır. Oliver adlı tutsak bir şempanze, alışkanlık ve tercih olarak arka ayakları üzerinde yürür. Yürüdüğü bir filmini görmüştüm ve duruşu, şaşırtıcı ölçüde dikti –paytak yürümüyor, neredeyse bir asker gibi yürüyordu. Oliver'ın yürüyüşü şempanze yürüyüşünden o kadar farklıydı ki, tuhaf spekülasyonların konusu oldu. DNA testleri bir şempanze, *Pan troglodytes*, olduğunu gösterene kadar, insanlar bir şempanze/insan kırması, bir şempanze/bonobo kırması, hatta bir avustralopitesin kalıntısı olabileceğini düşündüler. Ne yazık ki, Oliver'ın biyografisinin parçalarını bir araya getirmek zordur ve öyle görünüyor ki, bu şekilde

yürümenin ona bir sirk ya da panayır numarası olarak mı öğretildiğini, yoksa tuhaf bir kendine özgülük mü olduğunu kimse bilmiyor: Hatta bu şempanze genetik bir mutant bile olabilir. Oliver bir yana, orangutanlar arka ayakları üzerinde durma konusunda şempanzelerden biraz daha iyiler ve yabani gibonlar, açık alanlarda, ağaçlarda kollarıyla daldan dala geçmelerinden pek farklı olmayan bir tarzda, iki ayak üzerinde koşuyorlar.

Bütün bu bileşenleri bir araya getirdikten sonra, insan iki ayaklılığının kökenine ilişkin fikrim şöyledir: Atalarımız, diğer insaymunlar gibi, ağaçların üzerinde olmadıklarında dört ayak üzerinde yürüyorlardı; ama bazen, tıpkı modern insaymunların ve maymunların yaptığı gibi, yağmur dansı gibi bir şey yaparken, alçak dallarda meyve toplamak için, bir çömelerek beslenme duruşundan bir diğerine geçmek için, ırmakları geçmek için, penislerini göstermek için ya da bu işlerden birkaçını bir arada yapmak için arka ayaklarının üzerine kalktılar. Sonra –bu, can alıcı ek iddiamdır– bu insaymun türlerin birinde, bizim atamız olan türde, alışılmadık bir şey oldu. Bir iki ayak üzerinde yürüme modası çıktı ve bir moda gibi, aniden ve keyfi olarak ortaya çıktı. Cazibe artırıcı bir süstü. İspanyol peltekliğinin, hayranlık duyulan bir saraylıyı ya da başka bir versiyona göre, Habsburg hanedanından konuşma özürlü bir kralı ya da veliahtı taklit etme modasından kaynaklandığına ilişkin efsanede bir benzerlik bulunabilir.

Öyküyü erkekleri seçen dişilerle, cinsiyet-eğilimli bir biçimde anlatırsam, bu en kolay yol olur; ama unutmayın, dolambaçlı bir yol olabilirdi. Benim görüşüme göre, hayranlık duyulan ya da egemen bir insaymun, belki Pliyosen Devre'den bir Oliver, belki yağmur dansının eski bir benzerinde, iki ayaklı duruşu sürdürmede gösterdiği ustalıkla cinsel çekicilik ve toplumsal statü kazandı. Diğerleri, onun şöhret kazandıran bu hareketini taklit etti ve hareket, tıpkı yerel bir şempanze çetesinin taklit modasıyla yayılan çeviz kırma ya da termit avlama alışkanlığı edinmeleri gibi, "cakalı", "cazibeli" oldu, "yapılması gereken şey" haline geldi. Delikanlılık yıllarımda, popüler bir şarkının şöyle bir nakaratı vardı:

Herkes yeni bir tarzda yürüyor

Herkes bu tarzdan söz ediyor!

Bu iki dize sırf uyak olsun diye seçilmiş olabilir; ama yürüyüş tarzlarının bir bakıma bulaşıcı oldukları ve beğenildikleri için taklit edildik-

leri kuşkusuz doğrudur. Orta İngiltere'de Oundle'da gittiğim yatılı okulun bir ritüeli vardı; üst sınıflardaki çocuklar, geri kalan bizler yerlerimize oturduktan sonra tören yürüyüşüyle şapele girerlerdi. Cakalı yürüme ile hantallığın bir karışımı olan (şimdi bir hayvan davranışları araştırmacısı ve Desmond Morris'in bir meslektaşı olarak, bir egemenlik gösterisi olarak kabul ettiğim) yürüyüş tarzları o kadar karakteristik ve kendine özgüydü ki, bir ebeveyn toplantısında yürüyüşü gören babam bir ad taktı: "Oundle Yürüyüşü." Toplumsal kurallara bağlı yazar Tom Wolfe, Amerikalı züppelerin belli bir toplumsal kesimde moda olan gevşek yürüyüş tarzına bir ad verdi: Pezevenk yürüyüşü. Bunları yazdığım sırada, ABD Başkanı'nın dalkavukluğunu yapan Britanya Başbakanı, "Bush'un Fino Köpeği" unvanını kazandı. Birçok yorumcu, onun özellikle Bush'la birlikteyken, elini her an belindeki iki tabancaya atacakmış gibi kollarını iki yana açarak Bush'un maço "kovboy kasıntısı"nı taklit ettiğini fark etmiştir.

İnsan atalarımızdaki hayali olaylar dizimize dönersek, yerel moda alanında dişiler, yeni yürüyüş tarzını benimseyen erkeklerle eşleşmeyi tercih ettiler. Modaya uymak isteyen bireylerle aynı nedenle bu erkekleri tercih ettiler: Toplumsal gruplarında beğenildiği için. Şimdi muhakemenin bir sonraki adımı çok önemlidir. Eş seçilmeleri ve çocuklara baba olmaları en fazla olası olanlar, yeni moda yürüyüşte özellikle başarılı olanlardı. Ama "yürüyüş" tarzı yeteneğinde değişiklik için genetik bir bileşen varsa, bunun evrimsel bir önemi olurdu. Olması tamamen akla uygundur. Unutmayın, heyecan verici bir etkinlik yapmaya harcanan zaman miktarında nicel bir değişiklikten söz ediyoruz. Heyecan verici bir değişkende nicel bir değişiklik için genetik bir bileşenin *olmaması* alışılmadıktır.

Muhakemenin bir sonraki adımı, standart cinsel seçilim kuramını izler. Zevkleri çoğunluğun zevkine uyan seçiciler, iki ayaklı modasına uygun yürüme becerisini, annelerinin eş seçiminden kalıtımla kazanan çocuk sahibi olma eğiliminde olurlar. Annelerinin erkek zevkini kalıtımla alan kız çocukları da olur. Bu ikili seçilim –erkeklerde bir niteliğe sahip olma yönünde, dişilerde tıpatıp aynı niteliğe hayranlık yönünde– Fisher kuramına göre patlayıcı, kontrolden çıkmış seçilimin bileşenidir. Anahtar nokta, kontrolden çıkmış evrimin kesin yönünün keyfi ve öngörülemez olmasıdır. Tersi de olabilirdi. Gerçekten de, başka bir yerel toplulukta, eğilim belki de ters yöndeydi. (Bizim atamız olan) bir grup insaymun aniden iki ayaklılık yönünde evrilirken, başka bir in-

saymun grubunun (şempanzelerin ataları) aynı yönde evrilmemesinin nedenini açıklayacaksak, keyfi ve öngörülemez bir yönde patlama şeklinde evrimsel sapma, ihtiyaç duyduğumuz şeydir. Kuramın bir meziyeti de, bu ani evrimsel çıkışın olağanüstü hızlı olmasıdır: Ortak Ata 1 ile varsayıma göre iki ayaklı Toumai ve *Orrorin*'in şaşırtıcı zamansal yakınlığını açıklamak için ihtiyaç duyduğumuz şey tam da budur.

Şimdi de insan evrimindeki diğer büyük ilerlemeye, beynin büyümesine dönelim. Becerikli'nin Hikâyesi çeşitli kuramları tartıştı ve biz yine cinsel seçilimi sona bırakıp, Tavuskuşu'nun Hikâyesi'ne kadar erteledik. *The Mating Mind*'da Geoffrey Miller, insan genlerinin çok yüksek bir oranının, belki de yüzde 50'sinin kendisini beyinde ifade ettiğini öne sürer. Ama yine, anlaşılabilirlik uğruna, öyküyü yalnızca bir bakış açısıyla –erkekleri seçen dişilerin bakış açısıyla– anlatmak uygundur; ama tersi, ya da aynı anda ikisi birden de olabilirdi. Bir erkeğin genlerinin niteliğine nüfuz edip ayrıntılı bir biçimde okumaya çalışan bir dişi, erkeğin beynine yoğunlaşsa iyi eder. Fiilen beyne bakamaz; bu yüzden eserlerine bakar. Erkeklerin niteliklerinin reklamını yaparak işi kolaylaştırdıklarını söyleyen kurama uygun olarak, erkekler zihinsel ışıklarını bir kemik kutunun içine gizlemez, açığa vururlar. Dans eder, şarkı söyler, dil döker, müzik besteler ya da çalar, şiir yazar ya da okur, mağara duvarlarına ya da Sistina Şapeli tavanlarına resim yaparlar. Evet, evet, biliyorum, açık söylemek gerekirse, Michelangelo dişileri etkilemekle ilgilenmemiş olabilir. Yine de beyninin doğal seçilim tarafından dişileri etkilemeye uygun "tasarımlanmış" olması akla uygundur; tıpkı –kişisel tercihleri ne olursa olsun– penisinin dişileri gebe bırakmaya uygun tasarımlanmış olması gibi. Bu görüşe göre insan beyni, zihinsel bir tavuskuşu kuyruğudur. Beyin, tavuskuşunun kuyruğunun büyümesine neden olanla aynı türden cinsel seçilim altında genişledi. Miller, cinsel seçilimin Fisherci versiyonundan çok Wallace'çı versiyonundan yanadır, ama sonuç özünde aynıdır. Beyin büyür ve hızla büyür.

Psikolog Susan Blackmore'un ses getiren kitabı *The Meme Machine*'de, insan zihnine ilişkin daha radikal bir cinsel seçilim kuramı vardır. "Mem" denilen kültürel kalıtım birimlerinden yararlanır. Memler gen değildir ve benzetme dışında DNA ile bir ilgileri yoktur. Genler döllenmiş yumurtalarla (ya da virüslerle) aktarılırken, memler taklitle aktarılır. Ben, bir Çin yelkenlisinin origami modelinin nasıl yapıldığını size öğretirsem, benim beynimden sizinkine bir mem geçer. Sonra siz aynı beceriyi iki kişiye daha öğretebilirsiniz, onların her biri de iki kişiye

daha öğretebilir ve böyle devam edip gider. Mem, bir virüs gibi, katlı çoğalarak yayılır. Hepimizin öğretme işini layıkıyla yaptığımızı varsayalım, daha sonraki mem "kuşakları", öncekilerden çok farklı olmayacaktır. Hepsi aynı origami "fenotip"ini üretecektir.*

Sözün gelişi kâğıt katlayanların bazıları daha fazla zahmete katlandıkları için, bazı yelkenliler diğerlerinden daha kusursuz olabilir. Ama kalite, "kuşaklar" geçtikçe giderek düşmez. Ayrıntılı fenotipik ifadeleri değişik olsa bile, mem, bir gen gibi bütün ve olduğu gibi aktarılır. Bu tikel mem örneği, bir gen, özellikle bir virüsteki gen için iyi bir benzetmedir. Tahmin ediyorum, bir taklit silsilesi içinde sonraki "kuşaklar" ilk kuşaktan muhtemelen çok farklı olacakları için, bir konuşma tarzı ya da bir marangozluk becerisi, daha kuşkulu mem adayı olabilir.

Blackmore, felsefeci Daniel Dennett gibi, bizi insan yapan süreçte memlerin belirleyici bir rol oynadıklarına inanır. Dennett'in sözleriyle:

> Tüm memlerin ulaşmak zorunda oldukları barınak insan zihnidir; ama bir insan zihninin kendisi, memler insan beynini memler için daha iyi bir yaşam alanı haline getirmek için yeniden yapılandırınca yaratılan bir yapay eserdir. Giriş ve çıkış yolları değiştirilip yerel koşullara uydurulur ve kopyanın aslına uygunluğunu ve uzunluğunu güçlendiren çeşitli yapay düzeneklerle güçlendirilir: Yerli Çin zihinleri yerli Fransız zihinlerinden çok farklıdır ve okuryazar zihinler de, cahil zihinlerden farklıdır.*

Dennett şöyle bir görüşü savunurdu: Kültürel İleriye Büyük Sıçrayış'tan önceki anatomik olarak modern beyinler ile sonrakiler arasındaki esas fark, sonrakilerin memlerle dolu olmasıdır. Blackmore daha ileri gider. Büyük insan beyninin evrimini açıklamak için memlere başvurur. Elbette, burada önemli bir anatomik değişimden söz ettiğimize göre, yalnızca memler söz konusu olamaz. Memler (bazen yarı-genetik bir biçimde babadan oğula geçen) sünnetli penis fenotipinde tezahür edebilir, hatta vücut şeklinde de tezahür edebilirler (aktarılan bir incelme ya da boynu halkalarla uzatma modasını düşünün). Ama beyin büyüklüğünün iki katına çıkması, başka bir konudur. Bu, gen havuzundaki değişikliklerle meydana gelmek zorundadır. Peki, insan beyninin evrimsel büyümesinde Blackmore genlere hangi rolü veriyor? Yine cinsel seçilim devreye giriyor.

*Kunduzun Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi, fenotip normal olarak bir genin tezahür ettiği dışsal görünüş demektir, örneğin göz rengi. Burada benzeştirme anlamında kullanıyorum: bir kromozoma gömülü bir genin fenotipine karşıt olarak, başka türlü beyne gömülü bir memin görünür fenotipi. Bu, Genel Giriş'te, Yenilenmiş Kalıntılar başlığı altında sözünü ettiğim "kendini normalleştirme" için de iyi bir benzetmedir.

İnsanlar memlerini en çok hayranlık duyulan modellerden kopyalamaya yatkındırlar. Bu, reklamcıların çok güvendikleri bir olgudur: Ürünleri önermeleri için futbolculara, film yıldızlarına ve modellere –ürün hakkında uzmanlığı olmayan insanlara– para verirler. Çekici, hayranlık duyulan, yetenekli ya da başka biçimde şöhret sahibi insanlar, güçlü mem vericileridir. Aynı insanlar cinsel bakımdan çekici olma ve dolayısıyla, en azından atalarımızın yaşadıkları çokeşli bir toplumda, etkili gen vericileri olma eğilimindedirler aynı zamanda. Çekici insanlar her kuşakta, bir sonraki kuşağa kendi payına düşenden fazla gen ve mem katkısında bulunur. Şimdi Blackmore, insanları çekici yapan şeylerin bir kısmının, mem üreten zihinler; yaratıcı, sanatçı, konuşkan, belagatli zihinler olduğunu varsayar. Genler de, çekici memler üretmede başarılı olan beyinlerin yapılmasına yardım ederler. Böylece, mem havuzunda yarı-Darvinci mem seçilimi, gen havuzunda sahiden Darvinci cinsel gen seçilimiyle el ele gider. Bu kontrolden çıkan evrimin başka bir tarifidir.

Bu görüşe göre, insan beyninin evrimsel olarak şişmesinde memlerin rolü tam olarak nedir? Buna bakmanın en yararlı yolunun şu olduğunu düşünüyorum: Beyinlerde, memler ortaya çıkarmadıkça fark edilmeden kalan genetik çeşitlilikler vardır. Örneğin, müzik yeteneğinde çeşitliliğin genetik bir bileşeninin olması iyi bir kanıttır. Bach ailesi üyelerinin müzik yeteneği, büyük olasılıkla genlerine çok şey borçluydu. Müzikal memlerle dolu bir dünyada, müzik yeteneğinde genetik farklılıklar, cinsel seçilimle ışıldar ve potansiyel olarak cinsel seçilim için kullanılabilir. Müzikal memlerin insan beyinlerine girmeden önceki dünyada, müzik yeteneğinde genetik farklılıklar yine var olurlar, ama açığa çıkmazlardı; en azından aynı şekilde. Cinsel ya da doğal seçilim için kullanılabilir olmazlardı. Memetik seçilim kendi başına beyin büyüklüğünü değiştiremez, ama başka türlü örtülü kalacak olan genetik çeşitliliği ortaya çıkarabilir. Bu, Hipopotam'ın Hikâyesi'nde karşılaştığımız Baldwin Etkisi'nin bir versiyonu olarak görülebilir.

Tavuskuşu'nun Hikâyesi, insan evrimiyle ilgili birkaç soruyu anlamak için Darwin'in cinsel seçilim kuramını kullandı. Biz neden çıplağız? Neden iki ayak üzerinde yürürüz? Neden büyük beyinlerimiz var. İnsan evrimiyle ilgili yanıtlanmamış tüm soruların evrensel yanıtı olarak cinsel seçilimin peşine takılıp zor durumda kalmak istemem. Özellikle iki

* Dennett, *Consciousness Explained* (alıntı buradan alındı) ve *Darwin's Dangerous Idea* da dahil, çeşitli yerlerde mem kuramından yararlanır.

ayaklılık meselesinde, Jonathan Kingdon'ın "çömelerek beslenme" kuramı da beni en az o kadar ikna ediyor. Ama Darwin ilk kez ortaya attığından bu yana uzun bir süre ihmal edilişinin ardından, cinsel seçilime yeniden ciddi bakma modasını alkışlıyorum. Ana soruların arkasında pusuda yatan tamamlayıcı soruya da hazır bir yanıt veriyor: Mademki, iki ayaklılık (ya da beyinlilik ya da çıplaklık) bizim için o kadar iyi bir seçim, diğer insaymunlarda neden bunu görmüyoruz? Cinsel seçilim açıklaması bu konuda başarılıdır; çünkü keyfi yönlerde ani evrimsel çıkışları öngörür. Diğer yanda, beyinlilikte ve iki ayaklılıkta cinsel ikibiçimliliğin olmaması, özel bir açıklama gerektirir. Konuyu burada bırakalım. Daha fazla düşünceye ihtiyaç var.

DODO'NUN HİKÂYESİ

Kara hayvanları, Galapagos takımadaları ya da Mauritius adası gibi uzak okyanus adalarına ulaşmakta anlaşılır nedenlerle zorluk çekerler. Kopmuş bir mangrov topluluğu üzerinde farkında olmadan bir sal yolculuğuyla kendilerini tesadüfen Mauritius gibi bir adada bulurlarsa, kolay bir yaşam kapısının açılması olasıdır. Bir kere, adaya ulaşmak zor olduğu için, rekabet ve yırtıcılık geride bırakılan anakarada olduğu kadar şiddetli değildir. Gördüğümüz gibi, maymunlar ve kemirgenler Güney Amerika'ya belki de böyle geldiler.

Bir adayı kolonileştirmek "zor"dur dersem, hemen bir yanlış anlamanın önüne geçmeliyim. Boğulmakta olan bir birey çaresizlik içinde karaya ulaşmaya çalışabilir; ama hiçbir tür bir adayı kolonileştirmeye asla *çalışmaz*. Bir tür, bir şey yapmaya çalışan bir kendilik değildir. Bir türün bireyleri kendilerini, şans eseri, daha önce kendi türlerinden kimsenin yaşamadığı bir adayı kolonileştirecek konumda bulabilirler. Söz konusu bireylerin boşluktan yararlanmaları beklenebilir ve sonuçta, geriye dönülüp bakılarak, adayı kolonileştirdikleri söylenebilir. Türün torunları, evrimsel zaman içinde tarzlarını değiştirip, bilindik olmayan ada koşullarına uyabilirler.

Dodo'nun Hikâyesi'nin konusu da budur. Kara hayvanlarının bir adaya ulaşması zordur, ama eğer kanatları varsa epeyce kolaylaşır; Galapagos ispinozlarının ataları ya da her kimlerse, dodonun atalarının başına geldiği gibi. Uçan hayvanların özel bir durumu vardır. Mangrov salına ihtiyaçları yoktur. Kanatları onları, belki tuhaf bir kazayla, bir fırtınaya kapılarak uzak bir adaya taşır. Kanatlarıyla geldikten sonra,

kanatlara artık ihtiyaçları olmadığını görürler. Özellikle adalarda çoğunlukla yırtıcılar bulunmadığı için. Darwin'in Galapagos'ta fark ettiği gibi, ada hayvanlarının çoğu kez belirgin bir biçimde uysal olmalarının nedeni budur. Ve onları denizciler için kolay yem yapan da budur. En ünlü örnek, taksonominin babası Linnaeus'un acımasızca *Didus ineptus* adını taktığı *Raphus cucullatus* dododur.

Dodo adı, aptalın Portekizce karşılığı olan sözcükten gelir. Onlara aptal demek haksızlıktır. Portekizli denizciler 1507'de Mauritius adasına gittikleri sırada, adada bol bulunan dodolar çok uysaldılar ve "güven" içinde denizcilere yaklaştılar. Niye güvenmesinler ki? Zira ataları binlerce yıldır bir yırtıcıyla karşılaşmamıştı. Güven duygusuna yazık. Önce Portekizli, daha sonra Hollandalı denizciler dodoları sopalarla vurup öldürdüler –üstelik "yenilmez" sayılmalarına karşın. Herhalde "spor" olsun diye yaptılar. Soylarının tükenmesi iki yüzyıldan az bir zaman aldı. Çoğunlukla olduğu gibi, öldürme ve daha dolaylı etkilerin bir sonucu olarak soyları tükendi. İnsanlar köpekleri, domuzları, sıçanları ve dinsel mültecileri adaya soktular. İlk üçü dodo yumurtalarını yedi; dördüncüsü de şekerkamışı ekip, yaşam alanlarını yok etti.

Çevreyi koruma, çok modern bir düşüncedir. On yedinci yüzyılda, soy kurumasını ve bunun ne anlama geldiğini düşünen kimsenin olduğundan kuşkuluyum. Oxford dodosunun, İngiltere'de doldurulan son dodonun öyküsünü anlatmaya dilim varmıyor. Dodonun sahibi ve hayvan doldurma ustası John Tradescant kandırılıp, büyük koleksiyonunu kötü şöhretli (bazıları öyle diyor) Elias Ashmole'a bırakmaya ikna edildi; Oxford'daki Ashmolean Müzesi'ne, olması gerektiği gibi (bazıları öyle söylüyor) Tradescantian denmemesinin nedeni budur. Ashmole'un küratörleri, Tradescant'ın tüm dodolarını, bir gaga ile bir ayak hariç, çöp diye yakmaya karar verdiler (bazılarına göre yanlışlıkla olabilir). Gaga ile ayak şimdi benim işyerimde, Üniversite Doğal Tarih Müzesi'nde duruyor ve Lewis Carroll'a esin veriyor. Hilaire Belloc'a da:

Dodo etrafta dolaşır
Hava alır, güneşlenirdi.
Güneş yine ısıtıyor ata toprağını
Ama Dodo orada yok!

Cıyaklamaya alışık sesi
Sustu ebediyen –
Ama görebilirsiniz kemiklerini ve gagasını
Hepsi Mü-ze-de.

Komşu Réunion Adası'nda beyaz dodo Raphus solitarius'un aynı kaderle karşılaştığı iddia edildi.* Mascarene Takımadası'nın üçüncü adası Rodriguez de, biraz daha uzak bir akrabayı, Rodriguez soliteri *Pezophaps solitaria*'yı barındırdı ve aynı nedenle kaybetti.

Dodonun atalarının kanatları vardı. Dedeleri, belki biraz ters bir rüzgârın yardımıyla ama kendi kas güçleriyle Mascarene Adaları'na gelen uçan güvercinlerdi. Oraya geldikten sonra uçmaya gerek görmediler –kaçacak bir şey yoktu–, bu yüzden kanatlarını yitirdiler. Galapagos ve Hawaii gibi bu adalar da yakın zamanda ortaya çıkan volkanik adalardı; hiçbiri yedi milyon yıldan yaşlı değil. Moleküler kanıtlar, dodo ve soliterin sanabileceğimiz gibi Afrika'dan ya da Madagaskar'dan değil, büyük olasılıkla Doğu'dan Mascarene Adaları'na geldiklerini gösteriyor. Belki de soliter, evrimsel farklılaşmasının büyük bir bölümünü, Mauritius'tan oraya gelmesine yetecek kas gücünü koruyacak kadar olan bölümünü Rodriguez'e gelmeden önce gerçekleştirdi.

Kanatları yitirme zahmetine katlanmak niye? Kanatların evrimi uzun zaman almıştı; neden bir gün tekrar işe yararlar diye onlara sahip çıkmadılar? Ne yazık ki, evrim böyle düşünmez. Evrim hiç düşünmez ve ileriyi kesinlikle düşünmez. Düşünseydi, dodolar kanatlarını korur, Portekizli ve Hollandalı denizcilerin vandalizminin hedef tahtası olmazlardı.

Merhum Douglas Adams, dodonun hazin durumuna üzüldü. 1970'lerde yazdığı *Doctor Who*'nun bir bölümünde, yaşlı Profesör Chronotis'in Cambridge'deki odası bir zaman makinesi işlevi görür, ama profesör yalnızca bir amaçla, gizli kötü amacı için kullanır: *Dodoların haline ağlamak için*, sürekli ve takıntılı bir biçimde on yedinci yüzyıldaki Mauritius adasını ziyaret eder. BBC'deki bir grev nedeniyle, *Doctor Who*'nun bu bölümü yayımlanmadı ve Douglas Adams, daha sonra romanı *Dirk Gently's Holistic Detective Agency*'de dodo avlama motifini yeniden kullandı. Bana duygusal diyebilirsiniz, ama biraz ara vermeliyim –Douglas, Profesör Chronotis ve haline ağladıkları dodo için.

*Bununla birlikte, şaşırtıcı ölçüde bilgili araştırma asistanım Sam Turvey, beyaz dodonun neredeyse kesin olarak hiçbir zaman var olmadığını bildiriyor: "Beyaz dodolar, birkaç on yedinci yüzyıl resminde yer alırlar ve zamanın seyyahları, Réunion'da büyük, beyaz kuşlara işaret etmişler; ama anlatımlar muğlaktır ve olasılıkla birbirine karıştırılmıştır ve adada hiçbir beyaz dodonun iskelet parçalarına rastlanmamıştır. Türe *Raphus solitarius* bilimsel adı verilmesine ve eksantrik Japon doğacı Masauji Hachisuka, Réunion'da iki dodo türünün varlığını (*Victoriornis imperialis* ve *Omithaptera solitaria* adlarını verdiği) savunmasına karşın, ilk anlatımların, iskelet parçaları bulunan ve görünüşe bakılırsa yaşayan beyaz kutsal kelaynaklara benzeyen soyu tükenmiş bir Réunion kelaynağına, ya da Mauritius'un gri-kahverengi dodosunun olgunlaşmamış bir örneğine işaret etmeleri daha olasıdır. Öte yandan, salt sanat ürünü de olabilirler."

Evrimin ya da evrimin itici gücü doğal seçilimin öngörüsü yoktur. Her türün her kuşağında, hayatta kalmak ve üremek bakımından en iyi donanımlı bireyler, bir sonraki kuşağa paylarına düşenden fazla katkıda bulunurlar. Olduğu haliyle kör sonuç, doğanın kabul ettiği öngörüye en yakın sonuçtur. Kanatlar, bir milyon yıl sonra eli sopalı denizciler gelince yararlı olabilir. Ama kanatlar, bir kuşun bir sonraki kuşağa evlat ve gen katkısında bulunmasına yardım etmezler. Aksine, kanatlar, özellikle de kanatları hareket ettirmek için gerekli güçlü göğüs kasları pahalı bir lükstür. Kanatları kısaltırsanız, tasarruf ettiğiniz kaynakları, yumurta gibi daha doğrudan yararı olan bir şeye harcayabilirsiniz ve tam da kısaltmayı programlayan genler, hayatta kalmak ve üremek konusunda doğrudan yararı olanlardır.

Doğal seçilimin her zaman yaptığı budur. Hep acemi tamircidir: Burasını biraz kısaltır, şurasını biraz uzatır, sürekli birbirine uydurur; giydirir, çıkarır, dolaysız üreme başarısını koşulların elverdiği en iyi duruma getirir. Gelecek yüzyıllarda hayatta kalmak, hesaplamaya girmez, aslında ortada bir hesaplama da yoktur. Bazı genler gen havuzunda varlığını sürdürür, bazıları sürdürmezken her şey otomatik olarak gerçekleşir.

Sonrasında mutlu bir olay, Oxford dodosunun (Alice'in Dodosu, Belloc'un Dodosu) üzüntüsünü hafifletti. Meslektaşım Alan Cooper'ın laboratuvarında bir grup Oxfordlu bilim insanı, ayak kemiklerinin birinden küçük bir örnek alma iznini kopardı. Rodriguez'de bir mağarada bulunan bir soliterin but kemiğini de elde ettiler. Bu kemikler, soyu tükenmiş iki kuş ile geniş bir yaşayan kuş yelpazesi arasında ayrıntılı, harfi harfine diziliş karşılaştırmalarına olanak vermeye yetecek kadar mitokondriyal DNA verdi. Sonuçlar, uzun süredir kuşkulanıldığı gibi, dodoların değişime uğramış güvercin olduklarını doğruluyor. Güvercingiller familyası içinde dodoların en yakın akrabasının soliter olması da şaşırtıcı değil. Daha şaşırtıcı olan, soyu tükenen bu iki uçmayan kuşun, güvercin aile ağacında derin bir yere yuvalanmış olmasıdır. Başka bir deyişle, dodolar bazı uçan güvercinlerle, onların başka uçan güvercinlerle olduğundan daha yakın akrabadırlar; baktığınızda, tüm uçan güvercinlerin birbirleriyle daha yakın akraba olduklarını tahmin etmenize karşın. Güvercinler arasında dodolar, en fazla Nicobar güvercinine, Güneydoğu Asya'nın güzel güvercini *Caloenas nicobarica*'ya yakındırlar. Sonra Nicobar güvercinleri ile dodoları kapsayan grubun en yakın akrabaları, Yeni Gine'den muhteşem bir kuş olan Victoria taçlı

güvercin ile dodoya çok benzeyen ve adı da "küçük dodo" anlamına gelen ender bir Samoa dişli güvercini olan *Didunculus*'tur.*

Oxfordlu bilim insanların yorumuna göre, Nicobar güvercinlerinin göçebe yaşam tarzı uzak adaları istila etmeye çok uygundur ve Nicobar tipi fosiller, Pitcairn Adası kadar Uzakdoğu Pasifik adalarından biliniyor. Bu taçlı ve dişli güvercinler, büyük, yerde yaşayan ve nadiren uçan kuşlardır. Sanki bu güvercin alt-grubu adaları kolonileştirmeyi, ardından uçma yeteneklerini kaybedip daha büyük olmayı ve daha fazla dodoya benzemeyi alışkanlık haline getirmiş gibi. Dodo ile soliter bu eğilimi uç noktalara götürmüş.

Dünyadaki tüm adalarda Dodo'nun Hikâyesi'ne benzer bir şey tekrarlanmıştır. Pek çoğunda sayısal olarak uçan kuşların ağırlıkta olduğu çok sayıda farklı kuş familyası, adalarda uçmasız biçimler geliştirmiştir. Mauritius'da, şimdi soyu tükenmiş olan, bazen dodoyla karıştırılan büyük bir uçmayan sutavuğu, *Aphanapteryx bonasia* vardı. Rodriguez'in ona akraba bir türü, *A. leguati* vardı. Sutavukları, Dodo'nun Hikâyesi'ne, bir adaya gitme ve ardından uçmayı bırakma hikâyesine uygun gibi görünüyorlar. Hint Okyanusu biçimlerine ek olarak, Güney Atlantik'te Tristan da Cunha grubunda uçmayan bir sutavuğu var; Pasifik adalarının pek çoğunun kendi uçmayan sutavuğu türleri var –ya da vardı. İnsan, Hawaii kuş-faunasını harabeye çevirmeden önce, bu takımadada on ikiden fazla uçmayan sutavuğu türü vardı. Tüm dünyanın yaşayan 60 küsur sutavuğu türünün dörtte birinden fazlası uçmaz ve tüm uçmayan sutavukları adalarda yaşar (Yeni Gine ve Yeni Zelanda gibi büyük adaları da sayarsanız). İnsan eli değdiğinden bu yana tropikal Pasifik adalarında muhtemelen 200 kadar türün soyu tükenmiştir.

Yine Mauritius'ta ve yine soyu tükenmiş büyük bir papağan olan *Lophopsittacus mauritianus* vardı. Bu ibikli papağan kötü bir uçucuydu ve Yeni Zelanda'nın varlığını hâlâ sürdüren (şimdilik) baykuşpapağanının tuttuğuna benzer bir yer tutmuş olabilir.** Yeni Zelanda, çok sayıda farklı familyaya ait çok sayıda uçmayan kuşun yuvasıdır, ya da yuvasıydı. Daha çarpıcı olanlardan biri, adzebill denilendi –turnaların ve sutavuklarının uzak akrabası, iri, tıknaz bir kuş. Kuzey Adası ile Güney Adası'nda farklı adzebill türleri vardı; ama her iki adada da, yarasalar hariç memeli yoktu (Dodo'nun Hikâyesi'nin temelini oluşturan neden)

*Büyüklük bakımdan dodoya yaklaşan dev bir uçmayan güvercin fosili, yakın zamanda Fiji'de bulundu.

**Yine Douglas Adams'ın ünlendirdiği, Last Chance to See'de.

ve adzebillerin, memelilere çok benzer bir biçimde, pazarda bir boşluğu doldurarak geçimlerini kazandıklarını hayal etmek kolaydır.

Bunların tümünde evrim öyküsü, neredeyse kesin bir biçimde, Dodo'nun Hikâyesi'nin bir versiyonudur. Ataları uçan kuşlar, kanatları tarafından uzak bir adaya taşınırlar; orada memelilerin yokluğu, geçimini yerde sağlama olanağı yaratır. Kanatları, artık anakarada olduğu gibi yararlı değildir; bu yüzden kuşlar uçmaktan vazgeçerler, kanatları ve maliyeti yüksek kanat kasları bozulur. Dikkate değer bir istisna var, tüm uçmayan kuş gruplarının en eskilerinden ve en ünlülerinden biri: Karinasız kuşlar (ratites), devekuşugiller takımı. Karinasız kuşların evrim öyküsü, diğer uçmayan kuşlarınkinden çok farklıdır ve kendilerine özgü bir hikâyeleri vardır: Dev-boylu kuşun Hikâyesi.

DEV-BOYLU KUŞ'UN HİKÂYESİ

Binbir Gece Masalları'nda, çocuk imgelemimi en çok hareketlendiren imge, Denizci Sinbad'ın karşılaştığı anka kuşuydu; Sinbad, ilk önce bu ucube kuşun güneşin önünü kapatan bir bulut olduğunu sanmış:

> Daha önce hacılardan ve seyyahlardan, bir adada "anka" denilen büyük bir kuşun yaşadığını, yavrularını fille beslediğini duymuştum.

Anka kuşu efsanesi, *Binbir Gece Masalları*'nda birkaç yerde geçer –iki kez Sinbad, iki kez de Abdurrahman'la ilgili. Marco Polo, Madagaskar'da yaşadığından söz eder ve Madagaskar Kralı'nın elçilerinin, Çin Hanı'na bir anka kuşu tüyü hediye ettikleri söylenirdi. Michael Drayton (1563-1631), ucube kuşun adını, herkesçe bilinen küçük çit kuşuyla karşılaştırır:

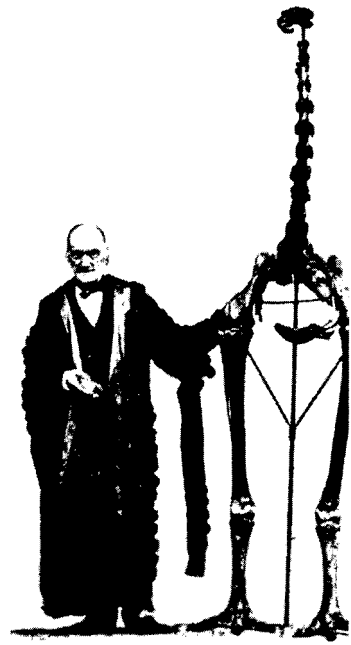
> Tüm kanatlılar insanoğlunun malumudur
>
> Kocaman anka kuşundan küçücük çit kuşuna

Anka kuşu efsanesinin kökeni nedir? Eğer salt hayal ürünüyse, Madagaskar'la sürekli bağlantının nedeni ne?

Madagaskar'dan fosiller, on yedinci yüzyıla kadar (MS 1.000 civarı olması daha olası) dev bir kuşun, dev-boylu kuş *Aepyornis maximus*'un Madagaskar'da yaşadığını bize söylüyor.* Dev-boylu kuş, herhalde kısmen insanlar çember uzunluğu** bir metre kadar olan ve 200 tavuk

*Aslında iki cinse, Aepyornis ve Mullerornis cinslerine ayrılan birbiriyle akraba birçok tür vardı. Ama, A. mahimus, adının da gösterdiği gibi, dev-boylu kuş adını en fazla hak edendir.

**Çapı değil –yani göründüğü kadar şaşırtıcı değil.



Öldüler ve artık moa yok. Sir Richard Owen, azman moa Dinornis'in iskeletiyle birlikte. Dinozor terimini borçlu olduğumuz Owen, moayı ilk tanımlayan kişiydi.

yumurtası kadar besin sağlayan yumurtalarını çaldığı için, sonunda boyun eğdi. Dev-boylu kuş üç metre uzunluğunda ve yaklaşık yarım ton ağırlığındaydı –beş devekuşu kadar. (16 metrelik kanatlarını kullanarak Sinbad'ı ve filleri havada taşıyan) efsanevi anka kuşundan farklı olarak, gerçek dev-boylu kuş uçamıyordu ve kanatları, bir devekuşununki gibi (görece) küçüktü. Ama kuzen de olsalar, dev-boylu kuşu, daha büyük bir devekuşu olarak düşünmek yanlış olur: Daha yapılı, tıknaz bir kuştu; devekuşunun narin periskopundan farklı olarak, kafası ve boynu büyük bir tür kuş tüylü tanktı. Efsanelerin kolayca gelişip yayılması göz önüne alındığında, *Aepyornis*, anka kuşunun akla yakın bir atasıdır.

Dev-boylu kuş, inanılmaz iri anka kuşundan ve Yeni Dünya'nın phorusrhachoid (zalim kuşlar) familyası gibi dev etçil kuş gruplarından farklı olarak, vejetaryendi. Phorusrhachoid kuşların boyu *Aepyornis*'inki kadar olabiliyordu ve "tüylü tiranozor" lakabını haklı çıkarırcasına, orta boy bir avukatı bir lokmada yutacakmış gibi görünen çengelli bir gagası vardı. Bu ucube turnagiller, ilk bakışta, korkunç anka kuşu rolüne, *Aepyornis*'ten daha uygun gibi görünürler; ama soyları, bir efsane başlatamayacak kadar çok önce tükendi ve Sinbad (ya da Sinbad'ın gerçek yaşamdaki Arap taydaşı) Amerika'yı hiç ziyaret etmemiştir.

Madagaskar'ın dev-boylu kuşu, yaşadığı bilinen en ağır kuştur, ama

en uzunu değildi. Bazı moa türleri üç buçuk metre yüksekliğe ulaşabiliyordu; ama Richard Owen'ın resminde görüldüğü gibi boynunu yukarı kaldırmışsa. Gerçek yaşamda, görünüşe bakılırsa, normalde başlarını kıçlarının birazcık yukarısında taşıyorlardı. Ama moa, anka kuşu efsanesi üretmiş olamaz; zira Yeni Zelanda da Sinbad'ın bildiği bir yer değildi. Yeni Zelanda'da boyları bir hindi ile bir devekuşunun iki katı arasında değişen on kadar moa türü vardı.*

Moalar, kanat izlerinin olmaması, hatta vücuda gömülü kanat kemiği izlerinin olmaması bakımından uçmayan kuşlar arasında uç bir örnektirler. MS 1250 civarında Maori halkı tarafından istila edilinceye kadar Yeni Zelanda'nın hem güney, hem kuzey adalarında geliştiler. Kolay avdılar; kuşkusuz dodoyla aynı nedenle. Şimdiye kadar yaşamış en büyük kartal olan Haast kartalı (soyu tükenmiş) hariç, on milyonlarca yıldır hiçbir yırtıcı tanımamışlardı ve Maoriler hepsini katlettiler, güzel yerlerini yediler, geri kalanını attılar ve soylu yabanılın çevreyle saygılı uyum içinde yaşadığı mitini çürüttüler. Maorilerden yalnızca birkaç yüzyıl sonra Avrupalılar geldiği sırada son moa ölmüştü. Görüldüğüne ilişkin uzun öyküler ve efsaneler bugüne kadar varlığını sürdürüyor, ama umut yok. Hazin bir şarkının sözleriyle:

Moa yok, yok moa

Eski Ao-tea-roa'da**

Bulamazsın,

Yediler

Öldüler ve artık yok moa!

Dev-boylu kuşlar ve moalar (etçil zalim kuşlar ve soyu tükenmiş diğer uçmayan dev kuşlar değil), Güney Amerika'nın Amerika devekuşunu, Avustralya'nın koşucu devekuşunu, Yeni Gine'nin ve Avustralya'nın tepeli devekuşunu, Yeni Zelanda'nın kivisini, eskiden Asya'da, hatta Avrupa'da yaygın olan, ama şimdi Afrika ve Arabistan'la sınırlı olan Afrika devekuşunu kapsayan eski bir kuş familyasının, karinasız kuşlar familyasının üyeleriydi.

Doğal seçilimin gücünden memnunum ve karinasız kuşların, Dodo'nun Hikâyesi'nin mesajına uygun, uçmazlıklarını dünyanın farklı yer-

* Kiviler hindiden küçüktür, ama artık cüce moa sayılmıyorlar. Göreceğimiz gibi, koşucu devekuşlarının ve tepeli devekuşlarının yakın kuzenleridirler ve daha sonra Avustralya'dan geldiler.

** Yeni Zelanda'nın Maori dilindeki adı.

lerinde birbirlerinden bağımsız geliştirdiklerini bildirmek bana memnuniyet verirdi. Başka bir deyişle, karinasız kuşların, farklı yerlerde paralel baskıların yüzeysel benzerliğe neden olduğu yapay bir montaj olmalarını isterdim. Ne yazık ki öyle değil. Karinasız kuşların, dev-boylu kuşa atfettiğim gerçek hikâyesi çok farklıdır. Ve çok daha büyüleyici bir hikâye olduğunu da söylemeliyim. Dev-boylu Kuş'un Hikâyesi, girişiyle birlikte alındığında, Gondvana'nın, kıtaların kaymasının ya da bugünkü adıyla levha tektoniğinin hikâyesidir.

Karinasızlar sahiden doğal bir gruptur. Afrika devekuşları, koşucu devekuşları, tepeli devekuşları, Amerika devekuşları, kiviler, moalar ve dev-boylu kuşlar, diğer kuşlardan çok birbirleriyle yakın akrabadırlar. Ortak ataları da uçmazdı. Bir olasılıkla, "Dodo'nun Hikâyesi"nin nedenlerine uygun olarak, Gondvana açıklarında çoktan unutulmuş bir adaya uçtuktan sonra kanatlarını kaybetti. Ama bu, karinasızlar, bugün güney kıtalarında ve adalarında torunlarına rastlanan ayrı biçimlere ayrılmadan önceydi. Dahası, karinasızların diğer kuşlardan ayrılması son derece eskidir. Karinasızlar, aşağıdaki anlamda sahiden eski bir gruptur. Varlığını sürdüren kuşlar iki gruba ayrılır. Bir yanda karinasızlar ve tinamular (uçabilen bir Güney Amerika kuş grubu) var. Diğer yanda, varlığını sürdüren kuşların tamamı var. Yani bir kuşsanız, ya bir karinasız/tinamusunuz ya da geri kalan kuşlardan birisiniz ve bu iki kategori arasındaki bölünme, varlığını sürdüren kuşlar arasındaki en eski ayrılmadır. Varlığını sürdüren kuşlar demek zorundayım; çünkü hiçbir modern kuşun kuzeni olmayan, soyu tükenmiş birçok kuş grubu (uçan ve uçmayan) var.

O yüzden karinasızlar, uçmayan ortak bir karinasız atası olan doğal bir gruptur. Bu, tüm karinasızların daha eski bir atasının uçar olduğunu yadsımak değildir. Yoksa, neden pek çoğunda kanat izi bulunsun? Karinasız kuşların Paleosen ve Eosen devrelerde Kuzey Amerika'da yaşamış uçan bir kuzeni olan *Lithornis* biçiminde fosil kanıtlar bile var. Ama varlığını sürdüren tüm karinasız kuşların en son ortak atasının kanatları, torunları dallanıp bugün gördüğümüz çeşitli gruplara ayrılmadan çok önce kısalıp güdük bir iz halini almıştı. Bu bizi, Dodo'nun Hikâyesi'nin, denizi aşıp uzak adalara uçan, sonra birbirinden bağımsız kanatlarını yitiren atalarından yoksun bırakır. Karinasızlar, şu anda birbirinden ayrı olan vatanlarına uçmadan geldiler. Peki nasıl geldiler?

Yürüdüler. Tüm yolu.* Bu nasıl olanaklı olur? Bu, Dev-boylu Kuş'un

*Göreceğimiz gibi, olası kivi istisnasıyla.

Hikâyesinin konusudur. Deniz yoktu –geçecek bir şey yoktu. Şimdi ayrı gördüğümüz kıtalar bitişikti ve büyük uçmayan kuşlar, kuru ayaklarla yürüdüler.

Ben Afrika'da küçük bir çocukken, küçük kız kardeşim ile ben cibinliğin altında uzanıp onun parlak kol saatine hayranlıkla bakarken, babam bize çooooooooooook çok uzaklarda, Gonwonky-land denilen bir yerde yaşayan bir "Bronkozor"la ilgili bir öykü anlatırdı. Çok sonra büyük güney kıtası Gondvanaland'ı öğrenceye kadar bunları unutmuştum.

150 milyon yıl önce, Gondvanaland, ya da Gondvana, şimdi bizim Güney Amerika, Afrika, Arabistan, Antarktika, Avustralya, Madagaskar ve Hindistan olarak bildiğimiz parçalardan oluşuyordu. Afrika'nın güney ucu Antarktika'ya değip, "sağ"a kıvrılıyordu.*

Bu yüzden Afrika'nın doğu kıyısı ile Antarktika'nın kuzey kıyısı arasında üçgen bir boşluk vardı –gerçekte bir boşluk değildi, çünkü Hindistan dolduruyordu. O günlerde Hindistan'ı Asya'dan (Lavrasya), merkezi kabaca bugünkü Hint Okyanusu'na denk gelen ve batı ucu bugünün Akdeniz'ine kadar uzanan bir okyanus, Tetis, ayırmaktaydı. Madagaskar, Afrika ile Hindistan arasına, her ikisine bitişik yuvalanmıştı. Avustralya, Yeni Gine ve embriyon Yeni Zelanda ile birlikte, Antarktika'yla bitişikti [bkz. resim 19].

Ama Gondvana parçalanmak üzereydi. Hikâyenin nereye gittiğini görebiliyorsunuz. Karinasız kuşlar Gondvana'da dolaşırken, daha sonra yaşayacakları yerden diğerine yürüyebiliyorlardı. Karinasız kuş fosilleri, o sırada sıcak, subtropikal ormanlarla kaplı olduğunu bitki fosillerinden bildiğimiz Antarktika'da bile bulunmuştur. Ata karinasızlar, yurtlarının binlerce kilometrelik okyanuslarla ayrılan parçalara bölüneceğinden habersiz bütün Gondvana kıtasını özgürce dolaşıyorlardı. Kıta parçalara ayrılınca, karinasız kuşlar da ayrıldı. Sal üzerinde yol aldılar. Ama onların salı, bir mangrov çalılığı değildi. Ayaklarının altında toprak vardı. Kendi kara kütleleri üzerinde kendi yollarında evrilmek için bol zamanları vardı.

Parçalara ayrılma, jeolojik zaman standartlarına göre oldukça ani ve patlamalı oldu. Yaklaşık 150 milyon yıl önce, Hindistan (hâlâ Madagaskar'la bitişik) Afrika'dan kopmaya başladı. Yaklaşık 140 milyon yıl önce Afrika ile Hindistan/Madagaskar arasındaki mesafe genişledikçe,

* "Gondvanaland" sözcüğü bir totoloji olduğu için eleştirilir; çünkü Sanskritçede *vana*, "land" (ülke, diyar) anlamına gelir. Kullanmamalıyım. Ama dev kıtayı, Gondların yaşadığı, hâlâ Gondvana denilen ve Gondvana jeolojik dizisine adını veren orta Medya Pradeş bölgesinden ayırt etme meziyeti vardır.

Hindistan'ın diğer tarafı ile Antarktika arasında ve Avustralya ile Antarktika arasında berrak su alanı açılmaya başladı. Kısa bir süre sonra Güney Amerika, Afrika'nın batısından uzaklaşmaya başladı ve yaklaşık 120 milyon yıl önce, iki kıta arasında son derece uzun ve dar, köşeli bir kanal oluştu. Yürüyüp geçebileceğiniz son yer, Batı Afrika'nın, şimdi Brezilya olan yere ince bir iplikle bağlı olduğu yerdi. O sırada, Antarktika ile Avustralya'nın yeni güney kıyısı arasında da aynı şekilde dar ve uzun bir kanal açılmıştı. Yaklaşık 80 milyon yıl önce Madagaskar Hindistan'dan koptu ve yaklaşık olarak şu andaki yerinde kaldı; Hindistan ise kuzeye muhteşem hızlı bir göç başlattı ve sonunda Asya'ya çarpıp Himalaya Dağları'nın yükselmesine neden oldu. Aynı dönemde, Gondvana'nın diğer parçaları, her biri kendi karinasız yolcularıyla kaymaya devam etmişti –yeni Güney Amerika kıtasında ata Amerika devekuşları, Hindistan/Madagaskar'da ata dev-boylu kuşlar, Avustralya'da ata koşucu devekuşu, Afrika'da ..., ama hayır, bu konuyu erteleyelim.

Bitki fosilleri, Kretase Dönem'de Antarktika'nın subtropikal, bitki örtüsü zengin ve hayvanların yaşaması için güzel bir yer olduğunu söylüyor.* Fiilen bulunmuş olan fosillerin kıtlığı, buna denk bir hayvan kıtlığını yansıtamaz; böylesine zengin bir bitki örtüsü, eşit derecede zengin bir faunayı desteklemiş olmalı. Dediğim gibi, bulunmuş olan birkaç fosil hayvan arasında, bazıları moalar kadar büyük iri karinasızlar vardır ve bu kuşların, Kretase Dönemi Antarktikası'nda bol olması olası görünüyor. Antarktika, karinasızların büyük merkez istasyonu olmasa da, dünyanın bir tarafındaki Afrika ile Güney Amerika'yı diğer taraftaki Avustralya, Yeni Zelanda ve Hindistan/Madagaskar'a bağlayan ılıman, karinasız-dostu bir kara geçişiydi.

Dolaşan bir karinasız atanın bakış açısıyla, önemli olan, kendi özel kıtasının Gondvana'dan ne zaman ayrıldığı değildir. Önemli olan, aradaki mesafeyi yürüyerek geçebildiği son andır. Örneğin, 100 milyon yıl önce Afrika güneyde Antarktika'dan, doğuda Hindistan/Madagaskar'dan ayrıydı. Bu bakış açısıyla, Afrika zaten bir adaydı. Batı kıyısının neredeyse tümü boyunca, Güney Amerika'dan da ayrılmıştı. Ama Batı Afrika'nın güney ucu ile bugün Brezilya olan kısım arasında hâlâ dar bir köprü vardı. Bu, Amerika devekuşunun ataları ile eski Gondvana'nın geri kalan kısmı arasındaki son temas noktasıydı. Gondvana kıtası dias-

*Bize tuhaf görünür ama, en güneydeki parçalar yılın önemli bir bölümünü karanlıkta geçirmelerine karşın. Bu durum, herhalde, bugün modern benzeri bulunmayan çeşitli davranış adaptasyonlarına yol açtı; zira bugün uç enlem, uç soğukla birlikte gider.

porasının çeşitli öğeleri arasında da başka son temas tarihlerimiz vardır.

Çeşitli kıtaların ve adaların coğrafi olarak birbirlerinden ayrıldıkları zamanlar ile moleküler genetik kanıtlara göre, karinasız kuş soylarının evrimsel olarak birbirinden ayrıldıkları zamanlar arasında bir örtüşme var mıdır? Ya da, bu çok fazlaysa, en azından iki zaman kümesi birbiriyle bağdaşıyor mu? Evet, bağdaşır. Karinasız kuşların şu anda bulundukları kara kütlelerine, bu kara kütleleri birbirlerinden ayrıldıktan *sonra* dağıldıklarına ilişkin alternatif hipotezle bağdaşmazlar (kivi ve biraz sonra geleceğim ilginç bir anlamda Afrika devekuşu hariç).

Dodo'nun Hikâyesi'nde tanıştığımız Alan Cooper ve Oxford'daki çalışma arkadaşları, tüm karinasız kuşların moleküler genetiğini karşılaştırdılar. Varlığını sürdüren kuşlar için bunu yapmak kolaydır. Afrika devekuşunun, koşucu devekuşunun ve diğerlerinin hayvanat bahçesi örneklerinden kan almanız yeter. Aslında, epeyce diziliş teknik literatürde zaten yayımlanmıştır. Ama Cooper ekibi, müzelerden ödünç alınan eski kemikleri bulunan iki moa cinsi ile bir dev-boylu kuş cinsinin mitokondriyal DNA'larını dizmeyi başardı. Ekip, en az 700 yıldır ölü olmalarına karşın, iki moa cinsinin tüm mitokondriyal genomunu bir araya getirmeyi becerdi. Dev-boylu kuşların malzemesi daha kötü durumdaydı; ama yine de, bir dev-boylu kuş DNA'sı dizmeyi başardılar. Sonra bu eski DNA dizilişleri, birbirleriyle ve varlığını sürdüren karinasız kuşların dizilişleriyle karşılaştırılabilirdi. Moleküler saat tekniği, karinasız kuşlar arasında evrimsel farklılaşmanın yaklaşık tarihlerini belirlemelerine olanak veriyordu.

Karinasız kuşlar arasındaki moleküler ayrılmaların, anayurtlar arasındaki coğrafi ayrılmalarla tam olarak örtüştüğünü söyleyebilmek hoş olurdu. Ne yazık ki, tarihleme emin olunacak kadar kesin değil. Unutmayalım ki, uçmayan hayvanlar için bile, kıtaları ayrıldıktan sonra epey bir süre adadan adaya zıplamak hâlâ bir seçenek olarak duruyordu; bu yüzden, Gondvana'nın çeşitli parçalarının tam ayrılma anı, çok da önemli değildir. Ne de olsa, uçmayan kuşlar, uçmak konusunda, bir şekilde Afrika'dan Güney Amerika'ya geçen maymunlar ve kemirgenler gibi memelilerden ya da bir fırtınayla kendilerini Anguilla'da bulan iguanalardan *daha* beceriksiz değildirler. Dahası, Gondvana pek çok parçasına oldukça eşzamanlı ayrıldı (yine sözcüğü jeolojik anlamında kullanırsak, "üç aşağı bez yukarı birkaç milyon yıl"). Moleküler dizilişler bize güvenle şunu söyleme olanağı veriyor: Karinasız kuşlar arasındaki atasal ayrılmalar çok eskidir –atalarının, ayrıldıkları sırada zaten güney

yarımkürede kendi ayrı yurtlarında olduklarını söyleyen görüşle tam olarak bağdaşabilecek kadar eski.

İşte, ne olduğuna ilişkin en iyi tahmin. Antarktika'yı diğer kıtaların koptuğu birim olarak düşünün. Elbette, kıtalar birbirlerinden de koptular, ama bir referans noktasına sahip olmak yararlıdır ve Antarktika, görselleştirmeyi kolaylaştıran bir merkezdir. Dahası, gördüğümüz gibi, Hikâyemiz için önemli olan dönemde, 100 milyon yıl işaretinin her iki yanında kabaca 40 milyon yılı kapsayan Kretase Dönem'de, Antarktika hiçbir şekilde bugün olduğu gibi donmuş değildi. Bunun nedeni, Antarktika'nın daha ılıman bir enlemde olması mıydı? Hayır, bugün bulunduğu yerin yalnızca birazcık kuzeyindeydi. O günlerdeki kıyı şekilleri, sıcak su akıntılarını uzak güney enlemlerine yönlendirdiği için sıcaktı; Gulf Stream akıntısının bugün Batı İskoçya'da palmiye ağaçlarını beslemesi gibi. Gondvana'nın parçalara ayrılmasının sonuçlarından biri, sıcak akıntının artık güneye yönlendirilmemesi oldu. Antarktika kendi enlemine uygun buz iklimine geri döndü ve o zamandan beri soğuktur.

Bu yüzden Antarktika'da tam zamanında bol karinasız kuş vardı. Hikâyenin gerisi açıktır. Güney Amerika'da, Amerika devekuşunun ataları zaten vardı. Yeni Zelanda Antarktika'dan yaklaşık 70 milyon yıl önce koptu ve ata moaları birlikte götürdü. Moleküler veriler, moaların diğer karinasızlardan yaklaşık 80 milyon yıl önce zaten ayrılmış olduklarını gösteriyor. Avustralya, Antarktika'yla ilişkisini yaklaşık 56 milyon yıl önce kaybetti. Bu, moaların, Avustralyalı karinasızlardan, yaklaşık 30 milyon yıl önce birbirinden ayrılan koşucu devekuşu ile tepeli devekuşundan daha önce diğer karinasızlardan ayrıldıklarını gösteren moleküler kanıtlara uygundur. Kiviler, karinasız kuşların her yere yürüyerek gittikleri kuralının herhalde tek istisnasıdır. Moalarla yakın akraba değiller. Avustralyalı karinasızlarla akrabalıkları vardır ve muhtemelen, adadan adaya hoplayarak, Avustralya'dan Yeni Kaledonya üzerinden Yeni Zelanda'ya geçtiler. Dev-boylu kuşa gelince, 75 milyon yıl önce Hindistan başını alıp gittikten sonra Madagaskar'da durdu ve insanlar gelinceye kadar da orada kaldı.

Afrika devekuşuna döneceğimi söyledim. Yaklaşık 90 milyon yıl önceden itibaren, Afrika'dan eski Gondvana'nın herhangi bir parçasına kara yoluyla geçmek artık olanaksızdı. Bu nedenle, bir Afrika kuşu olan Afrika devekuşunun diğer karinasızlardan uzaklaşabileceği son anı oluşturur. Ne var ki, moleküler kanıtlar, Afrika devekuşu soyunun daha sonra, yaklaşık 75 milyon yıl önce ayrıldığını gösteriyor. Bu nasıl olabilir?

Muhakeme biraz karışıktır, bu yüzden izin verin sorunu tekrarlayayım. Coğrafi kanıtlar yaklaşık 90 milyon yıl önce Afrika'nın eski Gondvana'nın geri kalan kısmından zaten ayrılmış olduğunu gösteriyor; diğer yanda moleküler kanıtlar da, Afrika devekuşunun diğer Gondvana kuşlarından yaklaşık 75 milyon yıl önce ayrıldıklarını gösteriyor. Aradaki 15 milyon yıl süresince Afrika devekuşunun ataları neredeydi? Şimdi gördüğümüz nedenden, herhalde Afrika'da değillerdi. Gondvana'nın geri kalan kısmında bir yerde olmuş olabilirler; çünkü diğer parçaların tümü –Güney Amerika, Avustralya, Yeni Zelanda ve Hindistan/Madagaskar– Antarktika üzerinden de olsa, kuyruksu kara geçişleriyle de olsa, birbirleriyle bağlantılı kaldılar.

O halde, modern Afrika devekuşları Afrika'ya gelmeyi nasıl becerdiler? Alan Cooper'ın zekice bir kuramı var. Hindistan/Madagaskar, 75 milyon yıl önce şimdi Sri Lanka olan yer uzaklaşana kadar, Kerguelen Platosu denilen (şimdi su altında kalmış) büyük bir kara köprüsüyle Antarktika'yla bağlantılı kaldı. O ana kadar, Afrika devekuşunun ve dev-boylu kuşun ataları, Antarktika'yla ilişki içindeydiler –dolayısıyla, daha önce ayrılan Afrika hariç Gondvana'nın geri kalan kısmıyla da. Cooper, Afrika devekuşunun ve dev-boylu kuşun atalarının bu ayrılık sırasında Hindistan/Madagaskar'da olduklarına inanır. Bu hipoteze göre, 75 milyon yıl öncesini, Afrika devekuşu ve dev-boylu kuş soylarının diğer karınasızlardan ayrılmış olabilecekleri son an sayabiliriz ve bu, moleküler verilere uyar. Ardından, yaklaşık 5 milyon yıl sonra Hindistan, daha sonra Afrika devekuşları olacak olanları yanına alıp, dev-boylu kuş olacakları da geride bırakarak Madagaskar'dan ayrıldı.

Şimdiye kadar her şey yolunda. Ama hâlâ, Hikâyemizin bu bölümünü başlatan bilmeceyle baş başayız. Afrika devekuşunun ataları o sırada ada olan Hindistan'da yerleşiktilerse, Afrika'ya nasıl ulaştılar? Şimdi, Cooper'ın kuramının son bölümüne geliyoruz. Hatırlayacaksınız, Hindistan Madagaskar'dan ayrıldıktan sonra, kuzeye, Asya'nın bir parçası olarak bugünkü konumuna doğru hızla yol aldı. Cooper, Afrika devekuşunun atalarını birlikte götürdüğüne inanır; ata Afrika devekuşları çarpışmadan yararlanıp Asya'ya yayıldılar. Afrika devekuşu soyu, bir kez Asya'ya geldikten sonra kuzeye doğru büyük bir alana yayıldı. Arabistan'da hâlâ Afrika devekuşları var ve Hindistan da dahil, Asya'da, hatta Avrupa'da Afrika devekuşu fosilleri var. Şimdi olduğu gibi o zaman da, Afrika Arabistan üzerinden Asya'ya bağlıydı ve Afrika devekuşları, herhalde 20 milyon kadar yıl önce bu yolu kullanarak şimdi bulundukları Afrika'ya

geldiler. Cooper'a göre, Asya'ya giden Hindistan feribotunu yakalayan tek hayvan, Afrika devekuşları değildi. Hindistan'ın Gondvanalı hayvanlar kargosunun, dinozorları yok eden felaketten sonra Asya'nın yeniden yerleşime açılmasında büyük bir rol oynadığını öne sürer.

Anka kuşu efsanesi, filleri kaldırma gücüne sahip muhteşem büyük kuş, bir çocukluk merakıdır. Bizzat kıtaların kaymasının gerçek öyküsü, daha büyük bir merak konusu, yetişkin imgelemine layık bir merak konusu değil mi? Bu masala sonsözde ayrıntılara bakıyoruz.

DEV-BOYLU KUŞ'UN HİKÂYESİ'NE SONSÖZ

Şimdiki adıyla levha tektoniği kuramı, modern bilimin başarı öykülerinden biridir. 1930'larda babam Oxford'dayken, o zamanki adıyla kıtaların kayması kuramına, herkes olmasa da, büyük çoğunluk gülüyordu. Alman meteorolog Alfred Wegener'in (1880-1930) adıyla anılırdı; ama ondan önce başkaları da benzer önerilerde bulunmuştu. Güney Amerika'nın doğu kıyısı ile Afrika'nın batı kıyısının birbirlerine tam oturan çakışmasını birçok kişi fark etmişti, ama genellikle tesadüf diye geçiştirildi. Hayvan ve bitki dağılımlarında, kıtalar arasında kara köprüleri varsayılarak açıklanmak zorunda kalınan daha da çarpıcı örtüşmeler vardı. Ama bilim insanlarının büyük çoğunluğu, haritanın kıtaların yatay biçimde kaymasından değil, deniz düzeyinin aşağı yukarı dalgalanmasından ötürü değiştiğini sanıyordu. Gondvana adı, ilk önce, Güney Atlantik kurumuş durumdayken, bugünkü konumlarıyla Afrika ve Güney Amerika'dan oluşan bir kıta için uyduruldu. Wegener'in bizzat kıtaların kaydığına ilişkin görüşü çok fazla devrimciydi –ve tartışmalı.

1930'larda değil, 1960'larda ben üniversite öğrencisiyken bile, durum aşikâr değildi. Emektar Oxford ekoloğu Charles Elton, bu konuda bize ders veriyordu. Dersin sonunda bir oylama yaptı (demokrasi, hakikati saptamanın bir yolu değildir) ve sanırım, oldukça eşit biçimde ikiye bölündük. Ben mezun olduktan kısa bir süre sonra her şey değişti. Wegener'in gerçeğe, kendisine gülen çağdaşlarından çok daha yakın olduğu anlaşılıyor. Temel yanlışı, var olan kıta kütlelerinin yarı-sıvı mantoda yüzdüklerini ve denizdeki sallar gibi kendilerine yol açtıklarını düşünmesiydi. Modern levha tektoniği kuramı, yeryüzünün bütün yüzeyini –görünür kıtaların yanı sıra deniz tabanını da– bir *levhalar* kümesi olarak görür. Kıtalar, atmosfere doğru şişip dağları oluşturan ve mantoya batan levha parçalarıdır. Levha sınırları genellikle denizin

altındadır. Aslında, denizle ilgili bildiklerimizin tümünü unutursak, deniz yokmuş gibi davranırsak kuramı daha iyi anlarız. Daha sonra alçak yerleri suyla doldurmak için denizi geri getireceğiz.

Levhalar bir denizi, bir su ya da erimiş kayaç denizini yarıp geçmezler. Gezegenin bütün yüzeyi zırhlıdır; yüzeyde kayan, bazen dalma denilen bir süreçle başka bir levhanın altına dalan levhalarla kaplıdır. Bir levha hareket ederken, Wegener'in düşündüğü gibi arkasında bir boşluk bırakmaz. "Boşluk", yeryüzü mantosunun derin tabakalarından gelen ve deniz tabanı açılması denilen bir süreçle levhalara cevher katkısında bulunan yeni malzemeyle sürekli dolar. Levha, bazı bakımlardan bir imge olarak fazla katı gibi görünür: Taşıma bandı ya da stor kapaklı yazı masası daha iyi bir metafordur. En düzgün, en açık örneği –Orta Atlantik Sırtı– kullanarak açıklayacağım.

Orta Atlantik Sırtı, 16.000 kilometre uzunluğunda bir sualtı kanyonudur; Kuzey ve Güney Atlantik'in ortasından aşağı doğru büyük bir S şeklinde kıvrılıp iner. Sırt, bir volkanik fışkırma alanıdır. Erimiş kayaç, mantonun derinliklerinden yukarı itilir. Sonra fışkırıp iki tarafa, batı ve doğu tarafına akar. Doğuya akan, Afrika'yı Atlantik'in ortasından öteye iter. Batıya akan Güney Amerika'yı diğer yöne iter. İki kıtanın yılda ortalama bir santimetrelik bir hızla birbirinden uzaklaşmasının nedeni budur; bu hız, hareket hızları levhadan levhaya oldukça değişken olmasına karşın, el tırnağının büyüme hızına yakındır. Gondvana bölündüğünde iki kıtayı birbirinden uzaklaştıran da aynı kuvvetti. Pasifik Okyanusu'nun, Hint Okyanusu'nun tabanında ve başka çeşitli yerlerde (bazen sırt yerine yükselti denilmelerine karşın) benzer volkanik fışkırma alanları vardır. Bu açılan okyanus sırtları, levha hareketinin itici motorlarıdır.

Ne var ki, "itme" dili, deniz tabanından fışkırmanın levhayı arkadan ittiğini ima ederse, yanıltıcıdır. Kıtasal bir levha kadar büyük bir nesne arkadan dürtülerek nasıl hareket ettirilebilir? Olmaz. Kabuk ve mantonun üst kısmı, altta bulunan erimiş kayaçlardaki akıntılar tarafından hareket ettirilir. Bir levha arkadan itilmekten çok, üzerinde yüzdüğü, levhanın alt yüzüne yapışan sıvıdaki akıntı tarafından sürüklenir.

Levha tektoniğinin kanıtları zorludur ve kuram, makul kuşkunun ötesinde kanıtlanmıştır. Orta Atlantik Sırtı gibi bir sırtın her yanındaki kayaçların yaşını ölçerseniz, sahiden dikkate değer bir şeyi fark edersiniz. Sırta en yakın olan kayaçlar, en genç olanlardır. Sırtın her iki tarafında daha da ilerlersiniz, kayalar daha da yaşlanır. Sonuç olarak,

"eşoylum eğrileri"ni (yani eşit yaşın yükselti çizgilerini) grafikleştirirseniz, sırta paralel giderler, Kuzey Atlantik'ten, sonra Güney Atlantik'ten aşağı doğru yılan gibi kıvrılarak inerler. Bu, sırtın her iki tarafı için geçerlidir. Sırtın bir tarafındaki eşoylum eğrileri, neredeyse kusursuz bir biçimde öbür yana yansır (bkz. resim 20).

Düşünün ki, bir sualtı traktörüyle onuncu paralelin doğusundan, Atlantik'in dibini, Brezilya'nın Maceio limanından Angola'daki Barra do Cuanza burnuna geçmek için yola çıktık; aradaki Ascension Adası'nı da atladık. Giderken, traktörümüzün paletleri (lastik tekerler basınca dayanamaz) altındaki kayaçlardan örnekler alıyoruz. Volkanik deniz tabanı açılımı kuramından kaynaklanan nedenlerle, yalnızca tortul kayaçların tabanında yatan kor bazaltla (katılaşmış lav) ilgileneceğiz. Kurama göre, Güney Amerika batıya, Afrika doğuya doğru hareket ederken, taşıma bandını oluşturan şey, bu kor kayaçlardır. Tortuları –bazı yerlerde, milyonlarca yıldır üst üste biriktiği için oldukça kalın olabilir– delip aşağı inerek, alttaki sert volkanik kayaçlardan örnekler alırız.

Doğuya doğru yolculuğumuzun ilk 50 kilometresi boyunca bizzat kıtanın üzerindeyiz. Bu, amaçlarımız bakımından deniz tabanı sayılmaz. Güney Amerika kıtasından daha ayrılmadık, yalnızca başlarımızın üzerinde sığ bir su var. Her neyse, levha tektoniğini açıklamak amacıyla, suyu görmezlikten geliyoruz. Ama şimdi, sahiden deniz dibine hızla iniyor, gerçek deniz tabanından ilk örneklerimizi alıyor ve tortuların altındaki bazaltın tarihini radyometrik olarak çözümlüyoruz. Burada, Atlantik'in batı ucundaki kayaçların, 140 milyon yaşında, Alt Kretase Dönemine ait olduğu anlaşılıyor. Düzenli aralıklarla tortuların tabanındaki volkanik kayaçlardan örnekler alarak doğuya doğru yolculuğumuza devam ediyoruz ve dikkate değer bir olgu buluyoruz: Giderek gençleşiyorlar. Başlangıç noktamızın 500 kilometre doğusunda, Üst Kretase Dönemindeyiz, kayaçlarımızın yaşı 100 milyon yıldan küçük. Yaklaşık 730 kilometre sonra, yalnızca volkanik kayaçlara baktığımız için belirgin bir sınır görmesek de, Kretase Dönem ile Paleojen Dönem arasındaki 65 milyon yıl sınırını, karada dinozorların aniden yok oldukları jeolojik anı geçiyoruz. Küçülen yaş dizisi devam eder. Doğuya doğru yol aldıkça, denizin altındaki volkanik kayaçlar giderek gençleşir. Başlangıç noktamızdan 1.600 kilometre doğuya gittiğimizde, Pliyosen Devre'deyiz, Avrupa'da tüylü mamutların, Afrika'da Lucy'nin çağdaşı genç kayaçları görürüz.

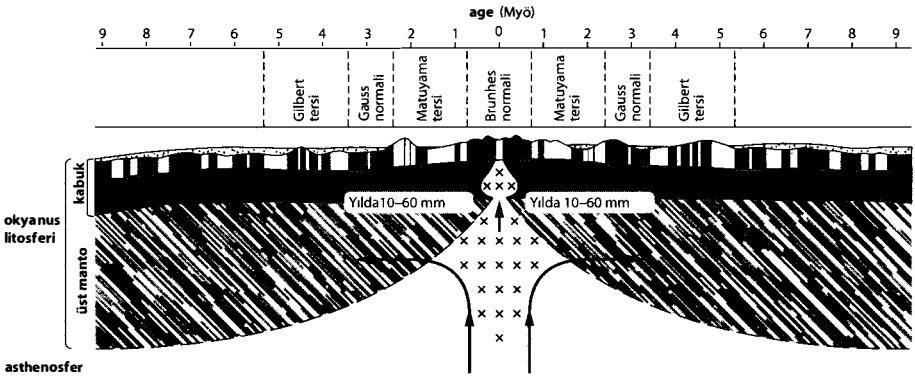
Orta Atlantik Sırtı'nın kendisine ulaştığımızda, Güney Amerika'dan yaklaşık 1620 kilometre ve (aynı enlemde) Afrika'dan bu mesafenin bi-

raz daha fazla ileride, kayaç örneklerimizin çok genç olduklarını görürüz, bizim zamanımıza aittirler. Deniz dibinin derinliklerinden daha yeni fışkırmışlardır. Aslında, çok şanslıysak, geçmekte olduğumuz Orta Atlantik Sırtı'nın belli bir yerinde bir yanardağ püskürmesi bile görebiliriz. Ama şanslı olmamız gerekir; çünkü, sürekli dönen bir taşıma bandı imgesine karşın fiili süreklilik yoktur. Taşıma bandı yılda ortalama bir santimetre hareket ederse, nasıl olsun? Bir püskürme olduğunda, kayaçlar bir santimetreden fazla kayarlar. Dolayısıyla, sırt boyunca herhangi bir yerde püskürme sıklığı yılda bir kereden azdır.

Orta Atlantik Sırtı'nı geçtikten sonra, doğuya doğru yolculuğumuza Afrika yönünde devam ediyor, tortuların altındaki volkanik kayaçlardan örnek almayı sürdürüyoruz. Şimdi de, kayaçların yaşının, daha önce ölçtüklerimizin bir ayna imgesi olduğunu fark ediyoruz. Şimdi sırtın tepe çizgisinden uzaklaştıkça kayaçlar giderek yaşlanıyor ve bu durum, Afrika'ya ve Atlantik'in doğu ucuna kadar böyle devam ediyor. Afrika kıtasının yakınında aldığımız son örneğimiz, Alt Kretase Dönemi'nin kayaçlarını, batı tarafındakilerin ayna imgelerini gösteriyor. Aslında tüm diziliş, Orta Atlantik Sırtı'yla ilgilidir ve ikizlik, tek başına radyometrik tarihlemeden öğrenilebilecek olandan bile daha kesindir. Bundan sonrası son derece hoş.

Sekoya'nın Hikâyesi'nde, dendrokronoloji olarak bilinen tarihleme tekniğiyle tanışacağız. Ağaçların gövdelerindeki halkalar, ağaçların yıllık bir büyüme mevsimleri olmasından kaynaklanır ve bütün yıllar eşit ölçüde büyümeye uygun değildir, bu yüzden kalın ve ince halkalardan oluşan bir imza örüntü gelişir. Bu tür parmak izi imzalar, doğada ara sıra ortaya çıktıklarında, doğanın bilime bir hediyesidir; bulunduğu yerde hemen kapılır. Daha büyük bir zaman ölçeğinde de olsa, ağaç halkalarına benzer bir şeyin, soğuyup katılaşırken volkanik lavlara da kazınmış olması bir şanstır. Şöyle olur: Lav hâlâ sıvı durumdayken, içindeki moleküller küçük pusula ibreleri gibi davranır; yerküre manyetizmasına göre hizalanırlar. Lav kayaç olarak katılaşınca, pusula ibreleri o andaki halleriyle donarlar. Bu nedenle kor kayaç, polaritesi katılaşma anında yerküre'nin manyetik alanının donmuş bir kaydı olan zayıf bir mıknatıs gibi hareket eder.

Yerkürenin manyetik alanının polaritesi, düzensiz, ama jeolojik standartlara göre oldukça sık aralıklarla, on, yüz, bin yıllık bir zaman ölçekleriyle tersine döner. Bunun heyecan verici sonucunu hemen görebilirsiniz. İki taşıyıcı bant Orta Atlantik Sırtından doğuya ve batıya doğru



Bir okyanus sırtının her iki tarafındaki manyetik şeritler. Koyu şeritler normal polariteyi, beyazlar ters polariteyi temsil eder. Jeologlar bunları, normal ya da ters polaritenin hâkim olduğu manyetik aralıklar şeklinde gruplandırırlar. Şeritlerin simetrisi, ilk kez, Fred Vine ile Drummond Matthews'in 1963'te *Nature*'da [bkz. Kaynakça] çıkan bir yazılarında deniz tabanı açılmasının kanıtı olarak tanımlandı. İkisi birlikte litosfer olarak bilinen kabuk ile mantonun sert üst tabakası, aşağıda mantonun yarı-sert tabakasında (astenosfer) magmadaki çembersi akımlar tarafından çatlatılır. Farklı şerit örüntüleri, deniz yatağındaki kayaçların yaşını, 150 milyon yıl öncesine kadar saptamamıza olanak verir.

aktıkça, ölçülen manyetik polariteler, yerküre alanının, kayaçların katılaşması anında donan dönüşlerini yansıtan şeritleri gösterir. Batı tarafındaki şerit örüntüsü, doğu tarafındaki şerit örüntüsünün ikizi olur; çünkü her iki kayaç kümesi, orta okyanus sırtından sıvı olarak fışkırdıkları sırada aynı manyetik alanı paylaşıyorlardı. Sırtın doğu tarafındaki bir şeridin, batı tarafındaki ikizini bulmak olanaklıdır ve iki şerit tarihlenebilir (tarihleri aynıdır, çünkü sırttan çıktıklarında ikisi de sıvıydı). Tüm taşıyıcı bantlar aynı hızda hareket etmedikleri için ikiz şeritler arasındaki uzaklık değişse de, tüm okyanus tabanlarındaki açılma alanlarının her iki tarafında aynı şerit örüntüsüne rastlanır. Daha ilginç bir kanıt isteyemezsiniz.

Karışıklıklar var. Paralel şerit örüntüsü, kesintisiz bir biçimde deniz tabanında yılan gibi kıvrılarak aşağı inmez. Sayısız kırıklara –"faylar"a– maruz kalır. Traktör yolculuğumuz için ekvatorun güneyinde onuncu paraleli bilerek seçtim; çünkü bu paralelherhangi bir fay hattı tarafından bozulmaz. Başka bir enlemde, kademeli değişen yaş dizilişimiz, bazen bir fay hattını geçerken tutan hıçkırıklarla kesintiye uğrardı. Ama genel paralel eşoylum eğrileri, tüm Atlantik tabanının jeolojik haritasından açıkça görülür.

O nedenle, levha tektoniğinin deniz tabanı açılımı kuramının kanıtları çok sağlamdır ve belirli kıtaların ayrılması gibi çeşitli tektonik olayların tarihi, jeolojik standartlara göre doğrudur. Levha tektoniği devrimi, tüm bilim tarihinin en hızlı, ama aynı zamanda en belirleyici devrimi olmuştur.

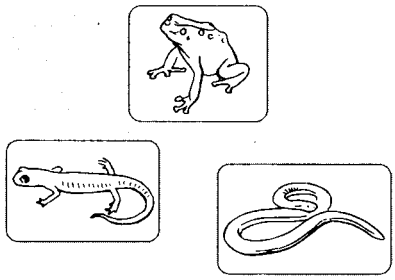
Randevu 17
AMFİBYUMLAR

340 milyon yıl önce, erken Karbonifer Dönem'de, Randevu 16'dan yalnızca 30 milyon kadar yıl ötede, biz amniyonlular (memelileri sürüngenlerle ve kuşlarla birleştiren ad), Randevu 17'de amfibyum kuzenlerimizle buluşuyoruz. Pangaea henüz oluşmamıştı; kuzey ve güney kara kütleleri Tetis-öncesi bir okyanusla çevriliydi. Buz kaplı bir Güney Kutbu oluşmaya başlıyordu, ekvator civarında tropikal kurtayağı ormanları vardı, flora ve fauna çok farklı olmasına karşın, iklim muhtemelen bugünküne benzer bir şeydi.

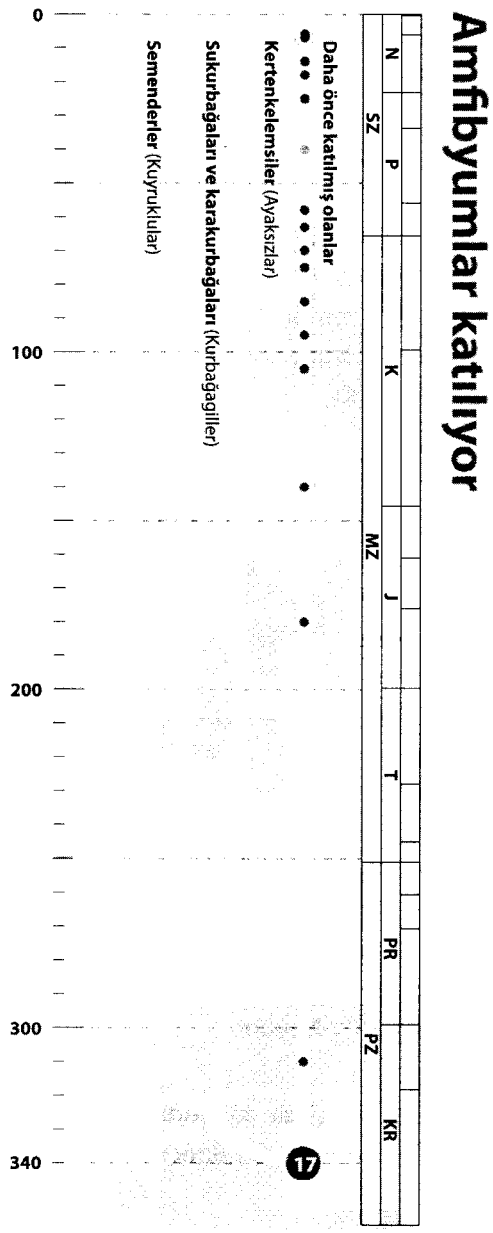
Yaklaşık olarak 175 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz olan Ortak Ata 17, varlığını sürdüren tüm dörtayaklıların atasıdır. Dörtayaklı dört ayağı olan demektir; dört ayak üzerinde yürümeyen bizler yakın zamanda sapmış dörtayaklılarız; ama hepimize birden dörtayaklılar denilir. Dahası, Ortak Ata 17, kalabalık kara omurgalılarının da büyük atasıdır. Daha önce geri görüş kibrine ilişkin eleştirilerime karşın, balığın karaya çıkması evrim tarihimizde önemli bir geçişti.

Üç ana amfibyum hacı kafilesi, biz amniyonlularla buluşmadan çok "önce" birleştiler. Bunlar, kurbağalar (sukurbağaları ve karakurbağaları –bu ayrım, zoolojik açıdan yararlı bir ayrım değil), semenderler (ve sukelerleri, üremek için suya dönen türler) ve kertenkelemsiler (solucanlarla ya da yılanlarla yüzeysel benzerlikleri olan ıslak, yumurtasız kazıcılar ya da yüzücüler) kafileleridir. Kurbağaların yetişkinken kuyrukları yoktur, ama larvayken şevkle yüzen bir kuyrukları vardır. Semenderlerin hem larva evresindeyken, hem yetişkinken uzun bur kuyrukları vardır ve vücut oranları, ata amfibyumlara çok benzer. Kertenkelemsilerin kol ve bacakları yoktur –atalarının kol ve bacaklarını destekleyen göğüs ve kasık kemerlerinin iç izleri bile yoktur. Kertenkelemsilerin vücut uzunluklarına, gövde bölgesindeki omurlar (kurbağalardaki 12'ye karşılık, 250 kadar) ile destek ve koruma sağlayan kaburgalar çoğaltılarak ulaşılmıştır. Kuyruk, tuhaf bir biçimde çok kısadır, hatta yoktur: Kertenkelemsilerin ayakları olsaydı, arka ayakları vücudun en arka noktasında olurdu –soyu tükenmiş bazı amfibyumların arka ayakları oradadır.

Pek çok amfibyum, yetişkinken karada yaşasa da, suda ürer; amniyonlular ise (balinalar, dugonglar ve ihtiyozorlar gibi ikinci kez evrilmiş



Amfibyumlar katılıyor



Amfibyumlar katılıyor. Birkaç fosil araştırmanın aksine, genetik araştırmalar 5.000 kadar tanımlanmış amfibyum türünü, amniyonlulara kardeş tek bir grupta birleştirir. Burada moleküler taksonomi izlenmiştir; ama üç amfibyum grubunun dallanma sırasıyla ilgili anlaşmazlıklar vardır.
Çizgi resimler, soldan sağa: Kızıl semender (*Ensatina eschscholtzii eschscholtzii*); zehirli mavi kurbağa (*Dendrobates azureus*); kertenkelemsi (*Ichthyophis sp*).

vakalar hariç) karada ürerler. Amniyonlular ya canlı yavru doğurarak ya da görece büyük, sert kabuklu su geçirmez bir yumurtayla ürerler. Her iki durumda da, embriyon kendi "özel havuz"unda yüzer. Amfibyum embriyonlarının gerçek bir havuzda ya da gerçek havuza eşdeğer bir şeyde yüzmeleri çok daha fazla olasıdır. Randevu 17'de bize katılan amfibyum hacılar, zamanlarının bir kısmını karada geçiriyor olabilirler; ama nadiren sudan uzaklaşırlar ve en azından yaşam döngülerinin bir evresinde, genellikle suya geri dönerler. Karada üreyenler suya kavuşmak için epey bir yol kat ederler.

Ağaçlar görece güvenli barınaklardır ve kurbağalar, suyla yaşamsal bağı koparmadan ağaçlarda üremenin yollarını bulmuşlar. Bazıları, ananasgil bitkilerin yapraklarında oluşan küçük yağmur suyu havuzlarından yararlanır. Erkek Afrika gri ağaçkurbağaları, *Chiromantis xerampelina*, dişilerin salgıladığı bir sıvıyı arka ayaklarıyla çırparak koyu beyaz bir köpük meydana getirmek için işbirliği yaparlar. Bu köpük sertleşip, grubun yumurtaları için bir yuva işlevi gören nemli iç kısmı koruyan bir dış kabuk oluşturur. İribaşlar, bir ağacın üzerinde nemli köpük yuvanın içinde büyürler. Hazır olduklarında, bir sonraki yağmur mevsiminde, yuvadan çıkıp ağacın altındaki su birikintilerine atlar, orada büyüyüp kurbağa olurlar. Başka türler de köpük-yuva tekniğini kullanırlar, ama bunun için işbirliği yapmazlar. Tek erkek, tek dişinin salgısından bir köpük oluşturur.

Bazı kurbağa türleri, gerçek doğurma –canlı doğurma– yönünde ilginç geçişler gerçekleştirmiştir. Güney Amerika keselikurbağasının (*Gastrotheca* cinsinin çeşitli türleri) dişisi, döllenmiş yumurtaları sırtına alır, orada yumurtaların üzeri bir deri tabakasıyla kaplanır. İribaşlar orada gelişir ve annenin sırtında derinin altında, sonunda deriyi yırtıp çıkana kadar kımıldayıp durdukları açıkça görülebilir. Yine birkaç tür daha benzer bir şey yapar.

Güney Amerika'dan başka bir kurbağa türü, *Rhinoderma darwinii*, doğurmanın en sıra dışı versiyonunu uygular. Erkek, döllediği yumurtaları yiyormuş gibi görünür. Ama yumurtalar sindirim borusuna gitmez. Birçok erkek kurbağa gibi, sesi yükseltmek için kullanılan geniş bir ses kesesi vardır ve yumurtalar, bu nemli odada saklanır. Tam gelişmiş kurbağacık oluncaya kadar, iribaş olarak yüzme özgürlüğünden vazgeçerek orada büyürler.

Amfibyumlar ile amniyonlular arasındaki temel fark, amniyonlu derilerin ve yumurta kabuklarının su geçirmez olmasıdır. Amfibyum deri,

suyun deriden buharlaşıp gitmesine, aynı alandaki bir durgun suyla aynı oranda buharlaşmasına izin verir. Derinin altındaki su söz konusu olduğu kadarıyla, neredeyse deri yok da denilebilir. Bu, sürüngenlerin, kuşların ve memelilerin durumundan çok farklıdır; onlarda derinin ana görevlerinden biri de, suyun çıkışına engel olmaktır. Amfibyumlar arasında istisnalar vardır –özellikle de, Avustralya'da çöl kurbağasının çeşitli türleri arasında. Bunlar, çöllerin bile, kısa süreli de olsa, tufan zamanları olabileceği gerçeğinden yararlanırlar. Bu tür ender ve aralıklı yoğun yağmur zamanlarında, her kurbağa kendisine suyla dolu bir koza yapar; iki yıl boyunca, bazı anlatımlara göre yedi yıla varan bir süre boyunca, kendini uyuşuk bir durumda bu kozanın içine gömer. Bazı kurbağa türleri, antifriz olarak gliserol imal ederek, sıfırın altındaki soğuklara dayanabilirler.

Hemen hemen hiçbir amfibyum deniz suyunda yaşamaz ve bu yüzden, kertenkelelerden farklı olarak, uzak adalarda ender bulunmaları şaşırtıcı değildir.* Darwin bu durumu ve yapay olarak bu tür adalara sokulan kurbağaların orada geliştiklerini birçok kitabında belirtmiştir. Kertenkele yumurtalarının, sert kabukları tarafından deniz suyundan korunduklarını, oysa deniz suyunun kurbağa yumurtalarını hemen öldürdüğünü varsayıyordu. Ne var ki, kurbağalar, Antarktika hariç tüm kıtalarda bulunuyorlar ve herhalde kıtalar ayrılmadan önce de oralardaydılar. Çok başarılı bir grupturlar.

Kurbağalar, bir bakımdan bana kuşları anımsatırlar. Her ikisinin de, ata vücuttan biraz tuhaf bir biçimde değişik olan bir vücut planları vardır. Bu, özellikle dikkate değer değildir; ama kuşlar ve kurbağalar bu tuhaf vücut planını alıp, bütün bir yeni varyasyon yelpazesinin temeli yapmışlar. Kurbağa türleri kuş türleri kadar çok değildir; ama dünyanın her tarafına yayılmış 4.000'den fazla kurbağa türü, yeterince etkileyicidir. Tıpkı kuş vücut planının -devekuşu gibi uçmayan kuşlarda bile- açıkça bir uçma tasarımı olması gibi, yetişkin bir kurbağanın vücut planını anlamanın en iyi yolu da, onu oldukça gelişkin bir atlama makinesi gibi görmektir. Bazı türler görkemli mesafelere sıçrarlar; Avustralya'nın roket kurbağası (*Litoria nasuta*), adına layık bir biçimde, vücudunun 50 katı uzaklığa sıçrayabilir. Dünyadaki en büyük kurbağa, küçük bir köpek

*Sam Turvey, en uzak adalara dağılmış iki kurbağa türünün, Fiji kurbağaları *Platymantis vitiensis* ile *P. Vitianus*'un (yakın akraba ve olasılıkla tek bir yerleşimci atanın torunları), serbest yüzen bir iribaş olarak değil, tamamen yumurta içinde geliştiklerini anlatır. Pek çok kurbağadan daha fazla tuz-toleranslı gibi görünüyorlar; *P. vitianus*, bazen sahillerde bile görülür. Bu alışılmamış karakteristikler, olası göründüğü gibi kolonici atalarında da vardıysa, onları adadan adaya zıplamaya önceden uyarlamıştır.

büyüklüğünde olan Batı Afrikalı dev kurbağanın (*Conraua goliath*) üç metre sıçradığı söylenir. Bütün kurbağalar sıçramaz; ama hepsi sıçrayan ataların torunlarıdır. En azından, devekuşlarının sapmış uçucu olmaları gibi, sapmış sıçrayıcılardır. Wallace'ın uçak kurbağası *Rhacophorus nigropalmatus* gibi ağaçlarda yaşayan bazı türler, uzun el ve ayak parmaklarını açıp bir paraşüt gibi kullanarak sıçrama mesafesini uzatırlar. Aslında, biraz uçan sincaplar gibi, süzülürler.

Semenderler ve sukelerleri, sudayken balık gibi yüzerler. Karada bile, bacakları, bildiğimiz anlamda yürüyemeyecek ya da koşamayacak kadar küçük ve güçsüzdür; semender, bir balık gibi yüzercesine hareket eder, bacaklar yalnızca harekete yardımcı olur. Bugün pek çok semender oldukça küçüktür. En büyüğü 1,5 metreye ulaşır; ama bu büyüklük, sürüngenlerin yükselişinden önce karaya egemen olan geçmiş zamanın dev amfibyumlarının yanında çok küçük kalır.

Peki Ortak Ata 17, amfibyumların sürüngenlerle ve bizlerle paylaştığı ata neye benziyordu? Kuşkusuz bir amniyonludan çok bir amfibyuma ve bir kurbağadan çok bir semendere –ama herhalde ikisine de çok fazla benzemiyordu. En iyi fosiller, Devoniyen Dönem'de ekvatorda olan Grönland'dadır. Büyük olasılıkla geçişsel olan bu fosiller çok incelendi;* tamamen suculmuş gibi görünen ("ayaklar"ın esasında karada değil, suda hareket için geliştiğini gösteriyor) *Acanthostega* ve *Ichthyostega* da bunların arasındadır.

Ortak Ata 17, *Acanthostega* ya da *Ichthyostega* gibi bir şey olmuş olabilir; büyük atalardan beklediğimizden daha büyük olmalarına karşın. Modern hayvanlarla aşinalığın koşullandırdığı zoologlar için başka sürprizler de vardır. Beş parmağa sahip olmanın, dörtayaklıların el ve ayaklarına özgü olduğunu düşünme eğilimindeyiz –"beş tırnaklı" kol ve bacak, klasik bir zoolojik totemdir. Yine de yakın zaman kanıtları, *Ichthyostega*'nın yedi, *Acanthostega*'nın sekiz ve üçüncü Devoniyen dörtayaklı cinsi *Tulerpeton*'un altı ayak parmağı olduğunu gösteriyor. Parmak sayısının önemli olmadığını, işlevsel olarak nötr olduğunu söylemek çekicidir. Bundan kuşkuluyum. Benim geçici tahminime göre, o eski zamanlarda farklı türler, kendi parmak sayılarının gerçekten yararını görüyorlardı. Kendi parmak sayılarıyla daha verimli yürüyor ya da koşuyorlardı. Daha sonra, dört ayaklı kol ve bacak tasarımı, muhtemelen iç embriyolojik bir süreç giderek beş parmağa yaslandığı için, beş

*Özellikle son yıllarda Cambridge Üniversitesi'nden Dr. Jennifer Clack ve meslektaşları tarafından. Bkz. kitabı *Gaining Ground: The Origin and Evolution of Tetrapods*.

parmakta dengelendi. Yetişkinlerde, parmak sayısı genellikle embriyonlardaki parmak sayısından az olur; modern atlar gibi uç örneklerde, yalnızca bir parmağa --ortaparmak- kadar düşer.

Amfibyumların içinden çıktığı balık grubu, saçak-yüzgeçliler grubudur. Varlığını sürdüren saçak-yüzgeçliler, yalnızca akciğerli-balık ve koelakantlardır ve bunlarla sırasıyla Randevu 18 ve 19'da karşılaşacağız.* Devoniyen Dönem'de saçak-yüzgeçliler, hem deniz, hem tatlı su faunasında çok daha ağırlıktaydılar. Dörtayaklılar, muhtemelen, osteolepis denilen ve soyu tükenmiş bir saçak-yüzgeçliler grubundan evrildiler. Geç Devoniyen Dönem'e, ilk dörtayaklıların karada görünmeye başladıkları zamana tarihlenen *Eusthenopteron* ve *Panderichthys*, osteolepislerdendir.

Balıklar, sudan çıkıp karaya geçmeye izin veren değişiklikleri neden geliştirdi? Örneğin akciğerleri? Yüzmenin yanı sıra yürümek için de kullanabileceğiniz yüzgeçleri? Evrimde bir sonraki büyük bölümü başlatmaya çalışıyor olmaları söz konusu değildi. Ünlü Amerikalı paleontolog Alfred Sherwood Romer'ın jeolog Joseph Barrell'dan türettiği bir yanıt, yıllarca bu sorunun gözde yanıtı oldu. Düşünce şuydu: Bu balıkların yapmaya çalıştığı bir şey vardıysa, o da suya geri dönmekti. Kuraklık zamanlarında, balıklar kuruyan havuzlarda kolayca mahsur kalabilirler. Yürüyebilen ve hava soluyabilen bireylerin, kuruyan bir gölete veda edip, başka yerde daha derin bir gölet aramaya çıkma avantajları vardır.

Hayranlık uyandıran bu kuramın modası geçti; ama, sanırım, tümden haklı nedenlerle değil. Ne yazık ki, Romer kendi zamanının geçerli inancını, Devoniyen Dönem'in kurak bir zaman olduğunu öne süren ve yakın zamanda tartışma konusu haline getirilen bir inancı tekrarladı. Özel bir kuraklığın olmadığı zamanlarda bile, belirli balıklar için gereğinden fazla sığlaşmaya yetecek kadar sığ göletler her zaman olur. Üç metre derin göletler şiddetli kuraklık koşullarında tehlikeye girerse, orta derece kuraklık bir metre derin bir göleti tehlikeye sokar. Bu da, Romer'ın bazı göletlerin kuruduğu ve bazı balıkların göç ederek yaşamlarını kurtarabildikleri hipotezi için yeterlidir. Hatta, Geç Devoniyen Dönem dünyası suyla dolu olsa bile, bu durumun kuruyabilir gölet sayısını, dolayısıyla yürüyen balığın yaşamını ve Romer kuramını kurtarma fırsatlarını çoğalttığı söylenebilir. Yine de, kuramın şu anda rağbet

*Saçak-yüzgeçliler adı, evrensel anlaşmayla kullanılmaz. Bazı yazarlar akciğerli-balığı dışlar ve varlığını sürdüren tek saçak-yüzgeçlinin koelakantlar olduğunu söylerler. Ben Profesör Robert Carroll'un *Vertebrate Palaeontology and Evolution*'ındaki terminolojiye uyuyor ve akciğerli-balığı saçak-yüzgeçli sayıyorum.

görmediğini söylemek benim görevim. Kurama karşı öne sürülen bir nokta da şudur: Karaya çıkmaya kalkışan modern balık, bunu nemli, ıslak alanlarda yapar –yani, karadaki koşullar, su hayvanları için, Romer hipotezindeki gibi kötü değil, "iyi" olduğu zaman.

Kuşkusuz, bir balığın geçici ya da kalıcı olarak karaya çıkması için bol neden var. Akarsular ve göletler, kurumanın dışında başka nedenlerle de kullanılamaz olabilirler. Yosunla dolabilirler; yine bu durumda da, karadan geçip daha derin bir suya göç eden balık paçayı kurtarabilir. Romer'a karşı öne sürüldüğü gibi, Devoniyen kuraklıklardan değil, Devoniyen bataklıklardan söz ediyorsak, bataklıklar bir balığın daha derin bir su ya da yiyecek aramak için yürüyerek, kayarak, zıplayarak ya da başka bir şekilde yol almasına daha fazla olanak sağlar. Bu, yine de Romer'ın düşüncesinin özünü değiştirmez: Atalarımız, başlangıçta karayı kolonileştirmek için değil, suya geri dönmek için sudan ayrıldılar.

Biz dörtayaklıların türediği saçak-yüzgeçliler grubu, küçülerek bugün dört cinse inmiştir; ama bir zamanlar, neredeyse bugünün kemikli balıkları (teleostei) kadar denize egemendiler. Randevu 20'ye kadar gerçek kemikli balıklarla buluşmayacağız, ama bazıları en azından ara sıra hava soluduğu, hatta birkaçı sudan çıkıp karada yürüdüğü için tartışmamıza yardımcı olacaklar. Hac yolculuğumuz biraz daha ilerleyince, içlerinden birini, hikâyesi daha yakın zamanda karaya öncekilerden bağımsız bir geçişin hikâyesi olan çamur zıpzıpını dinleyeceğiz.

SEMENDER'İN HİKÂYESİ

Adlar, evrim tarihinde baş belasıdır. Paleontolojinin, bazı kişisel düşmanlıkları bile barındıran tartışmalı bir konu olduğu sır değil. Piyasada *Bones of Contention* [Paylaşılamayan Kemik] denilen en az sekiz kitap var. İki paleontoloğun hangi konuda kavga ettiğine bakarsanız, genellikle bir adla ilgili olduğu ortaya çıkar. Bu fosil *Homo erectus* mudur, yoksa arkaik bir *Homo sapiens* midir? Falan fosil bir erken *Homo habilis* midir, yoksa geç *Australopithecus* mudur? İnsanların bu tür sorularla ilgili güçlü duyguları vardır; ama çoğu kez kılı kırk yardıkları ortaya çıkıyor. Aslında teolojik sorunlara benziyorlar ve sanırım, böylesine tutkulu anlaşmazlıklar doğurmasının nedenine ilişkin ipucu da buradadır. Ayrı adlar takıntısı, süreksiz aklın tiranlığı dediğim şeyin bir örneğidir. Semender'in Hikâyesi, süreksiz akla bir darbe indiriyor.

Büyük Vadi, Kaliforniya'yı neredeyse boydan boya geçer; batıda kıyı

şeridi Coastal Range, doğuda Sierra Nevada dağlarıyla çevrilidir. Bu uzun sıradağlar, vadinin kuzey ve güney uçlarında birleşir; bu yüzden vadi, yüksek araziyle çevrilidir. Bu yüksek yerlerde *Ensatina* denilen bir semender cinsi yaşar. Yaklaşık 40 mil genişliğinde olan Büyük Vadi, semenderlere uygun değildir ve semenderler orada bulunmazlar. Vadinin etrafında az çok kesintisiz topluluklardan bir çember oluştururlar, ama olağan durumda vadiden geçmezler. Pratikte herhangi bir semenderin kısa bacakları kısa ömrü boyunca onu doğduğu yerin uzağına taşımaz. Ama daha uzun bir zaman ölçeğinde varlığını sürdüren genlere gelince iş değişir. Bireysel olarak semenderler komşu semenderlerle melezleşebilirler; komşuların ebeveynleri de kendi komşularıyla melezleşmiş olabilir vb. Bu yüzden tüm çember boyunca potansiyel olarak gen akışı vardır. Potansiyel olarak. Pratikte olanlar, Kaliforniya Üniversitesi'ndeki eski meslektaşlarımın araştırmasıyla, Robert Stebbins'in başlattığı ve David Wake'in sürdürdüğü araştırmayla ortaya çıktı.

Camp Wolahi denilen bir araştırma alanında, vadinin güneyindeki dağlarda, melezleşmeyen açıkça ayrı iki *Ensatina* türü vardır. Biri sarı ve siyah benekleriyle belirgindir. Diğeri tek renklidir, beneksiz açık kahverengi. Camp Wolahi, bir üst üste binme alanıdır; ama daha geniş örnekler, benekli türlerin Büyük Vadi'nin doğu tarafına, Güney Kaliforniya'da San Joaquin Vadisi olarak bilinen yere özgü olduklarını gösteriyor. Açık kahverengi türler ise, tipik olarak, San Joaquin'in batı tarafında bulunurlar.

Melezleşmemek, iki popülasyonun ayrı tür adı hak edip etmediklerinin kabul edilen ölçütüdür. Bu yüzden beneksiz batı türü için *Ensatina eschscholtzii* adını, benekli doğu türü için *Ensatina klauberi* adını kullanmak doğru olmalı –doğru, ama dikkate değer bir koşulla ve Hikâyenin püf noktası da budur.

Oralarda Sacramento Vadisi denen Büyük Vadi'nin kuzey ucunu bağlayan dağlara giderseniz, yalnızca bir *Ensatina* türü bulursunuz. Görünüşü, benekli tür ile beneksiz tür arasıdır; çok büyük ölçüde kahverengidir ve oldukça belirsiz benekleri vardır. İkisinin oluşturduğu bir melez değildir; ona böyle bakmak yanlış olur. Doğrusunu bulmak için, güneye iki sefer yapın, Büyük Vadi'nin doğu ve batı taraflarına ayrıldıkları yerden itibaren semender popülasyonlarından örnekler alın. Doğu tarafında, uzak güneydeki *klauberi* ucuna gelene kadar giderek daha fazla beneklileşirler. Batı tarafında semenderler, Camp Wolahi'deki üst üste binme alanında karşılaştığımız beneksiz *eschscholtzii*'ye

giderek daha fazla benzer hale gelirler.

Ensatina eschscholtzii ile *Ensatina klauberi*'yi güvenle iki ayrı tür olarak ele almak bu nedenle zordur. Bir "çember tür" oluşturuyorlar. Yalnızca güneyde örnek alırsanız, ayrı bir tür olarak kabul edersiniz. Ne var ki, kuzeye devam ederseniz, birbirlerine dönüşürler. Zoologlar normal olarak Stebbins'in yolunu izleyip, hepsini aynı türün içine, *Ensatina eschscholtzii* türüne yerleştirirler; ama bir dizi alt-tür adı verirler. Uzak güneyde beneksiz kahverengi biçimle, *Ensatina eschscholtzii eschscholtzii* ile başlayarak, vadinin batı tarafından yukarı doğru çıkarsak *Ensatina eschscholtzii xanthoptica* ve adının da gösterdiği üzere daha kuzeyde, Oregon ve Washington'da da bulunan *Ensatina eschscholtzii oregonensis*'le karşılaşırız. Kaliforniya Büyük Vadisi'nin kuzey ucunda daha önce sözü edilen yarı-benekli biçim, *Ensatina eschscholtzii picta* var. Çemberi takip edip vadinin doğu tarafından aşağı inince, *picta*'dan biraz daha benekli olan *Ensatina eschscholtzii platensis*'i, sonra *Ensatina eschscholtzii croceater*'i geçip, *Ensatina eschscholtzii klauberi*'ye (daha önce ayrı bir tür olduğunu düşündüğümüzde *Ensatina klauberi* dediğimiz çok benekli semender) ulaşırız.

Stebbins, *Ensantina*'nın atalarının Büyük Vadi'nin kuzey ucuna gelip, vadinin her iki yanında aşağıya doğru ilerledikçe evrilip farklılaştıklarına inanır. Alternatif bir olasılık da *Ensatina eschscholtzii eschscholtzii* olarak güneyde başlamış; sonra vadinin batı tarafından yukarı doğru ilerledikçe evrilmiş; vadinin ucunu dönüp diğer taraftan aşağı doğru inmiş ve çemberin diğer ucunda *eschscholtzii klauberi* olarak son bulmuş olmalarıdır. Tarihi ne olursa olsun, bugün olan şudur: Kaliforniya'nun uzak güneyinde çizginin iki ucunun birleştiği yer hariç, çemberin etrafında melezleşme vardır.

Karmaşık bir sonuç olarak, öyle görünüyor ki, Büyük Vadi, gen akışının önünde bütünsel bir engel değil. Semenderler ara sıra vadiyi geçmiş görünüyorlar; zira vadinin doğu tarafında batılı alt-türlerden biri, *xanthoptica* topluluğu var, orada doğulu alt-tür *platensis*'le melezleşmişler. Başka bir karışıklık da, çemberin güney ucuna yakın bir yerde küçük bir kopukluğun olmasıdır; burada hiç semender yok gibi görünüyor. Herhalde bir zamanlar orada mevcuttular, ama öldüler. Belki de hâlâ varlar, ama bulunmamışlar: Bana bu bölgede dağların araştırılması zor, engebeli ve sarp olduğu söylendi. Çember karışıktır; ama yine de, kesintisiz bir gen akışı çemberi, bu cinste ağırlıklı örüntüdür. Kuzey kutup dairesi etrafındaki gümüş martılar ile kara martılar

örneğinde olduğu gibi.

Britanya'da gümüş martı ile kara martı, açıkça ayrı türlerdir. Kanat arkasının rengine bakarak herkes farkı kolaylıkla söyleyebilir. Gümüş martıların kanat arkaları gümüş rengidir, kara martıların kanat arkaları ise siyaha yakın koyu gridir. Dahası, kuşların kendileri de farkı anlatabilirler; zira karma kolonilerde sıkça karşılaşmalarına, hatta bazen yan yana üremelerine karşın, melezleşmezler. Bu nedenle zoologlar onlara farklı adlar, *Larus argentatus* ve *Larus fuscus* adlarını vermede kendilerini haklı görürler.

Ama buyurun ilginç bir gözlem ve semenderlerinkine benzer bir nokta. Batıdan Kuzey Amerika'ya, sonra dünyanın etrafını dolanıp Sibirya'ya, oradan da tekrar Avrupa'ya gümüş martı popülasyonunu izlerseniz, tuhaf bir olguyu fark edersiniz. "Gümüş martılar", siz kutbun etrafını döndükçe, giderek daha az gümüş martıya, daha fazla kara martıya benzerler; ta ki, bizim Batı Avrupalı kara martılarımızın, aslında, gümüş martılarla başlayan çember-şekilli sürekliliğin diğer ucunda oldukları anlaşılana kadar. Çemberin her evresinde, kuşlar çemberdeki bitişik komşularına, onlarla melezleşmeye yetecek kadar benzerler. Yani, sürekliliğin uçları kavuşana ve çember kendi kuyruğunu ısırana kadar. Gümüş martılar ile kara martılar, dünyanın etrafında dönerken sürekli bir melezleşen eşler dizisiyle birbirlerine bağlanmalarına karşın, Avrupa'da asla melezleşmezler.

Semenderler ve martılar gibi çember türler bize, zamansal boyutta her zaman olması gereken bir şeyi mekânsal boyutta gösteriyor. Biz insanlar ile şempanzelerin çember bir tür olduğumuzu varsayalım. Şöyle olabilirdi: Rift Vadisi'nin bir ucundan dönüp diğer tarafına geçen bir çember, çemberin güney ucunda bir arada yaşayan tamamen ayrı iki tür, ama çember boyunca kesiksiz bir melezleşme durumu. Bu doğru olsaydı, diğer türlere yönelik tutumumuzu nasıl etkilerdi? Genel olarak açık süreksizliklere?

Hukuksal ve etik ilkelerimizin çoğu, *Homo sapiens* ile diğer tüm türler arasında ayrılığa dayanır. Doktorlara suikast düzenleyecek ve kürtaj kliniklerini havaya uçuracak kadar ileri giden azınlık da dahil, kürtajı bir günah sayan insanların birçoğu düşüncesiz et-yiyicidir, hayvanat bahçelerine hapsedilen ve laboratuvarlarda kurban edilen şempanzeleri dert etmezler. Bizimle şempanzeler arasında, Kaliforniyalı semenderler gibi kesiksiz bir melezler zinciriyle birbirine bağlı, canlı bir ara kuşaklar sürekliliğini ortaya serseydik, yeniden düşünürler miydi? Kuşkusuz

düşünürlerdi. Ama tüm ara kuşakların tesadüfen ölü olması, çok önemsiz bir kazadır. Yalnızca bu kaza nedeniyle, iki türümüz arasında –ya da herhangi iki tür arasında– büyük bir uçurumu rahatça ve kolayca düşünebiliyoruz.

Bir konferanstan sonra beni sorgulayan kafası karışık avukat olayını daha önce anlattım. Hukuk bilgisinin tüm ağırlığını aşağıdaki hassas konuya çevirdi. Eğer A türü B türüne evrilirse, bir çocuğun yeni B türüne, ebeveyninin ise hâlâ eski A türüne ait olduğu bir an gelmeli. Farklı türlerin üyeleri, tanımı gereği, başka bir türle melezleşemezler, yine de bir çocuk, ebeveyninden, onların türüyle melezleşemeyecek kadar farklı olmaz. Peki bu, evrim düşüncesini zayıflatmaz mı?

Bu, "bir çaydanlık soğuk su ısıttığınızda, suyun soğuk olmaktan çıkıp sıcaklaştığı belirli bir an yoktur, bu nedenle bir fincan çay yapmak olanaksızdır" demeye benzer. Soruları her zaman olumlu bir yöne çekmeye çalıştığım için, avukata gümüş martıları anlattım ve sanırım, ilgisini çekti. Bireyleri kesin bir biçimde şu ya da bu türe yerleştirmede ısrar etmişti. Bir bireyin iki tür arasındaki yolun yarısında ya da A türünden B türüne giden yolun onda birinde bulunma olasılığına izin vermiyordu. Aynı düşünce sınırlaması, bir embriyonun tam olarak ne zaman insan haline geldiğine (ve dolayısıyla, kürtajın ne zaman cinayet sayılması gerektiğine) ilişkin sonu gelmeyen tartışmayı da sakatlamaktadır. Bu insanlara, sizi ilgilendiren insan karakteristiklerine bağlı olarak bir ceninin "yarı insan" ya da "yüzde bir insan" olabileceğini söylemenin hiçbir yararı yoktur. Niteliksel, mutlakçı kafaya göre "insan" bir "elmas" gibidir. Ara durumlar yoktur. Mutlakçı kafalar başa bela olabilirler. Gerçek sefalete, insan sefaletine neden olurlar. Süreksiz aklın tiranlığı dediğim ve Semender'in Hikâyesi'nin ana fikrini geliştirmeme yol açan budur.

Bazı amaçlar için adlar ve süreksiz kategoriler, tam olarak ihtiyaç duyduğumuz şeylerdir. Aslında avukatlar her zaman ihtiyaç duyarlar. Çocukların araba sürmelerine izin verilmez; yetişkinlere verilir. Hukuk bir eşik, örneğin on yedinci doğum günü eşiğini dayatma gereği duyar. Sigorta şirketlerinin ise, çok farklı bir eşik yaş görüşü vardır.

Bazı süreksizlikler, her standarda göre gerçektir. Siz bir kişisiniz, ben de başka bir kişiyim ve adlarımız, ayrılığımızı doğru bir biçimde gösteren süreksiz etiketlerdir. Karbonmonoksit, gerçekten karbondioksitten ayrıdır. Üst üste binme yoktur. Bir molekül bir karbon ve bir oksijenden ya da bir karbon iki oksijenden oluşur. Hiçbirinin bir karbon ve 1,5 oksijeni yoktur. Gazlardan biri öldürücü zehirdir; diğeri, he-

pimizin bağlı olduğumuz organik tözleri meydana getirmek için bitkilerin ihtiyaç duyduğu gazdır. Altın, gümüşten gerçekten ayrıdır. Elmas kristaller, grafit kristallerden gerçekten ayrıdır. İkisi de karbondan oluşur; ama karbon atomları, doğal olarak çok farklı iki biçimde düzenlenmiştir. Ara konaklar yoktur.

Ama süreksizlikler çoğu kez bu kadar berrak değildir. Yakın zamanda bir grip salgını sırasında gazetemde bir yazı çıktı. Bir salgın mıydı? Makalenin konusu bu soruydu.

> Sağlık Bakanlığı'ndan yetkili bir bayan, resmi istatistikler her 100.000 kişiden 144'ünün gribe yakalandığını gösteriyor, dedi. Alışılmış salgın ölçüsü 100.000'de 400 olduğu için, hükümet bu durumu resmen bir salgın olarak ele almıyor. Ama yetkili bayan ekledi: "Profesör Donaldson, kendi yorumuna bağlı kalıp, bunun bir salgın olduğunu söylüyor. 100.000'de 144'ten fazla olduğuna inanıyor. Bu çok karışık bir konudur ve hangi tanımı tercih ettiğinize bağlıdır. Profesör Donaldson kendi grafiğine bakıp, bunun ciddi bir salgın olduğunu söyledi."

Bildiğimiz, belirli sayıda insanın gribe yakalandığıdır. Tek başına bu, bilmek istediğimizi bize anlatmaz mı? Ama yetkili bayana göre, önemli sorun bunun bir "salgın" sayılıp sayılmayacağıdır. Gribe yakalananların oranı, 100.000'de 400 sınırını geçmiş midir? Grafiğine bakarken Profesör Donaldson'ın vermek zorunda olduğu büyük karar budur. Resmen salgın sayılsın ya da sayılmasın, hastalık konusunda bir şey yapmaya çalışmasının daha iyi olacağını düşünürdünüz.

Açık söylemek gerekirse, salgınlar konusunda gerçekten doğal bir sınır vardır: Hassas bir enfeksiyon kütlesi, sınırın üstüne çıkıldığında virüs ya da bakteri aniden "uçuşa geçer" ve yayılma hızını dramatik bir biçimde artırır. Kamu sağlığı görevlilerinin, nüfusun eşik bir oranından fazlasını sözün gelişi boğmacaya karşı aşılamaya çabalamalarının nedeni budur. Amaç, yalnızca aşılı bireyleri korumak değildir. Patojenleri "uçuşa geçme" hassas kütlesine ulaşmaktan yoksun bırakmaktır da. Grip salgını örneğimizde, Sağlık Bakanlığı sözcüsünü endişelendiren şey, grip virüsünün aniden vites yükseltip "uçuşa geçme" sınırını geçip geçmediğidir. Buna, 100.000'de 400 gibi sihirli sayılara işaret etmenin dışında araçlarla karar verilmelidir. Sihirli sayılara ilgi, süreksiz aklın ya da niteliksel aklın bir işaretidir. Daha komik olanı, süreksiz aklın sahici bir süreksizliği, bir salgının uçuşa geçiş noktasını gözden kaçırmasıdır. Genellikle gözden kaçırılacak sahici bir süreksizlik yoktur.

Şu anda birçok Batılı ülke, obezite salgını olarak tarif edilen bir şeye

yakalanmış durumdadır. Etrafımda bunun kanıtlarını görüyor gibiyim, ama bunu sayılara çevirme yolu beni etkilemez. Nüfusun bir yüzdesi "klinik anlamda obez" olarak tanımlanır. Yine süreksiz akıl insanları, çizginin bir tarafındaki obezler ve diğer tarafında obez-olmayanlar şeklinde ayırmakta ısrar eder. Gerçek yaşam öyle değil. Obezite sürekli bir dağılım gösterir. Her bireyin ne kadar obez olduğunu ölçebilirsiniz ve bu tür ölçümlerden grup istatistikleri çıkarabilirsiniz. Keyfi bir biçimde tanımlanmış bir obezite eşiğinin üstünde kalan insanların sayısı aydınlatıcı değildir; çünkü derhal eşiğin yeniden tanımlanmasını isterler.

Aynı süreksiz akıl, "yoksulluk sınırının altındaki" insanların sayısıyla ilgili resmi rakamların arkasında da vardır. Bir ailenin tercihen satın alabildiği şeyler bakımından ifade edilen gelirini söyleyerek yoksulluğunu ifade edebiliriz. Ya da "X, kilise faresi kadar yoksuldur" ya da "Y, Karun kadar zengindir" diyebilirsiniz ve herkes, ne demek istediğinizi anlar. Ama keyfi bir biçimde tanımlanmış bir yoksulluk *çizgisinin* altında ya da üstünde olduğu söylenen insanların yapay bir biçimde kesin sayıları ya da yüzdeleri tehlikelidir. Tehlikelidir; çünkü, yüzdeyle ima edilen kesinlik, "çizgi"nin anlamsız keyfiliği tarafından anında sahte kılınır. Çizgiler, süreksiz aklın dayatmalarıdır. Modern toplum –özellikle de Amerikan toplumu– bağlamında "beyaz"a karşıt olarak "siyah" etiketi, siyasal bakımdan daha da hassastır. Çekirge'nin Hikâyesi'nin ana konusu budur ve şimdilik şunu söylemekle yetineceğim: Bana göre ırk, süreksiz kategorilere ihtiyaç duymadığımız birçok durumdan biridir.

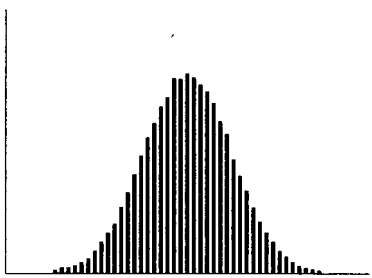
İşte bir örnek daha. İngiltere'de üniversiteler, üç ayrı sınıf, Birinci, İkinci, Üçüncü sınıf olarak sınıflandırılan notlar verirler. Diğer ülkelerdeki üniversiteler de, A, B, C gibi farklı adlar altında da olsa eşdeğer bir şey yaparlar. Şimdi benim iddiam şudur: Öğrenciler, aslında düzgün bir biçimde iyi, orta ve kötü olarak ayrılmazlar. Ayrık ve ayrı yetenek ya da çalışkanlık sınıfları yoktur. Sınav yapanlar öğrencileri, diğer notlara eklenecek notlar ya da puanlar vererek, düzgün kesiksiz sayısal bir ölçeğe göre değerlendirme zahmetine katlanırlar. Böyle bir kesiksiz sayısal ölçeğe dayalı başarı notu, üç sınıftan birine dahil etmeye oranla daha fazla bilgi verir. Buna rağmen yalnızca süreksiz kategoriler yayımlanır.

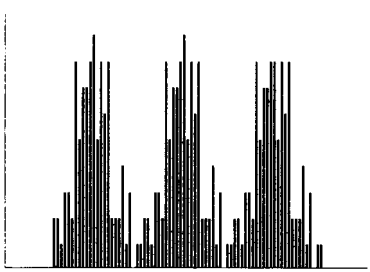
Çok geniş bir öğrenci örnekleminde, yetenek ve maharet dağılımı, çok azının çok iyi, çok azının çok kötü ve çoğunun arada kaldığı bir çan eğrisi olurdu. Aşağıdaki resimdeki gibi fiilen simetrik bir çan olmayabilirdi; ama düzgün bir biçimde sürekli olurdu ve daha fazla öğrenci eklendikçe, daha düzgün hale gelirdi.

Öyle görünüyor ki, birkaç sınavcı (özellikle de, umarım bunun için bağışlanırım, bilimsel olmayan konularda) gerçekten de Birinci Sınıf Zihin ya da "A" zihin denilen ayrı bir kendiliğin var olduğuna ve bir öğrencinin buna kesinlikle sahip olduğuna ya da kesinlikle olmadığına gerçekten inanıyor. Sınavcının görevi de, tıpkı koyunları keçilerden ayırır gibi, birincileri ikincilerden ve ikincileri üçüncülerden ayırmaktır. Gerçeklikte düzgün bir sürekliliğin var olma, katışıksız koyunluktan ara konakları kat ederek katışıksız keçiliğe kayma olasılığı, bazı kafalar için kavranması zor bir olasılıktır.

Benim beklentilerimin aksine, daha fazla öğrenci eklendikçe, not dağılımının giderek daha fazla üç doruklu süreksiz bir dağılıma [aşağıdaki ikinci resim] yaklaşacağı ortaya çıksa, büyüleyici bir sonuç olur. O zaman, Birinci, İkinci ve Üçüncü sınıf not vermek, gerçekten yerinde olabilirdi.

Ama bunun hiçbir kanıt yok ve insan çeşitliliğiyle ilgili bildiklerimiz dikkate alındığında, çok şaşırtıcı olurdu. Gerçekte olduğu gibi, bu, açık bir haksızlıktır: Bir sınıfın en üst noktası ile aynı sınıfın en alt noktası arasındaki fark, bir sınıfın en alt noktası ile bir sonraki sınıfın en üst noktası arasındaki farktan çok fazladır. Alınan fiili notları ya da bu notlara dayalı bir derece sıralaması yayımlamak daha adil olurdu. Ama süreksiz ya da niteliksel akıl, insanları şu ya da bu ayrık kategoriye zorla dahil etmekte ısrarlıdır.





Evrim konusuna dönersek, ya koyunlar ve keçiler? Türler arasında keskin süreksizlikler mi var, yoksa birinci-sınıf ve ikinci-sınıf sınav başarımları gibi birbirleriyle kaynaşırlar mı? Yalnızca varlığını sürdüren hayvanlara bakarsak, yanıt evet, keskin süreksizlikler vardır şeklinde olur. Martılar ve Kaliforniya semenderleri gibi istisnalar enderdir, ama fikir vericidir; çünkü, normalde yalnızca zamansal alanda rastlanan sürekliliği mekânsal alana çevirirler. İnsanlarla şempanzeler kesiksiz bir ara kuşaklar zinciri ve ortak bir atayla

birbirine bağlıdırlar, ama ara kuşakların soyu tükenmiştir: Geriye kalan, süreksiz bir dağılımdır. Soyu tükenmiş ara kuşakların daha uzun süre önce yaşamış olmaları dışında, aynı şey insanlar ve maymunlar, insanlar ve kangurular için de geçerlidir. Ara kuşakların neredeyse her zaman soyu tükendiği için, her türün diğer her türle arasında keskin bir süreksizlik olduğunu kolayca varsayabiliyoruz. Ama bu kitapta evrim tarihiyle, canlılar kadar ölülerle de ilgileniyoruz. Yalnızca şu anda yaşıyor olanlardan değil, yaşamış tüm hayvanlardan söz ettiğimizde, evrim bize her türü diğer her türle fiilen ilişkilendiren kademeli süreklilik çizgileri olduğunu anlatır. Tarihten söz ettiğimizde, koyunlar ve köpekler gibi açıkça süreksiz türler bile, kesiksiz pürüzsüz bir süreklilik hattında ortak ataları üzerinden birbirine bağlanırlar.

Yirminci yüzyıl evriminin saygın devlet adamı Ernst Mayr, süreksizlik yanılgısını –felsefi adıyla özcülük yanılgısını– evrim anlayışının insanlık tarihine bu kadar geç gelmesinin ana nedeni olmakla suçladı. Platon'un felsefesi özcülüğün esin kaynağı olarak görülebilir; Platon, fiili şeylerin, ideal bir arketipin kusurlu versiyonları olduklarına inanıyordu. İdeal uzamda bir yerlerde asılı özsel mükemmel tavşanın gerçek bir tavşanla ilişkisi, bir matematikçinin mükemmel çemberinin kuma çizilmiş çemberle ilişkisinin aynısıdır. Bugüne kadar birçok insana, koyunların koyun, keçilerin keçi olduğu ve hiçbir türün başka bir tür meydana getiremeyeceği çünkü bunun için o türün özünün değişmesinin gerekeceği düşüncesi aşılanmıştır.

Öz diye bir şey yoktur.

Hiçbir evrimci, modern bir türün değişip başka bir modern türe dönüştüğünü düşünmez. Kediler köpeklere ya da köpekler kedilere dönüşmez. Doğrusu, kediler ve köpekler, on milyonlarca yıl önce yaşamış ortak bir atadan evrildiler. Yalnızca tüm ara kuşaklar hayatta olsaydı, kedileri köpeklerden ayırmaya çalışmak, semenderlerde ve martılarda olduğu gibi başarısızlığa mahkum bir girişim olurdu. Bir ideal öz sorunu olmaktan çok uzak olan kedileri köpeklerden ayırma eyleminin, şans eseri (özcünün bakış açısından) ara kuşaklar ölmüş olduğu için olanaklı olduğu anlaşılır. Platon, bir türü diğerinden ayırmayı olanaklı kılan şeyin aslında bir kusurluluk –ölüm bahtsızlığı– olduğunu öğrenmeyi ironik bulabilirdi. Bu durum, elbette, insanların en yakın akrabalarımızdan –aslında daha uzak akrabalarımızdan da– ayrılığı için de geçerlidir. Kusursuz ve eksiksiz bir bilgi dünyasında, yakın, ayrık hayvan adlarının yanı sıra fosil bilgiler de olanaksız olurdu. Ayrık adlar

yerine dereceli ölçeklere ihtiyacımız olurdu; tıpkı sıcak, ılık, serin ve soğuk sözcüklerinin yerine, Celcius ya da Fahrenheit gibi dereceli bir ölçeğin konulması gibi.

Evrim, düşünen insanlar tarafından evrensel bir olgu olarak kabul edilir; bu yüzden insan, biyolojide özcü sezgilerin üstesinden gelindiğini umabilir. Ne yazık ki, bu olmadı. Özcülük teslim olmak istemez. Pratikte genellikle bir sorun değildir. *Homo sapiens*'in *Pan troglodytes*'ten –şempanzeden– farklı bir tür olduğunu herkes kabul eder. Ama insanın atasını geriye doğru ortak ataya kadar izler ve sonra oradan ileriye doğru şempanzelere gelirseniz, yol boyunca tüm ara kuşakların, her kuşağın karşıt cinsiyetten kendi ebeveyni ya da çocuğuyla eşleşebildiği tedrici bir süreklilik oluşturacağını da kabul edersiniz.

Melezleşme ölçütüne göre her birey, ebeveyniyle aynı türün üyesidir. Bu düpedüz aleni olmasa da şaşırtıcı olmayan bir sonuçtur; ta ki, özcü kafada dayanılmaz bir paradoks yarattığını kavrayıncaya kadar. Evrim tarihi boyunca pek çok atamız her ölçüte göre bizden farklı bir türe aitti ve kesinlikle onlarla melezleşemezdik. Devoniyen Dönemdeki dolaysız atalarımız balıklardı. Ama onlarla melezleşemesek de, kesintisiz bir ata kuşaklar zinciriyle birbirimize bağlıyız; ata kuşaklardan her biri, bu zincirde kendisinden hemen öncekilerle ve hemen sonrakilerle melezleşebilirdi.

Bunun ışığında, belirli bir insangil fosili adlandırmayla ilgili ateşli tartışmaların pek çoğunun ne kadar boş olduğu görülür. *Homo ergaster*'in *Homo sapiens*'i doğuran öncel tür olduğu yaygın kabul görür; bu yüzden, aşağıdaki satırlarda buna uygun davranacağım. *Homo ergaster*'in *Homo sapiens*'ten ayrı bir tür olduğunu söylemenin, pratikte test etmek olanaksız olsa da, ilke olarak kesin bir anlamı olabilir. Zaman makinemizle geriye doğru gidip *Homo ergaster* atalarla karşılaşsaydık, onlarla melezleşemezdik anlamına gelir.*

Ama diyelim ki, doğrudan hiçbir yere uğramadan *Homo ergaster*'in ya da atasal sülalemizde soyu tükenmiş herhangi bir türün zamanına gitmek yerine, yol boyunca her bin yılda bir zaman makinemizi durdurup, yanımıza genç ve doğurgan bir yolcu aldık. Bu dişi yolcuyu (durakların birinde bir dişi, diğerinde bir erkek alalım) geriye doğru bir sonraki bin yıl durağına götürüp bıraktık. Tek-duraklık yolcumuzun yerel, toplumsal ve dilsel göreneklere uyum sağlaması koşuluyla, 1.000 yıl önceki

*Bunu bir olgu olarak öne sürmüyorum. Doğru olduğunu düşünüyorum, ama bir olgu olup olmadığını bilmiyorum. Bu, *Homo ergaster*'e farklı bir tür adı vermeyi kabul etmemizin bir sonucudur.

karşı cinsin bir üyesiyle melezleşmesinin önünde hiçbir biyolojik engel yoktur. Şimdi de yeni bir yolcu, bu kez erkek bir yolcu alıp bir 1.000 yıl daha geriye götürüyoruz. Yine, o da kendi zamanından 1.000 yıl önceki bir dişiyi biyolojik olarak dölleyebilir. Papatya zincirimiz, atalarımızın denizde yüzdüğü zamana kadar devam ederdi. Kesintisiz balıklara kadar gidebilirdi ve kendi zamanından 1.000 yıl önceye taşınan her yolcu, kendisinden öncekilerle melezleşebilirdi. Yine de bir noktada, üç aşağı beş yukarı bir milyon yıl önceki bir noktada, biz modernlerin bir atamızla melezleşemediğimiz bir zaman gelecektir, en son duraktaki yolcumuz melezleşebilse bile. Bu noktada, geriye doğru yolculuğumuzda farklı bir türe geldiğimizi söyleyebiliriz.

Engel karşımıza aniden çıkmaz. Bir bireyin *Homo sapiens*, ama ebeveyninin *Homo ergaster* olduğunu söylemenin anlamlı olduğu bir kuşak asla olmaz. İsterseniz bir paradoks sayabilirsiniz; ama, ebeveynlerin ve çocukların papatya zinciri insanlardan balıklara ve ötesine uzansa bile, bir çocuğun ebeveyninden farklı bir türün üyesi olduğunu düşünmek için hiçbir neden yoktur. Aslında, hakiki bir özcü dışında bu, hiç kimse için paradoks değildir. Büyümekte olan bir çocuğun kısa olmaktan çıkıp, uzun hale geldiği bir an yoktur ifadesi ne kadar paradoksa, o kadar paradokstur ya da bir çaydanlık suyun soğuk olmaktan çıkıp sıcak hale gelmesi... Hukuk kafası, çocukluk ile erginlik arasına bir sınır –on sekizinci doğum gününün gece yarısını ya da her neyse– koymayı zorunlu bulabilir. Ama bunun bir yapıntı (bazı amaçlar için zorunlu) olduğunu herkes görebilir. Keşke daha fazla insan aynı şeyin, sözgelişi bir embriyonun "insan" haline geldiği zaman için de geçerli olduğunu görebilse.

Yaratılışçılar, fosil kalıntılardaki "boşluklar"ı severler. Bunu pek düşünmeseler de, biyologların da bu boşlukları sevmek için iyi nedenleri vardır. Fosil kalıntılarda boşluklar olmasa, türleri adlandırma sistemimiz tamamen çökerdi. Fosillere ad verilemez, yalnızca bir grafikte konum, numara vermek gerekir. Sözgelişi, bir fosilin "gerçekten" bir erken *Homo ergaster* mi, yoksa bir geç *Homo habilis* mi olduğuna ilişkin hararetli tartışmalar yerine, ona ***habigaster*** diyebiliriz. Bundan yana söylenecek çok şey var. Yine de, belki de beyinlerimiz pek çok şeyin ayrık kategorilere ayrıldığı ve özellikle yaşayan türlerin arasındaki ara kuşakların çok büyük çoğunluğunun ölü olduğu bir dünyada evrildiği için, şeylerden söz ettiğimizde onlar için ayrı adlar kullanmak kolayımıza gelir. Ben istisna değilim, siz de değilsiniz; o yüzden bu kitapta geri

adım atıp, türler için süreksiz adlar kullanmaktan uzak durmadım. Ama Semender'in Hikâyesi, bunun doğaya kök salmış bir şeyden çok, bir insan dayatması olmasının nedenlerini açıklıyor. Adları gerçekten süreksiz bir gerçekliği yansıtıyorlarmış gibi kullanalım, ama en azından evrim dünyasında, amaca uygun bir yapıntı olduğunu da unutmayalım.

DAR-AĞIZLI KURBAĞA'NIN HİKÂYESİ

Microhyla (bazen *Gastrophryne* ile karıştırılır), bir küçük kurbağa olan, dar-ağızlı kurbağa cinsidir. Birçok türü vardır, ikisi Kuzey Amerika'dadır: Doğunun dar-ağızlı kurbağası *Microhyla carolinensis* ve Büyük Ovalar'ın dar-ağızlı kurbağası *Microhyla olivacea.* Bu ikisi o kadar yakın akrabadır ki, doğada ara sıra melezleşirler. Doğulu dar-ağızlı kurbağanın alanı doğu kıyısında Carolina'dan Florida'ya, batıda Texas ve Oklahoma'ya kadar uzanır. Büyük Ovalar dar-ağızlı kurbağası ise, batıda Baja Califorina'dan Doğu Texas ve Doğu Oklahoma'ya, kuzeyde Kuzey Missouri'ye kadar uzanır. Bu yüzden onun alanı, doğulu dar-ağızlı kurbağanın batılı bir aynasıdır ve batılı dar-ağızlı kurbağa da denilebilir. Önemli nokta, alanlarının ortada buluşmasıdır; Texas'ın doğu yarısına ve Oklahoma'ya uzanan bir örtüşme bölgesi vardır. Dediğim gibi, bu örtüşme bölgesinde ara sıra melezlere rastlanır; ama kurbağalar çok büyük ölçüde birbirlerini kurbağabilimciler kadar iyi ayırt ederler. Onlara iki ayrı tür dememizi haklı kılan da budur.

Herhangi iki türde olduğu gibi, ikisinin tek olduğu bir zaman olmuş olmalı. Bir şey onları ayırdı. Teknik terimleri kullanırsak, tek ata tür "türlere ayrılıp" iki oldu. Bu, evrimde her dallanma noktasında olanların bir modelidir. Her türleşme, aynı türün iki popülasyonunun bir şekilde ayrılmasıyla başlar. Bu ayrılma her zaman coğrafi bir ayrılma olmaz; Sihlid'in Hikâyesi'nde göreceğimiz gibi, bir şekilde bir ilk ayrılma iki popülasyonun istatistiksel gen dağılımının ayrı hareket etmesini olanaklı kılar. Bu, genellikle görünür bir şey bakımından, biçim, renk ya da davranış bakımından evrimsel bir ıraksamayla sonuçlanır. İki Amerikalı kurbağa popülasyonunda, batılı tür doğudakinden daha kuru iklimlerde yaşamaya uyarlandı; ama en bariz farklılık, çiftleşme çağrılarındadır. İkisi de cırtlak ses çıkarır, ama batılı türün her cıyaklaması, doğulu türün yaklaşık iki katı kadar daha uzun (2 saniye) sürer ve ağırlıklı ses perdesi fark edilir ölçüde daha yüksektir -saniyede 3.000 çevrime karşı 4.000 çevrim. Yani, batılı dar-ağızlı kurbağanın ağırlıklı ses perdesi, bir piyanodaki en yüksek tuşa tekabül eden, yaklaşık en üst Do perdesidir ve doğulu kur-

bağanın ağırlıklı ses perdesi, bunun altında, Fa diyez civarındadır. Ne var ki, bu sesler müzikal değildir. Her iki çağrı da ağırlıklı ses perdesinin çok altına ve çok üstüne kadar uzanan karışık frekanslar içerir. Her ikisi de cıyaklar, doğulunun cıyaklaması daha pestir. Batılının çağrısı daha uzun olmanın yanı sıra, daha tiz başlar. Doğulu kurbağa, doğrudan daha kısa cıyaklamayla girer.

Bu çağrıların bu kadar ayrıntısına girmek neden? Çünkü anlattığım şeyler, yalnızca aralarındaki benzerliğin en açık olduğu örtüşme bölgesinde geçerlidir ve hikâyenin ana konusu da budur. W. F. Blair, Amerika Birleşik Devletleri'nde epeyce geniş bir alana yayılan yerleşimlerden kurbağa seslerini kaydetti ve büyüleyici sonuçlara ulaştı. İki kurbağa türünün birbiriyle karşılaşmadığı alanlarda –doğulu tür için Florida, batılı tür için Arizona– şarkılarının ses perdeleri birbirine daha çok benzer; ikisinin ağırlıklı ses perdesi, saniyede 3.500 çevrim civarındadır -piyanoda La tuşuna denk düşer. Örtüşme bölgesinin tam içinde değil de, yakınında olan alanlarda, iki tür daha farklıdır, ama örtüşme bölgesinde olduğu kadar değil.

Sonuç şaşırtıcıdır. Bir şey, bu iki türün çağrılarını, örtüştükleri bölgede birbirinden ayrılmaya zorluyor. Blair'in herkesçe kabul edilmeyen yorumu, melezlerin cezalandırılmakta olduğudur. Irk karıştırma potansiyeli olanların türü ayırt etmesine ve yanlış türden uzak durmasına yardımcı olan her şey, doğal seçilim tarafından desteklenir. Bu gibi küçük farklılıklar, ülkede bunun önemli olduğu bölgelerde abartılır. Büyük evrim genetikçisi Theodosius Dobzhansky, buna üreme izolasyonunun "pekişme"si dedi. Dobzhansky'nin pekişme kuramını herkes kabul etmez, ama en azından Dar-ağızlı Kurbağa'nın Hikâyesi onu destekliyor gibi.

Yakın akraba türlerin örtüştüklerinde ayrılmaya zorlanmalarının bir nedeni daha var. Benzer kaynaklar için rekabete girmeleri olasıdır. Galapagos İspinozu'nun Hikâyesi'nde, farklı ispinoz türlerinin yenilebilir tohumları nasıl bölüştüklerini gördük. Büyük gagalı türler büyük tohumları alıyor. Örtüşmedikleri yerlerde, her iki tür daha geniş bir kaynak yelpazesini –büyük ve küçük tohumları– alabilir. Örtüştükleri yerlerde her tür, diğer türün rekabeti yüzünden, diğerinden daha farklı olmaya zorlanır. Büyük gagalı tür daha büyük bir gaga, küçük gagalı tür daha küçük bir gaga geliştirebilir. Bu arada, evrilmek zorunda olma metaforik düşüncesi sizi yanıltmasın. Fiilen olan şudur: Her tür içinde, başka bir tür varsa, rekabet eden türden tesadüfen daha farklı olan bireyler gelişir.

İki türün birbiriyle örtüştükleri alanlarda daha çok, örtüşmedikleri alanlarda daha az farklı oldukları bu görüngüye, "karakter kayması" ya da "ters eğim" denir. Biyolojik türlerden, herhangi bir kendilik sınıfının başka biriyle karşılaştığı alanlarda daha çok, tek başına olduğu alanlarda daha az farklı oldukları vakalarda genelleme yapmak kolaydır. İnsani dünyaya ilişkin paralellikler baştan çıkarıcıdır, ama direneceğim. Yazarların her zaman söyledikleri gibi, bu da bir alıştırma olarak okura bırakılıyor.

AKSOLOTL'IN HİKÂYESİ

Yavru hayvanları, yetişkinlerin küçük versiyonları sayarız; ama bu, kuraldan çok uzaktır. Herhalde, hayvan türlerin çoğunluğu kendi yaşam öykülerini çok farklı yönetirler. Yavrular, ebeveynlerinden tamamen farklı bir yaşam tarzında uzman olarak kendi hayatlarını kurarlar. Planktonların önemli bir kısmı, yetişkinlikleri –eğer yaşarlarsa; ki bu istatistiksel olarak pek olası değil– çok farklı olacak yüzen larvalardan oluşur. Birçok böcekte larva evresi, sonunda başkalaşıp, tek rolü yayılmak ve üremek olan bir yetişkine dönüşecek bir vücudu besleme ve büyütme işinin büyük çoğunluğunu yapan evredir. Mayıs sineği gibi uç örneklerde yetişkinler hiç beslenmez ve –doğa hep cimri olduğundan*– bağırsaklardan ve diğer pahalı beslenme aygıtlarından yoksundur.

Bir tırtıl, bitki yiyerek epey bir büyüklüğe ulaşınca, kendi vücudunu fiilen yeniden kullanıma sokan ve uçan, uçma yakıtı olarak nektar emen ve üreyen yetişkin bir kelebek olarak kendisini yeni baştan oluşturan bir beslenme makinesidir. Yetişkin arılar da, kurtçuğa benzeyen larvalar için polen (çok farklı bir gıda türü) toplarken, uçma kaslarına nektarla güç verirler. Birçok böcek larvası, havada uçup genlerini diğer su kütlelerine saçan yetişkin durumuna gelmeden önce, sualtında yaşar. Birçok omurgasız deniz hayvanının, deniz tabanında yaşayan, bazen kalıcı bir biçimde bir noktaya demir atan yetişkinlik evreleri, aynı zamanda planktonlarda yüzerek genlerini saçan çok farklı larva evreleri vardır. Yumuşakçalar, derisi dikenliler (denizkestaneleri, denizyıldızları, denizhıyarları, yılanyıldızları), birçok kurtçuk türü, yengeçler ve deniz

*Bu sözcüğü düşünüp taşınarak kullanıyorum. 1999'da Washington Belediye Başkanı, bir bütçe önerisini cimrilik olarak gören bir görevliye gücendiği için onu görevden aldı. NAACP'nin [National Association for the Advancement of Colored People –Renkli İnsanların Gelişimi İçin Ulusal Dernek] ünlü başkanı Julian Bond, Belediye Başkanı'nın kararını cimrilik olarak niteledi. Wisconsin Üniversitesi'nde, bu olaydan esinlenen çok küçük bir öğrenci, Chaucer üzerine bir derste "cimri" sözcüğünü kullanan profesörünü resmi olarak şikâyet etti. Böylesine bilgisizce cadı avcılığı, ABD'ye özgü değildir. 2001'de, kendini kolluk kuvveti yerine koyan İngilizlerden oluşan bir grup, sübyancı zannettikleri bir pediatri danışmanının evini taşladı.

ıstakozları, kaya midyeleri bunlara dahildir. Parazitler, bir dizi ayrı larva evresinden geçer ve bu evrelerin her birinin de, kendine özgü bir yaşamı ve beslenme şekli vardır. Çoğu kez farklı yaşam evreleri de parazitçedir, ama bunlar farklı konaklar üzerinde parazit yaşamlardır. Bazı parazit kurtçukların tamamen ayrı beş farklı gençlik evresi vardır ve bu evrelerden her biri, diğerlerinden çok farklı biçimde yaşamını sürdürür.

Bütün bunlar, tek bir bireyin farklı yaşam biçimleri olan her larva evresinin genetik talimatlarını kendi içinde taşımak zorunda olduğu anlamına gelir. Bir tırtılın genleri bir kelebek yapmayı "bilir" ve bir kelebeğin genleri de bir tırtıl yapmayı. Kuşkusuz, bu birbirinden köklü biçimde farklı vücutların yapımında, aynı genlerden bazıları farklı biçimlerde devreye girer. Bazı genler tırtılda uykuya yatar, kelebekte uyanır. Bazıları tırtılda aktiftir, kelebek haline gelince kapanır ve unutulur. Ama tüm gen kümesi orada, her iki vücuttadır ve bir sonraki kuşağa geçer. Bundan çıkan ders, ara sıra, tırtıl ve kelebek kadar birbirinden farklı hayvanlar evrilip doğrudan birbirlerine dönüştüklerinde çok şaşırmamamız gerektiğidir. Ne demek istediğimi açıklayayım.

Peri masalları prense dönüşen kurbağalarla ya da fareden başkalaşmış beyaz atların çektiği arabalara dönüşen balkabaklarıyla doludur. Bu tür fanteziler evrimsel değildir. Biyolojik nedenlerle değil, matematiksel nedenlerle gerçekleşemezler. Bu tür geçişlerin, briçte kusursuz bir el dağılımına denk bir asli olasısızlık değeri vardır; yani pratik nedenlerle, eleyebiliriz. Ama bir tırtıl için bir kelebeğe dönüşmek sorun değildir: Bu, hep olur; kurallar çağlar boyunca doğal seçilim tarafından oluşturulmuştur. Bir kelebeğin bir tırtıla dönüştüğü görülmemiştir, ama sözün gelişi, bir kurbağanın bir prense dönüşmesi kadar bizi şaşırtmamalıdır. Kurbağalarda prens yapma genleri yoktur. Ama iribaş yapma genleri vardır.

Meslektaşım John Gurdon, 1962'de yetişkin bir kurbağayı (evet, bir yetişkin kurbağa hücresini!) bir iribaşa dönüştürünce, bunu dramatik bir biçimde göstermiş oldu (bir omurgalının ilk deneysel klonlanması olan bu girişimin bir Nobel Ödülü'nü hak ettiği öne sürüldü). Aynı şekilde, kelebeklerde tırtıla dönüşme genleri vardır. Bir kelebeği başkalaşıp bir tırtıla dönüşmeye ikna etmek için hangi embriyolojik engellerin aşılması gerektiğini bilmiyorum. Kuşkusuz, böyle bir şey çok zor olurdu. Ama bu olasılık, kurbağa/prens dönüşümü kadar gülünç değildir. Bir biyolog, bir kelebeği bir tırtıla dönüşmeye ikna ettiğini iddia etseydi, oturup ra-

porunu ilgiyle incelerdim. Ama bir balkabağını cam bir arabaya ya da bir kurbağayı bir prense dönüşmeye ikna ettiğini iddia etseydi, kanıta bile bakmadan bir sahtekâr olduğunu bilirdim. İki durum arasındaki fark önemlidir.

İribaşlar, kurbağaların ya da semenderlerin larvalarıdır. Sucul iribaşlar, "başkalaşım" denilen bir süreçle karada yaşayan yetişkin kurbağalara ya da semenderlere dönüşürler. Bir iribaş bir kurbağadan, bir tırtılın bir kelebekten farklı olduğu kadar farklı olmayabilir; ama bu çok önemli değil. Tipik bir iribaş kuyruğuyla yüzen, su altında solungaçla soluyan ve bitki yiyen küçük bir balık olarak yaşamını sürdürür. Tipik bir kurbağa ise yüzmekten çok zıplayarak, sudan çok hava soluyarak ve canlı hayvan avlayarak karada yaşamını sürdürür. Yine de tüm kurbağalarda iribaş yapma genleri bulunduğu için, evrilerek iribaşa-benzer bir yetişkin toruna dönüşen kurbağaya-benzer bir yetişkin ata hayal edebiliriz. Bir kurbağa bir iribaş olmayı, bir iribaş da bir kurbağa olmayı genetik olarak "bilir." Aynı şey semenderler için de geçerlidir ve semenderler larvalarına, kurbağaların kendi larvalarına benzediklerinden daha fazla benzerler. Semenderler, iribaş kuyruklarını yitirmezler; kuyruklar dikey karina şeklini yitirip daha yuvarlaklaşma eğiliminde olmalarına karşın. Semender larvaları, yetişkinler gibi çoğu kez etçildir. Ve yetişkinler gibi bacakları vardır. En belirgin farklılık, larvaların uzun, tüylü dış solungaçlarının olmasıdır; ama daha az belirgin farklılıklar da var. Aslında bir semender türünü, yetişkinlik evresi iribaşlık olan bir türe dönüştürmek kolay olurdu –yapılacak tek şey, baskılanmış başkalaşımla, üreme organlarını erken olgunlaştırmaktır. Yine de, yalnızca yetişkinlik evreleri fosilleşmiş olsaydı, bu, büyük ve görünüşte "olanaksız" bir evrimsel dönüşüm gibi görünürdü.

Şimdi hikâyesini anlatacağımız aksolotla geliyoruz. Aksolotl, Meksika'da bir dağ gölünün yerlisi olan tuhaf bir yaratıktır. Bir aksolotlun tam olarak ne olduğunu söylemek zordur ve hikâyesinin özü de budur. Bir semender midir? Evet, biraz. Adı, *Ambystoma mexicanum*'dur ve aynı bölgenin yanı sıra Kuzey Amerika'da geniş bir alanda rastlanan kaplan semender *Ambystoma tigrinum*'un yakın bir akrabasıdır. Kaplan semender, silindirik bir kuyruğu ve kuru derisi olan, karada dolaşan sıradan bir semenderdir. Aksolotl, yetişkin bir semendere benzemez. Larva semendere benzer. Aslında bir şey dışında larva semenderdir. Hiçbir zaman tam bir semendere dönüşmez ve asla suyu terk etmez; ama henüz bir çocuk gibi görünürken ve davranırken çiftleşir ve ürer. Aksolotl daha

çocukken çiftleşir ve ürer diyesim geliyor; ama bu çocuk tanımını ihlal edebilirdi.

Tanımlar bir yana, modern aksolotlun evriminde olanlarla ilgili fazla kuşkuya yer yok gibi görünüyor. Yakın zamana ait bir ata, muhtemelen kaplan semendere çok benzeyen sıradan bir kara semenderiydi. Dış solungaçları ve derin karinalı bir kuyruğu olan yüzen bir larvaydı. Larva yaşamının sonunda, beklendiği gibi, başkalaşıp bir kuru kara semenderine dönüşecekti. Ama sonra dikkate değer bir evrimsel değişme oldu. Muhtemelen hormonların kontrolü altında, embriyolojik takvimde bir şey kaydı ve bunun sonucunda cinsel organlar ve cinsel davranış giderek daha erken olgunlaştı (değişim aniden de olmuş olabilir). Bu evrimsel geri gitme, başka bakımlardan açıkça larva evresi olan bir evrede cinsel olgunluğa erişilinceye kadar devam etti. Yetişkinlik evresi, yaşam tarihinin sonunda kesildi. Öte yandan, değişimi, cinsel olgunluğun vücudun geri kalan kısmına oranla hızlanması ("progenezis") olarak değil, diğer şeylerin cinsel olgunluğa oranla yavaşlaması ("neoteni") olarak görmeyi de tercih edebilirsiniz.*

Araç ister neoteni olsun, ister progenezis; evrimsel sonuca, çocukbiçimlileşim (paedomorphosis) denilir. Akla uygunluğunu görmek zor değil. Gelişim süreçlerinin diğer gelişim süreçlerine göre yavaşlaması ya da hızlanması, evrimde her zaman olur. Buna, heterokroni denilir ve anatomik şekildeki evrimsel değişiklerin, tümünün olmasa da birçoğunun altında herhalde bu yatıyor olmalı. Üremeyle ilgili gelişim, diğer gelişimlere oranla heterokronik olarak farklı olunca, eski yetişkinlik evresinden yoksun yeni bir tür gelişebilir. Öyle görünüyor ki, aksolotlun başına bu gelmiş.

Aksolotl, yalnızca semenderler arasında uç bir örnektir. Birçok tür, en azından bir ölçüde çocuk-biçimli (paedomorphic) gibi görünüyor. Bazıları da, heterokronik olarak ilginç şeyler yapıyorlar. Halk arasında sukelerleri denilen çeşitli semender türlerinin, özellikle fikir verici bir yaşam tarihleri vardır. Bir sukeleri, ilk önce solungaçlı bir larva olarak suda yaşar. Sonra sudan çıkar ve iki üç yıl kuru karada, solungaçlarını ve kuyruğundaki karinayı yitirmiş bir tür semender olarak yaşar. Ama diğer semenderlerden farklı olarak, sukelerleri karada üremezler. Tekrar suya dönüp, larva dönemine ait karakteristiklerin, tümünü olmasa bile bir kısmını tekrar kazanırlar. Aksolotldan farklı olarak sukelerlerinin sol-

*Stephen Jay Gould, klasik kitabı *Ontogeny and Phylogeny*'de terminolojiyi düzenler.

ungaçları yoktur ve hava solumak için yüzeye çıkmak zorunda olmaları, sualtında oynaşmaları üzerinde önemli ve rekabetçi bir kısıtlılıktır. Larva evresindeki solungaçlardan farklı olarak, larva kuyruğun karinasını geri kazanırlar ve diğer bakımlardan larvaya benzerler. Ama tipik larvadan farklı olarak, üreme organları gelişir ve sualtında oynaşıp çiftleşirler. Kuru kara evresinde asla üremezler ve bu anlamda, bu evreye "yetişkinlik" denmeyebilir.

Üremek için suya geri döneceklerse sukelerlerinin neden kuru kara evresine girme zahmetine katlandıklarını merak edebilirsiniz. Neden aksolotlların yaptığını yapmıyor, hayatlarına suda başladıktan sonra suda kalmıyorlar? Yanıt, yağışlı mevsimde oluşup, daha sonra kurumaya mahkum gölcüklerde üremenin daha avantajlı olması ve bu gölcüklere ulaşmak için de karada yaşamak konusunda yetenekli olmak gereği gibi görünüyor. Bir gölcüğe varınca su donanımlarınızı nasıl yeniden icat edeceksiniz peki? Heterokroni, ama kuru ergenlik evresinden geriye dönmeyi sağlayıp, yeni bir geçici gölcüğe yayılmak amacına hizmet edecek özel bir heterokroni yardıma koşar.

Sukelerleri, heterokroninin esnekliğini vurgulamaya hizmet ederler. Yaşam döngüsünün bir bölümünde genlerin diğer bölümleri oluşturmayı "bilmeleriyle" ilgili belirttiğim noktayı bize anımsatırlar. Kuru kara semenderlerindeki genler, semender bir zamanlar öyle olduğu için sucul biçimi meydana getirmeyi bilirler ve sukelerlerini yaptığı şey tam da budur.

Aksolotllar bir bakımdan daha yalındırlar. Kuru kara evresini, atasal yaşam döngüsünün sonundan kesip atmışlar. Ama bir kuru kara semenderi oluşturan genler, her aksolotlda hâlâ pusuda yatıyor. Küçükayak'ın Hikâyesi'ne sonsözde sözü edilen Julian Huxley'in çalışmasından ve Laufberger'in klasik eserinden, laboratuvarda uygun dozda hormonla bu genlerin yeniden aktifleşebilecekleri uzun zamandır bilinmekteydi. Tiroksin verilen aksolotllar, tıpkı atalarının başına bir zamanlar doğal yolla geldiği gibi, solungaçlarını yitirir ve kuru kara semenderi olurlar. Seçilim destekleseydi, doğal evrimle de aynı sonuca ulaşılabilirdi. Doğal tiroksin üretiminin genetik dolayımla artması (ya da var olan tiroksine duyarlılığın artması) bir yol olabilir. Belki de aksolotllar tarihleri süresince sürekli çocuk-biçimli ve tersine-çocuk-biçimli evrimlere uğradılar. Belki de genel olarak hayvanların evrimi, aksolotldan daha az dramatik de olsa, bir çocuk-biçimlileşim/tersine çocuk-biçimlileşim ekseni boyunca şu ya da bu yöne gidiyor.

Çocuk-biçimlileşim, bir kere anlamını kavradınız mı, baktığınız her yerde örneklerini görmeye başladığınız düşüncelerden biridir. Bir devekuşu size neyi anımsatır? İkinci Dünya Savaşı'nda babam, Afrika Kraliyet Tüfekli Birliği'nde bir subaydı. Emir eri Ali, o zamanın birçok Afrikalısı gibi, anayurtlarına ün kazandıran büyük yabanıl hayvanların pek çoğunu hiç görmemişti ve savanadan geçen bir devekuşunu ilk görüşü, onda şaşkınlık yaratmıştı: "Büyük tavuk, BÜYÜK TAVUK!" Ali doğru söylüyordu; ama "büyük bebek tavuk" daha doğru olurdu! Bir devekuşunun kanatları, yumurtadan yeni çıkmış bir civcivin kanatları gibidir. Tüyleri, uçan bir kuşun dolgun telekleri yerine, bir civcivin incecik tüylerinin kaba bir versiyonuna benzer. Çocuk-biçimlileşim, devekuşu ve dodo gibi uçmayan kuşların evrimiyle ilgili anlayışımızı aydınlatır. Evet, doğal seçilim ekonomisi, uçmaya ihtiyaç duymayan bir kuşta ince tüyleri ve küt kanatları kayırmış (bkz. Dev-boylu Kuş'un Hikâyesi ve Dodo'nun Hikâyesi). Ama doğal seçilimin avantajlı sonuca ulaşmak için kullandığı evrimsel yol, çocuk-biçimlileşimdi. Bir devekuşu, aşırı büyük bir civcivdir.

Pekin köpekleri, aşırı büyük eniklerdir. Yetişkin pekin köpekleri, bir eniğin kubbeli alnına ve yürüyüş tarzına, hatta sevimliliğine sahiptirler. Konrad Lorenz, pekin köpeklerinin ve King Charles spanieller gibi bebek yüzlü diğer cinslerin, hüsrana uğramış annelerin annelik içgüdülerine çekici geldiklerini öne sürdü. Yetiştiriciler ulaşmaya çalıştıkları şeyi belki biliyorlardı ya da bilmiyorlardı; ama bunu, çocuk-biçimlileşimin yapay bir versiyonuyla yaptıklarını kesinlikle bilmiyorlardı.

Bir yüzyıl öncesinin ünlü İngiliz zoologu Walter Garstang, evrimde çocuk-biçimlileşimin önemini vurgulayan ilk kişiydi. Garstang'ın davasını daha sonra damadı, üniversitede hocam olan Alister Hardy üstlendi. Sir Alister, Garstang'ın düşüncelerini iletme aracı olarak kullandığı komik dizeler okumaktan hoşlanırdı. O sırada biraz komiklerdi; ama sanırım, burada bir yeniden basıma eşlik etmesi gereken ayrıntılı bir zooloji sözlüğünü haklı çıkaracak kadar da eğlenceli değil. Bununla birlikte, Garstang'ın çocuk-biçimlileşim düşüncesi, bugün her zamanki kadar ilginçtir –bu, zorunlu olarak doğru olduğu anlamına gelmez.

Çocuk-biçimlileşimi bir tür evrimsel gambit gibi düşünebiliriz: Garstang Gambiti. Kuramsal olarak, evrimde tamamen yeni bir yönelimin habercisi olabilir; hatta, Garstang ve Hardy'nin inancına göre, bir evrim çıkmazından dramatik ve jeolojik standartlara göre ani bir çıkışa bile izin verebilir. Eğer yaşam döngüsü iribaş gibi ayrık bir larva evresi-

ni destekliyorsa, bu özellikle umut vaat eder görünür. Eski yetişkin yaşam tarzından farklı bir yaşam tarzına zaten uyarlanmış bir larva, cinsel olgunlaşmayı diğer her şeye oranla hızlandırma hilesiyle evrimi tamamen yeni bir yöne çekmeye hazırdır.

Gömlekliler ya da denizfıskiyeleri, omurgalıların kuzenleri arasındadır. Bu şaşırtıcı görünür; çünkü yetişkin denizfıskiyeleri kayalara ya da denizyosunlarına tutunmuş hareketsiz, süzerek beslenen hayvanlardır. Bu yumuşak su torbaları, kuvvetli yüzücü balıkların kuzenleri nasıl olabilirler? Pekâlâ, yetişkin denizfıskiyesi bir torbaya benzeyebilir; ama larva bir iribaşa benzer. Hatta ona iribaş larva bile denir. Garstang'ın bundan ne sonuç çıkardığını hayal edebilirsiniz ve Randevu 24'te denizfıskiyeleriyle buluştuğumuzda bu konuya tekrar değineceğiz ve ne yazık ki, Garstang'ın kuramına kuşku düşüreceğiz.

Aşırı büyük bir enik olarak yetişkin Pekin köpeğini unutmayın, çocuk insaymunların kafalarını düşünün. Size neyi anımsatıyorlar? Çocuk bir şempanzenin ya da orangutanın yetişkin bir şempanzeden ya da orangutandan daha fazla insangil olduğunu kabul etmez miydiniz? Kabul edildiği üzere bu, tartışmalıdır, ama bazı biyologlar bir insanı çocuk insaymun olarak görürler. Hiçbir zaman büyümeyen bir insaymun. Bir insaymun aksolotl. Küçük-ayak'ın Hikâyesi'ne Sonsöz'de bu düşünceyle zaten karşılaşmıştık ve burada yeniden ele almayacağım.

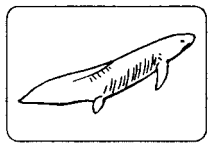
Randevu 18
AKCİĞERLİ-BALIKLAR

Randevu 18'de, yaklaşık 417 milyon yıl önce, Devoniyen-Silüriyen sınırın ılık ve sığ denizlerinde, küçük bir hacı kafilesi bize katılıyor. Bunlar akciğerli-balıklardır ve onlarla paylaştığımız ortak ataya bakmak için bize katılıyorlar --onlara bize göründüğünden daha az tuhaf görünen bir deneyim, zira Ortak Ata 18'le ortak yanlarının çok olduğunu görürler. Yaklaşık olarak 185 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz olan Ortak Ata 18, et-yüzgeçliydi, bir lop-yüzgeçli balıktı ve kesinlikle bir dörtayaklıdan çok bir akciğerli-balığa benziyordu [bkz. resim 22].

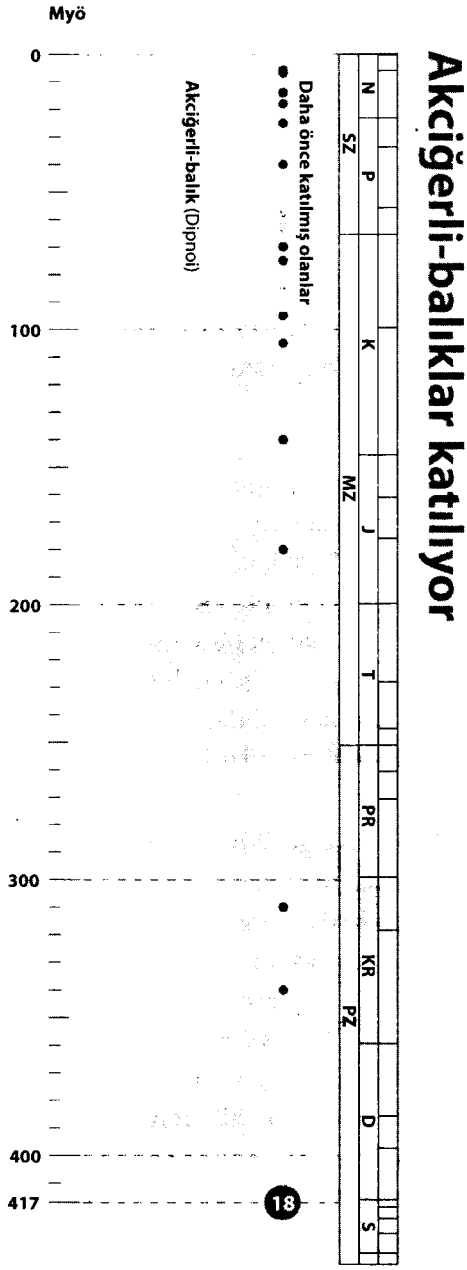
Bugün yalnızca altı akciğerli-balık türü vardır: Avustralya'da *Neoceratodus forsteri*, Güney Amerika'da *Lepidosiren paradoxa* ve Afrika'da dört *Protopterus* türü. Avustralya akciğerli-balığı, bir koelakant gibi etli lop yüzgeçleri olan eski bir et-yüzgeçliye benzer. Yakın akraba olan Afrikalı ve Güney Amerikalı türler yüzgeçlerini küçültüp uzun püsküllere dönüştürmüşler; bu nedenle ataları olan lop-yüzgeçli balıklara daha az benzerler. Bütün akciğerli-balıklar, akciğerlerini kullanarak hava solurlar. Avustralya akciğerli-balığının tek, diğerlerinin iki akciğeri vardır. Afrika ve Güney Amerika türleri, kurak bir mevsime dayanmak için akciğerlerini kullanırlar. Çamurun içine gömülüp hareketsiz kalırlar, çamurun içinde küçük bir delikten nefes alırlar. Avustralya türü ise, yosun dolu kalıcı sularda yaşar. Oksijeni az sularda solungaçlarına takviye için akciğerine hava doldurur.

Queensland'de yaşayan modern akciğerli-balık 1870'te ilk bulunduğunda, 200 milyon yıllık fosil balıklarla aynı ad altında, *Ceratodus* adı altında birleştirildi. Bu durum, bu kadar süre içinde ne kadar az değiştiklerini gösterir. Neyse lafı fazla uzatmayalım. İngiliz paleontolog T. S. Westoll'un 1949'da yayımladığı klasik araştırma, akciğerli-balıklar son 200 milyon yıldır gerçekten de hiç ilerleme kaydetmemiş olmalarına karşın, ondan önce çok hızlı evrildiklerini gösterdi. Karbonifer Dönem'de, yaklaşık 350 milyon yıl önceden itibaren, Permiyen Dönem'in sonuna doğru, yaklaşık 250 milyon yıl önce neredeyse durma noktasına kadar yavaşlamadan önce, gerçekten de çok hızlı yol aldılar.

Akciğerli-balık'ın Hikâyesi, bir "yaşayan fosiller" hikâyesidir.



Akciğerli-balıklar katılıyor



Akciğerli-balıklar katılıyor. İnsanların ve diğer "dörtayaklı"ların, yüzgeçleri değişerek, kol, kanat ya da bacak haline gelmiş lop-yüzgeçli balık oldukları söylenebilir. Lop-yüzgeçli balıkların yaşayan diğer iki soyu, koelakantlar ve akciğerli-balıklardır. Bu üç soyun Silüriyen Dönem'in sonunda birbirinden ayrılmasının, çok kısa bir süre içinde gerçekleştiği sanılıyor. Bu durum, genetik veriler kullanılsa bile, dallanma sırasını açıkça ortaya koymayı güçleştiriyor. Yine de, genetik ve fosil araştırmalar, bu üç akciğerli-balık türünün, burada gösterildiği gibi, dörtayaklıların yaşayan en yakın akrabaları olduklarını kabul etmeye başlıyor.
Çizgi resim: Avustralya akciğerli-balığı (*Neoceratodus forsteri*).

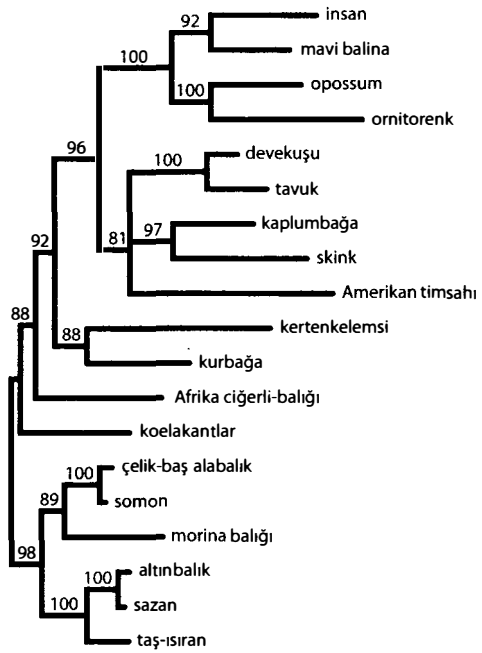
AKCİĞERLİ-BALIK'IN HİKÂYESİ

Yan Wong'la birlikte yazıldı

Yaşayan fosil, bizim kadar canlı olduğu halde, aynı zamanda eski atalarına da çok benzeyen hayvandır. Yaşayan fosile kadar gelen yolda, çok fazla evrimsel değişiklik olmamıştır. En ünlü dört yaşayan fosilin "L" harfiyle başlaması tesadüfi, amaçsız olgulardan biridir: Lungfish (akciğerli-balık), *Limulus*, *Latimeria* (koelakant) ve *Lingula*. "Nal-yengeç" denen (aslında yengeç değildir, ama yüzeysel olarak büyük bir trilobiti andırır) *Limulus*, 200 milyon yıl öncesinin, Jura Dönemi'nin *Limulus walchi*'siyle aynı cinse dahil edilir. *Lingula*, bazen lamba-kabuklu denilen kolsuayaklılar (Brachiopoda) filumuna mensuptur. Eğer benziyorsa, benzediği lamba Alaattin'in lambasıdır; ama *Lingula* en çok 400 milyon yıl önceki atalarına benzer. Aynı cinse dahil edilmesi tartışıldı, ama fosil biçimler, modern temsilcilerine belirgin bir biçimde benziyorlar. Bu yaşayan fosillerin anatomileri ve muhtemelen yaşam tarzları çok az değişmiş olmasına karşın, DNA metinleri evrilmeye ara vermemiştir. Akciğerli-balığın biz kuzenleri, onlardan ayrıldığımızdan beri yüz milyonlarca yıldır değişmekteyiz. Ama akciğerli-balık vücutları bu zaman süresince kaydetmemiş olmalarına karşın, DNA'larının evrim hızına baksanız aklınız durur.

Işınsal-yüzgeçli balıklar (alabalık ya da tatlı su levreği gibi bilinen balıklar) bu süre içinde şaşırtıcı bir biçim çeşitliliği ürettiler. Dörtayaklılar da bunlardandır –karaya çıkan biz yüce lop-yüzgeçli balıklar. Lop-yüzgeçli balıkların vücutları da son derece yavaş evrildi. Ama aynı zamanda, genetik molekülleri aynı düşük hıza sadık kalmamış görünüyor –bu hikâyenin varacağı yer de burasıdır. Sadık kalmış olsalardı, akciğerli-balıkların ve koelakantların DNA dizilişleri, bizimkinden ve ışınsal-yüzgeçli balıklarınkinden çok daha fazla birbirlerine (ve herhalde eski atalarına) benzerdi. Ama öyle değil.

Akciğerli-balıkların, koelakantların, bizlerin ve ışınsal-yüzgeçli balıkların yaklaşık ayrılma zamanlarını fosillerden biliyoruz. Yaklaşık 440 milyon yıl önceki ilk ayrılma, ışınsal-yüzgeçli balıklar ile geriye kalanlarımız arasındadır. Ardından, yaklaşık 425 milyon yıl önce koelakantlar ayrıldı. Akciğerli-balıklar ile geriye kalan bizler baş başa kaldık. 5 ila 10 milyon yıl sonra da akciğerli-balıklar, şimdi dörtayaklı denilen bizleri terk etti. Evrimsel zamanın ilerleyişi içinde, bu üç ayrılık birbirlerine oldukça yakın zamanda gerçekleşti; en azından dört soyun o günden bugüne evrim süresiyle karşılaştırıldığında.



DNA'nın maksimum olasılık çözümlemesinden hareketle çeşitli türlerin evrim ağacı (bkz. Gibon'un Hikâyesi). Zardoya ve Meyer'in [bkz. Kaynakça, (2001)] hazırladığı ağaçların birinden uyarlandı.

İspanya'dan Rafael Zardoya ve Almanya'dan Axel Meyer farklı bir sorun üzerinde çalışırken, çeşitli türlerin DNA'ları için yukarıdaki evrim ağacını çizdiler. Her dalın uzunluğu, mitokondriyal DNA'da evrimsel değişim miktarını yansıtır.

DNA türlerden bağımsız olarak sabit bir hızda evrilseydi, tüm kolların sağ tarafta aynı hizada bitmesini beklerdik. Durumun öyle olmadığı açık. Ama en az morfolojik değişim gösteren organizmalar da en kısa kollara sahip değiller. Öyle görünüyor ki, DNA'nın akciğerli-balık ve koelakanttaki evrilme hızı, aşağı yukarı ışınsal-yüzgeçli balıktakiyle aynı olmuş. Karayı kolonileştiren omurgalılar çok daha hızlı bir DNA evrimi yaşadılar; ama bu bile, morfolojik değişimle açıkça ilişkilenmez. Bu moleküler yarışın birincisi ve ikincisi ornitorenk ile Amerika timsahıdır; ve her ikisi de, morfolojik olarak, sözün gelişi mavi balina ya da (kibir, çenesini tutamıyor) bizim kadar hızlı evrilmemiştir.

Şekil, önemli bir olguyu aydınlatır. DNA'nın evrim hızı her zaman sabit olmamakla birlikte açıkça morfolojik değişimle de bağıntılı değildir. Yukarıdaki ağaç, yalnızca bir örnektir. Sussex Üniversitesi'nden Lindell Bromham ve çalışma arkadaşları, morfolojik değişime dayalı evrim ağaçlarını DNA değişimine dayalı evrim ağaçlarıyla karşılaştırdılar. Bulguları, Akciğerli-balık'ın Hikâyesi'nin mesajını doğruladı. Bütünsel

genetik değişim hızı, morfolojik evrimden bağımsızdır.* Bu, sabit olduğunu söylemek değildir –böylesi, doğru olamayacak kadar iyi olurdu. Kemirgenler ve iplikkurtları gibi bazı soylar, yakın akrabalarına oranla oldukça hızlı bir moleküler evrime sahip görünüyorlar. Knidliler gibi bazılarında, hız akraba soylardan çok daha yavaştır.

Akciğerli-balık'ın Hikâyesi, birkaç yıl önce hiçbir zoologun söylemeye cesaret edemediği bir umudu teşvik ediyor. Gen seçiminde gerekli önlemlerin alınmasıyla ve değişik evrim hızları sergileyen soylar için kullanılabilir düzeltme yöntemleriyle, bir türün diğerinden ayrılma zamanını milyon yıllık rakamlarla belirtebileceğiz. Bu parlak umuda "moleküler saat" denir ve bu kitapta randevu noktalarımızla ilgili aktarılan tarihlerin pek çoğundan bu teknik sorumludur. Moleküler saat ilkesi ve bu ilke etrafındaki anlaşmazlıklar, Kadifekurtçuk'un Hikâyesi'ne Sonsöz'de açıklanacak.

Şimdi Randevu 19'a ve gizemli koelakantlara gidelim.

*Daha önceki bir çalışma farklı bir sonuç elde etmişti. Ama Bromham ve çalışma arkadaşları, önceki çalışmanın verilerin bağımsız olmamalarına izin vermediğini inandırıcı bir biçimde gösterdiler –Fok'un Hikâyesi'nde karşılaştığımız çok-katlı sayma sorunu.

Randevu 19
KOELAKANTLAR

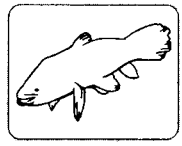
Ortak Ata 19, büyük olasılıkla 190 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz, yaklaşık 425 milyon yıl önce, bitkiler karayı kolonileştirirken ve mercan kayalıklar denize yayılırken yaşadı. Bu randevuda, bu öyküdeki en nadide, en narin hacı kafilesiyle buluşuyoruz. Bugün yalnızca bir canlı koelakant cinsini biliyoruz ve keşfedilmesi, büyük bir sürpriz oldu. *Living Fosil: the Story of the Coelacanth*'ta Keith Thomson, olayı çok iyi anlatır.

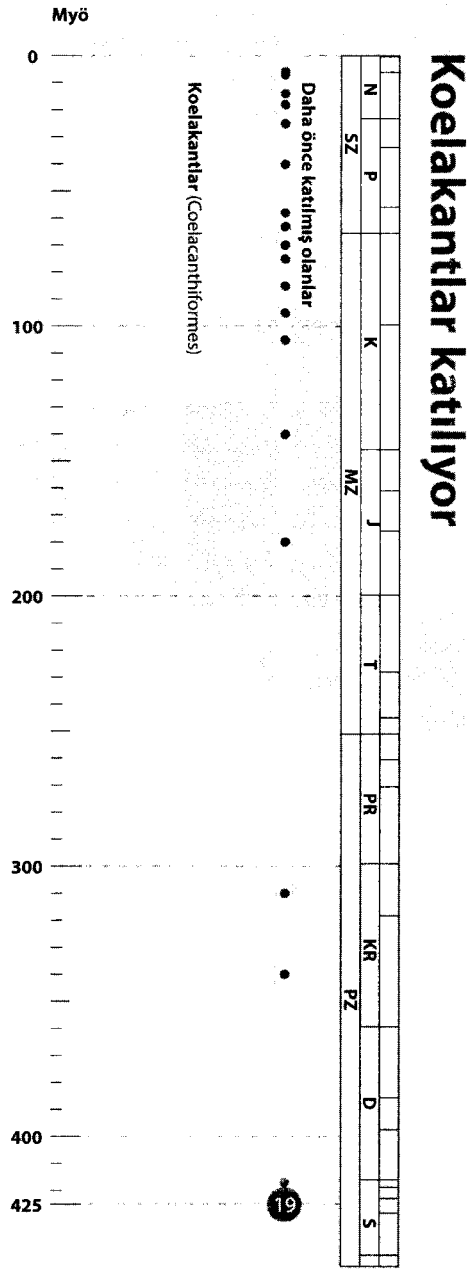
Koelakantlar, fosil kalıntılarda biliniyordu, ama soylarının dinozorlardan önce tükendiği sanılıyordu. Sonra 1938'de bir Güney Afrika trolünde yakalanan balıklar arasında yaşayan bir koelakant oraya çıktı. Şans eseri *Nerita*'nın kaptanı Harry Goosen, East London Museum'un genç küratörü Marjorie Courtenay-Latimer'in dostuydu. Goosen'in ilginç bulgularını Marjorie için bir tarafa ayırma alışkanlığı vardı ve 22 Aralık 1938 günü ona telefon edip bir şey bulduğunu söyledi. O da iskeleye gitti ve tayfadan yaşlı bir İskoç, ilk bakışta ilginç görünmeyen ıskarta balıklardan oluşan bir yığını gösterdi. Tam ayrılmak üzereyken:

> Mavi bir yüzgeç gördüm ve balıkları bir tarafa ittim, o zamana kadar gördüğüm en güzel balık ortaya çıktı. Bir buçuk metre uzunluğundaydı, açık leylak bir rengi ve üzerinde yanardöner gümüş işaretler vardı.

Balığın bir çizimini yapıp, Güney Afrika'nın önde gelen balıkbilimcisi Dr. J. L. B. Smith'e gönderdi ve onun aklını başından aldı. "Sokakta yürüyen bir dinozor görseydim, bu kadar şaşırmazdım" [bkz. resim 23]. Ne yazık ki, Smith, anlaşılması zor nedenlerle olay yerine gitmek için acele etmedi. Keith Thomson'ın anlatımına göre Smith, Cape Town'daki meslektaşı Dr. Barnard'dan özel bir referans kitabı isteyene kadar yargısına güvenmemişti. Smith sırrını, hemen kuşkulanan Barnard'a açtı. Öyle görünüyor ki, Smith'in East London'a gidip balığı bizzat görmesi haftalar almış. Bu arada, zavallı Bayan Courtenay-Latimer, balığın iğrenç çürüme kokusuyla başa çıkmaya çalışıyordu. Bir formalin kavanozuna koyulamayacak kadar büyük olan balığı, formaline batırılmış bezle sardı. Çürümeyi önlemek için bunlar yeterli değildi ve sonunda doldurtmak zorunda kaldı. Smith, doldurulmuş halini gördü:

> Evet, alimallah, koelakant! Hazırlıklı gelmiş olmama karşın, ilk görüntü karşısında donup kaldım, elim ayağım tutuldu, vücudum karıncalandı. Adeta





Koelakantlar katılıyor. Giderek büyüyen konsensüs, (iki yaşayan türü bilinen koelakantları) varlığını sürdüren üç lop-yüzgeçli soyun en erken ayrılanı kabul ediyor.
Çizgi resim: Komoro koelakantı (*Latimeria chalumnae*).

> taş kesildim... Her şeyi unuttum, neredeyse korkarak yaklaştım ve karımın sessiz bakışları altında ona dokundum... Ancak o zaman konuşabildim, tam sözleri anımsamıyorum, ama onlara bunun doğru, gerçekten doğru olduğunu, tartışmasız bir koelakantla karşı karşıya bulunduğumuzu söyledim. Ben bile artık kuşku duyamazdım.

Smith ona Marjorie'nin adını verip *Latimeria* dedi. O günden bu yana, Madagaskar'a yakın Komoro Adaları civarındaki derin sularda çok sayıda koelakant bulundu ve Hint Okyanusu'nun öteki tarafında, Sulawesi açıklarında ikinci bir tür ortaya çıktı. Ender ve çok önemli buluşlara eşlik ediyormuş gibi görünen üzücü, ama sanırım anlaşılır– sahtekarlık suçlamaları ve hırçınlıklar –eksik olmasa da, cins şu anda ayrıntılı bir biçimde incelenmektedir.

Randevu 20
IŞINSAL-YÜZGEÇLİ BALIKLAR

Randevu 20, 440 milyon yıl önce Silüriyen Dönem'in en başında, soğuk Ordovisyen Dönemden kalan güney buz kepinin hâlâ devam etiği sırada gerçekleşen büyük bir randevudur. 195-milyon büyük-büyük-ebeveynimiz olduğunu hesapladığım Ortak Ata 20, büyük çoğunluğu kemikli balıklar olarak bilinen büyük ve başarılı gruba mensup olan ışınsal-yüzgeçli balıklarla bizi birleştiren atadır. Hem tuzlu, hem tatlı sularda su altı besin zincirinin birçok düzeyinde ağırlıktadırlar. Bir uçta sıcak su kaynaklarını, diğer yanda kutup denizlerinin buzlu sularını ve yüksek dağ göllerini istila etmişler. Asitli akarsularda, iğrenç bataklıklarda ve tuz göllerinde başarıyla yaşarlar.

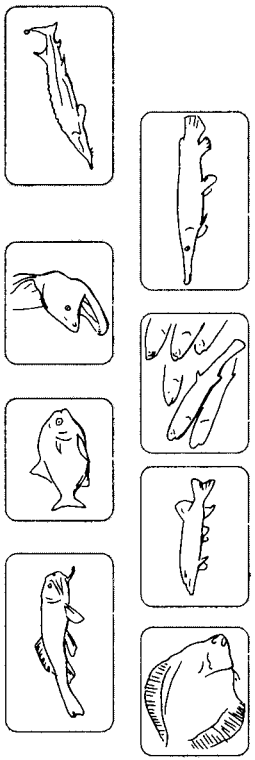
"Işınsal", yüzgeçlerin, bir Victoria dönemi hanımefendisinin yelpazesine benzer bir iskelete sahip olması olgusuna işaret eder. Işınsal-yüzgeçler, her yüzgecin dibindeki etli loptan yoksundur –koelakantlar ve Ortak Ata 18 gibi lop-yüzgeçli balıkların adı buradan gelir. Görece az kemiğe ve bu kemikleri birbiriyle ilişkili hareket ettirebilen kaslara sahip olan bizim kol ve bacaklarımızdan farklı olarak, ışınsal-yüzgeçler, çok büyük ölçüde, ana gövde duvarındaki kaslar tarafından hareket ettirilir. Bu bakımdan, daha çok lop-yüzgeçli balıklara benzeriz –öyle de olmamız gerekir, zira biz, karadaki yaşama uyarlanmış lop-yüzgeçli balıklarız. Lop-yüzgeçli balıkların bizzat etli yüzgeçlerde kasları vardır; tıpkı bizim üst kollarımızda biseps ve triseps kaslara, alt kollarımızda Popeye kaslarına sahip olmamız gibi.

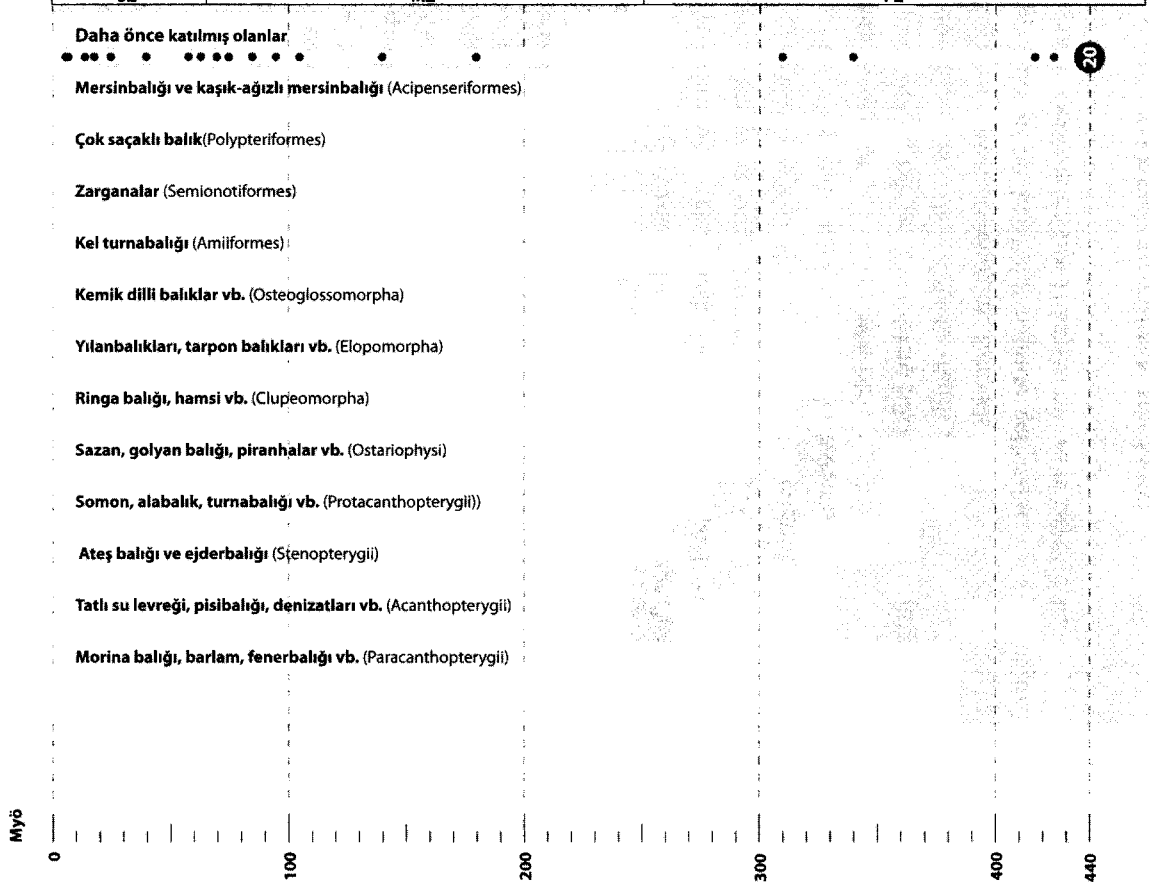
Işınsal-yüzgeçli balıkların çok büyük çoğunluğu kemikli balıklardır; ama Ördek-gagalı'nın Hikâyesi'nde karşılaştığımız kaşık-ağızlı mersin balığı ve mersinmorinaları gibi birkaç aykırı tür de bulunur. Böylesine başarılı büyük bir grubun birkaç hikâye katkıda bulunması hakkıdır ve uygundur; ben de, onlarla ilgili söylemem gerekenlerin çoğunu hikâyelere havale edeceğim. Kemikli balık hacılar parlak bir çeşitlilikle, itişip kakışan bir kalabalık halinde geliyorlar. Bu çeşitliliğin büyüklüğü, Yapraklı Denizejderi'nin Hikâyesi'nin esin kaynağıdır.

YAPRAKLI DENİZEJDERİ'NİN HİKÂYESİ

Kızım küçükken, yetişkinlerden balık resmi yapmalarını istemeyi severdi. Ben bir kitap yazmaya çalışınca, hemen burnumun dibinde

Işınsal-yüzgeçli balıklar katılıyor





biter, elime bir kalem tutuşturur ve "Balık çiz. Babiş, balık çiz!" diye tutturdu. Onu sakinleştirmek için hemen çizdiğim karikatür balık –ve çizmemi istediği tek balık türü– her zaman aynıydı: Ringa ya da tatlı su levreğine benzer standart bir balık, düzgün bir yandan görünüş, ön tarafı sivri, üstte ve altta üçgen yüzgeç, arkada üçgen kuyruk, son olarak solungaç kapağının ön tarafında bir göz. Göğüs yüzgecini ya da karın yüzgecini de yapabilirdim; yapmamam benim ihmalkârlığımdı. Standart balık, gerçekten de son derece genel bir biçimdir, golyan balığından tarpon balığına kadar her boyda işe yarayan bir şekildir.

Ona bir yapraklı denizejderi, *Phycodurus equus* [bkz. resim 24], çizme becerisine sahip olsaydım, Juliet ne derdi? "HAYIR, babiş. Deniz yosunu DEĞİL. Bir balık çiz. Bir BALIK." Yapraklı Denizejderi'nin Hikâyesi'nin mesajı, hayvan biçimlerinin, oyun hamuru gibi şekillendirilebilir olduğudur (bkz. resim 25). Bir balık, evrimsel zaman içinde, yaşam tarzı için hangi balık-dışı şekil gerekiyorsa ona dönüşebilir. Standart Juliet balığına benzeyen balıklar, kendilerine öylesi uygun olduğu için öyle yaparlar. Bu, açık sularda yüzmek için iyi bir şekildir. Ama hayatta kalmak, nazikçe sallanan esmer yosun yataklarında hareketsiz asılı kalma sorunuysa, standart balık şekli eğilip bükülebilir, dallı budaklı fantastik çıkıntılar oluşabilir; bu çıkıntılar esmer yosun yapraklarına o kadar çok benzer ki, bir botanikçi onu (muhtemelen Fucus cinsinden) bir yosun türü olarak kabul edebilir.

Batı Pasifik'teki sığ kayalıklarda yaşayan karides-balık *Aeoliscus strigatus* da kendisini o kadar çok gizler ki, bir "balık" olarak onu çizseydim Juliet yine memnun olmazdı. Aşırı uzun vücudu, uzun bir burunla daha da uzar ve gözlerden geçip, kuyruğa benzemeyen kuyruğa kadar uzanan siyah şerit, uzunluk duygusunu daha da güçlendirir. Balık, uzun bir karidese ya da biraz usturaya benzer. Onları yabanıl yaşamda izleyen meslektaşım George Barlow'un bana anlattığına göre, karidesinkine benzeyen saydam bir zırhla kaplıdır. Bununla birlikte, karidese benzer-

Işınsal-yüzgeçli balıklar katılıyor. Işınsal-yüzgeçli balıklar, biz lop-yüzgeçli balıkların en yakın akrabalarıdır ve yaklaşık aynı sayıda tanımlanmış türü barındırır –yaklaşık 25.000. Mersinbalığının ile kaşık-ağızlı mersinbalığının, çok-saçaklı balığın, zargananın ve kel turnabalığının erkenden dallanıp ayrıldıkları açık olmasına karşın, filogenileri tam çözülmemiştir. Burada gösterilen filogeni, özellikle kesin değildir. Bu nedenle, özellikle muğlak birkaç grup bu ağaçta atlanmıştır.
Çizgi resimler, soldan sağa: Pisibalığı (*Pleuronectes platessa*); kırık diş (*Astronesthes niger*); turnabalığı (*Esox lucius*); kırmızı karınlı piranha (*Serrasalmus nattereri*); kuzey hamsisi (*Engraulis mordax*); yeşil murana (*Gymnothorax prasinus*); Florida zarganası (*Lepisosteus platyrhincus*); Sibirya mersini (*Acipenser baeri*).

lik herhalde kamuflajlarının bir parçası değildir. Birçok kemikli balık gibi karides-balıklar da, eşgüdümlü gruplar halinde ve askeri düzenle yüzerler. Diğer kemikli balıklardan farklı olarak, yüzerken vücutları yere diktir. Dikey yönde yüzdüklerini söylemek istemiyorum. Vücutları dikey durumda yatay yüzerler. Bu şekilde yüzmelerindeki amaç denizyosununun bir koluna ya da daha çarpıcısı, sığındıkları dev bir deniz kirpisinin uzun oklarına benzemektir. Baş aşağı yüzmek, bilinçli bir karardır. Tehlike sezdiklerinde, hemen geleneksel yatay yüzme tarzına geçip, şaşırtıcı bir hızla kaçabilirler.

İki derin deniz yılanbalığının resmini, bir çulluk yılanbalığı (*Nemichthyidae*) ile bir pelikan yılanbalığı (*Eurypharynx pelecanoides*) resmi çizseydim, Juliet ne derdi? Çulluk yılanbalığı bir şaka gibidir, gülünç derecede uzun ve incedir, megafonu andıran ağzı bir kuş ağzına benzer. Birbirinden uzaklaşan bu alt ve üst çene o kadar işlevsiz görünür ki, bu balıklardan kaçının canlı görüldüğünü merak etmeden edemiyorum. Megafon ağızlar, kurumuş bir müze örneğindeki bir çarpılma olabilir mi?

Pelikan yılanbalıkları bir kâbusa benzer. Ağızları vücutlarına göre o kadar büyüktür ya da büyük görünür ki, kendisinden büyük bir avı yutabilir –bu yeteneğe sahip birkaç derin deniz balığından biri. Kendilerinden büyük avları *öldürmek* ve daha sonra parçalar halinde yemek yırtıcılar için alışılmadık değildir. Aslanlar öyle yapar; örümcekler de.* Ama kendinden büyük bir hayvanı bütün halinde *yutmak*, öyle kolay değildir. Pelikan yılanbalığı ve diğer derin deniz balıkları –yakın akraba yutan yılanbalığı ve yılanbalıklarıyla ilişkisi olmayan yutan karabalık gibi– amaçlarına böyle ulaşırlar. Bunu orantısız ölçüde büyük ağızları ve doluyken aşağı sarkan, büyük bir dış ur gibi görünen sarkık bir mideyle başarırlar. Uzun bir sindirim döneminden sonra mide, yeniden daralıp eski haline döner. Büyük şeyleri yutma hünerinin yılanlara ve derin deniz balıklarına özgü olmasının nedenini bilmiyorum.** Pelikan yılanbalığı ile yutan yılanbalığı, avını, kuyruğunun ucunda ışıklı bir yemle ağzına yakın yerde tuzağa düşürür.

Kemikli vücut planı, evrimsel zaman içinde neredeyse sonsuz ölçüde şekillenebilir, her yöne çekiştirilip "standart" balık şeklinden çok uzak her türlü şekle sokulabilir gibi görünüyor. Denizlerde yaşayan ay-

*Örümcekler büyük avları parçalayarak yemekten çok sıvı halinde yerler. Avlarına sindirimi kolaylaştırıcı bir sıvı aşılarlar, daha sonra bir kamışla içer gibi emerler.

**Yılanlar kafa eklemlerini açarak bunu başarırlar. Bir yılanın yemek yemesi, bir kadının çocuk doğurmasına eş bir zahmettir.

balığının Latince adı *Mola mola*, değirmen taşı anlamına gelir ve nedenini anlamak kolaydır. Yandan bakıldığında, dört metre çapında ve iki ton ağırlığında büyük bir disk gibi görünür. Daireselliğini, sırtında ve karnında iki metre uzunluğunda iki yüzgeç bozar.

Hipopotam'ın Hikâyesi, balina kuzenlerinden dramatik farklılık açıklanırken yerçekiminden kurtuluşa, karayla tüm bağları koparır koparmaz balinaların sahip olduğu kurtuluşa bağlanmıştı. Kuşkusuz, kemikli balıkların sergilediği büyük biçim çeşitliliğinin de benzer bir nedeni vardır. Ama bu özgürlükten yararlanırken kemikli balıkların, sözgelişi, köpekbalıkları karşısında bir avantajları daha vardır. Kemikli balıklar suyun kaldırma kuvvetiyle çok özel bir yolla başa çıkarlar ve hikâyesini, turnabalığı anlatacak.

TURNABALIĞI'NIN HİKÂYESİ

"Mourne Dağları'nın denize indiği" hüzünlü Ulster bölgesinde güzel bir göl biliyorum. Bir gün bir grup çocuk gölde yüzüyordu; birisi bağırarak büyük bir turnabalığı gördüğünü söyleyince, erkek çocukların tümü –kızlar değil– karaya kaçtı. Kuzey turnabalığı *Esox lucius*, güçlü bir küçük balık avcısıdır. Kamuflajı çok güzeldir; ama yırtıcılara karşı değil, avını gizlice yakalamak için kamuflaj yapar. Gizli yırtıcı olan ve uzak mesafede özelikle hızlı olmayan turnabalığı, suda neredeyse hareketsiz asılı kalır ve vuruş mesafesine gelinceye kadar fark edilemeyecek şekilde sürünür. Öldürücü sürünme sırasında, arkada olan sırt yüzgecinin fark edilmez hareketleriyle ilerler.

Bu avlanma tekniği, serbest bir güdümlü torpil gibi, herhangi bir çaba göstermeden istenilen düzeyde, kusursuz bir hidrostatik denge halinde suda asılı durma yeteneğine bağlıdır. Tüm lokomotor iç, ileriye sürünme işine yoğunlaşır. Bir turnabalığı, birçok köpekbalığının yaptığı gibi, düzeyini korumak için yüzmek zorunda kalırsa, pusu tekniği işe yaramaz. Hidrostatik dengeyi çabasız sürdürmede, kemikli balıklar son derece ustadırlar ve başarılarının en önemli anahtarı bu olabilir. Bunu nasıl yaparlar? Yüzme kesesiyle. Bu, değişikliğe uğrayıp gazla dolan ve hayvanın batmazlığını kontrol etmesini sağlayan bir akciğerdir. Yüzme keselerini kaybeden bazı dip sakinleri dışında, tüm kemikli balıkların yüzme keseleri vardır –yalnızca turnabalıklarının ve avlarının değil.

Yüzme kesesi, çoğu kez, Kartezyen Dalgıç gibi çalışan bir düzenek olarak açıklanır; ama bunun tam doğru olmadığını düşünüyorum.

Kartezyen Dalgıç, bir şişe suda hidrostatik denge durumunda kalan, bir hava baloncuğu içeren minyatür bir dalgıç tüpüdür. Basınç artınca (genellikle mantar tapa şişenin boynundan aşağı itilerek artırılır), baloncuk sıkışır ve bir bütün olarak dalgıç, daha az su yeri kaplar. Dolayısıyla, Arşimet ilkesine uygun olarak dalgıç batar. Mantar tapa şişenin boğazından yukarıya doğru biraz esnetilirse, basınç da azalır ve dalgıçtaki baloncuk genişler, daha fazla suyun yerini kaplar ve dalgıç biraz daha yüksekte yüzer. Böylece parmağınızla mantar tapayı kontrol ederek, dalgıcın denge düzeyini belirleyebilirsiniz.

Kartezyen Dalgıç'ın esası şudur: Baloncuktaki molekül sayısı sabit kalırken, hacim ve basınç değişir (Boyle yasası uyarınca ters orantılı olarak). Balıklar Kartezyen Dalgıçlar gibi çalışsalardı, yüzme kesesini sıkarak ya da gevşeterek basıncı ve hacmi değiştirmek, ama molekül sayısını aynı tutmak için kas gücü kullanırlardı. Kuramsal olarak olurdu; ama olan bu değil. Balık molekül sayısını sabit tutup basıncı ayarlamak yerine, molekül sayısını ayarlar. Balık batmak için, yüzme kesesinden bir miktar gaz molekülünü emip kanına karıştırır ve böylece hacmi düşürür. Yükselmek için tersini yapar, gaz moleküllerini yüzme kesesine boşaltır.

Bazı kemikli balıklarda yüzme kesesi, duymaya yardımcı olmak için de kullanılır. Balığın vücudu çok büyük ölçüde sulu olduğu için, ses dalgaları, balığa çarpmadan önce suda nasıl yayılıyorlarsa balıkta da büyük ölçüde öyle yayılırlar. Ne var ki, yüzme kesesinin duvarına çarpınca, aniden farklı şeye, gaza ulaşırlar. Bu yüzden yüzme kesesi, bir tür kulak zarı gibi davranır. Bazı türlerde, iç kulağın tam üzerindedir. Bazı türlerde de, Weber kemikleri denilen küçük kemiklerle içkulağa bağlanır. Bu kemikler, bizim çekiç-örs-üzengi kemiklerimize benzer bir iş yaparlar, ama tamamen farklı kemiklerdir.

Yüzme kesesi ilkel bir akciğerden evrilmiş gibi görünüyor ve kel turnabalığı, zargana çok-saçaklı balık gibi varlığını sürdüren bazı kemikli balıklar, yüzme kesesini hâlâ solumak için kullanır. Bu, hava solumayı, sudan karaya çıkmakla birlikte gelen önemli bir "ilerleme" gibi gören bizlere biraz şaşırtıcı gelir. Akciğer, değişikliğe uğramış bir yüzme kesesi sayılabilir. Aksine, öyle görünüyor ki, ilkel solunum akciğeri evrim içinde çatallaşıp iki yöne gitmiş. Bir yanda eski solunum işlevini karaya taşımış ve biz hâlâ onu kullanıyoruz. Çatalın diğer yanı, yeni ve heyecan vericidir: Eski akciğer değişikliğe uğrayıp sahici bir yeniliği –yüzme kesesini– oluşturdu.

ÇAMUR ZIPZIPI'NIN HİKÂYESİ

Evrimsel bir hac yolcuğunda, bazı hikâyelerin, varlığını sürdüren hacılar tarafından anlatılsa da, yakın zamanda yeniden sahnelenen eski evrimsel olayları ele alması uygundur. Kemikli balıklar o kadar çeşitli ve o kadar değişkendirler ki, bazılarının lop-yüzgeçlilerin tarihinin bazı bölümlerini tekrarlayıp karaya çıkmaları beklenebilir. Çamur zıpzıpı, sudan çıkan böyle bir balıktır ve hikâyeyi o anlatıyor.

Birçok kemikli balık türü, oksijeni az bataklık sularında yaşar. Solungaçları yeterince süzmez ve havadan yardım almaları gerekir. Siyam kavgacı balığı *Betta splendens* gibi, Güneydoğu Asya bataklıklarından tanıdığımız akvaryum balıkları, hava yutmak için sık sık su yüzeyine çıkarlar, ama yine de oksijen almak için yüzgeçlerini kullanırlar. Sanırım, solungaçlar ıslak olduğuna göre, akvaryumunuzda hava kabarcıkları çıkarmanız gibi, hava yutmanın, solungaçtaki suya oksijen vermeye eşdeğer olduğunu söyleyebilirsiniz. Ama bundan fazlası var; çünkü solungaç boşluğu, bol miktarda kan damarıyla donanmış bir yedek hava odacığıyla donatılmıştır. Bu boşluk, gerçek bir akciğer değildir. Kemikli balıklarda akciğerin gerçek karşılığı, Turnabalığı'nın Hikâyesi'nin bize gösterdiği gibi, batmazlıklarını nötr tutmak için kullandıkları yüzme kesesidir.

Solungaç boşluklarıyla hava soluyan balıklar, tamamen farklı bir yolla hava solumayı yeniden keşfettiler. Hava soluyan solungaç boşluğunun en ileri örneği, tırmaşık balık *Anabas*'tır. Tırmaşık balıklar da az oksijenli sularda yaşarlar ve önceki yurtları kuruyunca, yürüyerek karaya çıkıp su arama alışkanlıkları vardır. Günlerce susuz kalabilirler. *Anabas*, Romer'ın balıkların nasıl karaya çıktığına ilişkin (şimdi daha az moda olan) kuramında sözünü ettiği şeyin canlı, soluyan bir örneğidir.

Başka bir yürüyen kemikli balık grubu da, çamur zıpzıplarıdır; örneğin bu hikâyeyi anlatan *Periophthalmus*. Bazı çamur zıpzıpları, zamanlarının çoğunu suyun dışında geçirirler. Normalde denizde bulunmayan böcek ve örümcekleri yerler. Devoniyen Dönem'deki atalarımızın ilk kez sudan ayrıldıklarında benzer bir şey yapmış olmaları olasıdır; çünkü böcekler ve örümcekler onlardan önce karaya çıktılar. Bir çamur zıpzıpı, vücuduyla çamur tabakaları üzerinde çırpınır ve göğüs yüzgeçlerini (kollarını) kullanarak emekleyebilir; göğüs yüzgeçlerinin kasları, balığın ağırlığına taşıyabilecek kadar gelişmiştir. Aslında çamur zıpzıplarının cinsel oynaşmaları, kısmen karada gerçekleşir ve erkek çamur zıpzıpı, bazı erkek kertenkelelerin yaptığı gibi, altın sarısı

çenesini ve gırtlağını dişilere göstermek için dikelebilir. Yüzgeç iskeleti de evrilip, semender gibi bir dörtayaklınınkine benzemiştir.

Çamur zıpzıpları, vücutlarını bir yana yatırıp sonra aniden doğrultarak yarım metreden fazla atlayabilirler –"çamur çekirgesi," "acemi atlayıcı," "kurbağa-balık," "kanguru-balık" gibi yerel adlar almasının nedeni budur. "Tırmaşık balık" adı da, mangrov ağaçlarına tırmanıp av arama alışkanlığından gelir. Pelvik yüzgeçleri birleştirerek oluşturulan bir tür vantuz yardımıyla, göğüs yüzgeçlerini kullanarak ağaçlara tırmanırlar.

Sözü edilen bataklık balıkları gibi çamur zıpzıpları da, havayı nemli solungaç boşluğuna alarak solunum yaparlar. Nemli tutulması gereken deriden de oksijen alırlar. Bir çamur zıpzıpı kuruma tehlikesi içinde olsa, çamurlu suda yuvarlanır. Gözleri kuramaya özellikle dayanıksızdır ve ara sıra gözlerini ıslak bir yüzgeçle silerler. Pörtlek gözler başın tepesinde birbirine yakındır; kurbağalarda ve timsahlarda olduğu gibi, balık su altında olduğunda üstte olup bitenleri görmek için bir periskop gibi kullanılabilirler. Çamur zıpzıpı karadayken, gözlerini nemli tutmak için sık sık gözyuvarına geri çeker. Sudan karaya çıkmadan önce, balıklar solungaç boşluklarını suyla doldururlar.

Karanın fethiyle ilgili popüler bir kitapta yazar, Endonezya'da yaşayan ve canlı bir "kurbağabalığı" üç gün boyunca evinde tutan bir on sekizinci yüzyıl sanatçısının anlatımından söz eder:

> Daha çok küçük bir köpek gibi, gittiğim her yere peşimden geliyordu.

Kitapta küçük bir köpek gibi yürüyen bir "kurbağa-balık"ın karikatürü var; ama fiilen betimlediği şey, açıkça bir fenerbalığıdır: Ağzının çevresindeki ve başının üstündeki uzantılarla yakınındaki küçük balıkları avlayan bir derin deniz balığı. Karikatürcünün bir yanlış anlamanın kurbanı olmasından kuşkulanıyorum: Kusurları ne olursa olsun, benzersiz olması için tasarlanan bilimsel adlar yerine gündelik halk dilindeki hayvan adlarına yaslanırsak olabilecekleri gösterdiği için aydınlatıcı bir örnek. Bazılarının fenerbalığına kurbağa-balık dediği doğrudur. Ama köpek gibi sanatçının peşinden giden balığın, bir derin deniz hayvanı olan fenerbalığı olması akla uygun değil. Bununla birlikte bir çamur zıpzıpı olabilir. Endonezya'da yaşarlar ve halk arasındaki adlarından biri de kurbağa-balıktır. Bir çamur zıpzıpı, en azından benim gözlerime göre, bir fenerbalığından çok daha fazla bir kurbağaya benzer ve bir kurbağa gibi zıplar. Benim tahminime göre, küçük bir köpek gibi

yazarın etrafında dolaşan "kurbağa-balık" bir çamur zıpzıpıydı.

Diğer birçok bakımdan modern çamur zıpzıpından farklı olsa bile, küçük bir köpek kadar serüvenci ve girişimci olan bir yaratıktan geldiğimiz fikrini severim. Çok eskiden kız arkadaşlarımdan biri, köpekleri sevme nedenini açıklamıştı: "Köpekler, şakadan anlar." Sanırım ilk kez karaya çıkmayı göze alan balık, kendisine "ata" denmesinden hoşlanabilecek, şakadan anlayan biriydi.

SİHLİD'İN HİKÂYESİ

Victoria Gölü, dünyanın en büyük üçüncü gölüdür ve aynı zamanda en genç göllerinden de biridir. Jeolojik kanıtlar daha 100.000 yaşında olduğunu gösteriyor. Çok sayıda endemik sihlid balığının yurdudur. Endemik, Victoria Gölü dışında bir yerde bulunmadıkları ve büyük olasılıkla orada evrildikleri anlamına gelir. Balık bilimcinizin dallandırıcı mı, yoksa bir araya toplayıcı mı olduğuna bağlı olarak, Victoria Gölü'ndeki sihlid türü sayısı 200 ila 500 arasında bir yerdedir ve yakın zamanda yapılan yetkin hesaplamalara göre 450'dir. Bu endemik türlerin büyük çoğunluğu, bir kabileye, hoplochromines kabilesine mensuptur. Adeta, hepsi tek bir "sürü tür" olarak son yüz bin yılda evrilmiş gibiler.

Dar-ağızlı kurbağa'nın Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi, bir türün evrimsel olarak ikiye ayrılmasına türleşme denilir. Victoria Gölü'nün genç yaşıyla ilgili bizi şaşırtan şey, insanı afallatan hızda bir türleşme göstermesidir. Ayrıca, gölün yaklaşık 15.000 yıl önce tamamen kuruduğunu gösteren kanıtlar da vardır ve bazıları, 450 endemik türün bu çok kısa süre içinde tek bir kurucu atadan evrilmiş olması gerektiği sonucunu bile çıkardı. Göreceğimiz gibi, bu muhtemelen bir abartıdır. Ama yine de, küçük bir hesaplama bu kısa zamanı gözümüzün önüne getirmeye yardımcı olur. Nasıl bir türleşme 100.000 yılda 450 tür üretir? Kuramsal olarak en verimli türleşme örüntüsü, peş peşe ikilenme olurdu. Bu ideal örüntüde bir ata tür iki evlat tür doğurur, evlatlardan her biri ikiye bölünür, sonra onların da her biri ikiye bölünür ve böyle sürüp gider. Bu en üretken ("üslü") türleşme örüntüsüne uygun davranan bir ata tür, 100.000 yıl içinde 450 türü kolayca üretebilir. Modern sihlid hacılardan birinden başlanıp geriye doğru gidilse, 100.000 yıl içinde ancak on randevu noktası olur.

Elbette, gerçek yaşamda türleşmenin, ideal peş peşe ikilenme örüntüsüne uygun olması pek olası değil. Bunun karşıt ucu, kurucu bir türün

peş peşe evlat türler ürettiği, evlatlardan hiçbirinin daha sonra türleşmediği bir örüntü olurdu. Bu en az "verimli" türleşme örüntüsünde, 100.000 yılda 450 tür üretmek için, türleşme olayları arasındaki zaman iki yüzyıl kadar olmalıdır. Bu bile gülünç derecede kısa görünmez. Kuşkusuz gerçek iki uç arasında bir yerdedir; sözgelişi, herhangi bir soyda türleşme olayları arasında bin ya da birkaç bin yıllık ortalama bir zaman aralığı içinde. Böyle ifade edildiğinde, türleşme hızı, özellikle de Galapagos İspinozu'nun Hikâyesi'nde gördüğümüz türden yüksek evrim hızları dikkate alındığında, görkemli derecede yüksek görünmez. Yine de, evrimcilerin beklediği standartlara göre çok hızlı ve verimli bir türleşmedir ve bu nedenle, Victoria Gölü'nün sihlid balıkları biyologlar arasında bir efsane haline gelmiştir.*

Tanganika ve Malavi gölleri, Victoria Gölü'nden biraz küçüktürler –yani alan olarak daha küçük. Victoria geniş, sığ bir havzadadır; Tanganika ve Malavi ise Rift Vadisi gölleridir; uzun, dar ve çok derin. Victoria kadar genç değildirler. Malavi Gölü 1 ila 2 milyon yaşındadır. Tanganika Gölü en yaşlısıdır, 12-14 milyon yaşında. Bu farklılıklara karşın, her üçü, bu hikâyeye esin kaynağı olan dikkate değer bir özelliği paylaşır. Hepsi, yüzlerce endemik sihlid balığıyla doludur ve her gölün sihlidi benzersizdir. Victoria sihlidleri, Tanganika sihlidlerinden tamamen farklı bir tür kümesidir ve Malavi sihlidleri de, her ikisinden tamamen farklıdır. Yine de, yüzlerce balıktan oluşan üç sürüden her biri, kendi gölünde yakınsak evrimle, son derece benzer bir tip yelpazesi üretmiştir. Adeta tek bir kurucu haplochromine tür (ya da birkaçı) muhtemelen bir ırmak kanalıyla bebek göle girmiş gibidir. Bu tür küçük başlangıçlardan itibaren, ardışık evrimsel bölünmeler –"türleşme olayları"– tip yelpazesi diğer büyük göllerin her birindekine paralel yüzlerce sihlid türü üretti. Bu şekilde hızla çeşitlenip birçok farklı tipe ayrılmaya, "uyumsal yayılma" denilir. Darwin'in ispinozları uyumsal yayılmanın başka bir ünlü örneğidir; ama Afrika sihlidleri üç kopya olarak gerçekleştiği için özellikle özgündür.** Her gölün içindeki çeşitlenmelerin çoğu, yemekle ilgilidir. Üç gölden her birinin kendi planktonla beslenme uzmanları, alg yeme uzmanları, diğer balıkları yiyen yırtıcıları, çöpçüleri, yiyecek

* Victoria Gölü, insan yapımı bir felaketin kurbanı oldu. 1954'te Ingiliz sömürge yönetimi balıkçılığı geliştirmek umuduyla, göle Nil levreğini soktu. Gölün benzersiz ekosisteminin bozulacağını öngören biyologlar bu karara karşı çıktı. Öngörüleri doğru çıktı. Sihlidler, Nil levreği gibi büyük bir yırtıcıyla başa çıkacak şekilde evrilmemişti. Olasılıkla 50 sihlid türü yok olup gitti ve 130 tür de yok olma tehlikesi içindedir. Yarım yüzyıl içinde tamamen kaçınılabilir bir bilgisizlik, gölün etrafındaki yerel ekonomileri mahvetti ve paha biçilmez bir bilimsel kaynağı geri dönülmez bir biçimde silip yok etti.

** Dolph Schluter'in son kitabı *The Ecology of Adaptive Radiation*'da bu konu ayrıntısıyla ele alınıyor.

hırsızları, balık yumurtası yiyicileri vardır. Hatta, tropikal mercanbalıklarından bilinen temizlikçi-balık alışkanlığıyla (bkz. Polipifer'in Hikâyesi) paralellikler bile vardır. Sihlid balıkların, karışık bir çift ağız sistemi vardır. Görebildiğimiz "olağan" dış ağza ek olarak, boğazın derinliklerine gömülü ikinci bir "yutak bölgesi ağzı" vardır. Bu yeniliğin, sihlidleri, çok yönlü beslenme alışkanlıklarına ve dolayısıyla büyük Afrika göllerinde sürekli çeşitlenme yeteneğine hazırlamış olması olasıdır.

Daha yaşlı olmalarına karşın Tanganika ve Malavi göllerinin tür sayısı, Victoria Gölü türlerininkinden dikkat çeker ölçüde fazla değildir. Sanki her göl bir tür kapanma noktasına, zaman geçtikçe büyümeyen bir denge sayısına ulaşıyor. Aslında sayı küçülebilir de. Üç gölün en yaşlısı olan Tanganika Gölü, en az türe sahip olan göldür. En fazla tür orta yaşla Malavi Gölü'nde var. Her üç gölün, Victoria'nın çok küçük başlangıçlarla son derece hızlı türleşme örüntüsüne uyarak, ilk birkaç yüz bin yıl içinde birkaç yüz yeni endemik tür üretmiş olması olası görünüyor.

Dar-ağızlı kurbağa'nın Hikâyesi, türleşmenin nasıl oluştuğuna ilişkin gözde kurama, coğrafi yalıtıklık kuramına değindi. Tek kuram bu değil ve farklı durumlarda birden fazla kuram doğru olabilir. "Simpatrik türleşme", toplulukların aynı coğrafi alanda ayrı türlere ayrılması, bazı koşullarda gerçekleşebilir; hatta böceklerde norm bile olabilir. Afrika'nın küçük krater göllerinde sihlid balıklarının simpatrik türleşmesine ilişkin bazı kanıtlar vardır. Ama türleşmenin coğrafi yalıtıklık modeli, hâlâ egemen modeldir ve bu hikâyenin geri kalan kısmında da geçerli olacak.

Coğrafi yalıtıklık kuramına göre türleşme, tek bir ata türün tesadüfen coğrafi olarak ayrı topluluklara ayrılmasıyla başlar. Artık birbiriyle çiftleşemeyen iki topluluk ayrı yönlere sürüklenir ya da doğal seçilim tarafından farklı evrimsel yönlere itilir. Daha sonra, bu ayrılıktan sonra karşılaşırlarsa, ya melezleşemezler ya da melezleşmek istemezler. Çoğu kez kendi türlerini tikel bir özellikle tanırlar ve o özellikten yoksun olan benzer türlerden titizlikle uzak dururlar. Doğal seçilim, özellikle türler birbirlerini ayartacak ve katır gibi melez yavrunun hayatta kalıp, pahalı ebeveyn kaynaklarını tüketmesine ve sonra kısır çıkmasına yetecek kadar yakın oldukları yerlerde, yanlış türle çiftleşmeyi cezalandırır. Birçok zoolog, oynaşma gösterilerini, esas olarak yanlış çiftleşmeme amaçlı olarak yorumlamıştır. Bu bir abartı olabilir ve oynaşma üzerinde başka önemli seçilim baskıları da vardır. Ama yine de, bazı oynaşma gösterilerini, bazı parlak renkleri ve diğer reklamları, melezleşmeye karşı

seçilimle evrilmiş "üreme yalıtıklığı mekanizmaları" olarak yorumlamak herhalde doğru olur.

Şu anda Hull Üniversitesi'nde olan Ole Seehausen ile Leiden Üniversitesi'nden meslektaşı Jacques van Alphen, sihlid balıkları üzerinde özellikle derli toplu bir deney yaptılar. Victoria Gölü'nün akraba iki türünü, *Pundamilia pundamilia* ve *P. nyererei*'yi (adını Afrika'nın büyük liderlerinden Tanzanyalı Julius Nyerere'den alıyor) ele aldılar. *P. nyererei*'nin kırmızımsı, *P. pundamilia*'nın mavimsi bir rengi olması dışında, bu iki tür birbirine çok benzer. Normal koşullar altında tercih testlerinde dişiler kendi türlerinin erkekleriyle çiftleşmeyi tercih ederler. Ama daha sonra Seehausen ile van Alphen hassas testlerini yaptılar. Dişilere aynı tercihi sundular, ama yapay monokromatik ışık altında. Bu algılanan renkleri dramatik ölçüde değiştirir; sokakları sodyum ışıklarıyla aydınlatılan Salisbury'deki okul yıllarımdan anımsadığım gibi. Parlak kırmızı şapkalarımız ve parlak kırmızı otobüsler, kirli kahverengi görünürdü. Seehausen ile van Alphen'in deneyindeki kırmızı ve mavi *Pundamilia* erkeklerin başına da bu geldi. Beyaz ışıkta kırmızı ya da mavi olan renkler, kirli kahverengiye dönüşmekteydi. Sonuç? Dişiler onları artık ayırt etmiyor, fark gözetmeksizin çiftleşiyorlardı. Bu çiftleşmelerden doğan yavrular doğurgandı ve bu durum, bu türler ile melezleşme arasında duran tek şeyin dişi tercihi olduğunu gösteriyordu. Çekirge'nin Hikâyesi benzer bir örnek sunar. İki tür biraz daha farklı olsaydı, yavruları herhalde katır gibi kısır olurdu. Iraksama süreci ilerledikçe, yalıtık topluluklar isteseler bile melezleşemeyecekleri bir noktaya ulaşırlar.

Ayrılmanın temeli ne olursa olsun, melezleşememe iki topluluğu farklı türlere mensup olarak tanımlar. İki türden her birinin artık ayrı ayrı evrilme özgürlüğü vardır ve diğerinin genleriyle kirlenmenin önündeki ilk coğrafi engel kalkmış olsa bile, bu tür bir kirlenmeden kurtulmuştur. Coğrafi engellerin (ya da eşdeğer bir engelin) ilk müdahalesi olmasa, türler belirli beslenme alışkanlıklarında, habitatlarda ya da davranış örüntülerinde uzmanlaşamazlardı. "Müdahale"nin, zorunlu olarak tek başına coğrafyanın aktif değişimi sağladığı –bir vadiyi sel bastığında ya da bir yanardağ aktifleştiğinde olduğu gibi– anlamına gelmediğine dikkat edin. Coğrafi engeller hep var olsa, gen akışını önleyecek kadar geniş, ama kurucu topluluklar tarafından ara sıra geçilecek kadar çürük olsa da aynı sonuca ulaşılır. Dodo'nun Hikâyesi'nde şans eseri uzak bir adaya geçen ve arada ebeveyn topluluktan yalıtık üreyen bireyler düşüncesiyle karşılaşmıştık.

Mauritius ya da Galapagos gibi adalar, klasik coğrafi ayrılık tedarikçileridir; ama adalar, suyla çevrili kara parçaları anlamına gelmek zorunda değil. Türleşmeden söz ettiğimizde, "ada," hayvanın bakış açısıyla tanımlanmış yalıtık bir üreme alanı anlamına gelir. Jonathan Kingdon'ın Afrika ekolojisiyle ilgili güzel kitabına *Island Africa* [Afrika Adası] demesi boşuna değil. Balık için, bir göl bir adadır. O halde, hepsi aynı gölde yaşıyorsa, yüzlerce yeni balık türü nasıl tek bir atadan çıkıp ayrışabilir?

Yanıtlardan biri şudur: Balığın bakış açısından, büyük bir gölün içinde bir sürü küçük "ada" bulunur. Üç büyük Doğu Afrika gölünün yalıtık resifleri vardır. Buradaki "resif" elbette mercan resifi anlamına gelmez; "su yüzeyinin hemen altında ya da hemen üstünde bulunan, sığ kaya dizisi ya da kumluk yükselti" anlamına gelir. Bu göl resifleri algle kaplıdır ve birçok sihlid bunlarla beslenir. Böyle bir sihlid için bir resif, bir sonraki resiften derin sularla ayrılan, gen akışını önleyecek kadar uzak bir "ada" olabilir. Bir resiften diğerine yüzebilseler de, yüzmek istemezler. Bunu destekleyen genetik kanıtlar vardır; Malavi Gölü'nde bir sihlid türünü, *Labeotropheus fuelleborni* türünü örnek alan bir araştırmadan elde edilen kanıtlar. Geniş bir resifin karşıt uçlarındaki bireylerin gen dağılımı ortaktı: Resif boyunca bol bir gen akışı vardı. Ama araştırmacılar, aynı türü derin sularla ayrılmış diğer resiflerde örnek alınca, gözle görülür renklerde ve genlerde anlamlı farklılıklar buldular. İki kilometrelik bir aralık, ölçülebilir bir genetik ayrılmaya neden olmaya yetiyordu; fiziksel aralık ne kadar büyükse, genetik aralık da o kadar büyüktü. Tanganika Gölü'ndeki bir "doğal deney"den başka kanıtlar var. 1970'lerin başında şiddetli bir fırtına, en yakın komşudan 14 kilometre uzak yeni bir resif yarattı. Resiflerde yaşayan sihlidler için bu, öncelikli yaşam alanı olmalıydı; ama birkaç yıl sonra resif incelendiğinde, hiçbir sihlid gelmemişti. Açıkça, balık bakış açısından, bu büyük göllerin içinde gerçekten de "adalar" vardır.

Türleşmenin olması için, aralarındaki gen akışı ender olacak kadar yalıtık olan, ama kurucu bireylerin gelmesini olanaksızlaştıracak kadar da yalıtık olmayan topluluklar olmalıdır. Türleşmenin reçetesi "gereğinden fazla olmayan gen akışı"dır. George Barlow'un, bu hikâyeyi yazarken ana esin kaynağım olan kitabı *The Cichlid Fishes*'ın bir bölümünün başlığı budur. Söz konusu bölüm, Malavi Gölü'nde birbirinden kabaca bir iki kilometre uzaklıktaki dört komşu resifte yaşayan dört sihlid türüyle ilgili başka bir genetik araştırmayı betimler. Yerel dilde *mbuna* olarak bilinen dört tür, dört resifte de vardı. Dört türden

her birinin içinde, dört resif arasında genetik farklılıklar vardı. Gen dağılımına ilişkin ayrıntılı bir çözümleme, resifler arasında bir gen akışı sızıntısı, ama çok hafif bir sızıntı olduğunu gösterdi –kusursuz bir türleşme tarifi.

İşte türleşmenin bir başka yolu ve Victoria Gölü için özellikle akla yakın görünen bir yol. Radyokarbon yöntemiyle belirlenen çamur tarihi, Victoria Gölü'nün yaklaşık 15.000 yıl önce kuruduğunu gösteriyor. *Homo sapiens* Kenya'daki Kisumu'dan Tanzanya'daki Bukoba'ya ayağı ıslanmadan yürüyebiliyordu –bugün halk arasında "Afrika Kraliçesi" olarak bilinen orta boy bir tekne olan *MV Victoria* ile katedilen 300 kilometrelik bir yolculuk. Bu son derece yakın zamanda gerçekleşen bir kurumaydı; ama bundan önceki bin yıllarda Victoria havzası kim bilir kaç kez kuruyup yeniden suyla doldu? Binyıllarla ölçülen bir zaman ölçeğinde göl düzeyi bir yoyo gibi yükselip alçalabilir.

Şimdi bu düşünceyi, coğrafi yalıtıklıkla türleşme kuramıyla eşliğinde akılda tutun. Victoria havzası arada sırada kurusa, geriye ne kalır? Tam kurusaydı çöl olabilirdi. Ama kısmi bir kuruma geriye havzadaki derin çöküntüleri temsil eden küçük göl ve gölcükler bırakırdı. Bu küçük göllere kısılıp kalan herhangi bir balık, diğer küçük göllerdeki arkadaşlarından uzak evrilip ayrı bir tür olma fırsatı bulurdu. Sonra havza yeniden suyla dolunca ve büyük göl yeniden oluşunca, yeni türler bulundukları yerden yüzerek çıkıp büyük Victoria faunasına katılırlardı. Bir dahaki sefere yoyo aşağı inince, bu kez farklı bir tür kümesi, küçük sığınakların her birinde kendini diğerlerinden ayrılmış bulurdu.

Mitokondriyal DNA kanıtları, yaşlı Tanganika Gölü için yükselen ve alçalan göl düzeyi kuramını destekliyor. Bir derin çöküntü gölü olmasına, Victoria gibi sığ bir havza olmamasına karşın, Tanganika Gölü'nün su düzeyinin düştüğünü ve üç orta boy göle ayrıldığını gösteren kanıtlar var. Genetik kanıtlar sihlidlerin erkenden üç gruba ayrıldıklarını, şimdiki büyük gölün oluşumundan sonra daha ileri türleşmelerin bunu izlediğini gösteriyor.

Victoria Gölü'nde Erik Verheyen, Walter Salzburger, Jos Snoeks ve Axel Meyer, yalnızca ana gölde değil, komşu ırmaklarda ve Kivu, Edward, George, Albert gibi uydu göllerde de haplochromine sihlid balıklarının mitokondrilerinin çok ayrıntılı bir genetik araştırmasını yaptılar. Victoria'nın ve küçük komşularının, yaklaşık 100.000 yıl önce ayrılmaya başlayan monofiletik bir "sürü tür"ü paylaştıklarını gösterdiler.

Bu gelişkin araştırma, Gibon'un Hikâyesi'nde karşılaştığımız tutumluluk, azami olasılık ve Bayesçi çözümleme yöntemlerini kullandı. Verheyen ve arkadaşları tüm göllerde ve komşu ırmaklarda bu balıkların mitokondriyal DNA'larından 122 "haplotip"in dağılımına baktılar. Havva'nın Hikâyesinde gördüğümüz gibi bir haplotip, birçok farklı türe ait olabilen birçok bireyde sürekli tanınacak kadar uzun ömürlü bir DNA parçasıdır. Kolaylık olsun diye, haplotipin yaklaşık bir eşanlamlısı olarak "gen" sözcüğünü kullanacağım. Bu bilim insanları, tür sorununu geçici olarak görmezlikten geliyorlardı. Göllerde ve ırmaklarda yüzerek dolaşan genleri hayal ediyor ve bunu yapma sıklıklarını sayıyorlardı.

Verheyen ve arkadaşlarının çalışmalarını özetleyen güzel şemayı [bkz. resim 26] yanlış anlamak kolaydır. Dairelerin, bir aile ağacında olduğu gibi ebeveyn türün etrafında kümelenmiş türleri temsil ettiğini sanmak çekici gelir. Ya da büyük göllerin etrafında kümelenmiş küçük gölleri temsil ettiklerini. İkisinin de, şemanın temsil ettiği şeyle hiçbir ilgisi yoktur. Daireler ne türdürler, ne de coğrafi öbeklerdir. Her biri bir haplotiptir; bir "gen", bireysel bir balığın sahip olabildiği ya da olamadığı belirli bir DNA parçası.

O nedenle, her gen bir daireyle temsil edilir. Dairenin alanı, *türlerden bağımsız olarak*, incelenen tüm göllerde ve ırmaklarda belirli gene sahip bireylerin sayısını gösterir. Küçük daireler, yalnızca tek bir bireyde bulunan bir geni gösterir. Daire alanından yola çıkarak bir karara varırsak, (en büyük dairelerden biri olan) gen 25, 34 bireyde bulunmuş. İki daireyi birleştiren çizginin üzerindeki dairelerin ya da damlaların sayısı, birinden diğerine gitmek için gerekli asgari mutasyon sayısını temsil eder. Gibon'un Hikâyesi'nden bunun, tutumluluk çözümlemesinin bir biçimi olduğunu hatırlarsınız; ama uzak akraba genlerin tutumluluk çözümlemesinden biraz daha kolaydır, çünkü ara kuşaklar hâlâ etraftadır. Küçük siyah damlalar, gerçek balıklarda bulunmayan, evrimin seyri içinde muhtemelen var oldukları çıkarsanabilen ara kuşak genleri temsil eder. Evrimin yönünü açıklamayan köksüz bir ağaçtır.

Coğrafya yalnızca renk olarak şemaya girer. Her daire, söz konusu genin incelenen göllerin ya da ırmakların her birinde kaç kez bulunduğunu gösteren bir dilimli grafiktir (bkz şemanın altındaki renk anahtarı). Numaralı genlerden, 12, 47, 7 ve 56 etiketli olanlar yalnızca Kivu Gölü'nde bulundular (tüm kırmızı daireler). Gen 77 ve 92, yalnızca Victoria Gölü'nde bulundu (tüm maviler). En bol bulunan gen 25, en fazla Kivu Gölü'nde, ama "Uganda gölleri"nde (Victoria Gölü'nün batısında birbirine

yakın küçük göller) de önemli miktarda ortaya çıktı. Dilimli grafik, gen 25'in Victoria Nili ırmağında, Victoria Gölü'nde, Edward ve George göllerinde de bulunduğunu gösteriyor. Yine, şemanın türlerle ilgili bilgi içermediğini unutmayın. Gen 25 dairesindeki mavi dilim, Victoria Gölü'nde iki bireyin bu geni içerdiğini gösterir. Bu iki bireyin aynı türe ait olup olmadıkları ya da o geni taşıyan Kivu Gölü bireyleriyle aynı türe ait olup olmadıkları konusunda hiçbir işaret verilmez. Bu şema bununla ilgili değil. Bencil gen hayranını memnun eden bir şemadır.

Sonuçlar fikir vericiydi. Küçük Kivu Gölü, tüm sürü türün asıl kaynağı olarak ortaya çıkıyor. Genetik işaretler, Victoria Gölü'nün iki ayrı vesileyle Kivu Gölü'nden haplochromine sihlidle "tohumlandığını" gösteriyor. 15.000 yıl önceki büyük kuruma sürü türü asla yok etmemiş ve çok büyük olasılıkla hayal ettiğimiz gibi, Victoria havzasının bir göletler "Finlandiya"sı haline gelmesiyle güçlendirmiş. Bizatihi Kivu Gölü'ndeki (şu anda 15 endemik haplochromine de dahil 26 türü var) daha eski sihlid topluluğunun kökenine gelince, genetik kâhin onların Tanzanya ırmaklarından geldiklerini söylüyor.

Bu çalışma yalnızca başlangıç. Bu tür yöntemler yalnızca Afrika göllerindeki sihlid balıklarına değil, her habitat "takımadası"ndaki tüm hayvanlara uygulandığında nelere ulaşılabileceğini düşünmek, imgelemi önce ürkütür, sonra harekete geçirir.

KÖR MAĞARABALIĞI'NIN HİKÂYESİ

Çeşitli hayvanlar, yaşam koşullarının dışarıdakinden çok farklı olduğu karanlık mağaralarda yaşamanın bir yolunu bulmuştur. Yassıkurtlar, böcekler, tatlı su ıstakozu, semenderler ve balıkları kapsayan birçok farklı hayvan grubunda, mağara sakinleri aynı değişikliklerin birçoğunu birbirinden bağımsız geliştirmiştir. Bazıları yapısal değişim sayılabilir --örneğin geciken üreme, daha az ama daha büyük yumurta, uzayan ömür. Mağara hayvanları, yararsız gözlerinin telafisi olarak tat ve koku duyularını, duyargalarını ve balıklarda yan çizgi sistemini (balıklar için çok anlamlı olan basınç-bağlantılı bir duyu organı) güçlendirmişler. Diğer değişimlere, geriye değişim denilir. Mağara sakinleri gözlerini ve deri pigmentlerini yitirip, kör ve beyaz olma eğilimindedirler.

Meksika tetra balığı *Astyanax mexicanus* (*A. fasciatus* olarak da bilinir) özellikle dikkate değerdir; çünkü tek bir balık türünün *içinde* farklı topluluklar birbirlerinden bağımsız olarak akıntıları izleyip mağa-

ralara girmiş ve hâlâ dışarıda yaşayan türdeşleriyle doğrudan karşılaştırılabilir ortak bir mağara-bağlantılı geriye değişim örüntüsünü çok hızlı bir biçimde geliştirmişler. Bu "Meksika kör mağarabalıkları" yalnızca Meksika mağaralarında bulunur –büyük çoğunluğu tek bir vadideki kireçtaşı mağaralarda. Bir zamanlar kendi ayrı türlerine ait sayılan bu balıklar, şimdi, Meksika'dan Texas'a kadar yüzey sularında yaygın olan aynı türün, *Astyanax mexicanus* türünün bir ırkı olarak sınıflandırılıyor. Kör ırk 29 ayrı mağarada bulunmuştur ve tekrarlarsak, sanki bu mağara topluluklarından en azından bazıları gerileyen gözlerini ve beyazlaşmayı birbirlerinden bağımsız geliştirmiş gibi görünüyorlar: Yüzey sakini tetralar birçok kez mağaralara yerleşmiş ve her seferinde birbirlerinden bağımsız olarak gözlerini ve renklerini kaybetmişler.

Bazı topluluklar, şaşırtıcı bir biçimde, diğerlerinden daha uzun süredir mağaralarında bulunuyorlar ve bu, tipik mağaraya özgü yöne çekilme ölçülerinde bir düşümün olarak kendini gösterir. En eski mağara topluluğunu barındırdığına inanılan Pachon mağarasında en uç örnek bulunur. Düşümün "genç" ucunda, topluluğu türün normal yüzey-sakini biçiminden görece uzaklaşmamış Micos mağarası var. Hiçbir topluluk çok uzun süredir mağaralarında olmuş olamaz; çünkü bu tür, 3 milyon yıl önce Panama kıstağı oluşmadan – Büyük Amerikan Mübadelesi'nden önce– Meksika'ya geçmesi olanaksız bir Güney Amerika türüdür. Benim tahminime göre, tetraların mağara toplulukları bundan çok daha gençtir.

Karanlıkta yaşayanların ilk önce gözlerini geliştirememiş olmalarının nedenini anlamak kolaydır; ama, yakın zaman atalarının normal, işlevsel gözlere sahip oldukları göz önüne alındığında, mağara balıklarının gözlerden kurtulma "zahmetine katlanmalarının" nedenini anlamak o kadar kolay değil. Ne kadar küçük olursa olsun, bir mağara balığının kendisini günün birinde gün ışığında bulma olasılığı varsa, "ne olur ne olmaz" diye gözleri korumanın bir yararı yok mudur? Evrim öyle çalışmaz, ama bu durum, geçerli terimlerle başka şekilde ifade edilebilir. Göz yapmak –aslında herhangi bir şey yapmak– maliyetsiz değildir. Kaynakları hayvan ekonomisinin başka kesimlerine yönelten balık bireyi, gözlerini olduğu gibi koruyan rakip balık karşısında bir avantaja sahip olur.* Bir mağara sakininin gözlere ihtiyaç duyma olasılığı göz yapmanın ekonomik maliyetlerini telafi edemeyecek kadar azsa, gözler kaybolur.

* Gözler enfeksiyon kapar ya da tahriş olursa daha da maliyetli bir müsriflik olabilir; köstebeklerin gözlerini bu kadar küçültmelerinin nedeni belki de budur.

Doğal seçilim söz konusu olunca, çok küçük avantajlar bile önemlidir. Bazı biyologlar, ekonomiyi hesaplarının dışında tutuyorlar. Onlara göre, gözün gelişiminde, bir şey fark etmediği için doğal seçilim tarafından cezalandırılmayan rasgele değişimlerin bir toplamına başvurmak yeterlidir. Kör olmanın yolları, görür olmanın yollarından fazladır; bu yüzden rasgele değişimler, salt istatistiksel nedenlerle, körlüğe eğilimlidir.

Bu da bizi, Körmağarabalığı'nın Hikâyesi'nin ana konusuna götürür. Bu, evrimin geri dönüşlü olmadığını söyleyen Dollo Yasasının Hikâyesidir. Mağara balığının evrimsel bir eğilimi tersine çevirip, geçen evrimsel zaman içinde o kadar eziyetle büyütülen gözleri yeniden küçültmesi, Dollo Yasasını çürütmez mi? Evrimin geri dönülmez olduğunu ummak için genel bir kuramsal neden var mı? Her iki sorunun yanıtı da olumsuzdur. Ama Dollo Yasası doğru anlaşılmalıdır ve bu hikâyenin amacı da budur.

Çok kısa süreler hariç, evrim kesin bir biçimde ve tam olarak tersine dönemez; ama "kesin bir biçimde ve tam olarak"a vurgu yapılıyor. Önceden saptanmış belirli bir evrim yolunun izlenmesi asla olanaklı değildir. Çok fazla olası yol vardır. Evrimin tam tersine dönüşü, önceden saptanmış belirli bir evrim yolunun özel bir durumudur. Evrimin izleyebileceği olası yol sayısı bu kadar fazlayken, belirli bir yol olasılığı çok azdır ve buna, yeni geçilen bir yolun tam tersine dönüşü de dahildir. Ama genel olarak evrimsel tersine dönüşe karşı bir yasa yoktur.

Yunuslar, karada yaşayan memelilerin soyundan gelirler. Denize geri döndüler ve yüzeysel birçok bakımdan hızlı yüzen, büyük balıklara benzerler. Ama evrim tersine dönmemiştir. Yunuslar bazı bakımlardan balığa benzerler; ama iç özelliklerinin pek çoğu, onlara memeli etiketini yapıştırır. Evrim gerçekten tersine dönmüş olsaydı, balık olurlardı. Belki bazı "balıklar" gerçekten yunustur –balığa dönüş o kadar kusursuz ve kapsamlı olmuştur ki, fark etmemişizdir? Sahi mi? Bu anlamda Dollo Yasası üzerine bahse girebilirsiniz. Özellikle moleküler düzeyde evrimsel değişime bakıyorsanız.

Dollo Yasası'nın bu yorumuna, termodinamik yorum denilebilir. Bu yorum, ikinci termodinamik yasasını; kapalı bir sistemde entropinin (düzensizliğin ya da "karışık"lığın) arttığını ifade eden yasayı anımsatır. İkinci yasayla ilgili popüler bir benzetme (benzetmeden fazlası olabilir), kütüphane benzetmesidir. Kitapları raflardaki yerlerine yeniden yerleştiren çalışkan bir kütüphaneci yoksa, bir kütüphane düzensiz olma eğilimindedir. Kitaplar birbirine karışır. İnsanlar kitapları masaların

üzerinde bırakır ya da yanlış raflara koyar. Zaman geçtikçe, kütüphanenin entropi eşdeğeri artar. Tüm kütüphanelerin, sürekli çalışıp kitapları düzene sokan bir kütüphaneciye ihtiyaç duymalarının nedeni budur.

Belirli bir düzensizlik hedefine doğru itici bir güç olduğunu sanmak, ikinci yasayı yanlış anlamaktır. İş öyle değil. Düzensiz olmanın yolları, düzenli olmanın yollarından çok daha fazladır. Dağınık okurlar kitapları rasgele birbirine karıştırsa, kütüphane düzenli denilebilecek bir durumdan (ya da durumlardan) otomatik olarak uzaklaşır. Bir yüksek entropi durumuna doğru bir itme yoktur. Kütüphane başlangıçtaki yüksek düzen durumundan rasgele uzaklaşır ve tüm olası kütüphanelerin mekanında nerede dolaşırsa dolaşsın, olası yolların büyük bir çoğunluğu düzensizlikte bir artış oluşturur. Aynı şekilde, bir soyun izleyebileceği tüm evrim yollarından, çok sayıda olası yoldan yalnızca biri, onu var eden yolun tam bir tersine dönüşü olur. Dollo Yasası'nın, bir parayı 50 kez fırlatırsanız, her zaman tura gelmez –her zaman yazı da gelmez, katı bir almaşık sıra da, *belirli, önceden saptanmış bir sırayı da izlemez*– diyen "yasa"dan daha büyük olmadığı anlaşıyor. Aynı termodinamik yasa, "ileri" yönde (bu ne anlama geliyorsa!) belirli bir evrim yolundan kesin olarak iki kez geçilmez de derdi.

Bu termodinamik anlamda Dollo Yasası doğrudur, ama önemsizdir. Yasa adını, bir parayı 100 kez havaya atın, her seferinde tura gelmez diyen bir "yasa"dan daha fazla hak etmez. Dollo Yasası'nın bir "gerçek yasa" yorumu düşünülebilir: Evrim, bir yunusun bir balığa muğlak bir biçimde benzemesinde olduğu gibi, atasal bir duruma muğlak bir biçimde benzeyen bir duruma geri dönemez diyen bir yasa. Bu yorum gerçekten dikkate değer ve ilginç olurdu, ama yanlıştır (isterseniz bir yunusa sorun). Bunun doğru olmasını bekleyecek duyarlı bir kuramsal akıl düşünemem.

KÖPEKDİLİ'NİN HİKÂYESİ

Chaucer'in çekici bir niteliği de, hacılarını tanıttığı Genel Girişinin naif mükemmeliyetçiliğidir. Kafilede bir hekimin olması yetmiyordu – ülkedeki en iyi hekim de olmalıydı:

> İlaçlar konusunda olsun, cerrahi
> Alanında olsun ya da
> Onun kadar derin hekim yoktu dünyada.*

*Bu dizelerin Türkçesi, *Canterbury Hikâyeleri*, çev. Nazmi Ağıl, Yapı Kredi Yayınları, 1994, s. 45-46 [ç.n.].

Görünüşe göre, "doğru sözlü, centilmen, mükemmel şövalye"nin, cesaret, sadakat ve hatta huy bakımından Hıristiyanlıkta benzeri yoktu. Aynı zamanda oğlu olan silahtarına gelince, "yirmi yaşında var yok bir delikanlıydı... boyu uzun sayılmazdı ama gücü müthişti." Üstüne üstlük, "Tazeydi, şen şakraktı, sanki Mayıs ayı." Şövalyenin hizmetkârı bile ağaç işçiliği konusunda bilinmesi gereken her şeyi biliyordu. Okur, ne zaman bir meslekten söz edilse, o mesleği yapanın İngiltere'de eşsiz olduğunu peşinen kabul eder duruma gelir.

Mükemmeliyetçilik, evrimcilerin kötü bir alışkanlığıdır. Darvinci adaptasyonun harikalarına o kadar alışığız ki, baştan çıkıp daha iyi bir şey olamayacağına inanırız. Aslında bu, neredeyse önerebileceğim bir baştan çıkmadır. Evrimsel mükemmellikten yana şaşırtıcı ölçüde güçlü bir savunma yapılabilir; ama dikkatle ve özenle yapılmalıdır. Burada yalnızca tek bir tarihsel sınırlama örneğini, "jet motoru etkisi" denilen örneği vereceğim: Düşünün, bir jet motoru temiz bir çizim tahtası üzerinde tasarlanmak yerine, pervaneli bir motorun her seferinde bir parçası değiştirilerek, adım adım yapılsaydı ne kadar kusurlu olurdu.

Bir tırpana, her iki tarafta simetrik olarak dışa açılan geniş "kanatları" olan, karnının üstüne yaslanan bir yassı balıktır; yassı olması için bir çizim masası üzerinde tasarımı yapılmış olabilir. Kemikli yan-yüzergiller bunu farklı bir yolla yaparlar. Bir yana yaslanırlar, ya sola (örneğin pisibalığı) ya sağa (örneğin kalkanbalığı ve köpekdili-balığı. Hangi yana yaslanırlarsa yaslansınlar, kafanın şekli bozulur; öyle ki, alt taraftaki göz görebileceği üst tarafa hareket eder. Picasso, onları severdi [bkz. resim 27]. Ama bir çizim tahtasının standartlarına göre, fikir verecek ölçüde kusurludurlar. Tasarımlanmak yerine evrilmiş olmaktan beklenebilecek türden bir kusurları vardır.

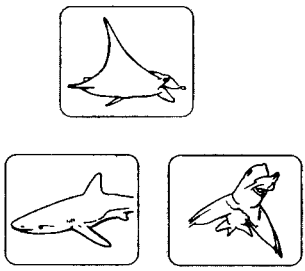
Randevu 21
KÖPEKBALIKLARI VE AKRABALARI

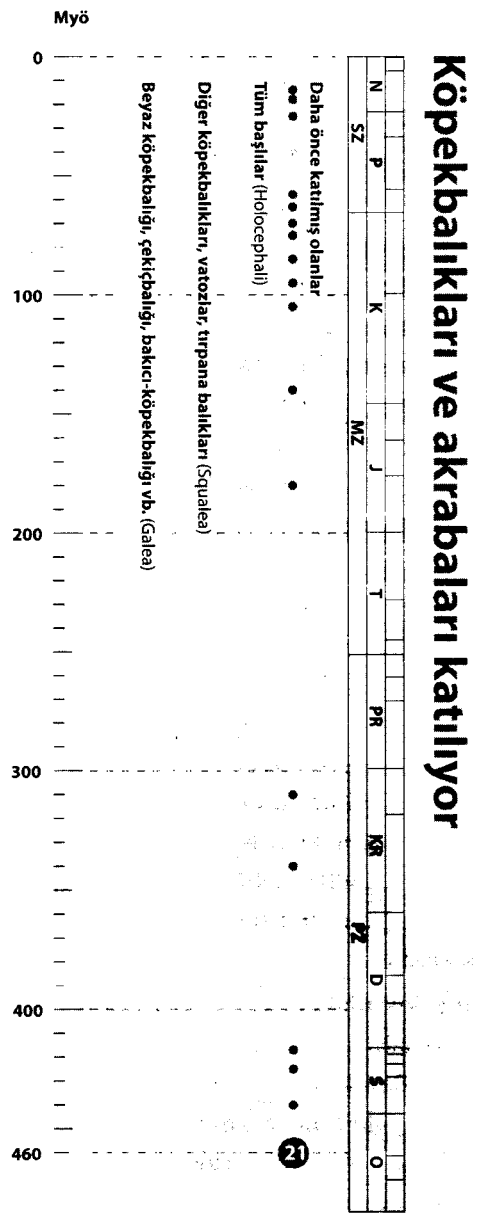
"Denizin katil masumlarından..." Yeats'in şiirinin bağlamı bambaşkaydı; ama bu ifade bana hep bir köpekbalığını düşündürür --elimde değil. Katil, ama kasıtlı zalimliği bilmeyen, belki de dünyanın en etkili öldürme makinesi olarak geçimini sağlayan. En büyük kâbusları büyük beyaz köpekbalığı olan insanlar tanıyorum. Onlardan biri olsanız, Miyosen Devre'nin köpekbalığı *Carcharocles megalodon*'un büyük bir beyaz köpekbalığından üç kat büyük olduğunu bilmek istemeyebilirsiniz.

Benim atom bombasıyla birlikte gelişen ve sürekli tekrarlanan kâbusum bir köpekbalığı değil, ileri teknoloji ürünü füzeler yüklü, gökyüzünü gölgesiyle, yüreğimi sıkıntıyla dolduran büyük, siyah, üçgen kanatlı savaş uçağıdır. Şekli neredeyse tamı tamına gerçek bir manta vatozuna benzer. Rüyalarımın ağaç tepelikleri üzerinde dolaşan karanlık şekil, melanet kusan iki taretiyle, *Manta birostris*'in bir tür teknolojik kuzenidir. Yedi metre boyundaki bu canavarların, solungaçlarından plankton süzerek beslenen zararsız yaratıklar olduklarını kabul etmek bana hep zor gelmiştir. Zararsız olmanın dışında son derece güzeldirler de.

Ya testere balığı? Çekiçbalığı? Çekiçbalıkları ara sıra insanlara saldırırlar; ama rüyalarımızı istila etmelerinin nedeni bu değil. T-şeklinde acayip kafası, kocaman gözleridir; bu köpekbalığı, kafayı çekmiş bir sanatçı tarafından tasarlanmış gibidir [bkz. resim 28]. Ve sapanbalığı, *Alopias*, başka bir sanat eseri değil mi, başka bir rüya adayı değil mi? Kuyruğun üst lopu, neredeyse vücudun geri kalan kısmı kadar uzundur. Sapan balıkları, bıçak gibi keskin kocaman kuyruklarını önce avı bir araya toplamak, sonra da öldürmek için kullanır. Bir teknedeki balıkçı tarafından rahatsız edilen bir sapan balığının, tek bir kuyruk darbesiyle adamı ortadan ikiye biçtiği bilinmektedir.

Köpekbalıkları, vatozlar ve diğer kıkırdaklı balıklar 460 milyon yıl önce, Orta Ordovisyen Devre'nin buz gibi soğuk ve çorak topraklarının açıklarındaki denizlerde gerçekleşen Randevu 21'de bize katılıyorlar. Yeni hacılar ile şimdiye kadar bir araya gelen diğer tüm hacılar arasındaki en dikkate değer fark, köpekbalıklarının kemiklerinin olmamasıdır. İskeletleri kıkırdaktan yapılmıştır. Biz de eklemlerimizi kaplamak gibi





Köpekbalıkları ve akrabaları katılıyor. Burada bize katılan kıkırdaklı balıklar, köpekbalıklarını ve vatozları kapsar. Fosiller, çeneli omurgalıların erkenden kemikli balıklara ve bu kıkırdaklı balıklara ayrılması konusunda kuşkuya yer bırakmıyor. Yakın zamanda elde edilen sağlam veriler, 850 kadar kıkırdaklı balık türü içindeki ilişkilere ilişkin bu şemayı güçlü bir biçimde destekliyor.
Çizgi resim: Gri resif köpekbalığı (*Carcharhinus amblyrhynchos*); manta vatozu (*Manta birostris*); hayalet köpekbalığı (*Callorhynchus milii*).

özel amaçlar için kıkırdak kullanırız ve iskeletimizin tamamı, embriyonda esnek kıkırdak olarak oluşmaya başlar. Büyük çoğunluğu daha sonra, mineral kristaller, çoğunlukla da kalsiyum fosfat birikince kemikleşir. Dişleri dışında, köpekbalığının iskeleti bu dönüşüme uğramaz. Yine de iskeleti, bir ısırıkta bacağınızı koparacak kadar serttir.

Köpekbalıkları, kemikli balıkların başarısına katkıda bulunan yüzme kesesinden yoksundurlar ve birçoğu, suda istenen düzeyde kalmak için sürekli yüzmek zorundadır. Atık ürün üreyi kanda tutarak ve büyük, yağlı bir karaciğere sahip olarak batmazlıklarına yardımcı olurlar. Bu arada, bazı kemikli balıklar da yüzme keselerinde gaz yerine yağ kullanırlar.

Bir köpekbalığını okşayacak kadar ihtiyatsızca sevecen olsanız, tüm derisinin zımpara gibi olduğunu anlardınız, en azından "ters yönde" okşarsanız. Dentiküllerle –keskin, dişe benzer pullar– kaplıdır. Bu dentiküller yalnızca dişe benzemekle kalmazlar; köpekbalığının sağlam dişleri de, dentiküllerin evrimsel değişimleridir.

Birkaç cins ırmaklara ve haliçlere çıkmayı göze alsa da, neredeyse tüm köpekbalıkları ve vatozlar denizde yaşar. Tatlı su köpekbalığının insanlara saldırıları Fiji'de yaygındı, o zaman insanların yamyam oldukları zamandı. En leziz parçalar dışında kalan atıklar ırmaklara boşaltılırdı ve görünüşe bakılırsa, köpekbalıkları yamyam ziyafetlerinden arta kalan atıkların kokusuna geldiler. Avrupalılar gelince yamyamlığa son verdiler; ama aynı zamanda Fijililerin bağışıklık geliştirmedikleri yeni hastalıkları da farkında olmadan getirdiler. Hastalık kurbanlarının cesetleri de ırmaklara atıldı; bu yüzden köpekbalıklarının ırmaklara çekilmesi devam etti. Bugün artık cesetler ırmaklara fırlatılmıyor ve buna uygun olarak köpekbalığı saldırıları da azaldı. Kemikli balıkların aksine, hiçbir köpekbalığı karaya çıkma eğilimi göstermemiştir.

Kıkırdaklı balıklar iki ana gruba ayrılır: Faunanın anlamlı bir parçası olacak kadar kalabalık olmayan oldukça acayip görünümlü tüm-başlılar ve faunanın önemli bir parçasını oluşturan köpekbalıkları, tırpanalar ve vatozlar. Tırpanalar ve vatozlar, yassı köpekbalıklarıdır. Kedibalıkları, küçük köpekbalıklarıdır, ama çok küçük de değildirler: Ringa balığı yavrusu büyüklüğünde köpekbalığı yoktur. İğneli cüce köpekbalığı *Squaliolus laticaudus*, 20 santimetreye kadar büyür. Köpekbalığı vücut planı, büyük boya uygun gibi görünüyor ve en büyükleri, balina köpekbalığı *Rhincodon typus*, 12 metre uzunluğunda ve 12 ton ağırlığında olabilir. Büyüklükte ikinci olan koca camgöz *Cetorhinus*

maximus ve en büyük balinalar gibi, balina köpekbalığı da plankton yer. Kabus malzemesi olarak sözü edilen *Carcharocles megalodon*, süzme yöntemiyle beslenen türden değildi. Bu Miyosen Devre canavarının, her biri yüzünüz kadar büyük dişleri vardı. Bugünün birçok köpekbalığı gibi, vahşi bir yırtıcıydı ve yüz milyonlarca yıl boyunca görece çok az değişiklikle deniz besin zincirinin tepesinde kaldı.

Manta vatozları kâbuslarda ağır bombardıman uçağı rolünü oynuyorsa; dikey kalkabilen savaş uçağı rolünü de, yarasa balığı olarak da bilinen hayalet-köpekbalığı oynayabilir. Bu tuhaf derin deniz balığı, Holocephali (tüm-başlılar) sınıfını işgal ederken; diğer kıkırdaklı balıklar, köpekbalıkları ile vatozlar birlikte, Elasmobranchii sınıfına aittirler. Birbirinden ayrı solungaçları örtüp, hepsi için tek bir açıklık oluşturan alışılmamış solungaç kapaklarıyla tanınabilirler. Köpekbalıklarından ve vatozlardan farklı olarak, derileri dentiküllerle kaplı değil, "çıplak"tır. Onlara "hayalet" görüntüsü veren de bu olabilir. Bir kabus uçağına benzerlikleri, kuyruklarının belirgin olmaması ve geniş göğüs yüzgeçleriyle "uçmalarından" kaynaklanır. Yaşayan tüm-başlıların yalnızca 35 civarında türü vardır.

Kesinlikle köpekbalıkları kadar başarılı olan kemikli balıklar, sıra tür sayısına gelince, köpekbalıklarından otuz kat fazladırlar. İki büyük köpekbalığı yayılımı olmuştur. İlki Paleozoyik denizlerde, özellikle Karbonifer Dönem'de gelişti. Bu eski köpekbalığı egemenliği, Mezozoyik Zaman'ın başlangıcında (karada dinozorlar çağı) son buldu. Yaklaşık 100 milyon yıllık bir aradan sonra, köpekbalıkları Kretase Dönemi'nde bugüne kadar devam eden ikinci bir büyük canlanma yaşadılar.

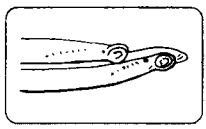
"Köpekbalığı"yla ilgili bir sözcük çağrışım testi, hemen "Jaws" (çene) yanıtını alırdı; bu yüzden, bir olasılıkla 200 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz olan Ortak Ata 21'in, gerçek çeneleri olan tüm omurgalıların, çene-ağızlıların (gnathostomes) büyük atası olması uygundur. Yunanca *gnasthos*, "alt çene" demektir ve köpekbalıkları ile geri kalan bizlerin ortak yanı da budur. Çenenin solungaç iskeletinin değişime uğramış parçalarından evrildiğini göstermek, klasik karşılaştırmalı anatominin zaferlerinden biriydi. Biraz sonra, Randevu 22'de bize katılacak hacılar, solungaçla donatılan, ama alt çeneleri olmayan çenesiz omurgalılardır, çenesizlerdir (Agnatha). Bir zamanlar kalabalık, çeşitli ve ağır zırhlı olan çenesizler şimdi azalıp, yılanbalığı-şekilli taşemenlerle ve miksinlerle sınırlı kaldılar.

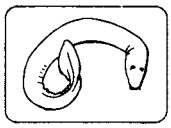
Randevu 22
TAŞEMENLER VE MİKSİNLER

Taşemenlerle ve miksinlerle buluştuğumuz Randevu 22, 530 milyon yıl önce erken Kambriyen Dönem'in ılık denizlerinde bir yerde gerçekleşir ve benim kaba tahminime göre, Ortak Ata 22, 240 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimizdi. Taşemenler ve miksinler, omurgalıların şafağından gelen baş haberciler olarak varlıklarını sürdürürler. İkisini birlikte, çenesiz ve uzuvsuz balık olarak ele almak uygun olmasına karşın, kabul etmeliyim ki, birçok morfolog taşemenlerin miksinlerden çok bizim yakın kuzenlerimiz olduklarını düşünür. Bu okula göre, taşemen hacıları Randevu 22'de, miksin hacıları Randevu 23'te selamlamalıyız. Diğer yanda moleküler biyologlar da, ikisinin tek randevuda bize katılmalarında ısrar ederler ve burada geçici olarak bu görüşü kabul ediyorum. Her neyse, taşemenlerin ve miksinlerin, çoğu soyu tükenmiş çenesiz balıklara bir bütün olarak adil davranmadıklarını söylemek gerekir.

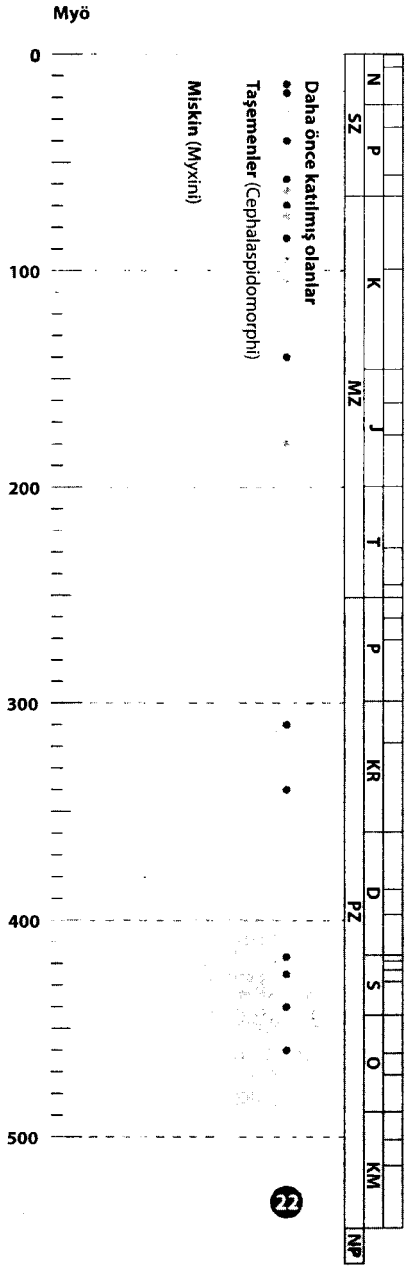
Taşemenlerin ve miksinlerin yüzeysel olarak yılanbalığına benzer bir görünüşleri vardır ve yumuşak vücutludurlar –ama Devoniyen "Balık Çağı"nda çenesiz balıklar denizlere egemenken, zırhlı balıklar (ostracodermis) olarak bilinen birçoğunun, taşemenlerden ve miksinlerden farklı olarak, vücutlarını kaplayan sert, kemiksi zırhları, bazılarının çift yüzgeci vardı. Kemiğin, omurgalıların kıkırdaktan "devraldıkları" "ileri" bir özellik olduğu önerisinin yanlışlığını gösterirler. Mersinbalıkları ve diğer bazı "kemikli" balıklar, neredeyse tamamen kıkırdaktan oluşan bir iskelete sahip olmaları bakımından köpekbalıklarına ve taşemenlere benzerler; ama çok daha fazla kemikli atalardan –aslında kalın zırhla kaplı balıklardan– gelirler ve köpekbalıkları ile taşemenlerin de öyle olması olasıdır.

Devoniyen Dönem'de, bazı çenesiz zırhlı balıklarla aynı zamanda yaşamış ve herhalde daha önceki çenesiz balıklardan türemiş, kesin kökenleri bilinmeyen, soyu tamamen tükenmiş çeneli ve uzuvlu bir balık grubu olan levha-derililer (placodermis) daha da kalın zırhlıydı. Bazı levha-derili balıkların zırhları o kadar kalındı ki, uzuvlarının bile, yüzeysel olarak bir yengecin bacağına benzeyen, boru gibi, eklemli bir dış iskeleti vardı. Onlardan biriyle loş ışıkta karşılaşsanız, tuhaf bir ıstakoz ya da yengeç türü sanabilirdiniz. Oldukça genç bir üniversite





Çenesiz balıklar katılıyor



Çenesiz balıklar katılıyor. Özellikle yaşayan çenesiz balıklar, 41 taşemen türü ile 43 miksin türü hakkında, omurgalı soyunun temelindeki evrimsel ilişkilerle ilgili hâlâ epeyce tartışma var. Fosiller, ilk ayrılmanın miksinler ile diğer omurgalılar arasında olduğunu, ardından taşemen soyunun ayrıldığını öne sürüyorlar. Ne var ki, moleküler veriler, taşemenler ile miksinlerin, burada gösterildiği gibi bir grup oluşturduklarını destekliyor.

Çizgi resim: Yeni Zelanda miksini (*Eptatretus cirrhatus*); deniz taşemeni (*Petromyzon marinus*).

öğrencisiyken, yaşayan bir levha-derili keşfetmeyi düşlerdim.

Hem çeneli levha-derililer, hem çenesiz zırhlı balıklar, neden bu kadar sağlam vücutlar geliştirdiler? Paleozoyik denizlerde bu kadar dehşetli korumayı gerektiren neydi? Varsayılan yanıt şudur: Eşit ölçüde dehşetli yırtıcılar ve diğer levha-derililer dışında, yırtıcı adayları, bazıları iki metreden uzun olan denizakrepleridir (eurypterid) –yaşayan en büyük eklembacaklı. Herhangi bir deniz akrebinin modern akrepler gibi zehirli bir iğnesi olsun ya da olmasın (yakın zaman kanıtları olmadığını gösteriyor), çeneli ve çenesiz Devoniyen balıkları maliyetli zırhlı levhâlâr geliştirmeye itebilen korkunç yırtıcılar olmalılar.

Taşemenler zırhlı değildir ve yenmesi kolaydır (Kral I. Henry, aşırı taşemen yemekten öldü). Pek çok taşemen, diğer balıkların üzerinde parazit olarak yaşar. Çene yerine, ağzın etrafında, biraz ahtapot vantuzuna benzeyen, küçük bir dişin etrafında ortak merkezli halkaları bulunan dairesel bir vantuzları vardır. Taşemen vantuzunu başka bir balığın dış tarafına yapıştırır, küçük dişini deriye batırır ve bir sülük gibi kurbanın kanını emer. Taşemenlerin, örneğin Kuzey Amerika Büyük Gölleri'nde balıkçılık üzerinde ciddi etkileri vardır.

Ortak Ata 22'nin neye benzediğini kimse bilmiyor; ama muhtemelen Devoniyen Balık Çağı'ndan ve korkunç denizakreplerinden çok önce, Kambriyen Dönem'de yaşadığına göre, çenesiz balıkların altın çağının zırhlı balıkları gibi zırh-levhalı değildi. Yine de, zırhlı balıklar taşemenlerden çok, biz çeneli omurgalıların yakın kuzenleri gibi görünüyorlar. Başka bir deyişle, hacılarımız Randevu 22'de taşemenlere katılmadan "önce", zırhlı balıkları kafilemize zaten katmıştık. Hepsinin soyu tükendiği için numara vermediğimiz zırhlı balıklarla ortak atamız, muhtemelen çenesizdi.

Modern miksinler, uzun, yılanbalığına benzeyen şekilleriyle, alt çeneden yoksun oluşlarıyla, çift uzuvlarının olmayışıyla, her iki tarafta solungaç delikleri dizisiyle, yetişkinlikte de korunan sırt iplikleriyle (sırt boyunca uzanan bu sert çubuk, pek çok omurgalıda yalnızca embriyonda vardır) taşemenlere benzerler. Ama miksin asalak değildir. Ağız delikleriyle denizin dibinde küçük omurgasızlar ararlar; ya da ölü balıkların veya balinaların leşlerini yerler, çoğu zaman ölü balığın içine girip onu içeriden yerler. Aşırı derecede incedirler ve leşin içine girerken güç almak için kendilerini düğümleme yeteneklerini kullanırlar.

Eskiden omurgalıların, Kambriyen Dönem'den çok sonra ortaya

çıktıkları düşünülürdü. Bu düşünce belki de, hayvanlar âlemini bir ilerleme merdivenine uygun düzenlemeye yönelik züppece arzumuzun bir boyutuydu. Hayvan yaşamının, kudretli omurgalıların gelmesine zemin hazırlayan omurgasızlarla sınırlı olduğu bir çağın var olması doğru ve uygun görünüyordu. Benim kuşağımdan zoologlara, bilinen en eski omurgalının, pek çok omurgasız filumun doğduğu Kambriyen Dönem'den 100 milyon yıl sonra, Silüriyen Dönem'de yaşayan ve *Jamoytius* (adını J. A. Moy-Thomas'tan alır) denilen çenesiz bir balık olduğu öğretilirdi. Açıkçası, omurgalıların Kambriyen Dönem'de yaşayan ataları olmalıydı; ama gerçek omurgalıların omurgasız öncüleri –proto-kordalılar– sayılırlardı. *Pikaia*, en eski fosil proto-kordalı olarak tanıtıldı.* Bu nedenle, açıkça gerçek omurgalı fosillerin Çin'in Kambriyen tabakalarında ortaya çıkmaya başlaması hoş bir sürpriz oldu. Bu durum, *Pikaia*'yı bazı gizemlerinden yoksun bıraktı. *Pikaia*'dan önce yaşayan gerçek omurgalılar, çenesiz balıklar vardı. Omurgalılar derin Kambriyen Dönem'e kadar giderler.

Myllokunmingia ve *Haikouichthys* denilen (aynı türe ait olmalarına karşın) bu fosiller, muazzam yaşları göz önüne alındığında hiç de şaşırtıcı olmayan bir biçimde, yepyeni değiller ve bu ilkel balıklarla ilgili henüz çok şey bilinmiyor. Solungaçlar, parçalı kas blokları ve bir sırt ipliği de dahil, taşemenlerin ve miksinlerin bir akrabasından beklenebilecek pek çok özelliğe sahipmiş gibi görünüyorlar. Kadifekurtçuk'un Hikâyesi'nde yeniden karşılaşacağımız *Myllokunmingia*, belki de Ortak Ata 22 için akla uygun bir model olmaktan çok uzak değil.

Randevu 22, önemli bir kilometre taşıdır. Ondan sonra ilk kez tüm omurgalılar, tek bir hacı kafilesinde birleşirler. Bu büyük bir olaydır; çünkü geleneksel olarak hayvanlar iki büyük gruba ayrılmışlardır; omurgalılar ve omurgasızlar. Bu ayrım pratikte yararlı da olmuştur. Bununla birlikte, katı kladist bir bakış açısına göre, omurgalı/omurgasız ayrımı tuhaf bir ayrımdır, neredeyse eskiden Yahudilerin insanlığı kendileri ve "gentile"ler (aslında kendileri dışında kalan herkes) olarak sınıflandırmaları kadar doğal olmayan bir ayrımdır. Biz omurgalılar kendimizi önemli saymamıza karşın, tam bir filum bile oluşturmayız. Kordalılar filumunun bir alt-filumuyuz ve Kordalılar filumu, Yumuşakçalar filumu (salyangozlar, mürekkepbalıkları, denizminareleri vb.) ya da De-

*Başlangıçta annelid bir kurt olarak sınıflandırılan bu Kambriyen fosil, daha sonra proto-kordalı kabul edildi ve S. J. Gould'un *Wonderful Life*'ındaki rolüyle yıldız oldu.

risidikenliler filumuyla (denizkestaneleri, denizyıldızları vb.) aynı düzeyde düşünülmelidir. Kordalılar filumu, belkemiği olmayan ama omurgalılara benzeyen diğer yaratıkları da kapsar –örneğin, biraz sonra Randevu 23'te karşılaşacağımız batraklar (amphioxus).

Katı kladcılık bir yana, omurgalıların gerçekten özel bir yanı var. Profesör Peter Holland, genom karmaşıklığı bakımından (tüm) omurgalılar ile (tüm) omurgasızlar arasında büyük bir fark olduğunu bana açıkladı. "Bu, genetik düzeyde, çokhücreli (metazoa) atamızdaki belki de en büyük değişimdir." Holland, geleneksel omurgalılar ve omurgasızlar ayrımının yeniden canlandırılması gerektiğini düşünüyor ve ben, ne demek istediğini anlıyorum.

Kordalılar adlarını biraz önce sözü edilen sırt ipliğinden, yetişkinlikte olmasa bile embriyon döneminde hayvanın sırtı boyunca uzanan kıkırdak çubuktan alırlar. Kordalıların (omurgalılar da dahil), bizde yalnızca embriyon döneminde görülen diğer karakteristikleri, her iki tarafın ön ucuna yakın solungaç deliklerini ve arkada anüse kadar uzanan bir kuyruğu kapsar. Tüm kordalıların, (karın boyunca uzanan) karın sinir şeridine sahip omurgasızlardan farklı olarak, (sırt boyunca uzanan) bir sırt sinir şeridi vardır.

Tüm omurgalı embriyonlarının bir sırt ipliği vardır; ama yetişkinlikte, yerini az çok, parçalı, boğumlu omurga alır. Pek çok omurgalıda sırt ipliği yetişkinlikte de parçalar halinde varlığını sürdürür; kaydığında müthiş acı veren omurlar arası disk gibi. Taşemenler ve miksinler, sırt ipliğini az çok olduğu gibi yetişkinlikte de alıkoymaları bakımından, omurgalılar arasında sıradışıdırlar. Sanırım, bu bakımdan sınır çizgisinde omurgalılardır; ama herkes onlara omurgalı diyor.

TAŞEMEN'İN HİKÂYESİ

Bu hikâyeyi anlatma işinin taşemene kalmasının nedeni, sonunda ortaya çıkacak. Hikâye, daha önce karşılaştığımız bir temanın nakaratıdır: Aile ağaçlarını daha geleneksel düşündüğümüz zaman gördüğümüzden şaşırtıcı ölçüde bağımsız, ayrı bir gen-gözüyle-ata görüşü vardır.

Hemoglobin, dokularımıza oksijen taşıyan ve kanımıza görkemli rengini veren yaşamsal önemde molekül olarak bilinir. Yetişkin insan hemoglobini, aslında globin denilen, birbirine düğümlenen dört protein zincirinin bir bileşimidir. DNA dizilişleri, dört globin zincirinin birbirlerine yakın akraba olduklarını, ama özdeş olmadıklarını gösteriyor. İkisine

alfa globin (her biri 141 aminoasitten oluşan bir zincir) denilir; diğer ikisi beta globindir (her biri 146 aminoasitten oluşan bir zincir). Alfa globinleri kodlayan genler, kromozom 11'in üzerindedir; beta globinleri kodlayanlar ise, kromozom 16'dadır. Bu kromozomların her birinin üzerinde, bir sıra halinde, aralarına asla yazılmayan bazı döküntü DNA'lar serpişmiş bir globin genler salkımı vardır. Kromozom 11 üzerindeki alfa salkımı, yedi globin gen içerir. Bunların dördü yalancı gendir –dizilişlerinde hata olan, asla proteine çevrilmeyen etkisiz alfa versiyonları. İkisi, yetişkinlikte kullanılan gerçek alfa globindir. Sonuncusuna da zeta denilir ve yalnızca embriyonda kullanılır. Kromozom 16'daki beta salkımının altı geni vardır; bunlardan bazıları etkisizdir ve biri, yalnızca embriyonda kullanılır. Gördüğümüz gibi yetişkin hemoglobini, birbirine sarılıp güzelce çalışan bir takım oluşturan iki alfa ve iki beta zinciri içerir.

Bu karmaşıklığa aldırmayın. İşte büyüleyici nokta. Dikkatli, harfi harfine çözümleme, farklı globin gen türlerinin fiilen kuzen –bir ailenin üyeleri– olduklarını gösteriyor. Ama bu uzak kuzenler, hâlâ benim içimde, sizin içinizde bir arada yaşıyorlar. Her domuzun ve her vombatın, her baykuşun ve her kertenkelenin her hücresinin içinde kuzenleriyle yan yana oturuyorlar.

Elbette tüm organizmalar ölçeğinde, tüm omurgalılar birbirlerinin kuzenleridirler. Omurgalıların evrim ağacı, hepimizin bildiği aile ağacıdır; dallanma noktaları türleşme olaylarını –türün evlat türlere ayrılmasını– temsil eder. Öte yandan, bu hac yolculuğun durakları randevu noktalarıdır. Ama aynı zaman aralığını işgal eden, dalların türleşme olaylarını değil, genomun içindeki gen çoğalması olaylarını temsil ettiği başka bir aile ağacı vardır. Globin ağacının dallanma örüntüsü, eğer alışılmış ortodoks yolla izini sürersek, dallanıp evlat tür oluşturan tür yolunu izlersek, aile ağacının dallanma örüntüsünden çok farklı görünür. Türün bölünüp evlat tür doğurduğu yalnızca tek bir evrim ağacı yoktur. Her genin kendi ağacı, kendi ayrılma vakayinamesi, kendi yakın ve uzak kuzen kataloğu vardır.

İçimizdeki bir düzine kadar farklı globin, omurgalı atalarımızın soyundan bize kadar gelmiştir. Yaklaşık yarım milyar yıl önce, bir olasılıkla taşemene benzeyen çenesiz bir balıkta atasal bir globin gen tesadüfen ikiye bölündü; her iki kopya, o balığın genomunun farklı parçalarında kaldı. Ondan sonra tüm torun hayvanların genomunun farklı parçalarında iki kopya var oldu. Kopyalardan birinin kaderi, sonunda genomumuzda kromozom 11 olacak şeyin üzerinde alfa

salkımını, diğerinin kromozom 16 üzerinde beta salkımını meydana getirmek oldu. Ara kuşak atalarda hangisinin hangi kromozomun üzerine yerleştiğini tahmin etmeye çalışmanın hiçbir yararı yoktur. Tanınabilir DNA dizilişlerinin konumları, aslında genomun bölündüğü kromozom sayısı, şaşırtıcı ölçüde değişken biçimde karışıp değişir. Bu nedenle kromozom numaralandırma sistemleri, hayvan gruplarını kesen genelleme yapmazlar.

Çağlar geçtikçe yeni çoğalmalar ve kuşkusuz bazı silinmeler de oldu. Yaklaşık 400 milyon yıl önce, ata alfa geni yine ikilenip çoğaldı; ama bu kez iki kopya, aynı kromozom üzerindeki bir salkımda birbirlerinin yakın komşusu olarak kaldı. İçlerinden biri embriyonlarımızın zetası haline, diğeri yetişkin insanların alfa globin genleri haline geldi (daha fazla dallanmalar, sözünü ettiğim işlevsiz yalancı genlere yol açtı). Aile ağacının beta dalında da benzer bir öykü söz konusuydu; ama jeolojik zamanın diğer uğraklarında ikilenip çoğalmalarla birlikte.

Şimdi de büyüleyici bir nokta. Alfa salkımı ile beta salkımı arasındaki bölünme yarım milyar yıl önce gerçekleştiğine göre, yalnızca bizim insan genomlarımızın bölünmeyi gösterip, genomumuzun farklı parçalarında hem alfa, hem beta genlerine sahip olması söz konusu olmaz. Diğer memelilere, kuşlara, sürüngenlere, amfibyumlara ya da kemikli balıklara baktığımızda da aynı bölünmeyi görmeliyiz –zira hepimizin ortak atası, 500 milyon yıl öncesinin daha berisinde yaşadı. Araştırıldığı her yerde, bu beklentinin doğruluğu kanıtlandı. Bulmayı umduğumuz eski alfa/beta bölünmesini bizimle paylaşmayan bir omurgalı, taşemen ya da miksin gibi çenesiz bir balık olurdu; zira varlığını sürdüren omurgalılar arasında en uzak kuzenlerimiz onlardır. Yalnızca onların geri kalanlarla ortak atası, alfa/beta bölünmesinden önce yaşayabilecek kadar eskidir. Bu çenesiz balıklar, alfa/beta bölünmesinden yoksun olduğu bilinen tek omurgalılardır. Başka bir deyişle, Randevu 22, alfa ile beta globin arasındaki bölünmeden önce olacak kadar eskidir.

Taşemen'in Hikâyesi'ne benzer bir şey, genlerimizden her biri için de anlatılabilir; zira hepsi, yeterince geriye giderseniz, kökenlerini eski bir genin bölünmesine borçludur. Her gen için, bu kitabın tamamına benzer bir şey yazılabilir. Bu kitabın insanın hac yolculuğu olmasına keyfi olarak karar verdik ve kilometre taşlarımızı diğer soylarla buluşma noktalarımız, yani insan atalarımızın ileriye doğru hareketlerinde diğerlerinden ayrıldığı türleşme olayları olarak tanımladık. Daha önce de dediğim gibi, hac yolculuğumuza modern bir dugongla, ya da modern bir

karatavukla da başlayabilirdik. Ama şimdi daha radikal bir açıklamada bulunuyorum. Geriye doğru bir hac yolculuğunu herhangi bir *gen* için de yazabiliriz.

Alfa hemoglobinin, sitokrom-c'nin ya da başka bir genin hac yolculuğunu izlemeyi de tercih edebilirdik. Randevu 1, seçtiğimiz genimizin en son ikilenip genomda bir kopyasını meydana getirdiği kilometre taşı olurdu. Randevu 2, bir önceki ikilenip çoğalma anı olurdu vb. Her randevu, belirli bir hayvanın ya da bitkinin içinde gerçekleşirdi; tıpkı Taşemen'in Hikâyesi'nin Kambriyen Dönem'in çenesiz bir balığını, alfa ve beta hemoglobin bölünmesinin olası yuvası olarak tanımlaması gibi.

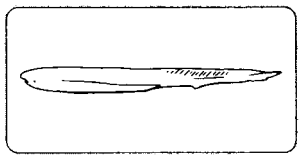
Genin gözüyle evrim, sürekli dikkatimizi üzerine çekiyor.

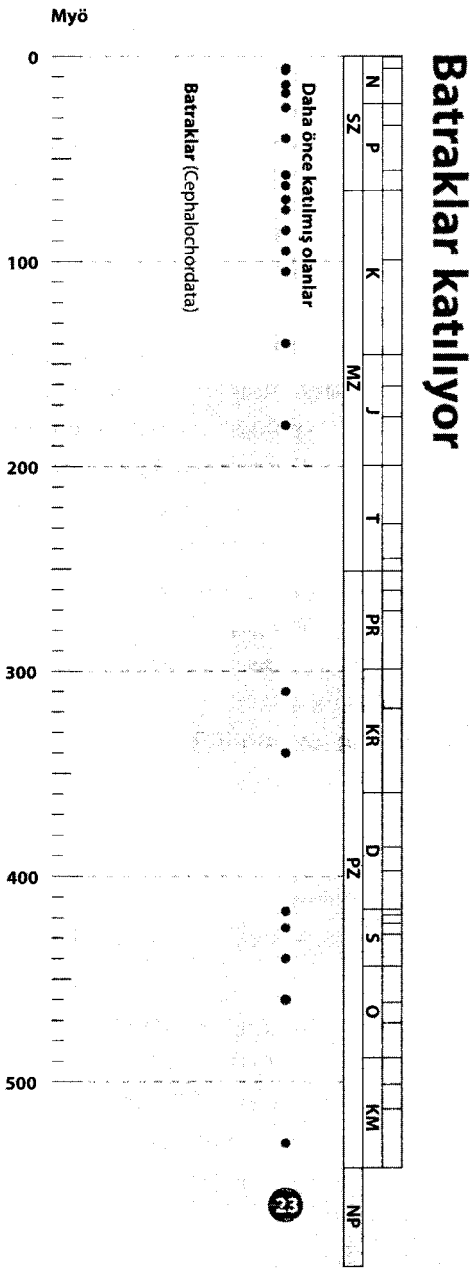
Randevu 23
BATRAKLAR

Şimdi de derli toplu küçük bir hacı, kendi çabasıyla sürünüp hac yolculuğuna katılıyor. Bu hacı batraktır –amfiyoksus olarak da bilinir. Latince adı *Amphioxus*'tur, ama bilimsel adlandırma kuralları ona *Branchiostoma* adını dayattı. Yine de *Amphioxus* olarak o kadar çok tanındı ki, adı yaşamaya devam ediyor. Batrak bir omurgalı değil, proto-kordalıdır; ama açıkça omurgalılarla akrabadır ve omurgalılarla birlikte Kordalılar filumuna yerleştirilir. Birkaç akraba cins daha var; ama *Branchiostoma*'ya çok benzerler ve ben onları ayırt etmeyip, hepsine birden batrak diyeceğim.

Batraklara derli toplu diyorum; çünkü bir kordalı olduğunu ilan eden özellikleri zarif bir biçimde ortaya serer. Yaşayan, yüzen (aslında çoğunlukla kumlara gömülü) bir ders kitabı şemasıdır. Vücut boyunca uzanan sırt ipliği vardır, ama omurganın bir izi yoktur. Sırt ipliğinin sırt tarafında sinir borusu vardır; ama (bir göz yerinin de bulunduğu) sinir borusunun ön ucundaki küçük şişliği saymazsanız beyin yoktur, iskelet beyin tası da yoktur. Yanlarda süzerek beslenmek için kullanılan solungaç yarıkları ve vücut boyunca uzanan bölümlü kas blokları vardır; ama kol ve bacak izi yoktur. Vücudun arka ucunda anüsü bulunan tipik solucandan farklı olarak, anüsün ötesine uzanan bir kuyruk vardır. Batrak, silindir gibi olmaktan çok, birçok balık gibi dikey bıçak ağzı şeklinde olmasıyla da solucanlardan farklıdır. Balığınkine benzer kas bloklarını kullanıp, vücudunu sağa sola dalgalandırarak balık gibi yüzer. Solungaç yarıkları öncelikle solumak için değildir; beslenme aygıtının parçasıdırlar. Su ağızdan girip, besin paçacıklarını yakalayan filtre gibi çalışan solungaç yarıklarından çıkar. Çok büyük olasılıkla Ortak Ata 23 de solungaç yarıkların böyle kullanıyordu; yani, solumak için solungaç daha sonra geldi, sonradan akla geldi. Öyleyse, sonunda alt çene evrilince, solungaç aygıtının bir parçasının değişime uğramış hali olması hoş bir tersine dönüştür.

Şimdi tarihlendirmenin benim cesaretimi kıracak kadar zor ve tartışmalı olduğu noktaya yaklaşıyoruz. Randevu 23'ün tarihini belirtmek zorunda kalsaydım, yaklaşık 560 milyon yıl önceyi, 270 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimizin devrini tahmin ederdim. Ama kolayca yanılabilirim ve bu nedenle, bundan sonra, dünyanın ortak ata





Batraklar katılıyor. Omurgalıların yaşayan en yakın akrabaları, batrak olarak bilinen balık-benzeri hayvanların 25 türüdür. Bu konuda fazla anlaşmazlık yok. Ama buradan geriye doğru randevu noktalarının tarihleri, çoğunlukla tartışmalıdır (bkz. Kadifekurtçuk'un Hikâyesi'ne Sonsöz). **Çizgi resim:** Branchiostama sp. (eskiden *Amphioxus*).

zamanındaki durumunu tarif etme çabasından vazgeçeceğim. Ortak atanın neye benzediğine gelince, kesin bileceğimizi sanmıyorum; ama Ortak Ata 23'ün bir batrağa benzemiş olması akla aykırı değil [bkz. resim 30]. Öyleyse bu, batrağın ilkel olduğunu söylemekle eşdeğerdir. Bu da hemen uyarıcı bir hikâyeyi –Batrak'ın Hikâyesi'ni– gerektirir.

BATRAK'IN HİKÂYESİ

Biraz daha gün ışığı büyütseydi cinsiyet bezlerini
Güçlenirdi Batrağın atalık iddiası.

WALTER GARSTANG (1868-1949)

Kuramlarını dizelerle ifade eden saygın zoolog Walter Garstang'la daha önce karşılaşmıştık. Yukarıdaki iki dizeyi, Aksolotl'un Hikâyesi'ne konu olacak kadar ilginç olmasına karşın, buradaki amacıma uygun olmayan Garstang'ın temasını geliştirmek için aktarmadım.* Yalnızca son dizeyle, özellikle de "ata iddiası" ifadesiyle ilgileniyorum. Batrağın gerçek omurgalılarla, uzun süre omurgalıların uzak bir atasının yaşayan akrabası sayılacak kadar ortak özellikleri vardır. Hatta bizzat ata sayılacak kadar –ki benim eleştirimin gerçek hedefi de budur.

Varlığını sürdüren bir hayvan olarak batrağın gerçekten ata olamayacağını pekâlâ bilen Garstang'a haksızlık ediyorum. Yine de, bu tür konuşmalar bazen gerçekten yanıltıcı olur. Zooloji öğrencileri, "ilkel" dedikleri modern bir hayvana bakınca uzak bir ata gördüklerini düşünürler. Yalnızca züppece olmakla kalmayıp, evrim açısından tutarsız da olan "alt hayvan" ya da "evrim basamağının dibinde" gibi ifadeler, bu yanılgıyı ele verir. Darwin'in kendisine verdiği öğüt, hepimiz için geçerlidir: "Üst ve alt sözcüklerini asla kullanma."

Batraklar canlı yaratıklardır, bizim çağdaşımızdır. Bizimle aynı evrim zamanına sahip modern hayvanlardır. Ele verici başka bir ifade de, "yan kol, evrimin ana çizgisinin dışında" ifadesidir. Yaşayan tüm hayvanlar yan koldur. Hiçbir evrim çizgisi, geri görüş kibri dışında, diğerinden daha "ana" değildir.

O halde, batrak gibi modern hayvanlar ne ata diye saygı görmeli, ne "alt hayvan" diye hor görülmeli, ne de "üst hayvan" diye pohpohlanmalıdır. Biraz daha şaşırtıcı bir biçimde –şimdi Batrak'ın Hikâyesi'nin ikinci ana konusuna geliyoruz– aynı şeyi fosiller için de söylemek, genel

*Garstang'ın şiirindeki cinsiyet bezleri, batrağınkine değil, bir taşemenin "ammosöt" larvasına işaret eder.

olarak daha güvenli olabilir. Belirli bir fosilin, modern bir hayvanın doğrudan atası olması kuramsal olarak anlaşılabilir. Ama istatistiksel olarak olası değildir; çünkü evrim ağacı bir Noel ağacı ya da bir Lombardiya kavağı değil, sık dallı bir ağaçlık ya da çalılıktır. Bakmakta olduğunuz fosil, muhtemelen atanız değildir; ama en azından kulak ya da kasık gibi vücudun belirli bir parçası bakımından, atalarınızın geçtiği ara evreleri anlamanıza yardımcı olabilir. Bu nedenle, bir fosilin modern bir hayvana benzer bir statüsü vardır. Her ikisi de, atasal bir evreyle ilgili tahminimizi aydınlatmak için kullanılabilir. Normal koşullarda, ikisi de gerçek ataymış gibi ele alınmamalıdır. Yaşayan yaratıkların yanı sıra fosillerin de, ata olarak değil, kuzen olarak ele alınması en iyisidir.

Kladist taksonomi okulunun üyeleri, bu konuda bir püritenin ya da İspanyol engizisyoncunun şevkiyle fosillerin özelliksizliğini ilan eden katı kuralcılar haline gelebilirler. Bazıları sınırı aşar. "Belirli bir fosilin, yaşayan herhangi bir türün bir atası olması olası değil" biçimindeki duyarlı ifadeyi alıp, "atalar hiç yoktu!" anlamında yorumlarlar. Açıkça, bu kitap böyle bir saçmalıktan uzak durur. Tarihin her tekil uğrağında en azından bir ata olmalı (en azından bir fil, bir ebabil, bir ahtapot ya da onun çağdaşı olan bir ata); belirli bir fosil neredeyse kesinlikle ata olmasa da.

Sonuç olarak, geçmişe yolculuğumuzda karşılaştığımız ortak atalar, genel olarak belirli tikel fosiller değildi. Normal olarak en fazla, ortak atanın muhtemelen sahip olduğu özelliklerin bir listesini hazırlayabiliriz. 10 milyon yıl öncesinden daha beride de olsa, şempanzelerle paylaştığımız ortak atanın fosili yoktur. Ama atanın, çok büyük olasılıkla, Darwin'in ünlü sözleriyle, kıllı bir dörtayaklı olduğunu tahmin edebildik; çünkü arka ayakları üzerinde yürüyen ve derisi çıplak olan tek insaymun biziz. Fosiller çıkarım yapmamıza yardımcı olabilirler; ama çok büyük ölçüde, yaşayan hayvanlarla aynı şekilde, dolaylı olarak.

Batrak'ın Hikâyesi'nin ana fikri bir ata bulmanın bir kuzen bulmaktan çok daha zor olduğudur. 100 milyon yıl önceki ya da 500 milyon yıl önceki atalarınızın neye benzediğini bilmek istiyorsanız, kayaçlarda uygun derinliğe inip, "Ata" etiketli bir fosille çıkıp gelmeyi ummanın bir yararı yok. En fazla, bazıları bir kısımla, bazıları başka bir kısımla ilgili, ataların benzeme olasılığı olan *türden* şeyleri temsil eden bir dizi fosil umabiliriz. Bu fosil, atalarımızın dişleriyle ilgili bize bir şey anlatırken, birkaç milyon yıl sonraki başka bir fosil, atalarımızın kollarıyla ilgili bir ipucu verebilir. Herhangi bir tikel fosil, neredeyse kesinlikle atamız

değildir; ama şans eseri, bazı parçaları atanın denk parçalarına benzeyebilir; tıpkı bugün bir leoparın kürekkemiğinin, bir pumanın kürek kemiğine makul ölçüde benzemesi gibi.

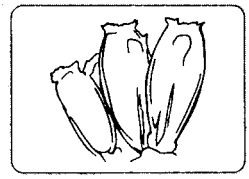
Randevu 24
DENİZFISKİYELERİ

Denizfıskiyelerinin, ilk bakışta, insan merkezli hac yolculuğumuza katılmaları olası gibi görünmez. Öncekiler, zaten yürümekte olanlardan dramatik ölçüde farklı değillerdi. Batrak bile derisi yüzülmüş balık sayılabilir: Kuşkusuz, başlıca özelliklerden yoksundur; ama batrağa benzer bir şeyin evrilip balığa dönüşebildiği bir yolun ana hatlarını kolayca çizebilirsiniz. Bir denizfıskiyesi başka bir şeydir. Bir balık gibi yüzmez. Herhangi bir şey gibi yüzmez. Yüzmez. Kordalı adını neden hak ettiği hiç belli değil. Tipik bir denizfıskiyesi, bir kayaya demirlemiş, deniz suyuyla dolu bir torba ile bir sindirim kanalı ve üreme organlarından oluşur. Torbanın üzerinde iki sifon vardır –biri içeriye su çekmek için, diğeri suyu dışarı atmak için. Gece gündüz, hiç durmadan su bir sifondan girip diğerinden çıkar. Yolun üzerinde, besin parçacıklarını tutan bir süzme ağından, bir yutak sepetinden geçer. Bazı denizfıskiyeleri koloniler halinde bir aradadırlar, ama her üye esas olarak aynı şeyi yapar. Hiçbir denizfıskiyesi bir balığı, herhangi bir omurgalıyı ya da batrağı uzaktan bile andırmaz [bkz. resim 31].

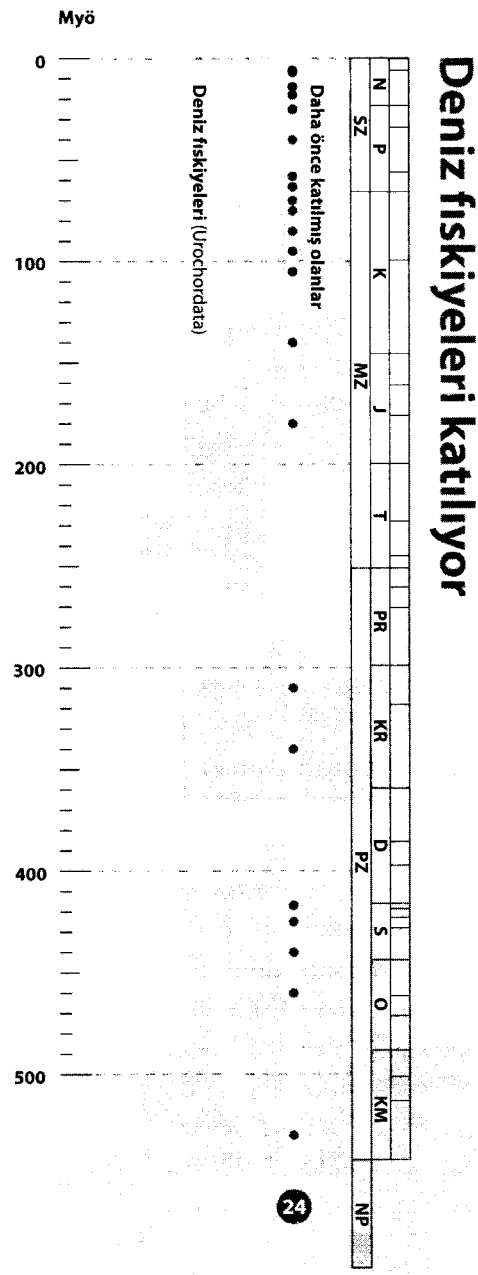
Yani hiçbir yetişkin denizfıskiyesi. Yetişkin bir denizfıskiyesi kordalılara benzemese de, iribaşa ya da taşemen larvasına benzeyen bir larvası vardır. Deniz dibinde yaşayan, suyu süzerek beslenen, gezgin olmayan birçok hayvanın larvası gibi, denizfıskiyesinin iribaş larvası da planktonlarda yüzer. Anüsün ötesine uzanan ve sağa sola kıvrılan bir kuyrukla balık gibi hareket eder. Bir sırt ipliği ve sırt sinir borusu vardır. Larva, yetişkin denizfıskiyesi olmasa da, en azından kaba bir kordalı görüntüsü vardır. Başkalaşıp bir yetişkine dönüşmeye hazır olunca, bir kayaya (ya da yetişkinlikte dinleneceği yere) yapışır, kuyruğunu, sırt ipliğini ve sinir sisteminin çoğunu yitirir ve yerleşik yaşama geçer.

İribaş larva" bile denir ve bunun önemini Darwin de biliyordu. Ascidianlar bilimsel adı altında denizfıskiyelerine aşağıdaki umutsuz tanıtımı uygun görür:

> Hayvanlara pek benzemezler ve basit, kaba, derimsi bir torba ile iki küçük kanaldan ibarettir. Huxley'in Yumuşakçamsılarına –büyük Yumuşakça krallığının bir alt bölümü– aittirler; ama son zamanlarda bazı natüralistler tarafından Solucanlar ya da Kurtlar arasına yerleştirildiler. Larvalarının şekli biraz iribaşı andırır ve serbestçe yüzme gücü vardır.



Deniz fıskiyeleri katılıyor



Deniz fıskiyeleri katılıyor. Sert kıkırdaklı "sırt ipliği" olan hayvanlar hep birlikte kordalılar olarak sınıflandırılır (insanlarda, omurlar arasındaki diskler bunun kalıntılarıdır). Kordalılar arasında deniz fıskiyeleri ve müttefiklerinin (yaklaşık 2.000 tanımlanmış türü var), diğer kordalıların en uzak akrabaları oldukları uzun süredir kabul edilmektedir. Yakın zamana ait moleküler veriler de bunu desteklemektedir.
Çizgi resim: Mavi deniz fıskiyesi (*Rhopalaea crassa*).

Ne Yumuşakçamsıların ne de Solucanların artık sınıf olarak kabul edilmediklerini söylemeliyim. Denizfıskiyeleri de artık yumuşakçaların ya da kurtların arasına dahil edilmiyor. Darwin devamında, 1833'te Falkland Adaları'nda böyle bir larva bulmaktan duyduğu hoşnutluktan söz eder ve şöyle der:

> M. Kovalevsky, Ascidianların larvalarının gelişim tarzlarıyla, sinir sisteminin göreli konumuyla ve omurgalı hayvanların *chorda dorsalis*'ine yakından benzer bir yapıya sahip olmalarıyla Omurgalılarla akraba oldukları gözleminde bulundu... Son derece uzak bir dönemde, birçok bakımdan şimdiki Ascidianlarımızın larvalarına benzeyen, iki büyük kola ayrılan –biri gerileyip şimdiki Ascidianlar sınıfını üretti; diğeri Omurgalıları doğurarak hayvanlar âleminin tepesine oturdu– bir hayvan grubunun var olduğuna inanmamız gerekir.

Ama şimdi uzmanlar arasında bir görüş ayrılığımız var. Olanlara ilişkin iki kuram var: Birini Darwin dillendirdi; diğerini Aksolotl'un Hikâyesi, Walter Garstang'a atfetti. Aksolotl'un mesajını, neoteni mesajını anımsarsınız. Bazen yaşam döngüsünde çocukluk evresi cinsel organlar geliştirip üreyebilir. Başka bakımlardan olgunlaşmamışken, cinsel bakımdan olgunlaşır. Daha önce aksolotlun mesajını Pekin köpeklerine, devekuşlarına ve kendimize uyguladık: Biz insanlar bazı bilim insanlarına, üremeyle ilgili gelişimini hızlandıran ve yaşam döngüsünün yetişkinlik evresini kesip atan çocuk insaymun gibi görünürüz.

Garstang aynı kuramı, tarihimizin çok daha eski bir kavşağında denizfıskiyelerine uyguladı. Ona göre, uzak atamızın yetişkinlik evresi, tıpkı bir karahindiba tohumunun bir sonraki kuşağı ebeveynlerinden çok uzağa taşımak için küçük bir paraşüte sahip olması gibi, yayılmak için iribaş larva geliştiren yerleşik bir denizfıskiyesiydi. Garstang'ın öne sürdüğüne göre, biz omurgalılar denizfıskiyesi *larvalarından* –asla büyümeyen larvalardan, ya da daha doğrusu üreme organları büyüyen, ama asla yetişkin denizfıskiyelerine dönüşmeyen larvalardan– türedik.

İkinci bir Aldous Huxley, kurgusal insan ömrünü, bir süper-Metuşelah'ın kafası üzerinde bir yere sabitlenip başkalaştığı ve bir televizyonun önünde bir kanepeye kalıcı olarak yapışmış dev bir denizfıskiyesine dönüştüğü noktaya kadar götürebilir. Olay örgüsüne yine, bir denizfıskiyesi larvasının pelajik etkinliği bırakıp yerleşik yetişkinliğe geçince "kendi beynini yedi"ğine ilişkin popüler mitten hiciv de eklenirdi. Daha dünyevi bir olguyu, başkalaşan denizfıskiyesi larvasının, krizalit evresindeki bir tırtıl gibi, larva dokularını bozup yetişkin vücutta yeniden kullanıma sokma gerçeğini, birisi renkli bir biçimde

ifade etmiş olmalı. Buna, planktonda aktif bir yüzücüyken yararlı olan baş sinir düğümünün bozulması da dahildir. Dünyevi ya da değil, bunun gibi umut vaat eden edebi bir metafor, dikkatten kaçamazdı –verimli bir mem yayılmazlık etmez. Zamanı gelince yerleşik yaşama geçen ve "kadro hakkı elde eden bir doçent gibi kendi beynini yiyen" larva denizfıskiyesine yapılan göndermelere birkaç kez tanık oldum.

Denizfıskiyeleri alt-filumu içinde Ekliceler denilen, üreme bakımından yetişkin, ama denizfıskiyesi larvalarına benzeyen bir modern hayvan grubu vardır. Garstang bunların üzerine atladı; onları kendi eski evrim senaryosunun yeniden sahnelenmesi olarak gördü. Ona göre eklicelerin ataları, planktonik bir larva evresi olan, deniz dibinde yaşayan, sabit denizfıskiyeleriydi. Larva evresinde üreme yeteneğini geliştirdiler, sonra da eski yetişkinlik evresini yaşam döngülerinden koparıp attılar. Bütün bunlar oldukça yakın zamanda gerçekleşmiş olabilir ve yarım milyar yıl önce atalarımızın başına gelmiş olabileceklerin büyüleyici bir işareti olabilir.

Garstang'ın kuramı kuşkusuz çekici bir kuramdır ve yıllarca rağbet gördü, özellikle de Garstang'ın ikna yeteneği yüksek damadı Alister Hardy'nin etkisiyle Oxford'da. Ne yazık ki, son DNA kanıtları, sarkacı Darwin'in özgün kuramına doğru kaydırdı. Ekliceler eski bir Garstang senaryosunun yeniden oynanması olsa, başkalarından çok bazı modern denizfıskiyeleriyle yakın akraba olmaları gerekirdi. Ne yazık ki, öyle değil. Tüm filumdaki en eski bölünme, bir yanda ekliceler ile diğer yanda filumun geri kalan kısmı arasındadır. Bu, Garstang'ın yanıldığını kesin olarak kanıtlamaz; ama Alister Hardy'nin kürsüsünün şu anki sahibi Peter Holland'ın bana dediği gibi, savunmasını zayıflatır –hem Garstang'ın, hem Hardy'nin öngöremeyeceği bir biçimde.

Ortak Ata 24'ün tarihi için benimsediğim tahmin, yaklaşık 275 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimize denk gelen 565 milyon yıl öncesidir; ama bu tür tahminler şimdi giderek daha fazla zorlaşıyor. Bir denizfıskiyesi larvası gibi bir şeye benzemiş de olabilir. Ama Garstang'ın savının tersine, yetişkin denizfıskiyesinin, Darwin'in öne sürdüğü gibi, daha sonra evrilmiş olması olası görünüyor. Darwin, bu uzak türün yetişkininin bir iribaşa benzediğini üstü örtük olarak varsayıyordu. Torunlarının bir kolu iribaş-biçimli kaldı ve evrilip balığa dönüştü. Diğer kol göreve devam hakkı elde etti, denizin dibine yerleşti ve eski yetişkinlik biçimini yalnızca larva evresinde koruyan yerleşik bir süzücü oldu.

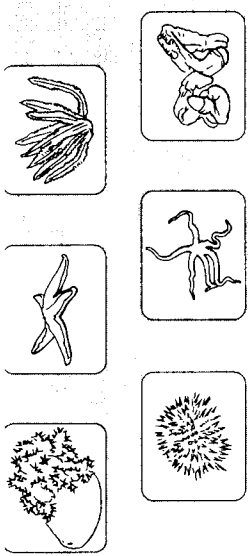
Randevu 25
TÜPAYAKLILAR

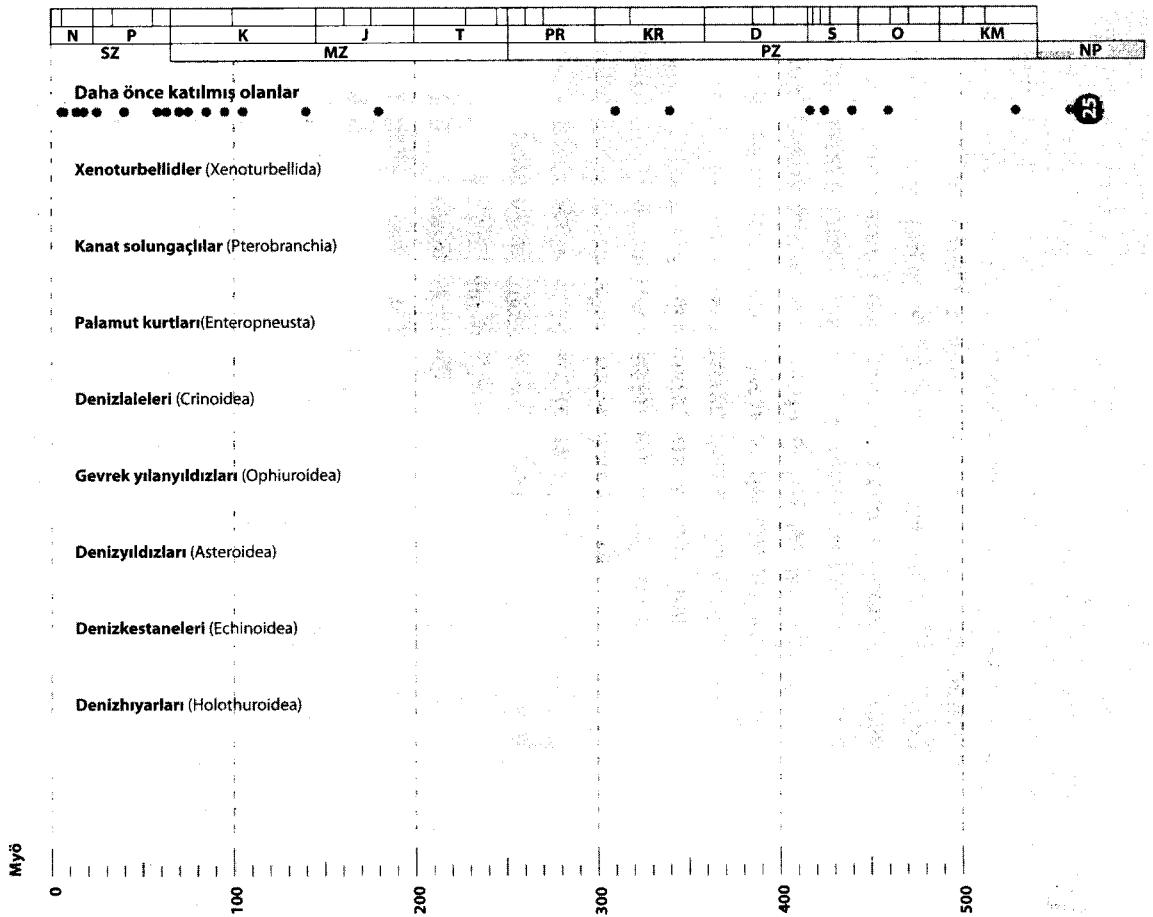
Tüm omurgalıları, ilkel kordalı kuzenleriyle, batraklarla ve denizfıskiyeleriyle birlikte bir araya toplayan hac yolculuğumuz, artık çok büyük bir kafiledir. Bundan sonra bize katılacak hacıların, omurgasızlar arasındaki en yakın kuzenlerimizin, şu tuhaf yaratıkları –biraz sonra onlara "Marslılar" diyeceğim– denizyıldızlarını, denizkestanelerini, gevrek yılanyıldızlarını ve denizhıyarlarını kapsaması oldukça şaşırtıcı gelir. Bunlar, büyük ölçüde soyu tükenmiş ve denizlaleleri ya da crinoidea denilen grupla birlikte, Echinodermata, Derisidikenliler filumunu oluştururlar. Derisidikenliler bize katılmadan "önce", moleküler kanıtlar olmadığı için hayvanlar âleminde başka yere yerleştirilmiş olan solucan-benzeri birkaç grupla kol kola girdiler. Palamut kurdu ve benzerleri (Enteropneusta ve Pterobranchia) daha önce denizfıskiyeleriyle birlikte proto-kordalılar olarak sınıflandırılmıştı. Şimdi moleküler kanıtlar onları o kadar geriye değil, Ambulacraria (tüpayaklılar) denilen bir üstfilum içinde derisidikenlilere bağlıyor.

Şimdi, *Xenoturbella* denilen tuhaf bir küçük kurt da tüpayaklıların arasına konuluyor. Kimse küçük *Xenoturbella*'yı nereye koyacağını bilmiyordu –gerçek bir boşaltım sistemi gibi, saygın bir solucanın sahip olması gereken şeylerin pek çoğundan yoksun gibi görünüyor. Zoologlar bu küçük solucanı o filumdan çıkarıp bu filuma soktular ve 1997'de birisi kalkıp, görünüşe karşın, midyelerle akrabalığı olan, oldukça bozulmuş bir çift-kabuklu yumuşakça olduğunu ilan ettiğinde, uğraşmaktan vazgeçmişlerdi. Kendinden emin bu açıklama, moleküler kanıtlardan geldi. *Xenoturbella*'nın DNA'sı bir midyeninkine çok benziyordu ve adeta perçinlercesine, yumuşakça-tipi yumurtalar içeren *Xenoturbella* örnekleri bulundu. Korkunç uyarı! Modern adli tıpçının klasik kâbusuna benzer bir şey –sanığın DNA'sının kurbanınkiyle kirlenmesi. *Xenoturbella*'nın yumuşakça DNA'sı ve yumuşakça yumurtaları içer-

Denizyıldızları ve akrabaları katılıyor. Biz kordalılar, ikincil-ağızlılar (deuterostomia) olarak bilinen hayvanlar koluna aitiz. Son moleküler araştırmalar, 8.100 kadar ikincil-ağızlı türün bir grup oluşturduğunu gösteriyor. Tüpayaklılar (Ambulacraria) adı verilen iki Xenoturbellida türünün konumu kesin olmamasına karşın bu türlerin yeni bir grup oluşturdukları oldukça güçlü bir kanıtlarla desteklenmektedir.
Çizgi resim: Denizelması (*Pseudo-colochirus violaceus*); yenilebilir denizkestanesi (*Echinus esculentus*); denizyıldızı (Asterias rubens); gevrek-yılanyıldızı (Ophiothrix sp); tüylü yıldız (*Cenometra bella*); palamut kurdu (*Enteropneusta*).

Denizyıldızları ve akrabaları katılıyor





mesinin nedeninin, yumuşakça yemesi olduğu anlaşıldı. Yumuşakça DNA'sı temizlenince geriye kalan gerçek *Xenoturbella*, daha da şaşırtıcı bir akrabalık ortaya çıkarır: *Xenoturbella*, tüpayaklıların bir üyesidir, muhtemelen Randevu 25'te tüpayaklıları selamlamadan "önce" onlara katılan son üyedir. Diğer moleküler kanıtlar Randevu 25'i geç Prekambriyen Dönem'de bir yere, 570 milyon yıl önceye yerleştirir. Ortak Ata 25'in yaklaşık olarak 280 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz olduğunu tahmin ediyorum. Tam olarak neye benzediği konusunda hiçbir fikrimiz yok; ama kesinlikle denizyıldızından çok solucana benzerdi. Derisidikenlilerin, ışınsal simetrilerini daha sonra, sağ-sol simetrik atalardan –"Bilateria"– geliştirdiklerini gösteren işaretler var.

Derisidikenliler büyük bir filumdur; yaklaşık 6.000 yaşayan türü ve erken Kambriyen Dönem'e kadar giden çok saygın fosil kalıntıları vardır. Bu eski fosiller, tuhaf bir biçimde asimetrik bazı yaratıkları da kapsıyor. Derisidikenliler düşünülünce insanın aklına ilk gelen sıfat herhalde tuhaf sıfatıdır. Bir meslektaş bir zamanlar kafadanayaklı yumuşakçaları (ahtapotlar, mürekkepbalıkları) "Marslı" olarak tarif etmişti. İyi bir noktaya değinmişti; ama sanırım benim bu rol için adayım, bir denizyıldızı olabilirdi. Bu anlamda bir "Marslı", bizzat acayipliğiyle bize ne olmadığımızı göstererek kendimizi görmemize yardım eden bir yaratıktır.

Dünya hayvanları, esas olarak iki taraflı simetriktirler: Bir ön uçları, bir arka uçları, bir sağ tarafları, bir sol tarafları vardır. Denizyıldızı ışınsal simetriktir; alt yüzün tam ortasında ağız, üst yüzün tam ortasında anüs vardır. Pek çok derisidikenli aynıdır; ama kalp-biçimli denizkestanesi ile kumkestanesi, kum kazmak amacıyla ön ve arkalı mütevazı bir iki taraflı simetriyi yeniden keşfetmişler. "Marslı" denizyıldızlarının tarafları olsa, dünyadaki pek çoğumuz gibi iki değil, beş tarafları olur (ya da birkaç durumda daha fazla tarafları). Dünya hayvanlarının çok büyük bölümünün kanı vardır. Denizyıldızı kan yerine deniz suyu taşır. Dünya hayvanlarının çok büyük çoğunluğu, kemikleri ya da diğer iskelet öğelerini çeken kasların yardımıyla hareket eder. Denizyıldızı, pompaladığı deniz suyunu kullanarak, benzersiz bir hidrolik sistemle hareket eder. Fiili hareket ettirici organları, alt yüzlerinde, beş simetri ekseni boyunca sıralanmış yüzlerce küçük "tüp ayak"tır. Her tüp ayak, ucunda küçük bir yuvarlak vantuz bulunan ince bir dokunaca benzer. Tek başına hayvanı hareket ettiremeyecek kadar küçüktür; ama hepsi bir araya gelince, yavaş ama güçlü bir biçimde hareket ettirebilirler. Tüp ayak hidrolik basınçla uzar, ucuna yakın sıkıştırılmış küçük bir am-

pulden güç alır. Her bireysel tüp ayağın, küçük bir bacak gibi bir faaliyet döngüsü vardır. Çektikten sonra vantuzunu serbest bırakır, yükselip kendini ileri atar ve vantuzuyla yeniden tutunur, yeniden çeker.

Denizkestaneleri aynı yöntemle dolaşırlar. Siğilli sucuğa benzeyen denizhıyarı da bu şekilde hareket edebilir; ama kazı yapanlar yersolucanı gibi tüm vücudu hareket ettirerek, önce ön tarafı ileriye alıp, arka tarafı çekerek yol alır. Daireye yakın merkezi bir diskten çıkan, ince, dalgalanan beş kolu bulunan gevrek yılanyıldızı, tüp ayaklarla sürünmek yerine, tüm kollarıyla kürek çekerek hareket eder. Denizyıldızının da, tüm kollara yana açan kasları vardır. Bu kasları, örneğin, avı yakalamak ve midye kabuğu açmak için kullanırlar.

Denizyıldızının yanı sıra, gevrek yılanyıldızı ve pek çok denizkestanesi de dahil, bu "Marslılar" için "ileri" keyfidir. Dünyada, bir kafanın yer aldığı bir ön tarafı bulunan pek çok yaşam formundan farklı olarak, bir denizyıldızı beş kolundan herhangi birini "öncü" yapabilir. Yüzlerce tüp ayak, herhangi bir zamanda öncü kolu izleme konusunda "hemfikir" olmayı bir şekilde becerir; ama öncülük rolü, bir koldan diğerine geçebilir. Eşgüdüm, bir sinir sistemiyle sağlanır; bu, gezegende alışık olduklarımızdan farklı bir sinir sistemi örüntüsüdür. Pek çok sinir sistemi, ya sırtta (bizim omuriliğimiz gibi) ya da karında (solucanlarda ve eklembacaklılarda olduğu gibi) önden arkaya doğru uzanan uzun bir ana kabloya dayanır. Tipik bir dünya yaratığında, uzunlamasına ana kablonun, çoğu kez önden arkaya doğru dizi halinde tekrarlanan sinir çiftleri biçiminde yan sinirleri vardır. Genellikle, yeterince büyüdüğünde beyin adını alan sinir düğümü, yerel şişlikleri vardır. Denizyıldızının sinir sistemi çok farklıdır. Bekleneceği gibi, ışınsal olarak düzenlenmiştir. Ağzın etrafında tam bir çember vardır, oradan beş kablo (ya da ne kadar kol varsa o kadar) her bir kol boyunca uzanır. Her koldaki tüp ayaklar, kol boyunca uzanan ana sinirle kontrol edilir.

Tüp ayaklar dışında, bazı türlerin beş kolun alt yüzüne saçılmış yüzlerce pedisel vardır. Bunlara küçük kıskaçlar bulunur ve yiyecek yakalamak ya da küçük parazitlerden korunmak için kullanılırlar.

"Marslılar" yabancı görünseler de, denizyıldızı ve arkadaşları görece yakın kuzenlerimizdir. Tüm hayvan türlerinin yüzde dördünden azı, bize denizyıldızlarından daha yakındır. Hayvan aleminin çok büyük bölümü hac yolculuğumuza henüz katılmamıştır. Büyük çoğunluğu hep birlikte, Randevu 26'da devasa bir hacı kafilesi halinde geliyorlar. Birincil-ağızlılar, yürüyüşe daha önce katılmış hacı kalabalığını bunaltmak üzeredir.

Randevu 26
BİRİNCİL-AĞIZLILAR

Jeolojik zamanın derinliklerinde fosil desteğinden giderek daha fazla yoksun kalınca, artık, Genel Giriş'te moleküler mesafe ölçüm dediğim tekniğe dayanıyoruz. İşin iyi yanı, bu teknik giderek daha fazla gelişiyor. Moleküler mesafe ölçüm, karşılaştırmalı anatomicilerin ya da daha doğrusu karşılaştırmalı embriyologların uzun süredir savundukları bir inancı doğruluyor: hayvanlar âleminin büyük bölümü, iki büyük alt-aleme, İkincil-ağızlılar ve Birincil-ağızlılar alt-alemlerine ayrılmıştır.

Embriyoloji burada devreye girer. Hayvanlar, tipik olarak, erken yaşamlarında bağırsak oluşumu denilen bir yol ayrımından geçerler. Saygın embriyolog ve bilimsel put kırıcı Lewis Wolpert şöyle diyordu:

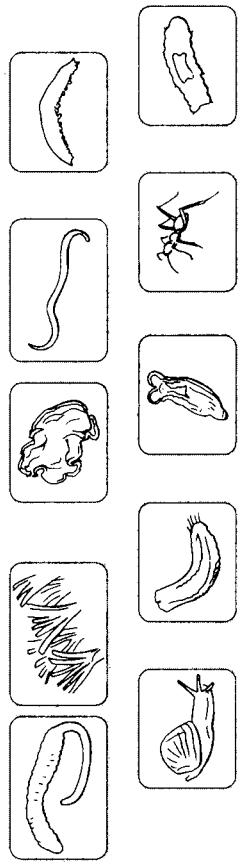
> Yaşamınızda gerçekten en önemli zaman, doğum, evlilik ya da ölüm değil, bağırsak oluşumudur.

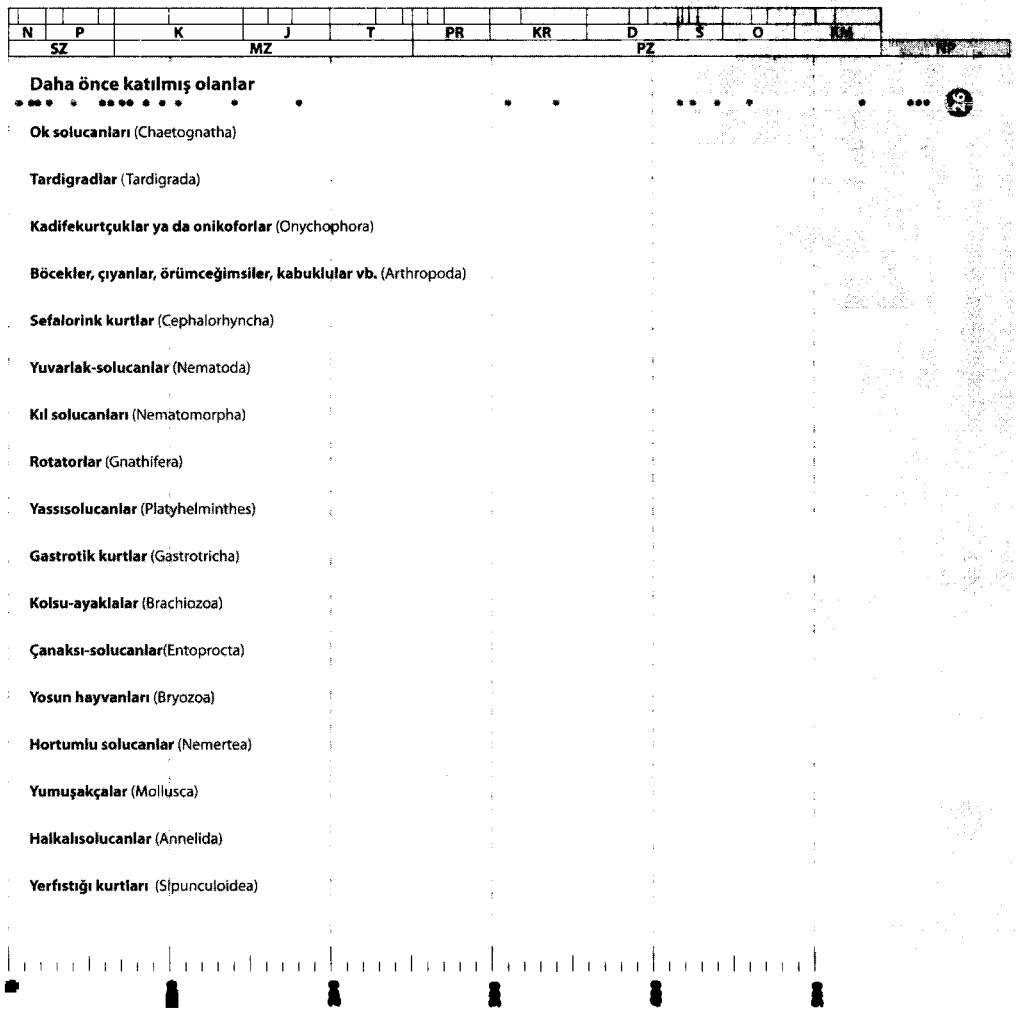
Bağırsak oluşumu, tüm hayvanların yaşamlarında erkenden yaptıkları bir şeydir. Tipik olarak, bağırsak oluşumundan önceki bir hayvan embriyonu, duvarı bir hücre kalınlığında olan içi oyuk bir küreden, blastuladan ibarettir. Bağırsak oluşumu sırasında, küre çöküp iki katmanlı bir çanak oluşturur. Çanağın açık tarafı kapanıp ilk-ağız (blastopore) denilen küçük bir delik oluşturur. Neredeyse tüm hayvan embriyonları bu evreden geçer; yani bu, büyük olasılıkla çok eski bir özelliktir. Bu kadar temel bir deliğin, vücuttaki iki derin delikten biri haline gelmesini bekleyebilirsiniz ve haklısınız. Ama şimdi hayvanlar âlemindeki büyük bölünme, İkincil-ağızlılar (biz de dahil, Randevu 26'dan önce gelen tüm hacılar) ile Birincil-ağızlılar (Randevu 26'da yolculuğa katılacak olan büyük kafile) arasındaki bölünme geliyor.

İkincil-ağızlı embriyonda, ilk-ağzın kaderi anüs olmaktır (ya da en azından anüs, ilk-ağza yakın gelişir). Ağız daha sonra, sindirim kanalının

Birincil-ağızlılar katılıyor. Bu randevuda 60.000 kadar bilinen ikincil-ağızlı tür, bir milyondan fazla tanımlanmış birincil-ağızlıyla buluşuyor. Bu birincil-ağızlılar filogenisi, genetiğin ortaya çıkardığı yeni ve köklü bir yeniden düzenlemeyi temsil eder. İki büyük grup şimdi genel olarak kabul ediliyor; ama içlerindeki dallanma sırası son derece belirsizdir. Soldaki yedi soyun ("Lophotrochozoa") içindeki sıra, özellikle kesin değildir.
Çizgi resimler, soldan sağa: Kum kurdu (*Arenicola*); bahçe salyangozu (*Helix aspersa*); adsız yosun hayvanı, gastrotrik (*Chaetonotus simrothi*); çizgili çok kaplı yassı kurt (*Pseudoceros dimidiatus*); Antarktika sülüksü rotatoru (*Philodina gregaria*); adsız yuvarlak-solucan, yaprakkesen karınca (*Atta*); kadifekurtçuk (*Peripatopsis moseleyi*); adsız tardigrad.

Birincil-ağızlılar katılıyor





diğer ucunda ayrı bir delik olarak ortaya çıkar. Birincil-ağızlılar bunu farklı bir biçimde yapar: Bazılarında ilk-ağız, ağız olur ve anüs daha sonra ortaya çıkar; bazılarında ilk-ağız, daha sonra fermuarla kapatılmış gibi ortadan kapanan bir kesiktir ve kesiğin bir ucu ağız, diğer ucu anüs olur. Ağzı önce oluşanlara Birincil-ağızlılar (Protostomia), ağzı anüsten sora oluşanlara İkincil-ağızlılar (Deuterostomia) diyoruz.

Hayvanlar alemine ilişkin bu geleneksel embriyolojik sınıflandırma, modern moleküler verilerle de desteklenmiştir. Gerçekten de iki ana hayvan türü vardır; ikincil-ağızlılar (bizim payımıza düşen) ve birincil-ağızlılar (diğerleri). Ne var ki, eskiden ikincil-ağızlılara dahil edilen bazı filumlar, benim de peşlerinden gittiğim moleküler revizyonistler tarafından oradan çıkarılıp birincil-ağızlılara dahil edildi. Bunlar, şimdi birincil-ağızlıların "Lofotrokozoa" (Lophotrochozoa) bölümünde yumuşakçalar ve halkalısolucanlarla birlikte gruplandırılan üç lofofor filumdur –phoronidler, kolsu-ayaklılar (brachiopoda) ve yosun hayvanları (bryozoa). "Lofoforlar"ı anımsama zahmetine katlanmayın –belli yaştaki zoologlar, ikincil-ağızlılar arasında onları görmeyince şaşırabilecekleri için, burada onlardan söz etmem gerekiyor. Birincil-ağızlılara da, ikincil-ağızlılara da ait olmayan bazı hayvanlar da vardır; ama onlara daha sonra geleceğiz.

Randevu 26, en büyük randevudur; bir randevudan çok, devasa bir hacı toplantısıdır. Ne zaman gerçekleşir? Böylesine eski tarihleri hesaplamak zordur. Benim "590 milyon yıl öncesi" tahminimin, büyük bir artı-eksi hata payı vardır. Aynı şey, Ortak Ata 26'nın 300 milyonuncu büyük-büyük-ebeveynimiz olduğu tahmini için de geçerlidir. Birincil ağızlılar, hayvan hacıların çok büyük bir bölümünü oluştururlar. Bizim kendi türümüz ikincil-ağızlılardan olduğu için, bu kitapta onlara özel bir ilgi gösterdim ve birincil-ağızlıları, tek bir büyük randevuda hep birlikte kafileye katılan hacılar olarak betimliyorum.

Birincil-ağızlıların, ikincil-ağızlılardan çok daha fazla sayıda hayvan filumu vardır. Bu filumlar, omurgalıların iki katı kadar türü olan yumuşakçaları kapsar. Tür sayısı memeli türlerin üç katı olan üç büyük solucan filumunu kapsar: yassısolucanlar, yuvarlak-solucanlar ve halkalısolucanlar. Birincil-ağızlı hacılar, her şeyden önce, eklembacaklıları kapsar: böcekler, kabuklular, örümcekler, akrepler, çıyanlar, kırkayaklar ve başka birkaç küçük grup. Tek başına böcekler, tüm hayvan türlerinin en az dörtte üçünü oluşturur, belki de daha fazlasını. Royal Society'nin şimdiki başkanı Robert May'in dediği gibi, ilk bakışta tüm türler böcektir.

Moleküler taksonomi günlerinden önce, hayvanları anatomilerine ve embriyolojilerine bakarak gruplandırır ve ayırırdık. Tüm sınıflandırma düzeylerinden –tür, cins, takım, sınıf vb.– filumun özel, neredeyse mistik bir statüsü vardı. Bir filumun içindeki hayvanlar, açıkça birbirleriyle akrabaydılar. Farklı filumlardaki hayvanlar, herhangi bir ilişkinin ciddiye alınamayacağı kadar farklıydılar. Filumlar, neredeyse birleştirilemez bir uçurumla birbirinden ayrılıyorlardı. Şimdi moleküler karşılaştırmalar, filumların daha önce sandığımızdan daha fazla bağlantılı olduklarını gösteriyor. Bir anlamda bu hep meydandaydı –hayvan filumlarının ilk balçıktan ayrı ayrı doğduklarına kimse inanmıyordu. Onları oluşturan parçalar gibi, hiyerarşik örüntüler içinde birbirleriyle bağlantılı olmalıydılar. Yalnızca bağlantıları görmek zordu, derin zamanda kaybolmuşlardı.

İstisnalar vardı. Filum düzeyinin üstünde, embriyolojiye dayalı birincil-ağızlı/ikincil-ağızlı gruplandırması kabul ediliyordu. Birincil-ağızlılar içinde, halkalısolucanların (halkalı yersolucanları, sülükler ve tüylü solucanlar), eklembacaklılarla bağlantılı oldukları geniş bir çevrede kabul görüyordu; iki grubun da parçalı bir vücut planı vardı. Bu tikel bağlantı, göreceğimiz gibi, şimdi yanlış gibi görünüyor: Şimdi, halkalısolucanlar, yumuşakçalarla eşleştiriliyor. Aslında, deniz halkalısolucanlarının, birçok deniz yumuşakçasının larvalarıyla aynı adı, "trokofor" larva adını alacak kadar benzeyen larvalarının olması biraz kuşku yaratıyordu. Halkalısolucan-yumuşakça gruplandırması doğruysa, bu, trokofor larvanın (halkalısolucanlar ve yumuşakçalar tarafından) iki kez icat edildiği değil, daha çok parçalı vücut planının (halkalısolucanlar ve eklembacaklılar tarafından) iki kez icat edildiği anlamına gelir. Halkalısolucanların yumuşakçalarla birleştirilmesi ve eklembacaklılardan ayrılması, moleküler genetiğin, morfolojiye dayalı taksonomiyle büyümüş zoologlara büyük sürprizlerinden biridir.

Moleküler kanıtlar, birincil-ağızlı filumları iki, belki de üç ana gruba ayırır; sanırım bunlara üst-filumlar diyebiliriz. Bazı otoriteler bu sınıflandırmayı henüz kabul etmemiştir; ama ben, yanlış olabileceğini kabul etmekle birlikte, ona uygun devam edeceğim. İki üst-filuma, Ecdysozoa (Ekdisozoa --deri-değiştirenler) ve Lophotrochozoa (Lofotrokozoa) denir. Daha az kabul gören, ama bazılarının tercih ettiği gibi Lophotrochozoa ile bir araya koymak yerine ayrı kabul edeceğim üçüncü üst-filuma, Platyzoa (Platizoa) denir.

Ecdysozoa adı, deri değiştirme alışkanlığından gelir (kabaca alet

değiştirme anlamına gelen Yunanca bir sözcük olan *ecdysis*'ten). Bu hemen, böceklerin, kabukluların, örümceklerin, kırkayakların, çıyanların, trilobitlerin ve diğer eklembacaklıların Ecdysozoa olduklarını ima eder ve bu da, birincil-ağızlı hacıların deri-değiştirenler tayfasının gerçekten de çok büyük olduğu, hayvanlar âleminin dörtte üçünden fazlasını oluşturdukları anlamına gelir.

Eklembacaklılar hem karaya (özellikle böcekler ve örümcekler), hem denize (kabuklular ve eskiden trilobitler) egemendirler. Paleozoyik balıkları yıldırdığını sandığımız Paleozoyik denizakrepleri hariç, eklembacaklılar bazı omurgalıların muazzam vücut büyüklüğüne ulaşmadılar.* Bunun nedeni, sert eklemli boru biçimindeki kol ve bacaklarıyla, kendilerini bir zırh-levhalı dış-iskeletin içine kapatmaları olarak gösterilir. Yani ancak deri değiştirerek, düzenli aralıklarla üst kabuğu atıp, daha büyük bir yenisini sertleştirerek büyüyebilirler. Denizakreplerinin iddia edilen bu sınırlamadan kurtulmayı nasıl becerdikleri, benim için çok açık değil.

Eklembacaklıların alt-gruplarının nasıl düzenleneceğine ilişkin bitmeyen bir tartışma vardır. Bazı zoologlar eski görüşü savunurlar: Böcekler, çokayaklılarla (çıyanlar, kırkayaklar ve benzerleri) birlikte anılır, kabuklulardan ayrıdır. Şu anda çoğunluk, çokayaklıları ve örümcekleri dış grup sayıp, böceklerle kabukluları bir tutuyor. Korkunç denizakrepleriyle birlikte örümceklerin ve akreplerin keliserliler (Chelicerata) denilen gruba ait olduklarını herkes kabul ediyor. Ne yazık ki, at nalı yengeç olarak bilinen canlı fosil *Limulus* da, ayrı bir grup sayılan soyu tükenmiş trilobitlere yüzeysel benzerliğine karşın, keliserliler arasına konulur.

İki küçük hacı tayfası, bazen tüm-eklembacaklılar denilen onikoforlar ve tardigradlar, Deri-değiştirenler içinde eklembacaklılarla birleştirilir. *Peripatus* gibi onikoforlar ya da kadifekurtçuklar, şimdi, Kadifekurtçuk'un Hikâyesi'nde göreceğimiz gibi önemli bir fosil tayfası bulunan Lobopodia (Lop-ayaklılar) filumunda sınıflandırılır. *Peripatus*, biraz tırtıla benzer, sevimli bir görüntüsü vardır –bu bakımdan, tardigradların gerisinde kalmalarına karşın. Ne zaman bir tardigrad görsem evde beslemek isterim. Tardigradlara bazen su ayıları denilir ve bebek bir ayının sevimli görüntüsüne sahiptirler. Aslında çok minik bir bebek ayı:

*Paleozoyik Zaman'da, tahminen bir metre boyunda dev kara akrepleri de vardı; serinkanlıca selamlamadığım bir olgu (ilk anılarımdan biri, modern bir Afrika akrebinin beni sokmasıdır). Bilinen en büyük trilobit, *Isotelus rex*, 72 santimetre uzunluğa ulaşıyordu. Kanat genişliği 70 santimetreye varan kızböcekleri, Karbonifer Dönemde geliştiler. Bugün en büyük eklembacaklı Japon örümcek yengecinin, *Macrocheira kaempferi*, 30 santimetrelik bir vücudu vardır ve aşırı uzun bacakları arasındaki mesafe, dört metreye ulaşabilir.

Bebek acemiliğinin sevimli havasıyla sekiz küt kolunu sallayışını mikroskopsuz görebilirsiniz.

Deri-değiştirenler üst-filumunda, ipliksolucanlar önemli bir filumdur. Onlar da aşırı kalabalıktır; çok önce Amerikalı zoolog Ralph Buchsbaum'un unutulmaz kıldığı bir olgu:

> İpliksolucanlar dışında evrendeki tüm madde süpürülüp atılsaydı, dünyamız yine de belli belirsiz tanınabilirdi... Bir ipliksolucanlar filmiyle temsil edilen dağlarını, tepelerini, vadilerini, ırmaklarını, göllerini ve okyanuslarını bulurduk... Ağaçlar, sokaklarımızı ve caddelerimizi temsil eden hayalet sıralar halinde dururdu. Çeşitli bitki ve hayvanların yeri deşifre edilebilirdi ve yeterli bilgimiz varsa, birçok durumda, üzerlerindeki ipliksolucan parazitler incelenerek türleri bile belirlenebilirdi.

Buchsbaum'un kitabını ilk okuduğumda bu imge hoşuma gitmişti; ama itiraf etmeliyim ki, şimdi geri dönüp okuduğumda, biraz kuşku duyuyorum. İpliksolucanların kalabalık ve her yerde olduklarını söylemekle yetinelim.

Ecdysozoa içinde daha küçük filumlar, çeşitli solucanları kapsar; yırtıcı deniz solucanları (Priapulida) ya da penis solucanlar da bunların arasındadır. Adları oldukça yerindedir; bu konuda şampiyon, Latince adı *Phallus* olan mantar olsa da (Randevu 34'ü bekleyin). Yırtıcı deniz solucanlarının, halkalısolucanlardan bu kadar uzak sınıflandırılması yüzeysel olarak şaşırtıcıdır.

Lofotrokozoa hacıların sayısı, deri-değiştirenlerden az olabilir; ama bizim ikincil-ağızlı hacılardan fazladırlar. İki büyük lofotrokozoa filum, yumuşakçalar ve halkalısolucanlardır. Halkalısolucanlar, ipliksolucanlarla karıştırılamazlar; zira halkalısolucanlar boğumludur –eklembacaklılar gibi. Yani, vücutları bir trenin vagonları gibi, baştan kıça bir dizi bölme olarak düzenlenmiştir. Örneğin, sindirim kanalı boyunca uzanan kan damarları ve sinir düğümleri gibi birçok vücut parçası, vücut boyunca her bölmede tekrarlanır. Aynı şey eklembacaklılar için de geçerlidir; bölmeleri birbirlerinin aynısı olduğundan, en açık biçimde çıyanlar ve kırkayaklar için de. Bir ıstakozda, daha da fazlası bir yengeçte, bölmelerin birçoğu birbirinden farklıdır; ama yine de, vücudun baştan kıça bölmeli olduğun açıkça görebilirsiniz. Atalarının, kesinlikle, bir tespihböceği ya da bir kırkayak gibi daha tek tip bölmeleri vardı.* Halkalısolucanlar, bölmeli olmayan yumuşakçalarla daha yakın akraba ol-

*Tespihböcekleri gibi görünen ve davranan bazı harika kırkayaklar –hap-kırkayaklar– vardır. Yakınsak evrime ilişkin gözde örneklerimden biri budur.

malarına karşın, bu bakımdan kırkayaklara ya da tespihböceklerine benzerler. En bilinen halkalısolucanlar, bahçe yersolucanlarıdır. Avustralya'da uzunlukları dört metreye ulaştığı söylenen dev yersolucanları görme fırsatım oldu.

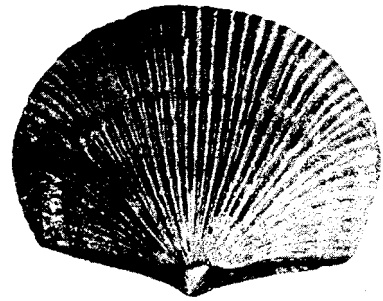
Lofotrokozoa üst-filumu, başka solucan-benzeri filumları, örneğin kılsolucanlarla karıştırılmaması gereken hortumlusolucanları da kapsar.

Az çok solucana bezeyen çeşitli filumlar vardır; ama Lofotrokozoa üst-filumunun en büyük ve en önemli filumu yumuşakçalardır: sümüklüböcekler, istiridyeler, ammonitler, ahtapotlar ve benzerleri. Yumuşakça hacı tayfası, çoğunlukla sümüklüböcek hızıyla sürünür; ama mürekkepbalıkları, denizdeki en hızlı yüzücüler arasındadır ve bir tepkili itme biçimi kullanır. Kuzenleri ahtapotlarla birlikte, hayvanlar âlemindeki en maharetli renk değiştiricilerdir; kısmen hızlı değiştikleri için bu konuda, dillere destan bukalemunlardan bile daha iyidirler. Ammonitler, mürekkepbalıklarının, hâlâ varlığını sürdüren *Nautilus*'ta olduğu gibi, yüzme organı işlevi gören helezonlu kabukların içinde yaşayan akrabalarıydı. Ammonitler bir zamanlar denizleri dolduruyorlardı; ama dinozorlarla aynı zamanda soyları tükendi. Sanırım onlar da renk değiştiriyordu.

Başka bir büyük yumuşakça grubu da, çift-kabuklulardır: istiridyeler, midyeler, tarak-midyeleri ve taraklar. Çift-kabukluların son derece güçlü tek bir kasları, işlevi kabukları kapatmak ve yırtıcılara karşı kapalı konumda kilitlemek olan adduktor kasları vardır. Ayağınızı dev bir tarak midyesine (*Tridacna*) kaptırmayın –bir daha geri alamazsınız. Çift-kabuklular, suların sürüklediği ağaç dallarında, ahşap gemilerde, rıhtımların ve dalgakıranların kazıklarında delik açmak için kabuklarını kesici alet gibi kullanan gemi kurtları *Teredo*'ları da kapsar. Açtıkları düzgün yuvarlak delikleri belki görmüşsünüzdür. Folaslar da kayalarda benzer bir şey yaparlar.

Kolsu-ayaklılar, çift-kabuklu yumuşakçalara yüzeysel olarak benzerler. Onlar da, birincil-ağızlı hacıların büyük lofotrokozoa tayfasının bir parçasıdırlar; ama çift-kabuklu yumuşakçalarla yakın akraba değildirler. Akciğerli-balık'ın Hikâyesi'nde onlardan biriyle, *Lingula*'yla, ünlü bir "yaşayan fosil" olarak karşılaştık. Şimdi yaklaşık 350 kolsu-ayaklı türü vardır; ama Paleozoyik Zamanda, çift-kabuklu yumuşakçalarla boy ölçüşüyorlardı.* Aralarındaki benzerlik yüzeyseldir: Çift-kabuklu

*Stephen Gould, "Gece Geçen Gemiler" adlı hoş bir denemede onları karşılaştırdı.



Ceci n'est pas une coquille (Bu bir kabuk değil). Silüriyen Dönemden bir fosil kolsu-ayaklı (Doleorthis).

yumuşakçaların iki kabuğu, sağ ve sol kabuktur; kolsu-ayaklıların iki kabuğu ise alt ve üst kabuktur. Kolsu-ayaklılar ile çanaksı-solucanlar ve yosun-hayvanları denilen iki müttefik "lofofor" grubunun statüsü hâlâ tartışmalıdır. Dediğim gibi, onları Lofotrokozoa üst-filumunun içine yerleştirerek egemen çağdaş düşünce okuluna uygun davranıyorum. Bazı zoologlar, onları eskiden oldukları yerde, birincil-ağızlıların dışında, ikincil-ağızlıların içinde bırakır; korkarım, onlarınki kayıp bir savaştır.

Birincil-ağızlılar üst-filumunun üçüncü büyük kolu, Platizoa filumu, bazı otoritelerce Lofotrocozoa üst-filumuna katılırdı. "Platy" yassı demektir ve Platizoa adı, bileşen bir filumun, yassısolucanlar ya da Platyhelminthes adından gelir. "Helminth" bağırsak kurdu demektir ve bazı yassısolucanlar parazit olduğu halde (tenyalar), serbest yaşayan büyük bir yassısolucan grubu, çoğu kez son derece güzel olan türbelar grubu vardır. Yakın zamanda, geleneksel olarak yassısolucan olarak sınıflandırılan bazı hayvanlar, örneğin akoeller (acoela), moleküler taksonomistler tarafından birincil-ağızlılar kapsamından tamamen çıkarıldılar.

Diğer filumlar, geçici olarak Platizoa üst-filumuna yerleştirilir; ama şimdilik, onları koyacak daha kesin bir yer olmadığı ve çok büyük ölçüde yassı olmadıkları için. "Küçük filumlar"a ait olan bu hayvanlar, kendi başlarına büyüleyicidirler ve her biri, omurgasızlar zoolojisi ders kitabında bir bölümü hak eder. Ne var ki, tamamlamamız gereken bir hac yolculuğumuz var ve acele etmeliyiz. Bu küçük filumlar arasında, anlatacak bir hikâyeleri olduğu için, yalnızca rotatorlardan (tekerlekli hayvanlar) söz edeceğim.

Rotatorlar o kadar küçüktürler ki, başlangıçta tek-hücreli "hayvancıklar"la birlikte gruplandırıldılar. Aslında çok-hücrelidirler ve oldukça karmaşık yapıları vardır. Bir grubu, sülüksü rotatorlar, erkeğin hiç görülmemesiyle dikkate değerdir. Hikâyeleri de bununla ilgilidir ve biraz sonra geleceğiz.

Uzun ve geniş akarsulardan oluşan bu birincil-ağızlı hacılar seli, biz de dahil olduğumuz için şimdiye kadar ilerlemesini izlediğimiz (görece) küçük kafileyle, ikincil-ağızlılar kafilesiyle randevusunda buluşur. Bizim insan bakış açımızla, her ikisinin büyük atasını, Ortak Ata 26'yı, böylesine uzak bir zaman mesafesinde yeniden kurmak son derece zordur.

Ortak Ata 26'nın bir tür solucan olması çok olası görünüyor. Yani, iki taraflı simetrik, bir sol ve bir sağ tarafı, bir sırt ve bir karın tarafı, bir baş ve bir kuyruk ucu bulunan uzun bir şey. Aslında bazı bilim insanları, Ortak Ata 26'dan türeyen tüm hayvanlara Bilateria (ikitaraflılar) adını verdiler ve ben de bu sözcüğü kullanacağım. Bu örüntü, solucan biçim, neden bu kadar yaygın? Birincil-ağızlıların üç alt-grubunun en ilkel üyeleri ve en ilkel ikincil-ağızlılar, genel olarak solucan-biçimli diyeceğimiz biçimdedirler. Haydi, bir solucan olmanın ne demek olduğuyla ilgili bir hikâye dinleyelim.

Solucanın hikâyesini kum kurdunun gri ve çamurlu ağzıyla anlatmak isterdim. Ne var ki, kum kurdu zamanının çoğunu U-şeklinde bir barınakta geçirir ve biraz sonra anlaşılacağı üzere, ihtiyacımıza uygun değil. Aktif bir biçimde ileriye doğru emekleyen ya da yüzen, sağ ve sol, ön ve arka, yukarı ve aşağı sözlerini anlamlı bulan daha tipik bir solucana ihtiyacımız var. Bu yüzden hikâyeyi kum kurdunun yakın kuzeni nereyis anlatacak. 1884'te bir dergide çıkan fenerbalıklarıyla ilgili bir makale, "Kullanılan yem, nereyis denilen bir tür ıslak çıyandır," der. Elbette bir çıyan değil, çok-kıllı bir solucandır. Denizde yaşar, normalde deniz dibinde emekler, ama gerekirse yüzebilir de.

NEREYİS'İN HİKÂYESİ

Bir yerde oturup kolları sallama ya da su pompalama dışında A noktasından B noktasına mesafe katetme anlamında hareket eden her hayvanın, uzmanlaşmış bir ön uca ihtiyaç duyması olasıdır. Bunun bir adı da olabilir, buna baş diyelim. Yeni olanla ilk önce baş karşılaşır. Besini ilk karşılaşılan uçta almak, duyu organlarını da –belki gözleri, duyargaları, tat ve koku organlarını– oraya toplamak anlamlıdır. Sonra ana sinir dokusu topağının –beynin– duyu organlarına yakın, yiyecek yakalama aygıtının bulunduğu ön uçtaki eyleme yakın olması en iyisidir. Bu yüzden başın bulunduğu ucu, öncü uç olarak, ağzın, ana duyu organlarının ve varsa beynin bulunduğu uç olarak tanımlayabiliriz. Biraz önce çıkanları tekrar içeri almaktan sakınmak için atıkları ağızdan uzak,

arka uca yakın bir yerde boşaltmak da iyi bir fikirdir. Bu arada, solucanları düşündüğümüzde bütün bunlar anlamlı olur; ama denizyıldızı gibi ışınsal simetrik hayvanlar için bu muhakemenin geçerli olmadığını size anımsatmalıyım. Denizyıldızı ve benzerlerinin bu muhakemenin dışında kalmalarının nedenini gerçekten anlamıyorum ve onlara "Marslı" dememin bir nedeni de budur.

İlkel solucanımıza dönersek, ön ve arka asimetrisini hallettik, peki ya yukarı-aşağı asimetrisi? Neden bir sırt tarafı, bir de karın tarafı var? Muhakeme aynıdır ve bu kez, solucanlar kadar denizyıldızları için de geçerlidir. Yerçekimi olduğuna göre, yukarı ile aşağı arasında bir sürü kaçınılmaz farklılık vardır. Deniz dibinin bulunduğu yer aşağıdır, sürtünmenin olduğu yer aşağıdır; güneş ışığının geldiği yer yukarıdır, üzerinize düşen şeyler yukarıdan gelir. Tehlikelerin yukarıdan ve aşağıdan eşit gelmesi olası değil ve her durumda bu tehlikelerin nitelik olarak farklı olmaları olasıdır. Bu yüzden ilkel solucanımızın uzmanlaşmış bir üst ya da "sırt" tarafı ve uzmanlaşmış bir alt ya da "karın" tarafı olmalıdır; hangi tarafın deniz dibine, hangi tarafın gökyüzüne baktığına aldırmazlık edemez.

Ön-arka asimetrimiz ile sırt-karın asimetrimizi birlikte ifade edersek, otomatik olarak bir sol taraf, bir de sağ taraf tanımlamış oluruz. Ama diğer iki eksenden farklı olarak, sol tarafı sağ taraftan ayırt etmek için genel bir neden bulamayız: Birbirlerinin ayna imgesinden başka bir şey olmaları için hiçbir neden yoktur. Soldan gelen tehlikelerin sağdan gelenlerden fazla olması ya da tersi olası değil. Soldan gelen yiyeceğin sağdan gelen yiyecekten fazla olması da olası değil; ama yukarıdan ya da aşağıdan gelen yiyeceğin diğerine göre fazla olması olasıdır. Sol tarafın iyi yanı ne olursa olsun, sağ için herhangi bir farklılık beklemek için hiçbir genel neden yoktur. Solda ve sağda aynısı olmayan organlar ve kaslar, hayvanı bir hedefe doğru yöneltmek yerine, kendi etrafında boşu boşana döndürme sonucunu doğururdu.

Düşünebildiğim en iyi istisna, kurgusaldır. Bir İskoç efsanesine göre, haggis Highlands'te yaşayan yabanıl bir hayvandır (herhalde turistleri eğlendirmek için uydurulmuştur ve birçoğunun buna inandığı söylenir). Dik yamaçlı Highland tepelerinin etrafını tek yönlü dolaşma alışkanlığına uygun olarak bir tarafta kısa bacakları, diğer tarafta uzun bacakları vardır. Düşünebildiğim en hoş gerçek-yaşam örneği, Avustralya sularında sol gözü sağ gözünden oldukça büyük olan baygın-gözlü mücevher mürekkepbalığıdır. 45 derecelik bir açıyla yüzer, daha

büyük olan teleskopik sol göz yukarıya yiyecek aramak üzere yukarıya bakarken, daha küçük olan sağ göz yırtıcıları kontrol etmek üzere aşağıya bakar. Eğrigaga, gagası belirgin bir biçimde sağa bükük bir Yeni Zelanda çulluğudur. Gagasıyla çakıl taşlarını yana iterek, yemini ortaya çıkarır. Savaşmak için ya da daha doğrusu savaşma yeteneğini göstermek için kocaman bir pençesi olan kemancı yengeçlerdeki "el başatlığı" çarpıcıdır.* Ama hayvanlar âlemindeki en merak uyandırıcı asimetri öyküsünü, bana Sam Turvey anlattı. Trilobit fosillerde çoğu kez, yırtıcılardan kıl payı kurtulduklarını gösteren ısırık izleri vardır. Büyüleyici olan, bu ısırık izlerinin yaklaşık yüzde 70'inin sağ tarafta olmasıdır. Ya trilobitlerin baygın-gözlü mücevher mürekkepbalığı gibi asimetrik bir yırtıcı farkındalığı vardı ya da yırtıcılarının saldırı stratejisinde el başatlığı vardı.

Ama bütün bunlar istisnadır; tuhaflıklarından ötürü ve ilkel solucanlarımızın ve torunlarının simetrik dünyasıyla fikir verici bir karşılaştırma yapmak için sözü edildi. Emekleyen arketipimizin birbirinin ayna imgesi olan bir sol ve bir de sağ tarafı var. Organlar çift olma eğilimindedir ve baygın-gözlü mücevher mürekkepbalığı gibi istisnalar olunca, fark edip hakkında yorum yaparız.

Ya gözler? İlk ikitaraflının gözleri var mıydı? Ortak Ata 26'nın tüm modern torunlarının gözleri olduğunu söylemek yetmez. Yetmez çünkü gözler çeşitlidir ve çok değişiktir; o kadar ki, "göz"ün hayvanlar âleminin çeşitli parçalarında birbirinden bağımsız olarak 40 defadan fazla evrildiği hesaplanmıştır.** Bunu, Ortak Ata 26'nın gözleri vardı ifadesiyle nasıl uzlaştırırız?

İlk önce belirtmeliyim ki, birbirinden bağımsız 40 kez evrildiği iddia edilen şey, başlı başına ışığa duyarlılık değil, görüntü oluşturma optiğidir. Omurgalının kamera gözü ve kabukluların petek gözü (birbirinden tamamen farklı ilkelere göre çalışan) optiklerini birbirlerinden bağımsız geliştirdiler. Ama bu iki göz, muhtemelen bir tür gözü bulunan ortak atadaki (Ortak Ata 26) bir organdan türemiştir.

Kanıt genetiktir ve ikna edicidir. Meyvesineği *Drosophila*'da, *gözsüz* denilen bir gen vardır. Genetikçilerin ters bir alışkanlığı, genlere, mutasyona uğradıklarında ters giden şeye göre ad verme alışkanlıkları vardır. *Gözsüz* gen, normal olarak, göz yaparak adını olumsuzlar. Mutasyona

*Solaklık ya da sağlaklık biçiminde [e.n.].

**Bunu *Climbing Mount Improbable*'da "Aydınlanmanın Kırk Yolu" başlıklı bir bölümde uzun uzadıya tartıştım ve bu kitabın sonunda bu konuya tekrar dönüyorum.

uğrayıp gelişim üzerinde normal etkisini gösteremeyince, sineğin gözleri olmaz, adın kaynağı da budur. Gülünç ölçüde kafa karıştırıcı bir gelenek. Bu karışıklıktan sakınmak için, *gözsüz* gene değinmeyeceğim; anlaşılabilir *ey* kısaltmasını kullanacağım. *Ey* geni normalde göz yapar ve iş aksadığında sinekler gözsüz oldukları için bunu biliyoruz. Şimdi öykü ilginçleşmeye başlıyor. Memelilerde *Pax6* denilen, ayrıca farelerde *küçük göz* ve insanlarda *aniridi* (iris yokluğu) olarak bilinen çok benzer (yine adını mutantın olumsuz etkisinden alan) bir gen vardır.

İnsan *aniridia* geninin DNA dizilişi, diğer insan genlerinden çok meyvesineğinin *ey* genine benzer. Bunu ortak bir atadan, elbette ki Ortak Ata 26'dan miras almış olmalılar. Yine buna *ey* diyeceğim. İsviçre'de Walter Gehring ve çalışma arkadaşları son derece büyüleyici bir deney yaptılar. *Ey* geninin fare eşdeğerini meyvesineği embriyonlarına soktular; sonuçlar müthişti. Meyvesineği embriyonunun bacak yapan kısmına verilince, yetişkin meyvesineğinin bacağında fazladan bir "ektopik" göz yapmasına neden oldu. Bu arada söz konusu göz sinek gözüydü; bir fare gözü değil, bir petek gözdü. Sineğin o gözle görebildiğinin kanıtı olacağını sanmam; ama tam bir petek gözün tüm özelliklerine sahipti. Görünüşe göre *ey* geni "Burada, normalde yapacağın türden bir göz yap" talimatı veriyor. Yalnızca genin farelerde ve sineklerde benzer olması değil, aynı zamanda her ikisinde de gözün gelişmesine neden olması gerçeği, Ortak Ata 26'da da var olduğunu gösteren güçlü bir kanıttır. Daha fazla gen araştırılmış olsa, aynı muhakeme gözlerden diğer organlara da genelleştirilebilir. Aslında, bir anlamda bu zaten yapılmıştır –Meyvesineği'nin Hikâyesi'nde ele alacağız.

Öne sürdüğümüz nedenlerin başında yer alan beyin, vücudun geri kalan kısmıyla sinirsel ilişki kurmalıdır. Solucan biçimli bir hayvanın, bunu bir ana kablo üzerinden, vücut boyunca uzanan, yerel kontrol sağlamak ve yerel bilgi almak için vücut boyunca belirli aralıklarla yanlara doğru dallanan bir ana sinir kordonuyla yapması akıllıca olur. Nereyis ya da balık gibi iki taraflı simetrik bir hayvanda sinir kordonu sindirim yolunun ya sırt tarafından ya karın tarafından geçmelidir ve burada, bir yanda biz ikincil-ağızlılar ile diğer yanda bu kadar kalabalık olarak bize katılan birincil-ağızlılar arasındaki ana farklılıklardan biriyle karşılaşıyoruz. Bizde sinir kordonu sırt boyunca uzanır. Nereyis ya da çıyan gibi tipik bir birincil-ağızlıda ise, sindirim yolunun karın tarafında bulunur.

Ortak Ata 26 gerçekten bir tür solucansa, muhtemelen ya karından

sinir örüntüsüne ya sırttan sinir örüntüsüne uymuştur. İkincil-ağızlı ve birincil-ağızlı örüntüler demiyorum; çünkü iki ayrılma tam olarak örtüşmez. Palamut kurtlarını (Randevu 25'te derisidikenlilerle birlikte gelen oldukça müphem ikincil-ağızlıları) yorumlamak zordur; ama başka nedenlerle ikincil-ağızlı olarak sınıflandırılmalarına karşın, en azından bazı görüşlere göre, bir birincil-ağızlı gibi karından sinir kordonları vardır. İzin verin hayvanlar âlemini, karın-kordonlular ve sırt-kordonlular olarak ayırayım. Sırt-kordonluların tümü ikincil-ağızlıdır. Karın-kordonluların çok büyük çoğunluğu birincil-ağızlıdır, ama palamut kurtları da dahil bazı erken ikincil-ağızlıları da kapsamaktadır. Işınsal simetriye dikkate değer dönüşleriyle derisidikenliler, bu sınıflandırmaya uymazlar. İkincil-ağızlılar, büyük olasılıkla Ortak Ata 26'dan bir süre sonrasına kadar hâlâ karın-kordonluydular.

Sırt-kordonlular ile karın-kordonlular arasındaki fark, vücut boyunca uzanan ana sinirin konumu dışında başka şeyleri de kapsar. Sırt-kordonluların kalbi karındadır; karın-kordonluların ise sırttadır, kanı sırt atardamarından ileriye doğru pompalar. Bu ve diğer ayrıntılar 1820'de büyük Fransız zoolog Geoffroy St Hilaire'e bir omurgalının ters dönmüş bir eklembacaklı ya da yersolucanı sayılabileceğini gösterdi. Darwin'den ve evrimin kabul edilmesinden sonra, zoologlar omurgalı vücut planının aslında fiilen ters dönen solucan benzeri bir atadan evrildiğini zaman zaman öne sürdüler.

Burada genel olarak ve bazı çekincelerle desteklemek istediğim kuram budur. Solucan-benzeri bir atanın aynı şekilde dururken iç anatomisini tedrici olarak yeniden düzenlediğini söyleyen alternatif kuram, bana daha az akla yakın görünüyor; çünkü bu, çok daha fazla miktarda iç karışıklılığı gerektirirdi. İlk önce–evrim standartlarına göre aniden– bir davranış değişikliğinin geldiğine, daha sonraki tüm evrimsel değişimlerin bunu izlediğine inanıyorum. Sıkça olduğu gibi, bu düşünceyi bizim için canlı kılan modern eşdeğerler vardır. Tuzlukarides bir örnektir ve şimdi onun hikâyesini dinliyoruz.

TUZLUKARİDES'İN HİKÂYESİ

Tuzlukaridesler *Artemia* ve yakın akrabaları tatlı su karidesleri, sırtüstü yüzen ve bu nedenle sinir kordonları ("gerçek" zoolojik karın tarafı) gökyüzüne bakan tarafta olan kabuklulardır. Ters yüzen çöpçübalığı *Synodontis nigriventris*, aynı şeyi tam tersinden yapan bir

ikincil-ağızlıdır. Sırtüstü yüzen ve bu nedenle ana sinir kordonu ırmak dibine bakan, ama, "gerçek" zoolojik sırt tarafında bulunan bir balıktır. Tuzlu karideslerin neden öyle yaptıklarını bilmiyorum; ama ters yüzen çöpçübalıkları yiyeceklerini su yüzeyinden ya da yüzen yaprakların alt yüzlerinden aldıkları için sırtüstü yüzerler. Herhalde türün bireyleri bunun iyi bir besin kaynağı olduğunu keşfedip, ters dönmeyi öğrendiler. Benim kestirimime göre, kuşaklar geçtikçe doğal seçilim bu işi yapmayı öğrenen bireyleri destekledi, genleri öğrenmeye "ayak uydurdu" ve şimdi artık başka türlü yüzmüyorlar.* Tuzlukaridesin dönüşü, bana göre yarım milyardan fazla yıl önce gerçekleşen bir şeyin yakın zamanda yeniden sahnelenmesidir. Eski, çoktan kaybolmuş bir hayvan, herhangi bir birincil-ağızlı gibi sinir kordonu karnında ve kalbi sırtında bir tür solucan bir tuzlu karides gibi ters dönüp yüzdü ya da emekledi. O sırada tesadüfen orada bulunan bir zoolog, ana sinir kordonu gökyüzüne bakan tarafta olduğu için hayvanı sırt-kordonlu olarak yeniden tanımlamaktansa ölürdü. "Açıkça", tüm zoolojik eğitiminin ona öğrettiği gibi, bir birincil-ağızlının karın tarafında görebileceğimiz diğer tüm organlara ve özelliklere uygun olarak hâlâ karından sinir kordonluydu. Ters dönmüş solucanımızın kalbinin, şimdi derinin deniz dibine yakın tarafında atmasına karşın, en derin anlamda bir "sırt" kalbi olduğu da, bu Prekambriyen Zaman zoologu için eşit derecede "açıktı."

Bununla birlikte yeterince zaman verilen –"ters" yüzme ya da emeklemeye yetecek milyonlarca yıl verilen– doğal seçilim, vücudun tüm organlarını ve yapılarını ters dönme alışkanlığına uygun şekilde yeniden şekillendirirdi. Sonunda, yakın zamanda ters dönen modern tuzlu karidesimizden farklı olarak, eski karın/sırt benzeşiklikleri silinirdi. Bu ilk başına buyruğun torunlarıyla karşılaşan daha sonraki paleo-zoolog kuşakları, on milyonlarca yıllık ters dönme alışkanlıklarından sonra, karından ve sırttan kavramlarını yeniden tanımlamaya başlardı. Evrimsel zaman içinde bu kadar çok anatomik ayrıntının değişmesinin nedeni budur.

Sırtüstü yüzen diğer hayvanlar, (özellikle karınlarındaki taşlarla deniz kabuklarını kırma alışkanlıklarına uygun davranırken) denizsamurları ve "sırtüstü yüzen" (her zaman) denilen su böcekleridir. Sırtüstü yüzenler bir tür tahtakurusudur, bacaklarıyla su yüzeyinde kürek çeker gibi

*Baldwin Etkisi olarak bilinen kuramsal düşünceye uygun olarak. Yüzeysel olarak Lamarkçı evrime ve kazanılmış karakteristiklerin kalıtımına benzer; ama öyle değildir. Öğrenme genlere kazınmaz. Doğal seçilim belli şeyleri öğrenmeye genetik yatkınlığı destekler. Kuşaklar boyunca böyle bir seçilimden sonra, evrilen torunlar o kadar hızlı öğrenirler ki, davranış "içgüdüleşir".

göründüklerinden büyük sandalböceği olarak bilinirler.* Daha küçük olan sandalböcekleri aynı şeyi yaparlar, ama yüzüstü yüzerler.

Diyelim ki, modern büyük sandalböceklerimizin ya da tuzlu karideslerimizin torunları ile modern ters yüzen çöpçübalıklarımızın torunları ters yüzme alışkanlıklarını gelecekte 100 milyon yıl daha sürdürdüler. Tamamen yeni bir alt-âlem doğurmaları, tarihi bilmeyen zoologların tuzlukarideslerin torunlarını "sırttan" sinir kordonlu, ters yüzen çöpçübalığının torunlarını "karından" sinir kordonlu olarak tanımlayacak kadar yeniden şekillenmiş vücut planlarının oluşması olası değil mi?

Nereyis'in Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi, dünya yukarı ile aşağı arasında önemli pratik farklılıklar sunar ve bunlar, doğal seçilim yoluyla, gökyüzüne işaret eden taraf ile yere işaret eden tarafa kazınırlar. Bir zamanlar zoolojik olarak karın tarafı olan şey, giderek daha fazla zoolojik olarak sırt taraf gibi olmaya başlardı ve tersi. Omurgalılara yol açan hattın herhangi bir yerinde tamı tamına böyle bir şeyin gerçekleştiğine ve şu anda bir sırttan sinir kordonumuzun ve bir karından kalbimizin olmasının nedeninin bu olduğuna inanıyorum. Modern moleküler embriyoloji, sırt-karın eksenini tanımlayan genlerin ifade edilme şeklinden bazı destekleyici kanıtlar sunuyor –genler, Meyvesineği'nin Hikâyesi'nde karşılaşacağımız Hox genlerine biraz benzerler– ama ayrıntılar, buradaki kapsamımızı aşar.

Ters yüzen çöpçübalığı, ters dönme alışkanlığı kuşku götürmez derecede yeni olmasına karşın, bu evrim yönünde fikir verici küçük bir adım atmıştır.** Latince adı *Synodontis nigriventris*'tir. *Nigriventris* "koyu karın" demektir ve Tuzlu-karides'in Hikâyesi'nin sonuna büyüleyici bir süs ekler. Dünyada yukarı ile aşağı arasındaki ana farklılıklardan biri, ışığın ağırlıklı yönüdür. Güneş ışınları, tam tepeden gelmesi zorunlu olmasa da, genellikle aşağıdan değil, yukarıdan gelir. Yumruğunuzu havaya kaldırın, en kapalı havada bile yumruğun üst yüzeyinin alt yüzeyinden daha aydınlık olduğunu görürsünüz. Bu olgu, bizlerin ve diğer birçok hayvanın cisimsel, üç-boyutlu nesneleri tanıyabilmesinin anahtarıdır. Bir solucan ya da balık gibi, tek renkli kavisli bir nesne, üstten daha açık, alttan daha koyu görünür. Vücudun oluşturduğu koyu gölgelerden söz etmiyorum –bundan daha ince bir efekttir. Yukarıdaki daha açıktan aşağıdaki daha koyuya bir ton düşümü, vücudun

*Tahtakurusu, Yarımkanatlılar takımından bir böcektir.

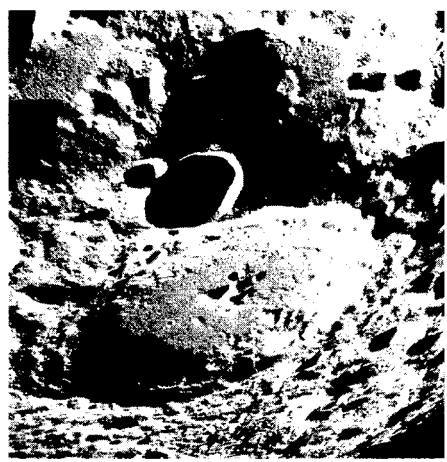
**Çıplak yumuşakçalar (deniz çıplak sümüklüleri) *Glaucus atlanticus* da böyle bir adım atmıştır. Bu güzel yaratık ters yüzer, Portekiz savaş gemileriyle beslenir ve tıpkı çöpçübalık gibi, "ters karşı-gölgeli"dir.



Balığı ters çevirin. Karakteristik duruşuyla ters yüzen çöpçübalığı (*Synodontis nigriventris*).

kavisliliğini pürüzsüz bir biçimde ele verir.

Bu, tersinden de işler. Ay kraterlerinin fotoğrafı ters basılmıştır. Gözleriniz (doğrusu, kesin olmak gerekirse beyniniz) benimkiyle aynı şekilde çalışıyorsa, kraterleri tepe olarak görürsünüz. Kitabı ters çevirin; ışık farklı bir yönden gelir ve tepeler kraterlere dönüşür. Üniversite öğrencisiyken yaptığım ilk deneylerden birinin gösterdiğine göre, yumurtadan yeni çıkmış tavuk civcivleri yumurtadan çıkar çıkmaz aynı yanılsamayı görüyor gibiler. Sahte yem fotoğraflarını gagalıyorlar ve yukarıdan aydınlatılıyormuş gibiyse özellikle tercih ediyorlar. Fotoğraflar ters çevrilince, ilgilenmiyorlar. Bu durum, bebek civcivlerin normal dünyalarında ışığın yukarıdan geldiğini "bildiklerini" gösteriyor gibi. Ama yumurtadan yeni çıktıklarına göre, bunu nereden biliyorlar? Üç günlük yaşamlarında mı öğrendiler? Olabilir, ama ben deneysel olarak sınadım ve öyle olmadığını gördüm. Civcivleri, sürekli gördükleri tek



Kitabı ters çevirin. Ayın uzak yüzündeki kraterler.

ışığın aşağıdan geldiği özel bir kafeste büyüttüm ve test ettim. Bu ters dünyada yem gagalama deneyimi, eğer bir şey öğretecekse, onlara cisimsel yemin ters çevrilmiş fotoğraflarını tercih etmeyi öğretmiş olması gerekirdi. Aksine, gerçek dünyada yukarıdan gelen ışıkla büyüyen normal civcivler gibi davrandılar. Görünüşe bakılırsa genetik programlamadan ötürü, tüm civcivler yukarıdan aydınlatılmış cisimsel nesnelerin fotoğraflarını gagalamayı tercih ediyorlar. Cisim yanılsaması (ve dolayısıyla, eğer haklıysam, gerçek dünyada ışığın ağırlıklı yönü "bilgisi") civcivlerde, muhtemelen bizde olduğu gibi öğrenilmiş değil, daha çok genetik olarak programlanmış –"doğuştan" dediğimiz şeymiş– gibi görünüyor.

İster öğrenilmiş olsun ister öğrenilmemiş, cisimselliğin yüzey gölgesi yanılsamasının güçlü bir yanılsama olduğuna kuşku yok. Karşı-gölge denilen ince bir kamuflaj biçimine neden olmuştur. Sudan çıkarılıp bir taşın üzerine yatırılmış tipik bir balığa bakın, karın renginin sırt renginden daha açık olduğunu fark edersiniz. Sırt koyu kahve ya da gri olabilir, o zaman karın açık gri olur, hatta bazı durumlarda beyaza kaçar. Peki bütün bunlar niye? Bunun, balık gibi cisimsel, kavisli şeyleri ele veren gölge düşümüne karşı koymaya dayanan bir kılık değiştirme biçimi olduğuna kuşku yok gibi görünüyor. Tüm olası dünyaların en iyisinde, karşı-gölgeli bir balık, yukarıdan gelen normal ışık altında bakıldığında kusursuz bir biçimde yassı görünür. Yukarıdaki açıktan aşağıdaki koyuya beklenen düşüm, balık renginde aşağıdaki açıktan yukarıdaki koyuya düşümle dengelenir.

Taksonomistler türleri, çoğu kez müzelerdeki örneklerinden yola çıkarak adlandırırlar.* *Invertus*'un ya da "ters"in Latince karşılığı her neyse ona karşıt olarak *nigriventris* adının nedeni herhalde budur. Bir masanın üzerinde *ters* yüzen çöpçübalığını incelerseniz, ters karşı-gölgeli olduğunu görürsünüz. Gökyüzüne bakan karnı, aşağıya bakan sırtından daha koyudur. Ters karşı-gölge, kuralı kanıtlayan zarif istisnalardan biridir. Ters yüzen ilk çöpçübalığı, kabak gibi orta yerde kalmıştır. Ten rengi, yukarıdan gelen ışığın yarattığı doğal gölgeyle işbirliği yapıp olağandışı bir cisim gibi görünmesini sağlamıştır. Alışkanlık değişimini, evrimsel zaman içinde, olağan ten rengi düşümünün tersine dönüşünün izlemesi boşuna değil.

Bir kılık değiştirme yolu olarak karşı-gölgeyi kullanan hayvanlar,

*Gerçi ters yüzen çöpçübalığın alışkanlıklarının uzun zamandan beri bilindiğini kabul etmek zorundayım. Eski Mısır duvar resimlerinde ve gravürlerinde her zamanki konumuyla betimlenir.

yalnızca balıklar değildir. Yaşlı üstadım Niko Tinbergen'in, Hollanda'dan ayrılıp Oxford'a gelmeden önce, Leen De Ruiter adlı bir öğrencisi varmış; ona tırtıllarda karşı-gölgelemeyle ilgili bir araştırma yapmasını önermiş. Birçok tırtıl türü, düşmanlarına karşı, balıkların başvurduğu hileye başvurur. Bu tırtıllar hoş bir biçimde karşı-gölgelidirler; bunun sonucunda normal ışıkta bakıldıklarında yassı görünürler. De Ruiter, tırtılların üzerinde oturdukları dalları ters çevirmiş. Aniden çok daha cisimsel göründükleri için çok daha fazla belirginleşmişler. Kuşlar da çok daha fazla sayıda tırtıl kapmış.

Bir De Ruiter gelip çöpçübalığı, ters dönüp normal bir balık gibi, zoolojik üst tarafı üste gelecek şekilde yüzmek zorunda bıraksaydı, hemen çok daha belirgin bir cisim haline gelirdi.* Ters yüzen çöpçübalığında ters karşı-gölge, evrimsel zaman içinde, alışkanlık değişimini izleyen bağlı değişimin tekil bir örneğidir. Gelecek yüz milyonlarca yılda, vücutlarının ne kadar değişeceğini düşünün. "Sırt" ve "karın" dokunulmaz kutsallar değildir. Tersine dönebilirler ve bugünkü sırt-kordonluların ilk atalarında tersine döndüklerini düşünüyorum. Bana göre Ortak Ata 26'nın, her birincil-ağızlı gibi vücudun karın tarafında bulunan bir ana sinir kordonu vardı. Bizler, sırtüstü yüzen değişmiş solucanlarız, çoktan unutulmuş bazı nedenlerle ters dönen bir tuzlu karidesin erken bir eşdeğerinden türedik.

Tuzlu-karidesin Hikâyesi'nin daha genel ana fikri şudur: Evrimde ana geçişler, davranışsal alışkanlık değişimleri olarak, hatta daha sonra genetik evrimin izlediği genetik-olmayan öğrenilmiş alışkanlık değişimleri olarak başlamış olabilir. Uçan ilk kuş ata, karaya çıkan ilk balık, suya geri dönen ilk balina ata için de benzer bir hikâyenin anlatılabileceğini hayal ediyorum. Serüvenci bir bireyin alışkanlık değiştirmesini, daha sonra, uzun bir evrimsel yetişme ve temizleme izler. Tuzlu-karidesin Hikâyesi'nin en kapsamlı dersi budur.

YAPRAKKESEN'İN HİKÂYESİ

İnsanların Tarım Devrimi sırasında yaptıkları gibi, karıncalar da bizden bağımsız olarak kenti icat ettiler. Tek bir yaprakkesen karınca *–Atta-* yuvasının nüfusu Londra'nın nüfusunu aşabilir. Bu kent yerin altında,

*Deney yapan birinin bir çöpçübalığını doğal tercihinin tersine nasıl döndürebileceğini sorabilirsiniz; bilmiyorum. Ama şu kadarını söyleyeyim, bir tuzlu karidesi, normal bir kabuklu gibi, zoolojik sırt tarafı üste gelecek şekilde yüzdürmeyi biliyorum. Alttan yapay bir ışık verin, hemen ters dönerler. Açıktır ki, tuzlu karidesler nasıl yüzeceklerine karar vermek için ışığı ipucu olarak kullanıyorlar. Çöpçübalığının aynı ipucunu kullanıp kullanmayacağını bilmiyorum. Yerçekimini de kullanabilirler.

derinliği 6 metre ve çevresi 20 metre, yerin üstünde biraz daha küçük bir kubbeyle örtülü karışık bir odadır. Tünellerle birbirine bağlı yüzlerce, hatta binlerce ayrı odadan oluşan bu kocaman karınca kenti, işçiler tarafından başa çıkılabilir büyüklükte parçalara ayrılıp yuvaya taşınan yapraklarla beslenir [bkz. resim 32]. Ama yapraklar karıncalar (özsuyunu biraz emseler de) ve larvalar tarafından doğrudan yenmez. Yeraltındaki mantar bahçeleri için gübre olarak serilirler. Karıncalar mantarların küçük şapkalarını ya da "gongylidia"larını yerler ve larvalarına yedirirler. Karıncalar tarafından biçilen mantarlar, spor taşıyan gövdeler (yediğimiz mantarların eşdeğerleri) oluşturmayı bırakırlar. Bu, mantar uzmanlarını, türü tanımlamak için normalde kullandıkları ipuçlarından yoksun bırakır; yani, mantarlar, çoğalmaları bakımından karıncalara bağımlıdırlar. Açıkça bir karınca yuvasının evcilleşmiş ortamında gelişecek şekilde evrilmişler; bizim dışımızda tarımcı bir türün gerçek bir evcilleştirme örneği. Genç bir kraliçe karınca yeni bir koloni kurmaya çıkınca, yanına değerli bir eşya alır: Yeni yuvasına ilk ürünü ekmek için küçük bir mantar kültürü. Bu bana, belki de en önemli mantar olan penisilinin öyküsünü anımsatıyor. Florey, Chain ve Oxfordlu meslektaşları İkinci Dünya Savaşı'nın en şiddetli günlerinde penisilini geliştirdiklerinde, İngiliz şirketlerini imalatını yapmaya (tipik olarak) ikna edemeyince (yine tipik olarak) başarılı oldukları Amerika'ya gittiler. Bir kraliçe karınca gibi, değerli mantarın kültürünü yanlarına aldılar. Daha önce, İngiltere'ye bir Alman saldırısı bekleniyordu. Florey ve meslektaşı Heatley, kültürü korumanın en iyi yolu olarak, giysilerini bilerek kültüre buladılar.

Karınca kolonisinde mantar yetiştirmek için gerekli enerji, gübre yapmak için kullanılan yapraklar aracılığıyla, büyük bir *Atta* kolonisinde dönümlerle ölçülen bir yaprak alanıyla güneşten alınmış olur. Başka bir başarılı kent kuran böcek grubu olan akkarıncalar, mantar tarımını bağımsız bir biçimde keşfetmişler. Akkarıncalarda gübre, çiğnenmiş ağaçtan yapılır. Yaprakkesen karıncalarda ve mantarlarında olduğu gibi, akkarınca mantar türüne de yalnızca akkarınca yuvalarında rastlanır ve "evcilleştirilmiş" gibi görünüyor. Bir akkarınca mantarı (*Termitomyces*) ürün vermesine izin verildiği durumlarda, öbeğin kenarından filiz verir. Lezzetli olduğu ve Bangkok pazarlarında satıldığı söylenir. Batı Afrika'da yetişen bir türü, *Termitomyces titanicus*, çapı bir metreye ulaşan şapkasıyla dünyadaki en büyük mantar olarak Guinness *Rekorlar Kitabı*'na girmiştir.

Birbirinden bağımsız birçok karınca grubu, yaprakbiti biçiminde evcil "mandıra" hayvanları besleme alışkanlığı geliştirmiştir. Karınca yuvalarının içinde yaşayan ve karıncalara yararı olmayan diğer simbiyotik hayvanlardan farklı olarak, yaprakbitleri dışarıda açık havada otlarlar, normalde yaptıkları gibi bitkilerin özsularını emerler. Memeli sığırlarda olduğu gibi, yaprakbitlerinin de yüksek miktarda besin üretme kapasiteleri vardır ve her lokmadan az miktarda besin alırlar. Bir yaprakbitinin gerisinden çıkan atık, önden giren bitki özsuyundan biraz daha az besleyici olan şekerli sudur –"balsıra". Karıncalardan artakalan balsıra, yaprakbiti bulaşmış yapraklarda kalır ve Eski Ahit'in "Çıkış" bölümünde sözü edilen "manna"nın kökeninin bu olduğu sanılıyor. Musa'yı izleyenler hangi nedenlerle "manna" topladılarsa, karıncaların da aynı nedenlerle "manna" toplamaları şaşırtıcı gelmemelidir. Ama bazı karıncalar daha da ileri gidip, yaprakbitlerini ağıllara aldılar ve "sağılmalarına" izin verme, karıncaların doğrudan anüsten yemeleri için kıçlarını havaya kaldırıp balsıra salgılama karşılığında onlara koruma sağladılar.

En azından bazı yaprakbiti türleri, evcil varoluşlarıyla bağlantılı olarak evrilmiştir. Normal yaprakbitindeki savunma mekanizmalarından bazılarını kaybettiler ve ilginç bir iddiaya göre, bazıları kıçlarını karıncanın yüzüne benzetecek şekilde değiştirdi. Karıncaların ağızdan ağza birbirlerine sıvı aktarma alışkanlıkları vardır ve öneriye göre, bu kıç-yüz benzerliğini geliştiren yaprakbitleri "sağılma"yı kolaylaştırdılar ve dolayısıyla yırtıcılara karşı karıncalar tarafından korundular.

Yaprakkesen'in Hikâyesi, tarımın temeli olarak ertelenmiş doyuma ilişkin bir hikâyedir. Avcı-toplayıcılar topladıklarını ve avladıklarını yediler. Çiftçiler tohumlarını yemezler; toprağa gömer ve aylarca geri dönmesini beklerler. Toprağa atacakları gübreyi yemez ve sulayacakları suyu içmezler. Yine bütün bunlar ertelenmiş bir ödül için yapılır. Yaprakkesen bunu ilk yapan olmuş. Onu izleyin ve akıllı olun.

ÇEKİRGE'NİN HİKÂYESİ

Çekirge'nin Hikâyesi, sancılı ve hassas ırk konusunu ele alıyor. Avrupalı iki çekirge türü vardır: *Chorthippus brunneus* ve *C. biguttulus*. Bu iki tür birbirine o kadar çok benzer ki, uzman böcekbilimciler bile ayırt edemezler; yine de yaban ortamda bazen karşılaşmalarına karşın, asla birbirleriyle çiftleşmezler. Bu onların "iyi tür" olduklarını belirler. Ama deneyler göstermiştir ki, bir dişinin yakındaki bir kafese kapatılmış ken-

di türünden bir erkeğin çiftleşme çağrısını duyması yeter; şarkı söyleyenin o olduğunu "düşünerek" yanlış türün bir erkeğiyle kolayca çiftleşir. Çiftleşme sonucunda da sağlıklı ve doğurgan melezler ürer. Yaban ortamda böyle olmaz; çünkü bir dişi, yanlış türün bir erkeği kendisine kur yaparken, aynı zamanda kendi türünden şarkı söyleyen bir erkeği duyup da ona erişememe durumunda kalmaz.

Benzer deneyler, deney değişkeni olarak ısı kullanılarak, cırcırböcekleri üzerinde de yapıldı. Farklı cırcırböceği türleri farklı frekanslarda öterler; ötüş frekansları her zaman ısıya bağlıdır. Cırcırböceklerinizi tanıyorsanız, onları makul ölçüde doğru gösteren termometre olarak kullanabilirsiniz. Şansımıza, yalnızca erkeğin ötüş frekansı değil, dişinin onu algılaması da ısıya bağımlıdır: İkisi uygun adım değişir; normalde yanlış çiftleşmeyi önleyen de budur. Bir deneyde, iki farklı ısıda öten iki erkek tercihi sunulan bir dişi, kendi ısısındaki erkeği tercih eder. Farklı bir ısıda öten erkek, yanlış türe aitmiş gibi muamele görür. Dişinin ısısını artırırsanız, yanlış türden soğuk bir erkeği tercih etmesine neden olsa bile, tercihi hemen "daha sıcak" şarkıdan yana kayar. Yine, bu durum doğada normal olarak gerçekleşmez. Bir dişi bir erkeği duyabiliyorsa, fazla uzakta olamaz ve bu nedenle, kendisiyle yaklaşık olarak aynı ısıda olması olasıdır.

Çekirgenin şarkısı da aynı şekilde ısıya bağlıdır. Hikâyenin başında sözünü ettiğimizle aynı cinsten, *Chorthippus* cinsinden (ama cinsin farklı türlerinden) çekirgeleri kullanan Alman bilim adamları, teknik açıdan ustaca deneyler yaptılar. Böceklere minik termometreler (ısılçiftler) ve minik elektrikli ısıtıcılar takmayı başardılar. Bunlar o kadar küçüktü ki, deneyi yapanlar bir çekirgenin göğsünü ısıtmadan kafasını, ya da kafasını ısıtmadan göğsünü ısıtabiliyorlardı. Dişilerin, çeşitli ısılarda cırlayan erkeklerin şarkılarına yönelik tercihlerini test ettiler. Dişilerin şarkı tercihinde önemli olanın, kafa ısısı olduğunu buldular. Ama cırlama oranını belirleyen de göğüs ısısıdır. Minik elektrikli ısıtıcılarla deneyler yapılmayan doğada, erkek ve dişi gibi, baş ve göğüs de aynı ısıda olur. Bu yüzden sistem çalışır ve melezleşme olmaz.

Doğal koşullar altında asla melezleşmeyen, ama insan müdahalesiyle melezleşebilen akraba türler bulmak oldukça kolaydır. *Chorthippus brunneus* ile *C. biguttulus*, yalnız bir örnektir. Sihlid'in Hikâyesi, monokromatik ışığın kırmızımsı tür ile mavimsi tür arasındaki ayrımı ortadan kaldırdığı benzer bir durumu anlatmıştı. Ve bu hayvanat bahçelerinde oluyor. Biyologlar, çekirgelerde olduğu gibi yapay

koşullarda çiftleşen, ama yaban ortamda çiftleşmeyi reddeden hayvanları normalde ayrı tür olarak sınıflandırırlar. Örneğin hayvanat bahçelerinde çiftleşip (kısır) "liger" ve "tigron" doğuran aslanlardan ve kaplanlardan farklı olarak, bu çekirgeler özdeş gibi görünürler. Tek fark şarkılarındadır. Melezleşmelerini önleyen ve dolayısıyla onları ayrı tür olarak kabul etmemize yol açan yalnızca budur. İnsanlar tam tersidir. Kendi yerel topluluklarımız ya da ırklarımız arasındaki belirgin farkları görmezlikten gelmek, neredeyse insanüstü bir siyasal yiğitliği gerektirir. Yine de, ırklarla mutlu bir biçimde melezleşiriz ve tartışmasız aynı türün üyeleri olarak tanımlanırız. Çekirgenin Hikâyesi ırklarla ve türlerle, her ikisini tanımlanın güçlükleriyle ve insan ırklarıyla ilgili söyleneceklerle ilgilidir.

"Irk," açık seçik tanımlanmış bir sözcük değildir. Gördüğümüz gibi, "tür" farklıdır. İki hayvanın aynı türe ait olup olmadıklarına karar vermenin kabul edilmiş bir yolu gerçekten vardır: Melezleşebiliyorlar mı? Açıkçası, aynı cinsiyettenseler, çok genç ya da çok yaşlıysalar, ya da birisi kısırsa çiftleşemezler. Ama bunlar, atlatılması kolay ukalalıklardır. Açıkça melezleşemeyen fosillerde de, imgelemimizde melezleşmeme ölçütünü kullanabiliriz. Falan iki hayvan fosil olmayıp, canlı, doğurgan ve karşı cinsiyetten olsa, melezleşmelerinin *olası* olduğunu düşünür müyüz?

Melezleşme ölçütü, taksonomik düzeyler hiyerarşisinde türe eşsiz bir statü verir. Tür düzeyinin üzerinde bir cins, birbirlerine oldukça benzeyen türlerden oluşan bir gruptur. Birbirlerine ne kadar benzemek zorunda olduklarına karar vermek için hiçbir nesnel ölçüt yoktur ve aynı şey daha yüksek düzeyler için de geçerlidir: familya, takım, sınıf, filum ve arada kalan çeşitli "alt-" ve "üst-" adlar. Tür düzeyinin altında "ırk" ve "alt-tür" az çok birbirlerinin yerine kullanılabilirler ve yine, iki halkı aynı ırkın parçası sayıp saymamaya, kaç tane ırk olduğuna karar vermemizi sağlayan nesnel bir ölçüt yoktur. Ve elbette ırkların melezleşmesinin ve dolayısıyla bir sürü kırma insan olmasının yarattığı karışıklık vardır.

Galiba türler, melezleşebilecek kadar ayrı olma yolunda, ayrı ırk olma ara evresinden geçerler. Ayrı ırklar, oluşum halinde tür sayılabilirler; oluşumun sonuna –türleşmeye– kadar gitmesinin zorunlu olduğunu beklememek koşuluyla.

Melezleşme ölçütü oldukça iyi çalışır; insanlar ve varsayılan ırklarıyla ilgili kesin bir hüküm verir. Yaşayan tüm insan ırkları birbirleriyle melezleşir. Hepimiz aynı türün üyeleriyiz ve saygın hiçbir biyolog aksini söyle-

mez. Ama dikkatinizi ilginç, hatta biraz rahatsız edici bir olguya çekmeme izin verin. Hepimiz birbirimizle mutlu bir biçimde melezleşip, kesintisiz bir ara-ırklar yelpazesi üretirken, bölücü ırksal dilimizden tuhaf bir biçimde vazgeçmek istemeyiz. Tüm ara kuşaklar sürekli göz önünde olsa, insanları şu ya da bu uçtan biri olarak sınıflandırma dürtüsünün ortadan kalkmasını, baktığımız her yerde gördüğümüz bu girişimin saçmalığı altında boğulmasını beklemez misiniz? Ne yazık ki, bu olmuyor ve belki de bizzat bu olgu fikir vericidir.

Tüm Amerikalılar tarafından "siyah" kabul edilen insanların atalarının sekizde birinden azı Afrika kökenli olabilir ve herkesçe "beyaz" kabul edilen insanlar yelpazesi içinde çoğu kez açık tenli olabilirler. Bir fotoğrafta bir araya gelmiş dört Amerikalı politikacı, tüm gazetelerde ikisi siyah, diğer ikisi beyaz olarak betimlenir [bkz. resim 33]. Bizim okul tedrisatlarımızdan geçmemiş ama ten rengi tonlarını görebilen bir Marslı, onları bire karşı üç olarak ayırmaz mıydı? Kesinlikle öyle ayırırdı. Ama kültürümüzde neredeyse herkes Bay Powell'ı, onu Bush ya da Rumsfeld'den daha açık tenli gösteren bu özel fotoğrafta bile, hemen "siyah" olarak "görür".

Resim 33'teki gibi, Colin Powell'ın temsili "beyaz" erkeklerin yanında duran bir fotoğrafını çekmek ilginç bir çalışmadır (ışık koşullarının aynı olması için birbirlerine yakın durmalılar). Her birinin yüzünden, örneğin alınlarından birbirinin aynısı küçük bir parça kesip yan yana koyun. Powell ile yanında durduğu "beyaz" erkekler arasında çok az fark olduğunu görürsünüz. Tikel durumlara bağlı olarak daha açık ya da daha koyu tenli olabilir. Şimdi özgün fotoğrafa uzaktan bir daha bakın. Hemen Powell "siyah" görünecektir. Hangi ipuçlarını alıyoruz?

Aynı "alından parça" alıştırmasını, Kenya Devlet Başkanı Daniel Arap Moi gibi sahiden siyah bir erkeğin yanında duran Powell'la yapın. Bu kez alından alınan parçalar dramatik ölçüde farklı görünecektir. Ama sonra, yeniden iki yüze uzaktan baktığımızda, yine Bay Powell'ı "siyah" "görürüz". Mayıs 2001'de Moi'yi ziyaret eden Bay Powell'ın bu fotoğrafına eşlik eden haber, aynı geleneklerin Afrika'da da kabul gördüğünü ima ediyordu:

> İlk Afrika kökenli Amerikalı dışişleri bakanı olarak Powell, Afrika'da neredeyse mesih muamelesi gördü. Herhalde siyah olduğu için, Powell'ın sert eleştirileri ses getirdi...

İnsanlar, "O, siyahtır" sözel ifadesi ile ifadeye eşlik eden resim arasındaki açık çelişkiyi –ve benzer sayısız örnek vardır– neden bu



Sahiden siyah bir erkeğin yanında. Colin Powell, Daniel Arap Moi'nin yanında.

kadar kolay yutuyorlar? Ne oluyor? Çeşitli şeyler. Birincisi, karma ebeveynleriyle ırkı anlamsızlaştıran bireylerden söz edilirken bile, hatta burada olduğu gibi konuyla hiçbir ilgisi olmadığında bile, ırksal sınıflandırmayı benimsemeye tuhaf bir biçimde can atarız.

İkincisi, insanları karma ırktan olarak tarif etmeme eğilimindeyiz. Bunu yerine şu ya da bu ırkı tercih ederiz. Bazı Amerikan vatandaşları saf Afrikalı soyundandır, bazıları saf Avrupalı soyundan (uzun erimde hepimizin Afrikalı soyundan olduğumuz gerçeğini bir tarafa bırakıyoruz). Onlara siyah ya da beyaz demek uygun olabilir ve bu adlara ilkesel bir itiraz getirmiyorum. Ama birçok kişinin –muhtemelen de çoğumuzun sandığından fazla kişinin– hem siyah, hem beyaz ataları vardır. Renk terminolojisini kullanırsak, çoğumuz büyük olasılıkla arada bir yerdeyiz. Yine de toplum bize şu ya da bu adla seslenmekte ısrar eder. Bu, Semender'in Hikâyesi'nin konusu olan "süreksiz aklın tiranlığı"nın bir örneğidir. Amerikalılardan düzenli olarak form doldurmaları istenir; bu formlarda beş kutudan birini işaretlemek zorundadırlar: Kafkasyalı (ne anlama geliyorsa –kesinlikle Kafkasya'dan gelen demek değil), Afrika kökenli Amerikalı, Hispanik (ne anlama geliyorsa –kesinlikle, sözcüğün ima ettiği gibi İspanyol demek değil), Yerli Amerikalı ve Diğer.* Yarı yarıya etiketli bir kutu yok. Ama bizzat kutuları işaretleme düşüncesi, hakikatle bağdaşmaz; pek çok kişi değilse de birçok kişi, önerilen kategorilerin bir karmasıdır. Benim eğilimim herhangi bir kutuyu kesinlikle reddetmek ve kendi "insan" etiketli kutumu eklemektir. Özellikle de kurallar, şu samimiyetsiz "etnisite" örtmecesini kullanınca.

*"Kafkasyalı" nitelemesi İngilizcede beyaz ırk için kullanılır [e.n.].

Üçüncüsü, "Afrika kökenli Amerikalılar" tikel örneğinde, bizim dil kullanımımızda genetik egemenliğin kültürel eşdeğeri olan bir şey vardır. Mendel buruşuk bezelyeleri pürüzsüz bezelyelerle çaprazlayınca, ilk kuşak ürünlerin tümü pürüzsüzdü. Pürüzsüz "baskın," buruşuk "çekinik"tir. İlk kuşak ürünlerin tümünün bir pürüzsüz, bir buruşuk aleli vardı; yine de bezelyelerin kendileri, buruşuk genleri olmayan bezelyelerden ayırt edilemiyorlardı. Bir İngiliz bir Afrikalıyla evlense, çocuklar, renk ve diğer pek çok karakteristik bakımından ara kuşak olurlar. Bu, bezelyelerdeki duruma benzemez. Ama toplumun bu çocuklara ne dediğini hepimiz biliyoruz: Her zaman "siyah". Siyahlık, bezelyelerdeki pürüzsüzlük gibi gerçek bir genetik baskın değildir. Ama toplumsal siyahlık *algısı*, baskınmış gibi davranır. Bu, kültürel ya da memetik bir "baskın"dır. İçgörülü antropolog Lionel Tiger bunu, beyaz kültür içinde ırkçı bir "kirlenme metaforu"na bağladı. Kuşkusuz, kölelerin torunlarının Afrikalı köklerle özdeşleşme konusunda güçlü ve anlaşılır istekleri de vardır. Havva'nın Hikâyesi'nde buna değinmiştim –İngiltere'deki Jamaikalı göçmenlerin, Batı Afrika'daki sözde "aile" ile duygusal olarak yeniden birleştikleri televizyon belgeseliyle ilgili olarak.

Dördüncüsü, ırksal kategorileştirmelerimiz konusunda gözlemciler arasında bir hemfikirlik vardır. Colin Powell gibi karma ırktan ve ara fiziksel özelliklere sahip bir adam, bazı gözlemciler tarafından beyaz, bazıları tarafından siyah olarak tarif edilmez. Küçük bir azınlık onu karma olarak tarif eder. Geri kalanların tümü, Bay Powell'ı kesinlikle siyah olarak tarif eder –en ufak Afrikalı ata izi sergileyen biri için de aynı şey geçerlidir, Avrupalı ata yüzdeleri ezici ölçüde fazla olsa bile. İzleyicinin beklentilerini sarsarak siyasal bir mesaj vermeye çalışmadıkları sürece, hiç kimse Colin Powell'ı beyaz olarak tarif etmez.

"Gözlemciler arası yüksek bağıntı" denilen yararlı bir teknik vardır. Bir yargının güvenilir bir temelinin, o temelin ne olduğunu kimse dayatmasa da, gerçekte var olduğunu kanıtlamak için bilimde sıkça kullanılan bir ölçüdür. Şimdiki durumda mantık şöyledir: İnsanların, bir kişinin "siyah" ya da "beyaz" olup olmadığına nasıl karar verdiklerini bilmeyebiliriz (ve biraz önce, siyah ya da beyaz oldukları için o karara varmadıklarını gösterdiğimi umuyorum); ama rasgele seçilen iki yargıç aynı karara vardığına göre, pusuda yatan *bir tür* güvenilir ölçüt olmalı.

Geniş ırklar-arası yelpaze konusunda bile gözlemciler arası bağıntının yüksek kalması olgusu, insan psikolojisine derin kök salmış bir şeyin etkileyici kanıtıdır. Kültürler arası açıdan düşünüldüğünde,

antropologların renk algılamasıyla ilgili bulgularını anımsatır. Fizikçiler, kırmızıdan başlayıp turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mora kadar uzanan gökkuşağının basit bir dalga boyu sürekliliği olduğunu söyler. Fiziksel tayf boyunca belirli sınır dalga boylarını özel ilgi ve adlandırma için seçip ayıran fizik değil, biyoloji ve/veya psikolojidir. Mavinin bir adı var. Yeşilin bir adı var. Mavi-yeşilin yok. Antropologların deneylerinin ilginç bulgusu (bu arada, bazı nüfuzlu antropolojik kuramlara karşıt olarak) şudur: Bu tür adlandırmalar konusunda, farklı kültürleri kesen önemli bir hemfikirlik vardır. Irk yargıları konusunda da benzer bir hemfikirliğimiz var gibi görünüyor. Gökkuşağındakinden daha güçlü ve daha bariz olduğu bile kanıtlanabilir.

Dediğim gibi, zoologlar bir türü, üyeleri doğal koşullarda –yaban ortamda– birbiriyle çiftleşen bir grup olarak tanımlarlar. Yalnızca hayvanat bahçelerinde çiftleşirlerse, ya da yapay dölleme kullanmak zorunda kalırsak, dişi çekirgeleri kafeste şarkı söyleyen erkek çekirgelerle kandırırsak, yavru doğurgan olsa bile, tür sayılmazlar. Bunu, tek akla uygun tür tanımı olup olmadığını tartışabiliriz; ama pek çok biyologun kullandığı bir tanımdır.

Ne var ki, bu tanımı insanlara uygulamak istediğimizde, özel bir güçlükle karşılaşırız: Melezleşmenin doğal koşullarını yapay koşullarından nasıl ayırt ederiz? Yanıtı kolay bir soru değil. Bugün yaşayan tüm insanlar aynı türün içine sokulurlar ve mutlu bir biçimde melezleşiyorlar. Ama ölçüt, anımsarsanız, bunu doğal koşullarda yapmayı tercih edip etmedikleridir. İnsanlar için hangi koşullar doğal koşuldur? Hatta, doğal koşullar var mı? Bugün de bazen olduğu gibi, eski zamanlarda iki komşu kabilenin farklı dinleri, farklı dilleri, farklı yemekleri, farklı kültürel gelenekleri varsa ve birbirleriyle sürekli savaş halindeyseler; (bugün de olduğu gibi) her kabilenin üyeleri, diğer kabilenin alt-insan, "hayvan" olduğuna inanacak şekilde büyütülmüşlerse; dinleri, diğer kabileden müstakbel cinsel partnerlerin tabu, "şiksa" ya da kirli olduklarını öğretmişse, aralarında melezleşme olmayabilirdi. Yine de otomatik ve genetik olarak, birbirlerinin tamamen aynısı olabilirlerdi. Melezleşmenin önündeki engelleri kaldırmak için, bir din değişikliği ya da görenek değişikliği yetiyordu. O zaman, melezleşme ölçütü insanlara nasıl uygulanmaya çalışılabilir? *Chorthippus brunneus* ile *C. biguttulus*, fiziksel olarak melezleşebilir olmalarına karşın melezleşmemeyi tercih ettikleri için iki farklı çekirge türü olarak ayrı olduklarına göre, en azından eski kabile zamanlarında insanlar da aynı şekilde ayrı olmuş

olabilirler mi? Unutmayın, *Chorthippus brunneus* ile *C. Biguttulus*, şarkıları dışında, her bakımdan özdeştirler ve melezleşmeye (kolayca) ikna edildiklerinde, yavruları doğurgan olur.

Yüzeysel görünüş gözlemcileri olarak ne düşünürsek düşünelim, bir genetikçi için bugünkü insan türü özellikle birörnektir. İnsan nüfusunun sahip olduğu genetik çeşitlemeyi alalım, bunun, ırk diyebileceğimiz bölgesel gruplarla bağlantılı olan kısmını ölçebiliriz. Toplamın küçük bir yüzdesi olduğu ortaya çıkar; nasıl ölçtüğünüze bağlı olarak yüzde 6 ile 15 arası –ırkların ayırt edilebildiği diğer birçok türde olduğundan çok daha küçük bir yüzde. Bu nedenle genetikçiler, ırkın bir kişinin çok önemli bir yanı olmadığı sonucuna varıyorlar. Bunu ifade etmenin başka yolları da var. Tek bir yerel ırk hariç, tüm insanlar yeryüzünden silinseydi, insan türündeki genetik çeşitlenmenin büyük çoğunluğu yine de korunmuş olurdu. Bu sezgisel olarak apaçık değil ve bazılarına çok şaşırtıcı gelebilir. Irksal ifadeler, örneğin pek çok Victoria dönemi insanının düşündüğü kadar bilgilendirici olsa, insan türündeki çeşitliliği korumak için farklı ırkların dağılımını epeyce korumanız gerekir. Ama durum bu değil.

Bu, birkaç istisna hariç insanlığa ırk-renkli gözlüklerle bakan Victoria dönemi biyologlarını kuşkusuz şaşırtırdı. Tutumları yirminci yüzyılda da varlığını sürdürdü. Hitler, iktidarı ele geçirip ırkçı düşünceleri devlet politikasına dönüştürmesiyle sıradışıydı. Birçok kişinin, yalnızca Almanya'da da değil, aynı düşünceleri vardı, ama iktidardan yoksundular. H. G. Wells'in Yeni Cumhuriyet görüşünü (*Anticipations*, 1902) daha önce de aktarmıştım ve kendi zamanında ilerici ve sol eğilimli kabul edilen önde gelen bir İngiliz entelektüelin, daha bir yüzyıl önce böylesine korkunç şeyleri nasıl söyleyebildiğini ve pek fark edilmediğini hatırlattığı için, tekrar aktarıyorum.

> Yeni Cumhuriyet aşağı ırklara nasıl davranacak? Siyahlarla nasıl uğraşacak? ...sarı insanlarla?... Yahudilerle?... Yeni verimlilik gereklerine uymayan şu siyah, kahverengi, kirli-beyaz ve sarı insan sürüleriyle? Evet, dünya dünyadır, bir hayır kurumu değildir ve sanırım, gitmeleri gerekecek... Bu Yeni Cumhuriyet erkeklerinin etik sistemi, dünya devletine egemen olacak etik sistem, öncelikle insanlıkta zarif, verimli ve güzel olanın –güzel ve kuvvetli vücutlar, berrak ve güçlü zihinler– doğmasından yana olacak biçimde şekillenecektir... Doğanın şimdiye kadar dünyayı şekillendirirken izlediği yöntem, zayıflığın zayıflığı yaygınlaştırmasını önleyen yöntem... ölümdür... Yeni Cumhuriyet erkeklerinin, öldürmeyi yararlı kılacak bir idealleri olacaktır.

Sanırım, geçen yüzyılda tutumumuzun değişmesine sevinmeliyiz.

Herhalde, Hitler, olumsuz anlamıyla, bundan ötürü ün kazanabilir; zira hiç kimse, onun söylediği bir şeyi söylerken yakalanmak istemez. Yirmi ikinci yüzyıldaki ardıllarımız, acaba dehşet içinde, bize dair neler aktaracaklar? Belki de diğer türlere yaptıklarımızla ilgili şeyleri?

Ama bunu bir kenara bırakalım. Yüzeysel görünüşe karşın, insan türündeki genetik birörnekliğin alışılmamış ölçüde yüksek düzeyiyle ilgileniyorduk. Kan alıp protein moleküllerini karşılaştırsanız ya da bizzat genleri dizseniz, dünyanın herhangi bir yerinde yaşayan herhangi iki insan arasında, iki Afrikalı şempanze arasında olduğundan daha az farklılık olduğunu görürüsünüz. Bu insan birörnekliğini, atalarımızın (şempanzelerin değil) çok eski olmayan bir zamanda genetik bir darboğazdan geçtiklerini tahmin ederek açıklayabiliyoruz. Nüfus iyice azaldı, soy tükenmeye yüz tuttu, ama paçayı yırttı. Şiddetli bir darboğazı gösteren kanıtlar var –70.000 yıl kadar önce, altı yıl süren bir "volkanik kış" ve bunu izleyin bin yıllık bir Buzul Çağı'nın neden olduğu ve nüfusun muhtemelen 15.000'e kadar indiği bir darboğaz. Mitolojideki Nuh'un çocukları gibi, hepimiz bu küçük nüfustan türedik ve genetik olarak bu kadar birörnek olmamızın nedeni budur. Daha da fazla genetik birörnekliğe ilişkin benzer kanıtlar, çitaların da daha yakın zamanda, son Buzul Çağı'nın sonlarında daha da dar bir darboğazdan geçtiklerini gösteriyor.

Bazıları, biyokimyasal genetik kanıtı, gündelik deneyimle bağdaşmıyor gibi göründüğü için, doyurucu bulmayabilir. Çitalardan farklı olarak, biz "birörnek" görünmüyoruz.* Norveçliler, Japonlar ve Zulular, gerekten de birbirlerinde çok farklı görünürler. Dünyadaki en büyük iyi niyetle, bize birbirlerine çok benzer görünen üç şempanzeden çok daha fazla birbirlerine benzediklerine sezgisel olarak inanmak zordur.

Elbette bu siyasal bakımdan hassas bir konudur, 20 kadar bilim insanının katıldığı bir toplantıda Batı Afrikalı bir tıp araştırmacısının hicvettiği bir konudur. Toplantının başında, başkan kendimizi tanıtmamızı istedi. Orada bulunan tek siyah olan Afrikalı –birçok Afrika kökenli Amerikalıdan farklı olarak gerçekten siyahtı– tesadüfen kırmızı bir kravat takmıştı. Kendini tanıttıktan sonra, gülümsemeyle, "Beni kolayca hatırlayabilirsiniz. Kırmızı kravatlı olanım" diyerek konuşmasını bitirdi. Geriye yaslanıp ırksal farklılıkları fark etmiyormuş gibi davrananlarla dalga geçiyordu. Sanırım, buna benzer bir *Monty Python* skeci de vardı.

*Bu arada leoparlar da öyle görünmezler. Ama bir zamanlar ayrı bir tür olduğu düşünülen siyah "panterler," tek bir genetik lokusta benekli leoparlardan farklıdırlar.

Yine de, aksi görünüşe karşın, gerçekten alışılmamış ölçüde birörnek bir tür olduğumuzu gösteren genetik kanıtları silip atamayız. Görünüşle ölçüye dayanan gerçek arasındaki görünür çelişkinin çözümü nedir?

İnsan türündeki toplam çeşitliliği ölçer, sonra bunu bir ırklar-arası bileşen, bir de ırk-içi bileşene ayırırsanız, ırklar-arası bileşenin toplamın çok küçük bir kısmını oluşturduğu ortaya çıkar. En fazla insanlar arası çeşitlilik, ırklar arasında olduğu kadar ırklar içinde de bulunabilir. Yalnızca çok küçük bir fazladan çeşitlilik katkısı, ırkları birbirinden ayırt eder. Bütün bunlar doğru. Yanlış olan, bu nedenle ırkın anlamsız bir kavram olduğu çıkarımıdır. Ünlü Cambridge genetikçisi A. W. F. Edwards yakın zamanda "Human Genetic Diversity: Lewontin's Fallacy" (İnsanın Genetik Çeşitliliği: Lewontin'in Yanılgısı) adlı bir makalede bu konuyu ele aldı. R. C. Lewontin, siyasal inançlarının güçlülüğüyle ve bu inançlarını her fırsatta bilime taşıma zayıflığıyla tanınan eşit ölçüde ünlü bir genetikçidir. Lewontin'in ırk görüşü, bilimsel çevrelerde neredeyse evrensel bir ortodoksluk olmuştur. 1972'deki ünlü makalesinde şöyle yazıyordu:

> İnsan ırkları ve alt-grupları arasındaki görece büyük farklılıklara ilişkin algımızın, aslında önyargılı bir algılama olduğu ve rasgele seçilen genetik farklılıklar temelinde, insan ırkları ve topluluklarının bariz bir biçimde birbirlerine benzedikleri, insan çeşitliliğinin çok büyük bir kısmının bireyler arasındaki farklılıklardan oluştuğu açıktır.

Bu, tam olarak benim yukarıda kabul ettiğim noktadır ve yazdıklarımın çoğu Lewontin'e dayandığı için, bu durum şaşırtıcı da değil. Ama bakın Lewontin nasıl devam ediyor:

> İnsanları ırksal çerçevede sınıflandırmanın hiçbir toplumsal değeri yoktur, toplumsal ve insani ilişkileri kesin olarak bozar. Böyle bir ırksal sınıflandırmanın hiçbir genetik ya da taksonomik önemi bulunmadığı görüldüğüne göre, devam etmesi için hiçbir gerekçe gösterilemez.

İnsanları ırksal çerçevede sınıflandırmanın hiçbir toplumsal değerinin bulunmadığını, toplumsal ve insani ilişkileri kesinlikle bozduğunu hepimiz seve seve kabul edebiliriz. Formlardaki kutuları işaretlemeye itiraz etmemin ve iş seçiminde pozitif ayrımcılığa karşı çıkmamın bir nedeni de budur. Ama bu, ırkın "genetik ya da taksonomik bir öneminin bulunmadığı" anlamına gelmez. Edward'ın değindiği nokta da budur ve şöyle akıl yürütüyor. Toplam çeşitliliğin ırksal kısmı ne kadar küçük olursa olsun, var olan şu ırksal karakteristikler başka ırksal karakteristiklerle oldukça bağıntılıysa, tanımı gereği bilgilendiricidirler ve dolayısıyla tak-

sonomik önemleri vardır.

Bilgilendirici, oldukça kesin bir şey anlamına gelir. Bilgilendirici bir ifade, daha önce bilmediğiniz bir şeyi size anlatan ifadedir. Bir ifadenin bilgi içeriği, önceki belirsizlikte azalma olarak ölçülür. Önceki belirsizlikte azalma da, olasılıklarda bir değişim olarak ölçülür. Bu, bir mesajın bilgi içeriğini matematiksel olarak kesinleştirmenin bir yoludur; ama bununla canımızı sıkmamıza gerek yok.* Size Evelyn erkektir dersem, onunla ilgili bir sürü şeyi hemen öğrenirsiniz. Cinsel organlarının şekliyle ilgili önceki belirsizliğiniz azalır (tam olarak ortadan kalkmasa da). Kromozomları, hormonları ve biyokimyasının diğer yanlarıyla ilgili daha önce bilmediğiniz gerçekleri artık bilirsiniz ve sesinin derinliği, yüzündeki kıl dağılımı, yağ ve kas dağılımıyla ilgili önceki belirsizliğinizde nicel bir azalma vardır. Victoria dönemi önyargılarının aksine, Evelyn'in genel zekâsı ya da öğrenme yeteneğiyle ilgili önceki belirsizliğiniz, cinsiyetiyle ilgili haberlerle değişmez, olduğu gibi kalır. Ağırlık kaldırma ya da pek çok spor dalında üstün olma yeteneğiyle ilgili önceki belirsizliğiniz nicel olarak azalır, ama yalnızca nicel olarak. Olağan durumda en iyi erkekler, en iyi kadınları yenebilmesine karşın, pek çok spor dalında birçok kadın birçok erkeği yenebilir. Evelyn'in koşma hızı ya da tenis servisiyle ilgili bahse girme yeteneğiniz, cinsiyetini size söylememle birazcık artmıştır, ama kesinliğe ulaşmamıştır.

Irk sorununa dönelim. Size "Suzy Çinlidir," dersem ne olur, önceki belirsizliğiniz ne kadar azalır? Saçlarının düz ve siyah (ya da eskiden siyah), gözkapaklarının epikantik olduğundan ve onunla ilgili başka birkaç şeyden epeyce emin olursunuz. Size "Colin 'siyah'tır," dersem, biraz önce gördüğümüz gibi, bu onun siyah olduğunu size anlatmaz. Ama yine de, bilgilendiricidir. Gözlemciler arası yüksek bağıntı, pek çok kişinin tanıdığı bir karakteristikler kümelenmesi olduğunu gösteriyor; bu yüzden, "Colin siyahtır" ifadesi, Colin'le ilgili önceki belirsizliği gerçekten azaltır. Bir ölçüde başka açılardan da etkilidir. Size "Carl, Olimpiyat koşu şampiyonudur," dersem, onun "ırk"ıyla ilgili önceki belirsizliğiniz, istatistiksel bir olgu sorunu olarak, azalır. Onun "siyah" olduğuna, oldukça emin bir şekilde bahse girebilirsiniz.**

Bu tartışmaya, ırk kavramının insanları sınıflandırmanın bilgiden yana

* Açıkçası, Lewontin'in kendisi bilgi kuramını kullanan ilk biyologlardan biriydi ve bunu ırkla ilgili makalesinde de kullandı, ama farklı bir amaçla, çeşitliliği ölçmek için uygun bir istatistik olarak kullandı.

** Sir Roger Bannister birkaç yıl önce benzer bir şey söyleyince, insanların ırk konularında kılı kırk yaran duyarlılıkları dışında görebildiğim hiçbir neden yokken, başı müthiş belaya girdi.

zengin bir yolu olup olmadığını merak ederek geldik. Soru hakkında bir karara varmak için, gözlemciler arası bağıntı ölçütünü nasıl uygulayabiliriz. Diyelim ki, aşağıdaki ülkelerin yerlilerinden rasgele seçilmiş 20 kişinin standart tam-yüz vesikalık fotoğraflarını çektik: Japonya, Uganda, İzlanda, Sri Lanka, Papua Yeni Gine ve Mısır. 120 kişiye bu 120 fotoğrafı göstersek, benim tahminime göre her biri, fotoğrafları altı ayrı kategoriye ayırmada yüzde yüz başarıya ulaşır. Dahası, söz konusu altı ülkenin adlarını da versek, 120 kişinin tamamı, eğer makul ölçüde eğitimliyseler, 120 fotoğrafı doğru bir biçimde altı ülkeye ayırır. Bu deneyi yapmadım; ama sonucun böyle olacağı konusunda benimle aynı görüşte olduğunuzdan eminim. İnsan olarak sizin deneyi yapmadan benimle hemfikir olacağınıza güvenim, tam da belirtmeye çalıştığım nokta işte budur.

Deney yapılmış olsaydı, sanırım Lewontin benim öngördüğümden başka bir sonuç beklemezdi. Yine de, ırksal sınıflandırmanın genetik ya da taksonomik bir öneminin bulunmadığına ilişkin ifadesinden, karşıt bir öngörü çıkıyor gibi. Taksonomik ya da genetik bir önemi yoksa, gözlemciler arası yüksek bağıntıya ulaşmanın geriye kalan tek yolu, kültürel yargılarda dünya çapında benzerlik olur ve Lewontin'in bunu da öngöreceğini sanmam. Kısaca, Edwards'ın haklı, Lewontin'in haksız olduğunu düşünüyorum. Elbette, Lewontin hesaplarını doğru yaptı; parlak bir matematiksel genetikçidir. İnsan türündeki toplam çeşitliliğin ırksal payı, gerçekten düşüktür. Ama ırklar arası çeşitlilik, toplam çeşitlilikteki oranı ne olursa olsun, *bağıntılı* olduğu için, gözlemciler arası yargı uyumu ölçülerek gösterilebilecek şekilde bilgilendiricidir.

Bu noktada, "ırk"ımı ya da "etnisite"mi etiketleyen bir kutuyu işaretlemek zorunda olduğum formları doldurmaya güçlü itirazımı tekrarlamalı ve Lewontin'in ırksal sınıflandırmanın toplumsal ve insani ilişkileri bozabileceğine –özellikle de, insanlar ırksal sınıflandırmayı, ister olumlu, ister olumsuz ayrımcılıkla olsun insanlara farklı davranmanın bir yolu olarak kullandıklarında– ilişkin ifadesine güçlü desteğimi dillendirmeliyim. Birilerine ırksal bir etiket takmak, onlarla ilgili size birden fazla şey anlatması anlamında bilgilendiricidir. Saçlarının rengiyle, tenlerinin rengiyle, saçlarının düzlüğüyle, gözlerinin şekliyle, burunlarının şekliyle, ne kadar uzun olduklarıyla ilgili belirsizliğinizi azaltabilir. Ama bir işe ne kadar uygun olduklarıyla ilgili bir şey anlattığını sanmanız için hiçbir neden yoktur. Belirli bir işe olası uygunluklarıyla ilgili istatistiksel belirsizliğinizi azaltan olasısız bir olayda bile, birini işe alırken ırksal etiketleri ayrımcılığın temeli olarak kullanmak *yine de* berbattır. Yetenek

temelinde bir seçim yaptınız ve tümü siyahlardan oluşan bir koşu takımınız oldu, olsun. Bu sonuca varırken ırksal ayrımcılık yapmadınız.

Büyük bir orkestra şefi orkestra elemanlarını sınavdan geçirirken, bir perdenin arkasında çaldırırmış. Konuşmamaları söylenirmiş; hatta, yüksek topuklar icracının cinsiyetini ele verir diye ayakkabılarını çıkarmaları gerekiyormuş. Kadınların erkeklerden daha iyi arpçı olma eğiliminde oldukları istatistiksel anlamda doğru olsa bile, bu, bir arpçı seçerken erkeklere karşı ayrımcılık yapmanız gerektiği anlamına *gelmez.* Bana göre, bireylere, mensup oldukları grup temelinde ayrımcılık yapmak, her zaman kötüdür. Güney Afrika'nın apartheid yasalarının kötü olduğu konusunda, bugün evrensele yakın bir görüş birliği vardır. Amerikan kampuslarında "azınlık" öğrenciler lehine pozitif ayrımcılığa, bana göre, apartheidle aynı gerekçelerle karşı çıkılabilir. İkisi de, insanları kendi başına birey olarak değil, grupların temsilcisi olarak ele alır. Pozitif ayrımcılık, bazen, yüzyılların adaletsizliğini giderme olarak gerekçelendirilir. Ama, ait olduğu çoğul grubun çoktan ölmüş üyelerince yapılan yanlışların bedelini bugün tekil bir bireye ödetmek ne kadar adildir?

İlginç bir biçimde, tekil/çoğul karışıklığının bu türü, yobazları açıkça ele veren bir söz biçiminde de ortaya çıkar: "Yahudiler ..." yerine, "Yahudi ..." denilir.

> Arap Gazi mükemmel bir savaşçıdır, ama sağını solunu bilmez. Şimdi, sizin Peştu ise...

İnsanlar bireydir, birey olarak farklıdırlar; kendi grupları ile diğer gruplar arasındaki farktan çok daha fazla kendi grubunun diğer üyelerinden farklıdırlar. Bu konuda Lewontin, kuşkusuz haklıdır.

Gözlemciler arası anlaşma, ırksal sınıflandırmanın bilgilendirici olduğunu gösteriyor; ama neyle *ilgili* bilgilendirir? Gözlemcilerin kendi aralarında anlaşırken kullandıkları niteliklerle, hepsi bu: Göz şekli, kıvırcık saç gibi şeylerle –ikna olmamız için daha fazla neden gösterilmedikçe, bundan fazlasıyla değil. Bir nedenle ırkla ilişkilendirilen karakteristikler yüzeysel, dışsal, önemsiz gibi görünür –özellikle de yüz karakteristikleri. Peki insan ırkları bu yüzeysel bariz karakteristiklerde neden bu kadar farklılar? Yoksa, gözlemci olarak bizler bunları fark etme eğiliminde miyiz? Neden diğer türler görece daha birörnek görünürken, insanlar, hayvanlar âleminin başka bir yerinde karşılaşsaydık, bir sürü ayrı türle karşı karşıya olduğumuzdan kuşkulanabileceğimiz kadar farklılık gösterirler?

Siyasal bakımdan en kabul edilebilir açıklama şudur: Herhangi bir türün üyelerinin, kendisi gibi olanlar arasındaki farklılıklara yüksek duyarlılıkları vardır. Bu görüşe göre, insan farklılıklarını, diğer türlerin içindeki farklılıklardan daha kolay *fark etmemiz* normaldir. Bizim neredeyse özdeş gördüğümüz şempanzeler, birbirlerinin gözüne, bizim gözümüzde bir Kikuyunun bir Hollandalıdan farklı olması kadar farklı görünür. Yüz tanımasıyla ilgili beyin mekanizmaları konusunda uzman olan ünlü Amerikalı psikolog H. L. Teuber, bu tür bir kuramı ırk-içi düzeyde doğrulama beklentisiyle, Çinli bir öğrenciden, "Batılılar, neden Çinlilerin Batılılardan daha fazla birbirlerine benzediklerini düşünürler?" sorusunu araştırmasını istemiş. Çinli öğrenci üç yıllık yoğun bir araştırmadan sonra, vardığı sonuçları rapor etmiş. "Çinliler gerçekten Batılılardan daha fazla birbirlerine benzerler!" Teuber öyküyü, çok fazla kaş göz işaretiyle anlattı; bu burada bir şaka olduğunun kesin bir işaretidir, bu yüzden işin aslını bilmiyorum. Ama bunu inanmakta zorluk çekmem ve kimseyi şaşkına çevireceğini de sanmam.

Görece yakın zamanda Afrika'dan dünyaya dağılmamız bizi olağanüstü derecede geniş bir habitat, iklim ve yaşam tarzı çeşitliliğine götürmüştür. Farklı koşulların, özelikle güneş ve soğuk yanığı taşıyan deri gibi görünür dış kısımlara güçlü bir seçilim baskısı uygulaması akla uygundur. Tropik iklimden kutuplara, deniz düzeyinden yüksek And Dağları'na, kavrulan çöllerden su damlayan cangıllara kadar ve bunların arasında kalan her yerde bu kadar iyi gelişen başka bir tür düşünmek zordur. Böylesine farklı koşulların farklı doğal seçilim baskıları yapması kaçınılmazdı ve sonuç olarak yerel toplulukların birbirinden ayrılmaması gerçekten sürpriz olurdu. Afrika, Güney Amerika ve Güneydoğu Asya'nın sık ormanlarındaki avcılar birbirlerinden bağımsız olarak kısaldılar; çünkü yoğun bir bitki örtüsünde yükseklik bir engeldir. Yüksek enlemlerde yaşayan ve D vitamini almak için güneşe muhtaç olan insanlar, tersi sorunla –tropikal güneşin kanser yapıcı ışınları– karşı karşıya olanlardan daha açık tenli olma eğilimindedirler. Bu şekildeki bölgesel seçilimin ten rengi gibi yüzeysel karakteristikleri etkilerken, genomun çok büyük bölümünü, olduğu gibi ve birörnek bırakması akla uygundur.

Kuramsal olarak bu, derin benzerliği örten yüzeysel ve görünür çeşitliliğimizin tam açıklaması olabilir. Ama bana yeterli görünmüyor. Hiç olmazsa, sanırım ek bir öneriyle yardımcı olunabilir. Bu öneri, daha önce melezleşmenin önündeki kültürel engellerle ilgili tartışmamızdan

uzaklaşır. Genlerin bütünselliğini sayarsanız ya da genlerden sahiden rasgele bir örnek alırsanız, biz gerçekten de fazlasıyla birörnek bir türüz; ama çeşitliliği *fark etmemizi*, bize benzeyeni diğerlerinden ayırt etmemizi kolaylaştıran genlerdeki orantısız çeşitlilik durumunun herhalde özel nedenleri vardır. Bunlara, ten rengi gibi dıştan görünür "etiketler"den sorumlu genler de dahildir. Yine, bu yüksek ayırt edilebilirliğin, bu kadar kültür-bağımlı bir tür olduğumuz için özellikle insanlarda cinsel seçilimle evrildiğini öne sürmek istiyorum. Kültürel gelenek eşleşme kararlarımızı çok fazla etkilediği için, kültürlerimiz ve bazen dinlerimiz bizi dışarıdakilere, özellikle eş seçiminde ayrımcılık yapmaya teşvik ettiği için, atalarımızın içeridekileri dışarıdakilere tercih etmelerine yardımcı olan yüzeysel farklılıklar, aramızdaki gerçek genetik farklılıklara göre orantısız ölçüde güçlenmiştir. Jared Diamond gibi bir düşünür, *The Rise and Fall of the Third Chimpanzee*'de benzer bir düşünceyi desteklemiştir. Darwin de, daha genel olarak, ırksal farklılıkları açıklamada cinsel seçilime başvurmuştur.

Bu kuramın iki versiyonunu ele almak istiyorum; bir güçlü ve bir de zayıf versiyonunu. Hakikat, ikisinin bir bileşimi olabilir. Güçlü kuram, ten rengi ve diğer bariz genetik işaretlerin, eş seçiminde ayırıcı olarak evrildiklerini öne sürer. Zayıf kuram ise, dil ve din gibi kültürel farklılıklara, türleşmenin ilk evrelerinde coğrafi ayrılığın oynadığı rolün aynısını verir. Kültürel farklılıklar bu ilk ayrılığa ulaştıktan sonra ve bunun sonucunda onları bir arada tutacak gen akışı olmayınca, gruplar sanki coğrafi olarak ayrılarmış gibi genetik olarak ayrı evrilirler.

Ata bir topluluğun, genellikle coğrafi olduğu varsayılan tesadüfi bir ilk ayrılık tarafından başlatılmışsa genetik olarak ayrı iki topluluğa ayrılabildiğini Sihlid'in Hikâyesi'nden anımsayın. Sıradağ gibi bir engel, meskûn iki vadi arasındaki gen akışını azaltır. Bu yüzden iki vadideki gen havuzları, kendi ayrı yollarına giderler. Ayrılık, normal olarak farklı seçilim baskılarıyla kışkırtılır; örneğin bir vadi, dağın öte yanındaki komşu vadiden daha nemli olabilir. Ama şimdiye kadar coğrafi olduğunu varsaydığım tesadüfi ilk ayrılık zorunludur.

Coğrafi ayrılığın kasıtlı bir şey olduğunu kimse öne sürmüyor. "Zorunlu" bu anlama gelmez. "Zorunlu", bir ilk coğrafi ayrılık (ya da eşdeğeri) olmamışsa, topluluğun çeşitli parçalarının, kendi aralarında cinsel karışmayla genetik olarak birbirlerine bağlanacakları anlamına gelir. Bir ilk engel olmadan, türleşme olamaz. Başlangıçta ırk olan iki farazi tür ayrılmaya başladıktan sonra, daha ileride genetik olarak daha

fazla ayrılabilirler –coğrafi engel daha sonra ortadan kalksa bile.

Burada anlaşmazlık var. Bazıları ilk ayrılığın coğrafi olması gerektiğini düşünürken, bazıları, özellikle böcekbilimciler, simpatrik denilen türleşmeyi vurgularlar. Birçok otçul böcek yalnızca bir bitki türü yer. Tercih edilen bitkiler üzerinde eşleriyle buluşurlar ve yumurtalarına bırakırlar. Sonra larvalar, yiyerek büyüdükleri yaprağa açıkça "iz bırakırlar" ve yetişkin olunca, kendi yumurtalarını bırakmak için aynı bitki türünü seçerler.* O yüzden yetişkin bir dişi bir yanlışlık yapıp, yanlış bitki türüne yumurtalarını bıraksaydı, yavrusu o yanlış bitkiye iz bırakır ve zamanı gelince aynı yanlış tür bitkiye yumurtaların bırakırdı. Sonra onun larvaları aynı yanlış bitkiye iz bırakır, yetişkin olunca aynı yanlış bitkinin etrafında dolanır ve yanlış bitkinin etrafında dolanan diğerleriyle çiftleşir ve sonuçta yanlış bitkiye yumurtalarını bırakırlardı.

Bu böceklerin durumunda, tek bir kuşak içinde ebeveyn tipiyle gen akışının aniden kesilebileceğini görebilirsiniz. Kuramsal olarak, coğrafi yalıtım olmadan yeni bir tür oluşabilir. Ya da başka bir deyişle, bu böcekler için iki besin bitkisi türü arasındaki fark, bir sıradağ ve bir ırmak arasındaki farka eşdeğerdir. Bu şekilde simpatrik türleşmenin, böcekler arasında "gerçek" coğrafi türleşmeden daha yaygın olduğu öne sürülmüştür; bu durumda, türlerin çoğunluğu böcek olduğuna göre, en fazla türleşme olayının simpatrik olması bile söz konusu olabilir. Ne olursa olsun, insan kültürünün, gen akışının engellenebildiği, ana hatlarını çizdiğim böcek senaryosuna benzeyen özel bir yol sağladığını öne sürüyorum.

Böceklerde bitki tercihleri, iki koşulla, larvaların besin bitkiye yapışması ve yetişkinlerin aynı besin bitkide çiftleşmeleri ve yumurtlamalarıyla ebeveynden yavruya aktarılır. Aslında sülaleler, kuşaktan kuşağa geçen "gelenekler"i kurarlar. İnsan gelenekleri de aynıdır. Örnekler diller, dinler, toplumsal terbiye ya da göreneklerdir. Böceklerle besin bitkilerinin ilişkisinde olduğu gibi, yaşamı ilginçleştirmeye yetecek kadar "hata" olsa da, çocuklar genellikle ebeveynlerinin dillerini ve dinlerini benimserler. Yine, tercih ettikleri besin bitkilerin civarında çiftleşen böcekler gibi, insanlar da aynı dili konuşan ve aynı tanrılara tapan

*İz bırakma, çok kez Konrad Lorenz'in keşfettiği söylenen bir süreçtir; bu süreçte yavru hayvanlar, örneğin kaz yavrularının, yaşamlarının başında hassas bir dönemde gördükleri ve yavruyken izledikleri bir nesnenin bir tür zihinsel fotoğrafını çekerler. Bu nesne genellikle bir ebeveyn olur, ama Konrad Lorenz'in botları da olabilir. Daha sonra, "zihinsel fotoğraf" eş seçimini etkiler; bu genellikle kendi türlerinin bir üyesi demektir, ama Lorenz'in botlarıyla da çiftleşmeye çalışabilirler. Kaz yavrusu öyküsü bu kadar basit değil, ama böcek olayıyla benzerlik açık olmalı.

insanlarla çiftleşme eğilimindedirler. Bu yüzden farklı dil ve dinler, besin bitkilerin ya da geleneksel coğrafi türleşmede sıradağların rolünü oynayabilirler. Farklı diller, dinler ve toplumsal görenekler, gen akışı önünde engel işlevi görebilirler. Buradan yola çıkarak, kuramımızın zayıf biçimine göre, rasgele genetik farklılıklar bir sıradağın farklı taraflarında yığılabileceği gibi, bir dil ya da din engelinin karşıt taraflarında da yığılır. Sonuç olarak, kuramın güçlü versiyonuna göre, insanlar bariz görünüş farklılıklarını, ilk ayrılmayı sağlayan kültürel engelleri tamamlayan, eş seçiminde ek ayrımcılık etiketleri olarak kullandıkça, oluşan genetik farklılıklar güçlenir.*

Kuşkusuz, insanların birden fazla tür olarak düşünülmesi gerektiğini öne sürmüyorum. Aksine. Öne sürdüğüm, insan kültürünün –rasgele çiftleşmeden güçlü bir biçimde uzaklaşıp, dilin, dinin ve diğer kültürel ayırıcıların belirlediği yönlere gitmemizin-, geçmişte genetiğimize çok tuhaf şeyler yaptığıdır. Genlerin bütünlüğünü hesaba katarsak fazlasıyla birörnek bir tür olmamıza karşın, önemsiz ama bariz olan yüzeysel özellikler –ayrımcılığın yemi- bakımından şaşırtıcı derecede çeşitliyiz. Ayrımcılık yalnızca eş seçiminde değil, düşman seçiminde, yabancı düşmanlığı ya da dinsel önyargı kurbanlarının seçiminde de geçerlidir.

MEYVESİNEĞİ'NİN HİKÂYESİ

1894'te öncü genetikçi William Bateson, *Materials for the Study of Variation, Treated with Especial Regard to Discontinuity in the Origin of Species* adlı bir kitap yayımladı. Büyüleyici, neredeyse dehşetli bir genetik anormallikler listesi hazırladı ve evrimi nasıl aydınlatabileceklerini değerlendirdi. Çatal tırnaklı atları, kafanın ortasında tek boynuzu olan antilopları, üç elli insanları ve bir tarafında beş bacağı bulunan bir böceği vardı. Bateson kitabında, dikkate değer bir genetik çeşitlenme tipi için "homeosis" terimini uydurdu. *Homoio*, Yunancada "aynı" demektir ve homeotik mutasyon (Bateson kitabını yazdığı sırada "mutasyon" sözcüğü henüz uydurulmamış olmasına karşın, biz şimdi böyle diyoruz), vücudun bir parçasının farklı bir parçada ortaya çıkmasına neden olan mutasyondur.

Bateson'ın kendi örnekleri arasında, bir duyarganın bulunması gereken yerde bir bacağı çıkmış bir yaprakarısı da vardı. Bu dikkate değer anormalliği duyar duymaz, Bateson'la birlikte, burada hayvanların

*Bu düşünce sürdürülecekse çözülmesi gereken potansiyel bir sorun vardır: Matematiksel genetik kuramı, genetik farklılaşmanın sürdürülebilmesi için ayrılışın epeyce tam olmak zorunda olduğunu öne sürer.

normal olarak nasıl geliştiklerine ilişkin önemli bir ipucu olması gerektiğinden kuşkulanabilirdiniz. Bateson'la birlikte haklı olurdunuz ve bu hikâyenin konusu da budur. Bu tikel homeosis –duyarganın yerinde bacak– daha sonra meyvesineği *Drosophila*'da keşfedildi ve duruma antennapedia (duyarga-ayak) adı verildi. *Drosophila* ("şekerli su sever") uzun süredir genetikçilerin gözde hayvanıdır. Embriyoloji, genetikle karıştırılmamalıdır; ama yakın zamanda *Drosophila*, genetiğin yanı sıra embriyolojide de başrolü üstlendi ve bu, bir embriyoloji hikâyesidir.

Embriyon gelişimi genler tarafından kontrol edilir; ama kuramsal olarak bunun gerçekleşebilmesinin çok farklı iki yolu vardır. Fare'nin Hikâyesi bu iki yolu, ozalit plan ve yemek tarifi olarak tanıttı. Bir inşaatçı bir evi, tuğlaları bir ozalit plana göre dizerek yapar. Bir aşçı kırıntıları ve kuşüzümlerini saptanmış konumlara uygun yerleştirerek değil, malzemeyi eleme, karıştırma, çırpma ve ısıtma gibi saptanmış prosedürlerden geçirerek kek yapar.* Biyoloji ders kitapları, DNA'yı bir ozalit plan olarak tarif ettiklerinde yanlış yapmış olurlar. Embriyonların bir ozalit planı izlemekle uzaktan yakından bir ilgileri yoktur. DNA, tamamlanmış vücudun benzeyeceği şeyin herhangi bir dilde betimi değildir. Belki başka bir gezegende yaşayan şeyler ozalit plan embriyonlarıyla gelişiyorlar; ama bunun nasıl olacağını düşünmekte güçlük çekiyorum. Çok farklı bir yaşam türü olmak zorunda. Bu gezegende embriyonlar tariflere uyarlar. Ya da, bazı bakımlardan yemek tarifinden daha uygun olan, eşit ölçüde ozalit plan-dışı bir benzetme kullanırsak, embriyonlar, bir dizi origami talimatını izleyerek oluşurlar.

Origami benzetmesi, geç embriyondan çok erken embriyona uygundur. Vücudun ana örgüsünün temeli, başlangıçta hücre tabakalarının bir katlanma dizisi ve içi içe geçmesiyle atılır. Ana vücut planı güvenle yerli yerine oturtulduktan sonra, gelişimin sonraki evreleri büyük ölçüde büyümekten ibarettir; embriyon, bütün bölümleriyle bir balon gibi şişiyormuş gibidir. Ne var ki, bu çok özel bir balondur; çünkü vücudun farklı bölümleri farklı oranda şişer ve oranlar dikkatle kontrol edilir. Bu, allometri olarak bilinen önemli bir görüngüdür. Meyvesineği'nin Hikâyesi, sonraki şişme evresiyle değil, daha çok gelişimin origami evresiyle ilgilidir.

Hücreler, tuğla gibi bir ozalit plana uymazlar; ama hücrelerin davranışı, embriyon gelişimini belirler. Hücreler diğer hücreleri çeker ya

*Bu sevdiğim benzetmeyi ilk kez, Sir William'ın akrabası dostum Sir Patrick Bateson kullandı.

da iter. Çeşitli yollarla şekil değiştirirler. Dışarıya yayılıp diğer hücreleri, hatta uzakta olanları bile etkileyebilen kimyasal madde salgılarlar. Bazen seçici bir biçimde ölür, sanki bir heykeltıraş işbaşındaymış gibi, eksiltme yoluyla şekil oluştururlar. Bir höyük oluşturmak için işbirliği yapan akkarıncalar gibi hücreler de, kendilerini ilişki içinde buldukları komşu hücrelere ilişkin ve derişim düşümlerinde kimyasallara yanıt olarak ne yapmaları gerektiğini "bilirler." Embriyondaki tüm hücreler aynı genleri içerir; bu yüzden, bir hücrenin davranışını diğerinden ayırt eden genleri olamaz. Bir hücreyi ayırt eden şey, açık olan genlerdir ve bu genler, içerdiği gen ürünlerine –proteinlere– yansır.

Embriyonun ta başında, bir hücrenin iki ana boyut boyunca nerede olduğunu "bilmesi" gerekir; ileri-geri (ön/arka) ve aşağı-yukarı (sırt/karın) boyutlarını. "Bilmek" ne demektir? Başlangıçta, iki eksenin her birinde kimyasal düşümler boyunca konumu bir hücrenin davranışını belirler demektir. Bu tür düşümler zorunlu olarak bizzat yumurtada başlar ve bu nedenle, yumurtanın kendi çekirdek genlerinin değil, annenin genlerinin kontrolü altındadırlar. Örneğin, *Drosophila* annenin genotipinde, yumurtaları yapan "hemşire" hücreler biçiminde kendini ifade eden ve *bicoid* denilen bir gen vardır. *Bicoid* genin yaptığı protein yumurtaya taşınır ve orada bir uçta toplanır, oradan da diğer uca geçer. Sonuçta oluşan derişim düşümü (ve ona benzer diğerleri), ön/arka eksenini etiketler. Eksenin sağ tarafında eş mekanizmalar, sırt/karın eksenini etiketler.

Bu etiketleyici derişimler, daha sonra yumurta bölününce oluşan hücrelerin tözünde varlığını sürdürür. İlk birkaç bölünme yeni malzeme eklenmeden gerçekleşir ve bölünmeler eksiktir: Bir sürü çekirdek oluşur, ama hücre bölünmeleriyle tamamen ayrılmamışlardır. Bu çokçekirdekli hücreye, sinsityum denilir. Daha sonra bölünmeler oluşur ve embriyon gerçekten hücreli olur. Dediğim gibi, bütün bunlarda ilk kimyasal düşümler varlığını sürdürür. Bundan, embriyonun farklı parçalarındaki hücre çekirdeklerinin, ilk ikiboyutlu düşümlere uygun olarak farklı temel madde derişimlerinde yıkanacakları ve bunun, farklı genlerde farklı genlerin açılmasına neden olacağı (elbette artık annenin değil, embriyonun kendi genlerinden söz ediyoruz) sonucu çıkar. Hücrelerin farklılaşması böyle başlar ve ilkenin uzantıları, gelişimin sonraki evrelerinde daha fazla farklılaşmaya yol açar. Anne genlerinin düzenlediği ilk düşümler yerlerini, embriyonun kendi genlerinin düzenlediği yeni ve daha karmaşık düşümlere bırakır. Embriyonik hücre soy-

larında daha sonraki çatallaşmalar yinelemeli olarak daha fazla farklılaşma üretir.

Eklembacaklılarda, daha büyük ölçekli bir vücut bölünmesi vardır; ama hücrelere değil, bölütlere. Bölütler, başın ön tarafından karnın uç tarafına kadar sıra halinde dizilir. Böceklerin altı kafa bölütü vardır; duyargalar ikinci bölüttedir, onları diğer bölütlerde altçene kemikleri ve ağzın diğer parçaları izler. Yetişkin kafanın bölütleri küçük bir alana sıkışmıştır; bu yüzden ön-arka hizası çok açık değildir, ama embriyonda görülebilir. Torasik (göğse ait) bölütler (T1, T2, T3) daha belirgin bir biçimde sıralanmıştır ve her biri bir çift bacak taşır. T2 ile T3, normalde kanatları taşır; ama *Drosophila* ve diğer sineklerde yalnızca T2'nin kanatları vardır.*

İkinci "kanat" çifti değişip tokmakçıklara, T3 üzerinde titreşen ve minyatür bir düzdöner (jiroskop) işlevi görüp dengeyi sağlayan tokmak şeklinde küçük organlara dönüşmüştür. Bazı erken fosil böceklerin üç kanat çifti vardı; üç göğüs bölütünün her birinde bir çift. Göğüs bölütlerinin arkasında çok sayıda karın bölütü vardır (geri uçtaki üreme organlarını nasıl yorumladığınıza bağlı olarak bazı böceklerde on bir, *Drosophila*'da sekiz). Hücreler hangi bölütte olduklarını "bilirler" (açıklanan anlamda) ve buna uygun davranırlar. Hücrenin içinde kendi kendilerini açan ve Hox genleri denilen özel kontrol genleri aracılığıyla, her hücreye hangi bölütte olduğu bildirilir. Meyvesineği'nin Hikâyesi, büyük ölçüde Hox genlerinin hikâyesidir.

Şimdi size her bölüt için bir Hox geni bulunduğunu, verili bir bölütün tüm hücreleri için yalnızca o bölüte ait Hox geninin açık olduğunu söyleyebilseydim, her şey düzgün ve açıklaması kolay olurdu. Hox genleri, etkiledikleri bölütlerle aynı düzende, bir kromozom boyunca sıralanmış olsalardı, iş daha da derli toplu olurdu. Evet, *o kadar* derli toplu değil, ama buna çok yakındır. Hox genleri, gerçekten de, bir kromozom boyunca düzgün sıralıdırlar ve bu harika bir şeydir –genlerin nasıl çalıştıklarıyla ilgili bildiklerimiz göz önüne alındığında, iyi ki öyledirler. Ama bölütlere yetecek kadar Hox geni yoktur –yalnızca sekiz. İçinden çıkılması daha da zor bir karışıklık daha var. Yetişkinlerin bölütleri, larvaların *parasegment* denilen bölütlerine tam olarak denk değildir. Bana nedenini sormayın (belki Tasarımcı'nın izin günüydü);

*Hamamböcekleri gibi bazı böcekler, T2 kanatları sertleştirip kınkanat denilen koruyucu bir kılıfa dönüştürdükleri için yalnızca T3 kanatlarıyla uçarlar. Cırcırböcekleri ve çekirgeler, kınkanadı daha da değiştirip ses üreten organlara dönüştürmüştür.

ama her yetişkin bölüt, bir larva bölütün arka yarısı ile bir sonrakinin ön yarısından oluşur. Aksi söylenmedikçe, bölüt sözcüğünü larva bölüt anlamında kullanacağım. Bir sıra halinde sekiz Hox geninin bir sıra halinde on yedi kadar bölütün sorumluluğunu nasıl yüklendiği sorusuna gelince, kısmen yine kimyasal düşüm yoluna başvurularak yapılır. Her Hox geni esas olarak bir bölütte dışa vurur; ama geriye doğru gittikçe azalan yoğunlukta, daha geri bölütlerde de dışa vurur. Bir hücre, birden fazla memba Hox geninin kimyasal çıktılarını karşılaştırarak içinde bulunduğu bölütü bilir. İş bundan biraz daha karmaşıktır, ama burada o kadar ayrıntıya girmeye gerek yok.

Sekiz Hox geni, aynı kromozom üzerinde fiziksel olarak ayrı iki gen kompleksi şeklinde düzenlenir. İkisine Antennapedia Kompleksi ve Bithorax Kompleksi denilir. Bu adlar iki kat talihsiz adlardır. Bir gen kompleksine, o kompleksin diğerlerinden önemli olmayan bir üyesinin adı verilir. Daha kötüsü, genlerin kendileri de, her zamanki gibi, normal işlevlerine göre değil, yanlış yaptıklarında olanlara göre adlandırılır. Ön Hox Kompleksi ve Arka Hox Kompleksi gibi bir şey deseydik daha iyi olurdu. Ne var ki, var olan adlara sadık kalıyoruz.

Bithorax Kompleksi, burada açıklayamayacağım tarihsel nedenlerle *Ultrabithorax*, *Abdominal-A* ve *Abdominal-B* adları verilen son üç Hox geninden oluşur. Hayvanın arka ucunu etkilerler. *Ultrabithorax*, kendini 8. bölütten geri uca kadar olan bölümde açığa vurur. *Abdominal-A*, 10. bölütten son uca kadar ve *Abdominal-B*, 13. bölütten son uca kadarolan kısımlarda kendilerini açığa vururlar. Bu genlerin ürünleri, çeşitli başlangıç noktalarından hayvanın arka ucuna doğru ilerledikçe azalan yoğunluk düşümlerinde meydana gelir. Bu yüzden, bir larvanın arka tarafında bulunan bir hücre, bu üç Hox geninin ürünlerinin yoğunluklarını karşılaştırarak, hangi bölütte olduğunu söyleyebilir ve ona uygun davranabilir. Antennapedia Kompleksi'ne ait beş Hox geninin sorumluluk üstlendiği larvanın ön ucunda da benzer bir öykü söz konusudur.

O halde bir Hox geninin yaşamdaki görevi, vücutta bulunduğu yeri bilmek ve aynı hücredeki diğer genlere bildirmektir. Artık homeotik mutasyonları anlamak için donanımımız var. Bir Hox geninde işler ters gidince, bir bölütteki hücreler bulundukları bölütle ilgili yanlış bilgilendirilirler ve içinde olduklarını "sandıkları" bölütü meydana getirirler. Bu yüzden, örneğin, olağan durumda bir duyarga geliştiren bir bölütte bir bacak görebiliriz. Bu anlamlıdır. Herhangi bir bölütteki

hücreler, başka bir bölütün anatomisini oluşturabilirler. Niye yapmasınlar ki? Herhangi bir bölütü oluşturmaya ilişkin talimatlar, her bölütün hücrelerinde pusuda yatmaktadır. Olağan koşullarda, her bölüte uygun anatomiyi meydana getirmeye ilişkin "doğru" talimatları ortaya çıkaran, Hox genleridir. William Bateson'ın haklı olarak kuşkulandığı gibi, homeotik anormallik, sistemin normalde nasıl çalıştığı konusunda fikir verici bir pencere açar.

Anımsayın, böcekler arasında sıra dışı olan sineklerin yalnızca bir çift kanatları, artı bir çift jiroskopik tokmakçıkları vardır. Homeotik mutasyon *Ultrabithorax*, üçüncü torasik bölütteki hücreleri yanıltıp, ikinci torasik bölütte olduklarını "sanmalarına" neden olur. Bu nedenle işbirliği yapıp bir çift tokmakçık yerine, fazladan bir çift kanat daha oluştururlar [bkz. resim 34]. Mutant bir unböceği (*Tribolium*) vardır; muhtemelen tüm hücreler ikinci bölütte olduklarını "sandıkları" için, on beş bölütün tümü duyarga geliştiriyor.

Bu bizi, Meyvesineği'nin Hikâyesi'nin en harika bölümüne getirir. Hox genleri *Drosophila*'da keşfedildikten sonra, her şeyi altüst etmeye başladı: Yalnızca böceklerde değil, biz de dahil olmak üzere incelenen hayvanların neredeyse tümünde. Çoğu kez aynı şeyi yaptıkları, hatta hangi bölütte olduklarını hücrelere bildirdikleri ve daha iyisi, kromozomlar boyunca aynı düzende sıralandıkları anlaşılıyor –bu gerçekten de doğru olamayacak kadar iyi bir şey. Şimdi, laboratuvar farelerinde en ufak ayrıntısına kadar incelenen memeli öyküsüne, memeli dünyasının *Drosophila*'sına dönelim.

Böcekler gibi memelilerin de bölütlü bir vücut planı, ya da en azından belkemiğini ve onunla bağlantılı yapıları etkileyen birimsel, tekrarlı bir vücut planı vardır. Her omur bir bölüte denk sayılabilir; ama boyundan kuyruğa doğru ilerledikçe yalnızca kemikler ritmik olarak tekrarlanmaz. Kan damarları, sinirler, kas blokları, kıkırdaklı diskler ve kaburgalar, hepsi tekrarlı, birimsel bir plana uyarlar. *Drosophila*'da olduğu gibi birimler, birbirleriyle aynı genel plana uymalarına karşın, ayrıntıda farklıdırlar. Böceklerin kafa, göğüs ve karın olarak bölünmeleri gibi, omurgalılar da boyun, göğüs (kaburgalı üst omurga bölgesi), bel (kaburgasız alt omurga bölgesi) ve kuyruk şeklinde gruplandırılır. *Drosophila*'da olduğu gibi, hücreler ister kemik hücreleri, ister kas hücreleri, ister kıkırdak hücreleri, ister başka bir hücre olsunlar, hangi bölütte olduklarını bilmelidirler. Yine *Drosophila*'da olduğu gibi, Hox genlerinden ötürü bilirler –Ortak Ata 26'dan beri geçen zamanın büyük-

lüğü dikkate alındığında, özdeş olmaktan çok uzak olmalarına karşın, tikel *Drosophila* Hox genlerine tanınabilir ölçüde denk Hox genleri. Yine *Drosophila*'da olduğu gibi, Hox genleri kromozom üzerinde doğru sırayla dizilidir. Omurgalı birimselliği, böceklerinkinden çok farklıdır ve Randevu 26'daki ortak atalarının bölütlü bir hayvan olduğunu düşünmek için hiçbir neden yoktur. Yine de, Hox genleri kanıtı, en azından böcek vücut planı ile omurgalı vücut planı arasında, Ortak Ata 26'da da var olan bir tür derin benzerlik bulunduğunu gösterir. Aslında bu benzerlik, bölütlü olmayan diğer vücut planlarında da vardır.

Farelerde kromozom üzerinde yalnızca bir sıra Hox geni yoktur; dört ayrı sıra vardır. *a* dizisi kromozom 6 üzerinde, *b* dizisi kromozom 11, *c* dizisi kromozom 15 ve *d* dizisi kromozom 2 üzerindedir. Aralarındaki benzerlik, evrim sırasında ikilenmeyle doğduklarını gösteriyor: *a4 b4*'ün, *b4 c4*'ün, *c4 d4*'ün benzeridir. Bazı silinmeler de olmuş; zira dört sıranın her birinde belli yuvalar boştur: *a7* ile *b7* birbirinin benzeridir; ama "yuva" 7'de ne *c* dizisinin, ne de *d* dizisinin bir temsilcisi vardır. Bir Hox geninin iki, üç ve dört versiyonu tek bölütü etkileyince, etkileri bileşik olur. *Drosophila*'da olduğu gibi, tüm fare Hox genleri en güçlü etkilerini, etki alanlarının birinci bölütünde (en ön tarafta) gösterirler, daha geri bölütlerde azalan bir dışa vurma düşümü vardır.

Durum düzeliyor. Önemsiz istisnalarla birlikte, *Drosophila*'nın sıralı sekiz Hox geninden her biri, *Drosophila* dizisindeki diğer yedi genden çok, fare dizisindeki dengine benzer. Kendi kromozomları üzerinde de aynı düzendedirler. Sekiz *Drosophila* geninden her birinin, 13'lük fare dizisinde en az bir temsilcisi vardır. *Drosophila* ile fare arasındaki ayrıntılı gen örtüşmesi, ancak–tüm birincil-ağızlılar ile tüm ikincil-ağızlıların büyükbabası Ortak Ata 26'dan gelen– ortak kalıtımı gösterebilir. Yani, hayvanların büyük çoğunluğu, modern *Drosophila* ve modern omurgalılarda gördüğümüzle aynı doğrusal sırada dizilmiş Hox genleri bulunan bir ortak atadan türemiştir. Düşünün! Ortak Ata 26'nın Hox genleri vardı ve bizimkiyle aynı düzendeydi.

Dediğim gibi, bundan Ortak Ata 26'nın vücudunun ayrık bölütlere ayrılmış olduğu sonucu çıkmaz. Muhtemelen de öyle değildi. Ama kafadan kuyruğa kadar uzanan ve bir kromozom boyunca doğru sırada dizilmiş homolog bir Hox geni dizisiyle dolayımlanan bir tür ön-arka düşümü kuşkusuz vardı. Ortak atalar ölüp, moleküler biyologların menzili dışına düştükleri için, şimdi modern torunlarındaki Hox genlerine bakmak büyük önem kazanıyor.

Ortak Ata 23, batrakla paylaştığımız atadır. Daha uzak akraba *Drosophila*'nın memelilerle aynı ön-arka dizisine sahip olması göz önüne alındığında, batrağın da bu diziye sahip olmaması endişe yaratırdı. Meslektaşım Peter Holland, araştırma grubuyla birlikte bu konuyu ele aldı ve elde ettiği sonuçlar sevindiricidir. Evet batrağın birimsel vücut planı 14 Hox geniyle dolayımlıdır ve evet, kromozom boyunca doğru sırayla dizilidirler. Fareden farklı olarak, ama *Drosophila*'da olduğu gibi, yalnızca bir dizi vardır, paralel dört dizi yoktur. Muhtemelen, Ortak Ata 23'ten modern memelilere gelen çizginin bir yerinde bütün salkım dört kez ikilenmiştir; sonra arada belirli genler kaybolmuştur.

Diğer tikel ortak atalar hakkında, bize anlatabilecekleri bakımından stratejik gözle seçilen diğer hayvanlarda durum nedir? Taraklılar ve süngerler (bkz. sırasıyla Randevu 29 ve 31) hariç, denizkestaneleri, *Limulus*, karidesler, yumuşakçalar, halkalısolucanlar, palamut kurtları, denizfıskiyeleri, iplik solucanlar ve yassı solucanlar da dahil olmak üzere, bakılan her hayvanda Hox genleri bulundu. Bu kadarını tahmin edebiliyorduk; zira bütün bu hayvanların Ortak Ata 26'dan türediklerini biliyoruz ve Ortak Ata 26'nın, torunları *Drosophila* ve fare gibi Hox genlerine sahip olduğunu düşünmek için haklı nedenlerimiz zaten var.

Hydra gibi knidliler (Randevu 28'e kadar bize katılmayacaklar), ışınsal simetriktirler –bir ön/arka ve sırt/karın eksenleri yoktur. Oral/aboral (ağız/ağzın karşı tarafı) eksenleri vardır. Eğer varsa, uzun eksenlerine neyin karşılık geldiği belli değil; o halde, Hox genlerinin yaptığı iş konusunda hangi tahminde bulunabiliriz? Onları oral/aboral eksenini tanımlamak için kullanmış olsalardı, sorun olmazdı; ama öyle olup olmadığı henüz belli değil. Pek çok knidlinin, *Drosophila*'nın sekiz ve batrağın on dört Hox genine karşı, yalnızca iki Hox geni vardır. Bu genlerden birinin *Drosophila*'nın ön kompleksine, diğerinin arka kompleksine benzediği kabul edilebilir. Knidlilerle paylaştığımız Ortak Ata 28'de de herhalde aynısı vardı. Sonra ikisinden biri evrim içinde birkaç kez ikilenip Antennapedia Kompleksi'ni üretirken, diğeri aynı hayvan soyu içinde ikilenip Bithorax Kompleksi'ni üretti. Genomda genlerin çoğalması da tamı tamına böyle olur (bkz. Taşemen'in Hikâyesi). Ama bu iki genin knidli vücudunun planlanmasında ne iş yaptıklarını öğrenmemiz için daha çok araştırmaya ihtiyaç var.

Knidliler gibi derisidikenliler de ışınsal simetriktirler, ama ikinci derecede öyledirler. Biz omurgalılarla paylaştıkları Ortak Ata 25, bir solucan

gibi iki taraflı simetrikti. Derisidikenlilerin değişken sayıda Hox genleri vardır –denizkestanelerinin on. Bu genler ne yapıyorlar? Ön/arka ekseninin atalara ait bir kalıntısı, bir denizyıldızının vücudunda pusuda yatıyor mu? Yoksa Hox genleri etkilerini, beş kolun her biri boyunca mı gösteriyorlar? Bu, anlamlı gibi görünüyor. Hox genlerinin memelilerin kol ve bacaklarında kendilerini dışa vurduklarını biliyoruz. 1'den 13'e kadar Hox genleri dizisi omuzdan parmak uçlarına kadar düzenli bir biçimde kendilerini dışa vururlar demek istemiyorum. Mesele, bundan daha karmaşıktır; çünkü omurgalı kol ve bacağı, boylu boyunca birbirini izleyen birimler biçiminde düzenlenmez. Önce bir kemik vardır (kollarda humerus, bacaklarda femur), sonra iki kemik (kollarda radius ve ulna; bacaklarda tibia ve fibula) gelir; sonra da el ve ayak parmaklarıyla sonlanan bir sürü küçük kemik. Balıksı atalarımızın yüzgeçlerinden bize miras kalan bu yelpaze düzeni, Hox doğrusallığına uyum göstermez. Ama yine de, omurgalıların kol ve bacak gelişiminde Hox genleri işin içine girerler.

Dolayısıyla, Hox genlerinin denizyıldızı ya da gevrek yılanyıldızı kollarında da dışa vurması şaşırtıcı olmazdı (hatta denizkestaneleri, kollarını beş kemer biçiminde kıvırıp uçlarını birbirine bağlamış denizyıldızları sayılabilir). Dahası denizyıldızı kolları, bizim kol ve bacaklarımızdan farklı olarak, gerçekten boydan boya dizi halinde birimseldirler. Tüpayaklılar, her kol boyunca iki paralel sıra halinde tekrarlanan birimlerdir: Hox genlerinin kendilerini açığa vurmalarına çok uygun şeyler! Gevrek yılanyıldızı kolları beş solucan gibi görünür ve davranır.

T. H. Huxley, "Bilimin büyük trajedisi –çirkin bir olgunun güzel bir varsayımı boğazlaması"na işaret etmişti. Derisidikenli Hox genleriyle ilgili gerçek olgular çirkin olmayabilir; ama öne sürdüğüm hoş örüntüye uymazlar. Kendine ait şaşırtıcı bir güzelliği olan başka bir şey gerçekleşir. Derisidikenli larvalar, planktonlarda küçük, iki taraflı simetrik yüzücülerdir. Dipte yaşayan beş-koldan ışınsal simetrik yetişkin, larvanın bir dönüşümü olarak gelişmez. Larvanın vücudunun *içinde*, larvanın geri kalan kısmı işe yaramaz hale gelinceye kadar büyüyen minik bir minyatür yetişkin olarak yaşama başlar. Hox genleri doğru doğrusal düzende açığa çıkar, ama her bir kol boyunca değil. Dışa vurma düzeni, bebek yetişkinin *etrafında* kabaca dairesel bir yol izler. Hox eksenini bir "solucan" gibi düşünürsek, her bir kol için bir tane olmak üzere beş "solucan" yoktur. Larvanın içinde daire şeklinde kıvrılmış tek bir "solucan" vardır. "Solucan"ın ön ucunda 1 numaralı kol çıkar, "solucan"ın ar-

ka ucunda da 5 numaralı kol. Sonra, denizyıldızındaki homeotik mutasyonların, daha fazla kol çıkarması beklenebilir. Nitekim, altı kollu mutant denizyıldızları biliniyor ve Bateson'ın kitabında kayda geçirilmiştir. Çok daha fazla sayıda kolları olan bazı denizyıldızı türleri de vardır ve bunlar, büyük olasılıkla, homeotik mutant atalardan evrildiler.

Bitkilerde, mantarlarda ve protozoa demeye alıştığımız tek-hücreli organizmalarda Hox genleri bulunmadı. Şimdi daha ileri gitmeden halletmemiz gereken bir terminoloji karışıklığına geliyoruz. "Hox", "homeobox"ın (korunmuş dizi) kısaltılmışı olarak uyduruldu; ama Hox genleri, korunmuş dizi (homeobox) genleriyle eşanlamlı değildirler: Onlar bir alt-kümedir. Bitkilerin ve mantarların korunmuş gen dizileri vardır, ama Hox genleri yoktur. Doğru şekilde büyümeleri için kontrol genleri ve kimyasal düşüm sistemleri olmalı. "MADS box" genleri, çiçeklerin embriyolojisini belirler ve Hox genlerinin hayvanlarda yaptığı gibi, çiçeklerde homeotik mutasyonlar üretebilirler.

"Homeo" Bateson'ın "homoeosis"inden gelir ve "box" da, korunmuş gen dizileri olarak bilinen tüm genlerin bir yerlerinde bulunan 180 kodlu harf "kutu"suna (box) işaret eder. Korunmuş dizinin kendisi, 180 kodlu harf dizilişinin belirtisidir ve bir "korunmuş dizi" geni, bir yerinde korunmuş diziyi barındıran gendir. Hox adı tüm korunmuş gen dizileri için kullanılmaz; yalnızca, bir hayvanın vücut uzunluğu boyunca konumu belirleyen ve neredeyse tüm hayvanlarda benzer oldukları anlaşılan doğrusal sıralı genler için kullanılır.

Korunmuş gen dizilerinin Hox ailesi, ilk keşfedilen aileydi; ama şimdi akraba bir sürü aile biliniyor. Örneğin, ilk önce batrakta açıkça tanımlanan, ama yine taraklılar ve süngerler hariç (şimdiye kadar) tüm hayvanlarda bulunan ve ParaHox denilen bir gen ailesi vardır. Öyle görünüyor ki, ParaHox genleri, Hox genlerine karşılık gelmeleri ve onlarla aynı düzende sıralanmaları anlamında, Hox genlerinin "kuzenleri"dir. Hox genleriyle aynı atasal gen kümesinden ikilenmeyle doğdukları kesindir. Diğer korunmuş gen dizileri, Hox ve ParaHox genleriyle daha uzaktan akrabadırlar, ama kendi ailelerini oluştururlar. *Pax* ailesi tüm hayvanlarda bulunur. *Drosophila*'da *ey* olarak bilinen gene karşılık gelen *Pax6*, bu ailenin özellikle dikkate değer bir üyesidir. *Pax6*'nın, hücrelere göz oluşturmalarını söylemekle sorumlu olduğunu söylemiştim. Aynı gen, *Drosophila* ve fare gibi birbirinden farklı hayvanlarda göz yapar; yine de üretilen gözler iki hayvanda çok farklıdır. Hox genlerine benzer bir biçimde *Pax6*, hücrelere gözleri *nasıl* oluşturmaları

gerektiğini söylemez. Yalnızca göz oluşturma *yerinin* orası olduğunu söyler.

Tinman denilen küçük gen ailesi de paralel bir örnektir. Yine *tinman* genleri hem *Drosophila*'da, hem farede vardır. *Drosophila*'da *tinman* genleri, hücrelere bir kalp oluşturmalarını söylemekle sorumludur ve normal olarak, bir *Drosophila* kalbi oluşturmak için doğru yerde kendilerini açığa vururlar. Artık tahmin edebileceğimiz gibi, hücrelere bir fare kalbine uygun yerde bir fare kalbi oluşturmaları söylenirken de *tinman* genleri işin içine girer.

Bütünsel korunmuş gen dizileri kümesi, tıpkı hayvanların familyalara ve alt-familyalara ayrılması gibi, ailelere ve alt-ailelere ayrılmış çok büyük bir sayıyı oluştururlar. Taşemen'in Hikâyesi'nde incelediğimiz hemoglobin olayına benzer. İnsan alfa globininin, insan beta globininden çok, örneğin bir kertenkele alfa globininin yakın kuzeni olduğunu orada öğrendik. Aynı şekilde, insan *tinman*ı, insan *Pax6*'sından çok meyvesineği *tinman*ının yakın kuzenidir. Korunmuş gen dizilerinin, onları barındıran hayvanların aile ağacıyla yan yana var olan tam bir aile ağacını yapmak olanaklıdır. Her iki aile ağacı eşit ölçüde geçerlidir. İkisi de, jeolojik tarihte belirli uğraklarda gerçekleşen ayrılma olaylarıyla oluşan gerçek ata ağaçlarıdır. Hayvan aile ağaçlarında, ayrılma olayları türleşmelerdir. Korunmuş gen dizisi aile ağaçlarında, ayrılma olayları genomların içindeki gen ikilenmeleridir.

Korunmuş hayvan gen dizilerinin ağacı iki büyük sınıfa ayrılır: AntP ve PRD sınıfları. Bunların neyin kısaltmaları oldukların açmayacağım; çünkü olumsuz bir biçimde kafa karıştırıyorlar. PRD sınıfı, *Pax* genlerini ve çeşitli başka alt-sınıf genleri kapsar. AntP sınıfı, Hox ve ParaHox genleriyle yine başka çeşitli alt-sınıf genleri kapsar. Korunmuş hayvan gen dizilerinin bu iki büyük sınıfına ek olarak, (yanıltıcı bir biçimde) "ıraksak" denilen, daha uzak akraba niteliğinde korunmuş gen dizileri vardır. Bunlar yalnızca hayvanlarda değil, bitkilerde, mantarlarda ve tekhücreli organizmalarda da bulunurlar.

Yalnızca hayvanların gerçek Hox genleri vardır ve hep aynı şekilde kullanılırlar –vücut düzgün bir biçimde ayrı bölütlere bölünmüş olsun ya da olmasın, vücutta konumla ilgili bilgiyi saptama. Süngerlerde ve taraklılarda Hox genleri henüz bulunmamıştır; ama bu, bulunmayacağı anlamına gelmez. Tüm hayvanlarda bulunması şaşırtıcı olmazdı. Bizzat "hayvan" sözcüğünün yeni bir tanımını öneren meslektaşlarım Jonathan

Slack, Peter Holland ve Christopher Graham'a cesaret verirdi. Şimdiye kadar hayvanlar, yetersiz bir biçimde bitkilere karşıt olarak tanımlandılar. Slack, Holland ve Graham, tüm hayvanları birleştiren, bitkiler ve tekhücreliler gibi tüm hayvan-olmayanları dışlayan kesin, özgün bir ölçüt önerdiler. Hox .öyküsü, hayvanların, tek başına yalıtılmışlık içinde kazanılan ve sürdürülen temel vücut planları bulunan, oldukça çeşitli ve bağlantısız filumlar toplamı olmadığını gösteriyor. Morfolojiyi unutup yalnızca genlere bakarsanız, tüm hayvanların çok tikel bir temanın önemsiz çeşitlemeleri olduğu ortaya çıkar. Böyle bir zamanda zoolog olmak ne kadar hoş.

ROTATOR'UN HİKÂYESİ

Parlak kuramsal fizikçi Richard Feynmann'ın "kuantum kuramını anladığınızı düşünürseniz, kuantum kuramını anlamazsınız" dediği söylenir. Bir evrimcinin eşdeğer ifadesi beni çekiyor: "Cinsiyeti anladığınızı düşünürseniz, cinsiyeti anlamazsınız." Pek çok şey öğrendiğimize inandığım üç modern Darvinci–John Maynard Smith, W. D. Hamilton ve George C. Williams– uzun meslek yaşamlarını önemli bir bölümünü cinsellikle güreşmeye ayırdılar. Williams, 1975 tarihli kitabı *Sex and Evolution*'a kendisine bir meydan okumayla başladı: "Bu kitap, yüksek bitkilerde ve hayvanlarda eşeyli üreme yaygınlığının geçerli evrim kuramıyla bağdaşmadığı inancıyla yazılıyor... Evrim biyolojisinde eli kulağında bir tür kriz var..." Maynard Smith ve Hamilton benzer şeyler söylediler. Üç Darvinci kahramanın tüm çabası, yeni kuşaktan diğerleriyle birlikte, bu krizi çözmekti. Çabalarını anlatmaya kalkışmayacağım ve kesinlikle sunacak rakip bir çözümüm de yok. Onun yerine, Rotator'un Hikâyesi, eşeyli üremenin evrim görüşümüz bakımından eksik araştırılmış bir *sonucunu* sergiliyor.

Sülüksüler, Rotatorlar (Rotifera) filumunun büyük bir sınıfıdır. Sülüksü rotatorların varlığı bir evrim skandalıdır [bkz. resim 35]. Bu, benim kendi nüktem değil –John Maynard Smith'in yanılgıya yer bırakmayan sesi geliyor. Birçok rotator eşeysiz ürer. Bu bakımdan yaprakbitlerine, sopa-çekirgelerine, çeşitli böceklere ve birkaç kertenkeleye benzerler ve özellikle skandal yaratacak bir yanları yoktur. Maynard Smith'in boğazına takılan şey, *bir bütün olarak* sülüksülerin yalnızca eşeysiz üremeleridir –sonuncuları, 18 cinse ve 360 türe babalık edecek kadar uzun zaman önce yaşamış olması gereken sülüksü bir ortak atadan türemiştir. Kehribar kalıntıları, erkeğe burun kıvıran bu şah-ananın en az 40

milyon yıl önce yaşadığını gösteriyor. Sülüksüler oldukça başarılı bir hayvan grubudur, şaşırtıcı ölçüde kalabalıktırlar ve dünyanın tatlı su faunasının baskın bir parçasıdırlar. Tek bir erkeğine rastlanmamıştır.*

Bunda skandal denebilecek ne var? Peki, bütün hayvanlar âleminin bir aile ağacını ele alalım. Ağacın yüzeyindeki filizlerin uçları türleri temsil ediyor. Büyük dallar sınıfları ya da filumları temsil ediyor. Milyonlarca tür var; yani evrim ağacı, görebileceğiniz herhangi bir orman ağacından çok daha fazla karmaşık dallıdır. Yalnızca kırk kadar filum var, bir o kadar da sınıf. Rotatorlar filumu, ağacın bir dalıdır ve dört alt-dala ayrılır, bu dallardan biri de, Sülüksüler sınıfıdır. Bu sınıf dal, alt-dallara, daha da alt-dallara ayrılarak sonunda her biri bir türü temsil eden 360 filiz verir. Aynı şey, diğer tüm filumlarda da oluyor. Ağacın dış filizleri şimdiyi temsil eder; en dış filiz kabuğundan biraz daha içerisi, yakın geçmişi temsil eder; ve sözün gelişi, bir milyar yıl önceyi temsil eden ana gövdeye kadar böyle gider.

Bu anlaşıldıktan sonra, kıştan kalma gri ağacımızı boyamaya başlıyoruz ve belirli özellikleri etiketlemek için belli filizleri renklendiriyoruz. Uçan --çok daha yaygın olan süzülerek pasif uçmaya karşıt olarak enerjili uçan– hayvanları temsil eden tüm filizleri kırmızıya boyayabiliriz. Şimdi geri çekilip tüm ağaca baktığımızda, büyük kırmızı alanların, uçmayan büyük hayvan gruplarını temsil eden daha da büyük gri alanlarla ayrıldığını fark ederiz. Böcek filizlerin büyük çoğunluğu, kuş filizler ve yarasa filizler kırmızıdır ve diğer kırmızı filizlerin komşularıdırlar. Başkaları hiç yok. Pireler ve devekuşları gibi birkaç istisna dışında, üç sınıfın tamamı uçan hayvanlardan oluşur. Kırmızılık, birörnek griye karşı birörnek kırmızı parçalar biçiminde dağılmıştır.

Evrim için bunun ne anlama geldiğini düşünün. Üç kırmızı parça, çok uzun zaman önce uçmayı keşfeden üç ata hayvanla --erken bir böcek, erken bir kuş ve erken bir yarasa– başlamış olmalı. Uçmak, keşfedildikten sonra gerçekten iyi bir düşünce olduğu anlaşıldı; zira sonunda üç tür, üç büyük torun tür topluluğu doğurana kadar ısrarla varlığını sürdürdü ve yayıldı; üç büyük tür topluluğunun neredeyse tümü, atalarının uçma yeteneğini korudu: Böcekler (Insecta) sınıfı, Kuşlar (Aves) sınıfı ve Yarasalar (Chiroptera) takımı.

*Tam doğrusunu söylemek gerekirse, yaklaşık 300 yıllık bilimsel araştırmalarda, yalnızca bir kez Danimarkalı zoolog C. Wesenberg-Lund (1866-1955) bir erkek sülüksü rotator rapor etmiştir. "Büyük bir tereddütle belirtmeyi göze alıyorum; binlerce Philodinidae (*Rotifer vulgaris*) arasında, küçük bir yaratığı, tartışmasız erkek bir rotatoru iki kez gördüm... ama her ikisinde de diğerlerinden ayırmayı başaramadım. Sayısız dişi arasında çok hızlı hareket ediyor." Mark Welch ve Meselson'ın güçlü kanıtlarından önce bile, zoologlar Wesenberg-Lund'un bir daha hiç tekrarlanmayan gözlemini erkek sülüksü varlığının yeterli kanıtı sayma eğiliminde olmadılar.

Şimdi aynı şeyi uçma için değil, eşeysiz, erkeksiz üreme için yapalım. (Bu arada asla dişisiz değil. Yumurtalardan farklı olarak, spermler tek başına yola devam edemeyecek kadar küçüktür.) Yaşam ağacımızda, eşeysiz üreyen tüm türlerin filizlerini maviye boyuyoruz. Şimdi tamamen farklı bir örüntü görüyoruz. Uçanlar büyük kırmızı şeritler sergilerken, eşeysiz üreyenler tek tük küçük mavi noktalar sergiliyor. Eşeysiz bir böcek türü, griyle kuşatılmış mavi bir filiz olarak görünür. Bir cinsin üç türü mavi olabilir, ama komşu cinsler gridir. Bunun ne anlama geldiğini görüyor musunuz? Eşeysiz üreme ara sıra ortaya çıkar, ama büyüyüp birçok mavi filizi olan dayanıklı bir dala dönüşecek zamanı bulamadan soyu hızla tükenir. Uçmadan farklı olarak eşeysiz üreme alışkanlığı, bütün bir eşeysiz yaratıklar familyasına, takımına ya da sınıfına yol açacak kadar uzun sürmez.

Skandal denebilecek bir istisnayla! Diğer tüm küçük mavi noktalardan farklı olarak, sülüksü rotatorlar, ünlü denizci pantolonunu oluşturmaya yetecek kadar büyük bir kesiksiz mavi parçadır. Evrimde bunun anlamı, tıpkı sözünü ettiğimiz tuhaf böcek gibi, ata bir sülüksünün eşeysiz üremeyi keşfetmiş olmasıdır. Ama eşeysiz böcekler ve başka yüzlerce eşeysiz tür, sınıf bir yana familya ya da takım gibi büyük bir grup oluşturamadan yok oldukları halde, sülüksüler eşeysizliğe yapışıp kalmış ve evrimsel zaman içinde gelişip, şimdi 360'a varan türüyle büyük bir eşeysiz sınıf üretmiş gibi görünüyorlar. Diğer hayvanlar için değil, ama sülüksü rotatorlar için eşeysiz üreme, uçmaya benzer. Sülüksüler için iyi ve başarılı bir yenilik gibi görünürken, ağacın diğer parçalarında hızla yok olmanın yolunu oluşturuyor.

360 tür vardır ifadesi, bir sorun yaratıyor. Türün biyolojik tanımı, başkalarıyla değil, birbirleriyle çiftleşen bireyler grubudur. Eşeysiz olan sülüksüler kimseyle çiftleşmezler; her biri yalıtık bir dişidir, her birinin torunları diğer bireylerden genetik yalıtılmışlık içinde kendi yoluna gider. O nedenle 360 tür vardır derken, biz insanların birbirlerinden yeterince farklı göründüklerini kabul ettiğimiz 360 tip vardır demek isteyebiliriz.

Sülüksü rotatorların gerçekten eşeysiz olduklarını herkes kabul etmedi. Mantık olarak, erkek hiç görülmemiştir olumsuz ifadesi ile erkek yoktur olumlu sonucu arasında büyük bir uçurum vardır. Olivia Judson'ın zoolojik komedisi *Dr Tatiana's Sex Guide to All Creation*'da anlattığı gibi, doğacılar bundan önce de buna benzer bir kapana kısıldılar. Görünüşte eşeysiz türlerin, çoğu kez erkekleri gizledikleri ortaya çıkıyor.

Bazı fenerbalıklarının erkekleri, parazit gibi dişilerin vücutlarına binen küçük cücelerdir. Biraz daha küçük olsalardı, gözümüzden tamamen kaçmış olabilirlerdi. Erkeklerin, meslektaşım Lawrence Hurst'ün sözleriyle, "dişilerin bacaklarına yapışan minik şeyler" oldukları bazı kabuklu bitlerde, neredeyse erkekler yok sayılacaklardı. Hurst, akıl hocası Bill Hamilton'ın zekice ifadesini aktarır:

> İnsanları ne sıklıkla seks yaparken görüyorsunuz? Etrafı kolaçan eden bir Marslı olsaydınız, eşeysiz olduğumuzdan emin olurdunuz.

Bu yüzden, sülüksü rotatorların gerçekten eskiden beri eşeysiz olduklarını gösteren daha kesin kanıtlarla ortaya çıkmamız hoş olur. Genetikçiler, modern hayvanlardaki gen dağılım örüntülerini okuyup evrim tarihleriyle ilgili çıkarımlarda bulunma sanatında giderek daha fazla ustalaşıyorlar. Havva'nın Hikâyesi'nde, Alan Templeton'ın yaşayan insanların genlerindeki "işaretler"i toplayarak ilk insan göçlerini yeniden kurma yöntemiyle karşılaştık. Mantık, tümdengelimli değildir. Modern genlerden, tarihin seyrinin şöyle ya da böyle olması gerektiğini çıkarmıyoruz. Bunun yerine diyoruz ki, tarihin seyri şöyle olsaydı, bugün böyle bir gen dağılım örüntüsü görmeyi beklerdik. Templeton'ın insan göçleriyle ilgili yaptığı budur. Harvard Üniversitesi'nden David Mark Welch ile Matthew Meselson, sülüksü rotatorlar için de benzer bir şey yaptılar. Mark Welch ile Meselson genetik işaretleri kullanıp, göçlerle ilgili değil, eşeysiz üremeyle ilgili kestirimlerde bulundular. Yine mantıklarının biçimi, tümdengelimci değildir. Şöyle bir akıl yürüttüler: Sülüksüler milyonlarca yıl saf eşeysiz oldularsa, yaşayan sülüksülerin genlerinin belli bir örüntü sergilemesini beklememiz gerekir.

Ne örüntüsü? Mark Welch ile Meselson'ın akıl yürütmesi, ustacaydı. İlk önce, sülüksü rotatorların, eşeysiz de olsalar, diploit olduklarını anlamalısınız. Yani, her kromozomun iki kopyasına sahip olmaları bakımından eşeyli üreyen tüm hayvanlar gibidirler. Aramızdaki fark, bizlerin, her kromozomun yalnızca bir kopyasına sahip olan yumurtalarla ya da spermlerle üretmemizdir. Sülüksüler, her kromozomun iki kopyasına sahip yumurtalar üretirler. Bu yüzden bir sülüksünün yumurta hücresi, diğer hücreleri gibidir ve bir kız evlat, annesinin özdeş ikizidir; tuhaf bir mutasyon. Milyonlarca yıl içinde, olasılıkla doğal seçilimin baskısı altında soylara ayrılıp, bugün bildiğimiz 360 türü üreten, bu tuhaf mutasyonlardır.

Şah-kadın diyeceğim ata bir dişi, erkeklerden ve mayozdan vazgeçip, yerine yumurta yapma yöntemi olarak mitozu geçirecek şekilde mutas-

yona uğradı.* Ondan sonra, klonlanmış dişi nüfusuyla, başlangıçta ikiye ayrılmış olan kromozomlar yersizleşti. Beş çift kromozom (ya da sayısı her neydiyse –bizdeki 23'e eşdeğer) yerine, artık on kromozom –her biri eski partnerine yalnızca bir tür uzaklaşan anıyla bağlı– vardı. Bir rotator yumurta ya da sperm yaptığı her seferinde, kromozom partnerleri buluşup gen alışverişi yapardı. Ama şah-kadın erkekleri kovup, sülüksü ana-hanedanlığını kurduktan sonra geçen milyonlarca yıl süresince, genleri birbirinden bağımsız mutasyona uğradıkça her kromozom eski partnerinden genetik olarak uzaklaştı. Ve bu, hep ortak vücutlar içinde ortak hücrelere sahip olmalarına karşın gerçekleşti. Erkekli ve eşeyli eski güzel günlerde gerçekleşmedi. Her kuşakta her kromozom, yumurta ya da sperm yapmadan önce karşıtıyla çiftleşip gen alışverişinde bulundu. Bu durum kromozom çiftlerini bir tür geçici kucaklaşma durumunda tutup, gen içerikleri bakımından birbirlerinden kopmalarını önledi.

Sizin ve benim 23 çift kromozomuz var. İki kromozom 1s, iki kromozom 5s, iki kromozom 17s... var. Cinsiyet kromozomu X ve Y hariç, bir çiftin üyeleri arasında kalıcı bir farklılık yoktur. Her kuşakta gen alışverişi yaptıkları için, iki kromozom 17s, yalnızca kromozom 17s'dir ve onlara, sözgelişi sol kromozom 17 ve sağ kromozom 17 diyeceğimiz bir nokta yoktur. Ama şah-kadın rotator genomunu dondurduğu andan itibaren, bütün bunlar değişti. Sol kromozom 5'i hiç değişmeden olduğu gibi tüm kızlarına geçti, sağ kromozom 5'i de öyle ve 40 milyon yıldan fazla bir süre ikisi hiç karşılaşmadı. 100'üncü büyük-büyüktorunlarının hâlâ bir sol kromozom 5'i ve bir sağ kromozom 5'i vardı. O zamana kadar bazı mutasyonlardan geçmiş olmalarına karşın, tüm sol kromozomlar birbirlerine benzerlikleriyle saptanabilirdi.

Şimdi tümü şah-kadından türemiş ve birbirleriyle tamı tamına aynı süreyle şah-kadından ayrılmış 360 sülüksü türü vardır. Tüm türlerin tüm bireylerinin, her kromozomunun bir sağ ve bir de sol kopyası vardır; ama hiçbir gen takası olmaz. Her bireyin içindeki her sol ve sağ çift, şah-kadının zamanından beri herhangi bir atada cinsel bir faaliyet olması durumunda beklenebilecek olandan çok daha fazla birbirinden farklı olurlar. Hatta, bir zamanlar çift olduklarını fark edemeyeceğimiz bir zamana yaklaşıyor olabilirler.

İki modern sülüksü rotator türünü, sözün gelişi Philodina roseola ve

*Mayoz, cinsiyet hücreleri oluşturmak için kromozom sayısını ikiye ayıran özel bir hücre bölünmesi biçimidir. Mitoz, vücut hücreleri oluşturmak için kullanılan ve bir hücrenin tüm kromozomlarını ikileyen sıradan hücre bölünmesidir.

Macrotrachela quadricornifera türlerini karşılaştırdığımızı varsayalım. İkisi de aynı sülüksü alt-grubuna, *Philodinidae*'ye aittir ve kesinlikle şah-kadından çok daha yakın zamanda yaşamış bir ortak ataları vardır. Eşey olmadığı için, her iki türün her bireyi içindeki "sol" ve "sağ" kromozomların sürüklenip ıraksama zamanı tamı tamına aynı olmuştur –şah-kadından bu yana geçen zaman. Her bireyde sol, sağdan çok farklı olacaktır. Ama sözün gelişi *Philodina roseola*'nın sol kromozom 5'i ile *Macrotrachela quadricornifera*'nın sol kromozom 5'ini karşılaştırırsanız, birbirlerine epeyce benzediklerini görürsünüz; çünkü bağımsız mutasyonlara uğrayacak zamanları olmamıştır. Sağın sağla karşılaştırılması da, çok az farklılık ortaya çıkarır. Şu dikkate değer kestirime ulaşıyoruz: Bireylerin içinde bir zamanlar çift olan kromozomlar arası bir kromozom karşılaştırması, türler arası bir karşılaştırmadan –"sol"u "sol"la ya da "sağ"ı "sağ"la– daha büyük bir farklılık ortaya çıkarmalıdır. Şah-kadından bu yana geçen zaman ne kadar uzunsa, fark o kadar büyüktür. Eşey olsaydı, kestirim tam tersi olurdu; çünkü türler arası "sol" ya da "sağ" özdeşliği diye bir şey olmaz ve türün içindeki kromozom çiftleri arasında bol gen akışı olurdu.

Mark Welch ve Meselson, sülüksülerin gerçekten çok uzun bir süredir eşeysiz ve erkeksiz olduklarını –şaşırtıcı bir başarıyla– öne süren kuramı test etmek için, bu karşıt kestirimleri kullandılar. Çiftli kromozomların (ya da bir zamanlar çiftli olan kromozomların), eşeysel yeniden birleşimin onları bir arada tutması durumunda olması "gerekenden" daha fazla farklı olup olmadıklarını görmek için modern sülüksülere baktılar. Karşılaştırmanın kontrolü için, sülüksü olmayan, cinsel ilişkiye giren diğer rotatorları kullandılar. Yanıt, olumludur. Sülüksü kromozomlar eşlerinden, sülüksü barındıran en eski kehribarın yaşı olan 40 milyon yıl önce değil, 80 milyon yıl önce cinsellikten vazgeçtiklerini öne süren kuramla bağdaşabilir ölçüde, olması "gerekenden" çok daha fazla farklıdırlar. Mark Welch ile Meselson titiz önlemler alıp, vardıkları sonuçların olası alternatif yorumlarını da tartışırlar; ama bunlar zorakidir ve sülüksü rotatorların eskiden beri, sürekli, evrensel olarak ve başarılı bir biçimde eşeysiz oldukları sonucuna varmakta haklı olduklarını düşünüyorum. Sülüksü rotatorlar gerçekten de bir evrim skandalıdırlar. 80 milyon yıldır, başka hiçbir hayvan grubunun soyları tükenmeden önce çok kısa bir süre dışında yapamadığı bir şey yaparak çoğaldılar.

Eşeysiz üremenin normalde soy tükenmesine yol açmasını neden bekleriz? Bu büyük bir sorudur; çünkü bizzat cinsellikle ilgili neyin iyi

olduğu sorusuyla –benden daha iyi bilim insanlarının kitaplar tüketip yanıtlayamadıkları bir soruyla– aynı kapıya çıkar. Yalnızca sülüksü rotatorların bir paradoks içinde paradoks olduklarına işaret edeceğim. Bir bakıma, yürüyüş halinde bir askeri müfrezede, annesi "İşte şu giden benim oğlum –uygun adım yürüyen tek o" diye bağıran askere benzerler. Maynard Smith onlara bir evrim skandalı dedi; ama eşeyliliğin, görünüşe göre, evrim skandalı olduğuna dikkat çeken tek kişi esas olarak oydu. En azından nahif bir Darvinci kuram görüşü, eşeyliliğin doğal seçilim tarafından gözden çıkarılacağını, eşeysiz üreme tarafından iki kat yarış dışı bırakılacağını öngörürdü. Bu anlamda Sülüksüler, skandal olmak bir yana, uygun adım yürüyen tek asker gibi görünüyorlar. İşte nedeni.

Sorun, Maynard Smith'in eşeyliliğin iki kat maliyeti dediği sorundur. Modern biçimiyle Darvincilik, bireylerin olabildiğince çok gen aktarmaya çalışmalarını bekler. Başka birinin genlerinin yarısıyla karıştırmak için, yaptığınız yumurtalarla ya da spermlerle birlikte genlerinizin yarısını atmak ahmaklık değil mi? Bir sülüksü rotator gibi davranan ve her evlada genlerinin yüzde 50'si yerine yüzde 100'ünü aktaran mutant bir dişi, iki kat daha iyi etmiş olmaz mıydı?

Maynard Smith, erkek partnerin sıkı çalışması ya da ekonomik katkıda bulunması ve böylece bir çiftin, eşeysiz yalnız bir bireyin iki katı evlat elde edebilmesi durumunda, muhakemenin aksadığını da ekledi. Bu durumda, eşeyliliğin iki kat maliyeti, evlat sayısının iki katına çıkmasıyla dengelenir. Doğum ve çocuk yetiştirmenin diğer maliyetlerine erkek ve dişi ebeveynin yaklaşık olarak eşit katkıda bulunduğu imparator penguen gibi bir türde, eşeyliliğin iki kat maliyeti ortadan kalkar ya de en azından hafifler. Doğum ve ekonomik katkıların eşitsiz olduğu türlerde, ense yapan genellikle babadır. Bu, eşeyliliğin maliyeti arttırır. Maynard Smith'in alternatif ifadesinin, yani "erkeklerin iki kat maliyeti" adlandırmasının tercih edilmesinin nedeni budur. Bu açıdan –aydınlatılmasından büyük ölçüde Maynard Smith'in sorumlu olduğu– evrim skandalı olanlar sülüksü rotatorlar değil, onların dışında herkestir. Ama bu bir kenara bırakılırsa durum budur ve tüm hayvanlar âlemi bakımından evrenseldir. İşin aslı nedir peki? Maynard Smith'in yazdığı gibi, "Durumun temel bir özelliği, gözümüzden kaçıyor sanki."

İki kat maliyet, Maynard Smith, Williams, Hamilton ve daha birçok genç meslektaşın çıkış noktasıdır. Baba olarak ekmek parası kazanmayan erkeklerin yaygın varlığı, bizzat eşeyli yeniden birleşmeye çok

önemli Darvinci yararları olduğu anlamına gelmelidir. Bu yararların nitelik bakımdan ne olacağını tahmin etmek çok zor değil ve bazıları aleni, bazıları anlaşılması zor bir sürü yarar öne sürülmüştür. Sorun, muazzam iki kat maliyeti dengelemeye yetecek nitel *büyüklükte* bir yarar düşünmektir.

Tüm kuramlara hakkını vermek bir kitap tutardı –Williams ile Maynard Smith'in sözünü ettiğim çığır açıcı eserleri ve Graham Bell'in güzel yazılmış eseri *The Masterpiece of Nature*'ı da dahil, zaten birkaç kitap tutmuştur. Kesin bir karar henüz çıkmadı. Matt Ridley'in *The Red Queen*'i, uzman olmayan okuru amaçlayan güzel bir kitaptır. Ridley, önerilen kuramlardan birini, W. D. Hamilton'ın, seksin parazitlere karşı kesintisiz bir silahlanma yarışı işlevi gördüğünü öne süren kuramını kayırmasına karşın, sorunu ve diğer yanıtları açıklamayı ihmal etmez. Bana gelince, bu hikâyenin ana amacına, seksin evrimsel icadının eksik değerlendirilen bir *sonucuna* dikkat çekme amacına gelmeden önce, Ridley'in kitabını ve diğerlerini önereceğim. Cinsellik, gen havuzunu var etti, türleri anlamlı kıldı ve evrim oyununu değiştirdi.

Bir sülüksü rotator için evrimin neye benzediğini düşünün. Bu 360 türün evrim tarihinin, normal evrim örüntüsünden ne kadar farklı olduğunu düşünün. Eşeyliliği, çeşitliliği doğuran olarak betimleriz ve bir anlamda bunu yapar; eşeyliliğin iki kat maliyetin üstesinden nasıl geldiğine ilişkin pek çok kuramın temeli budur. Ama paradoksal bir biçimde, görünüşte karşıt bir sonucu da vardır. Eşeylilik, normal olarak, evrimsel çeşitlenmenin önünde bir tür engel gibi hareket eder. Aslında, Mark Welch ile Meselson'ın araştırmasının temeli, böyle bir özel durumdur. Örneğin bir fare topluluğunda, bir girişimcideki yeni bir evrimsel yön bulma eğilimi, eşeysel karışımın boğma etkisiyle denetimde tutulur. Müstakbel girişimcinin genleri, gen havuzunun geri kalan atıl kitlesi içinde boğulur. Coğrafi yalıtıklığın türleşmede bu kadar önemli olmasının nedeni budur. Yeni bir soyun atıl norma geri çekilmeden kendi yoluna gitmesi için, geçilmesi zor bir sıradağa ya da denize gerek vardır.

Sülüksü rotatorlar için evrimin ne kadar farklı olduğunu düşünün. Gen havuzu tarafından normalin içinde boğulmak bir yana, bir gen havuzları bile yoktur. Eşeylilik yoksa, gen havuzu düşüncesi anlamsızdır.* "Gen havuzu" ikna edici bir metafordur; çünkü, eşeyli bir

*İnsanlar bazen genomu kastedip gen havuzu diyerek ikisini birbirine karıştırırlar. Genom, bir bireydeki gen kümesidir. Gen havuzu, eşeyli üreyen bir topluluğun tüm genomlarındaki tüm genlerin kümesidir.

topluluğun genleri, adeta bir sıvının içindeymiş gibi, sürekli birbirine karışıp yayılırlar. Zaman boyutunu getirin, havuz jeolojik zaman içinde akan bir ırmak olur –*Cennetten Akan Irmak*'ta geliştirdiğim bir imge. Irmağa, türleri bir tür evrimsel yöne yönlendiren sınırlayıcı kenarlarını veren, seksin bağlayıcı etkisidir. Seks olmasaydı, yönü uyumlu bir akış olmaz, şekilsiz dışa doğru bir yayılma olurdu; bir ırmaktan çok, bir kaynaktan her yöne yayılan bir kokuya benzerdi.

Büyük olasılıkla sülüksüler arasında da doğal seçilim gerçekleşir; ama hayvanlar âleminin geri kalan kısmının alışık olduğundan çok farklı bir doğal seçilim olmalı bu. Genlerin eşeysel karışımının olduğu yerde, gen havuzu, doğal seçilimin yontup şekillendirdiği kendiliktir. İstatistiksel olarak iyi genler, kendilerini içinde buldukları bireysel vücutların hayatta kalmalarına yardım etme eğilimindedirler. Kötü genler öldürme eğilimindedirler. Eşeyli üreyen hayvanlarda, dolaysız seçilim olayları, bireysel hayvanların ölümleri ve üremeleridir; ama uzun erimli sonuç, gen havuzundaki genlerin istatistiksel profilinde bir değişimdir. Bu nedenle, dediğim gibi, Darvinci heykeltıraşın ilgi nesnesi gen havuzudur.

Dahası, genler vücut inşasında diğer genlerle işbirliği kapasiteleri bakımından da kayırılırlar. Vücutların bu kadar uyumlu hayatta kalma motoru olmalarının nedeni budur. Buna bakmanın doğru yolu şudur: Genler, sürekli farklı genetik arka planlara göre sınanıp düzeltilirler. Her kuşakta, bir gen yeni bir arkadaş grubuna, özel bir vesileyle bir vücudu paylaştığı diğer genlere karışır. Alışkanlık olarak iyi arkadaş olan, başkalarına uyum gösteren ve onlarla işbirliği yapan genler kazanan ekiplerde –yani, onları evlada aktaran başarılı bireysel vücutlarda– olma eğilimindedirler. İyi işbirlikçi olmayan genler, kendilerini içinde bulundukları ekipleri –yani, üremeden ölen başarısız vücutları– kaybeden ekip yapma eğilimindedirler.

Bir genin işbirliği yapmak zorunda olduğu proksimal gen kümesi, bir vücudu paylaştığı genlerdir. Ama uzun erimde, işbirliği yapmak zorunda olduğu gen kümesi gen havuzunun tüm genleridir; çünkü kuşaklar boyunca vücuttan vücuda sekerek geçerken sürekli karşılaştığı genler bunlardır. Bir türün gen havuzunun, doğal seçilim keskisinin yontup şekillendirdiği kendilik olduğunu söylememin nedeni budur. Yaklaşık olarak, bütün bireylerin –gen havuzunun, yapabileceği şeylerin örneği olarak ortaya sürdüğü bireylerin– ayırıcı hayatta kalma ve üremeleri, doğal seçilimdir. Yine, bunların hiçbiri sülüksü rotatorlar için söylenemez. Gen havuzunu şekillendirme diye bir şey olmaz; çünkü şekil-

lendirilecek gen havuzu yoktur. Bir sülüksü rotatorun yalnızca tek bir büyük geni vardır.

Eşeyliliğin yararlarına ilişkin bir kurama değil, eşeyliliğin neden doğduğuna ilişkin bir kurama değil, yalnızca eşeyliliğin bir sonucuna dikkat çektim. Ama eğer eşeyliliğin yararlarına ilişkin bir kurama kalkışsaydım; "durumun gözden kaçan temel bir özelliği"ne ciddi bir saldırı deneseydim, buradan başlardım. Ve döne döne Rotator'un Hikâyesi'ni dinlerdim. Çamurlu ve yosunlu mekânların bu küçük, muğlak müdavimleri, evrimin önemli paradoksunun anahtarını elinde tutabilir. Sülüksü rotatorlar bu kadar uzun süre onsuz yapabilmişse, eşeysiz üremenin nesi kötü? Ya da, onlar için doğruysa, geri kalan bizler neden aynısını yapıp, eşeyliliğin iki katlı maliyetinden kurtulmayalım?

KAYAMİDYESİ'NİN HİKÂYESİ

Yatılı okuldayken, akşam yemeğine geç kalmanın nedenini yemekhane müdürüne anlatmak bazen bir zorunluluk olurdu: "Üzgünüm efendim, geç kaldım: Orkestra çalışması" ya da bahane her neyse. Gerçekten iyi bir bahanemizin olmadığı ve gizleyecek bir şeyimiz olduğu durumlarda, mırıldanarak, "Üzgünüm efendim, geç kaldım: Kayamidyeleri," deme alışkanlığını edindik. Müdür hep kibarca başını sallardı, bu okul dışı gizemli faaliyetin ne olduğunu merak edip etmediğini bilmiyorum. Yıllarını kayamidyelerine harcayan Darwin örneğinden esinlenmiş olabiliriz. O sırada Darwin'in öyküsünü bilip bilmediğimizden emin değilim ve midyelerin, blöf olamayacak kadar akla uygun gibi görünmeyen bir tarafı olduğu için bu bahaneyi uydurduğumuzdan kuşkulanıyorum. Kayamidyeleri, göründükleri gibi değildirler. Diğer hayvanlar için de öyledir. Ve Kayamidyesi'nin Hikâyesi'nin konusu budur.*

Görüntüye karşın, kayamidyeleri kabukludurlar. Minyatür deniz salyangozları gibi kayaların üzerini örten ve kayaların üzerinde kaymamanızı sağlayan sıradan denizpalamudu-midyeleri, içsel olarak deniz salyangozlarından tamamen farklıdırlar. Kabuğun içinde sırtüstü yatmış, bacaklarıyla havayı tekmeleyen çarpık karidestirler. Ayaklarında tüylü

*Büyük bilim insanı J. B. S. Haldane tamamen farklı bir Kayamidyesi Hikâyesi, felsefi kayamidyelerinin kendi dünyalarını düşündükleri bir mesel önerdi. Filozof kayamidyelerinin vardığı sonuca göre, gerçeklik filtreli kollarıyla ulaşabilecekleri her şeydir. "Görüntülerin" farkındadırlar, ama kayanın farklı bölümlerindeki midyeler, uzaklıkları ve şekilleri konusunda hemfikir olmadıkları için, fiziksel gerçekliklerinden kuşkuludurlar. İnsan düşüncesinin sınırları ve dinsel hurafenin büyüklüğüyle ilgili bur zekice benzetme, benim değil, Haldan'ın Hikâyesidir ve yalnızca okurlara önerip geçeceğim. Kitaba adını veren *Possible Worlds* denemesinde.

taraklar ya da sepetler vardır; onlarla sudan yiyecek parçacıkları süzüp alırlar. Kazmidyeleri de aynı şeyi yapar; ama bir denizpalamudu-midyesi gibi konik bir kabuğun altında barınmak yerine, sağlam bir sapın ucunda otururlar. Adlarını, midyelerin gerçek doğasının yanlış anlaşılmasından alırlar. Islak süzücü tüyleri, onlara yumurta içindeki bebek bir kuş görüntüsü verir. İnsanların kendiliğinden türemeye inandığı günlerde, kazmidyelerinin kaz yumurtalarından, özellikle ak yanaklı kaz (*Branta leucopis*) yumurtasından çıktığı inancı gelişti.

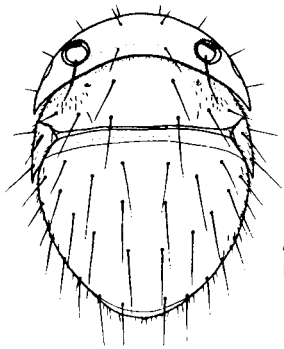
En aldatıcısı da, *Sacculina* gibi parazit midyelerdir –belki de, zoologların olduklarını bildikleri şeye hiç benzemeyen hayvan rekorunu ellerinde tutuyorlar. *Sacculina*, göründüğü şey değildir. Larvası olmasaydı, zoologlar onun bir midye olduğunu asla anlayamazlardı. Yetişkin *Sacculina*, bir yengecin alt tarafına yapışan ve uzun, dallı, bitkiye benzer köklerini yengecin içine sokup, dokularından besin alan yumuşak bir torbadır. Bu parazit yalnızca bir midyeye benzememekle kalmaz, hiçbir kabukluya da benzemez. Zırhla kaplanmanın izini, neredeyse tüm eklembacaklılarda bulunan bölütlü vücudun tüm izlerini tamamen kaybetmiş. Pekâlâ, parazit bir bitki ya da mantar da olabilirdi. Ama evrimsel ilişkileri bakımından bir kabukludur ve yalnızca bir kabuklu da değil, özellikle bir kayamidyesidir. Kayamidyeleri, aslında göründükleri şey değildirler.

Sacculina'nın olağanüstü derecede kabukluya benzemeyen vücudunun embriyolojik gelişimi, Meyvesineği'nin Hikâyesi'nin konusu olan Hox genleri sayesinde anlaşılabilir. Normal olarak tipik bir kabuklunun karın bölgesinin gelişimini denetleyen ve *Abdominal-A* denilen gen, *Sacculina*'da açığa çıkmaz. Adeta Hox genlerinin baskılanması yoluyla, yüzen, tekme atan, bacaklı bir hayvanın şekilsiz bir mantarımsıya dönüştüğü düşünülebilir.

Bu arada, *Sacculina*'nın dallı kök sistemi yengecin dokularını istila ederken rasgele davranmaz. İlk önce yengecin üreme organlarını hedefler; yengeci hadım eder. Bu bir tesadüf müdür? Belki değildir. Hadım edilmek, yengeci yalnızca kısırlaştırmaz. Besili bir enenmiş tosun gibi, hadım edilen yengeç de cılız, perişan bir üreme makinesi olmaya yoğunlaşmak yerine, kaynaklarını daha fazla büyümeye yöneltir: Parazit için daha fazla besin.*

Bu kümenin son hikâyesine doğru giderken, gelecekle ilgili küçük

**The Extended Phenotype*'in parazit bölümünde, konakların iç fizyolojisini bozan parazit örneklerine değindim.



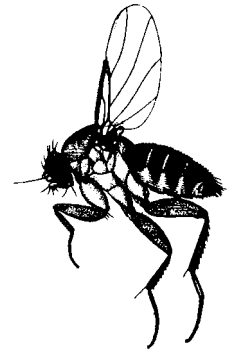
Acayip bir yaratık mı? Tamamen yeni bir vücut planı mı? Dişi *Thaumatoxena andreinii.* Çizen, Henry Disney.

bir fablın yeridir. Gelmiş geçmiş en büyük göktaşı çarpması sonucunda omurgalı ve eklembacaklı yaşamı tamamen yok olduktan yarım milyar yıl sonra, ahtapotların uzak torunlarında akıllı yaşam yeniden evrilmiştir. Ahtapotgil paleontologlar, MS yirmi birinci yüzyıla tarihlenen zengin bir fosil yatağı buldular. Çağdaş yaşamın bir kesiti olmayan bu bereketli kil taşıl, çeşitliliğiyle paleontologları etkiler. Sekiz kolla dengelenmiş yargıyla fosilleri özenle tartan ve ayrıntıları ustaca emen bir ahtapotgil bilgin, felaket öncesi bu çağda yaşamın, çeşitlilik bakımından bir daha olmayacak kadar hovarda olduğunu, acayip ve harika vücut planlarını neşeyle ortaya serdiğini öne sürecek kadar ileri gider. Çağdaşınız hayvanları düşünerek ve küçük bir örneklerinin fosilleştiğini hayal etmekle, anlatmak istediklerini görebilirsiniz. Gelecekteki paleontoloğumuzun karşı karşıya kaldığı müthiş zorluktaki görevi düşünün ve eksik, dağınık fosil izlerden yakınlıklarını ayırt etmeye çalışırken çektiği güçlükleri bir anlamayı deneyin.

Bir örnek vermek gerekirse, yukarıdaki hayvanı nasıl sınıflandırabilirdiniz ki? Belki de yeni bir filum adını hak eden yeni bir "acayip yaratık" olarak... Bu, şu ana kadar zoologların bilmediği tamamen yeni bir vücut planı mı bu?

Hayır. Gelecekçi fanteziden bugüne dönersek, bu acayip yaratık aslında bir sinektir, *Thaumatoxena andreinii*'dir. Yalnız bu kadarla da kalmaz; saygın Phoridae (kambursinekler) familyasına mensup bir sinektir. Kambursinekler ailesinin daha tipik bir üyesinin, *Megaselia scalaris*'in bir resmi aşağıdadır.

Thaumatoxena'nın başına gelen, bir akkarınca yuvasını mesken tutmuş olmasıdır. O kapalı dünyada yaşamın gerekleri o kadar farklıdır ki, bir sineğe her türlü benzerliği kaybetmiştir –belki de çok kısa bir zaman içinde. Kafadan geriye kalan, bumeranga benzeyen ön uçtur. Sonra göğüs geliyor ve karın ile göğüs arasına sıkışmış kanatların kalıntılarını



Bir sinek nasıl olmalı? Kambur sinek *Megaselia scalaris*. Çizen, Arthur Smith.

görebilirsiniz.

Ana fikir, kayamidyesinin ana fikridir. Ama geleceğin paleontoloğu ve acayip yaratıklar karşısında kendinden geçmesi meseli, boşuna değildi. "Kambriyen Patlama"yla ilgili olan bir sonraki hikâyeye bir yumuşak geçiş olarak tasarlandı.

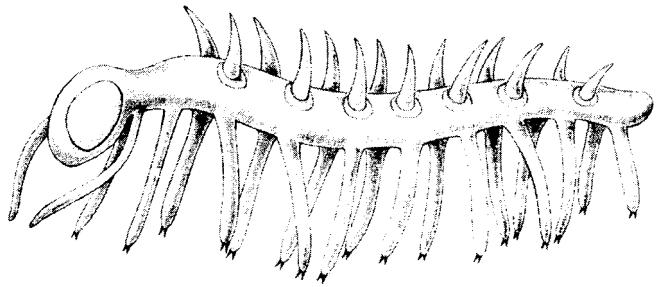
KADİFEKURTÇUK'UN HİKÂYESİ

Modern zooloji tam anlamıyla köken mitine yakın bir şey kabul ederse, o da Kambriyen Patlama'dır. Kambriyen Dönem, Fanerozoyik Üstzaman'ın ilk dönemi, son 545 milyon yıldır; bu dönemde bildiğimiz şekliyle hayvan ve bitki yaşamı, fosillerde aniden ortaya çıkar. Kambriyen Dönem'den önce fosiller ya silik izdi ya da muammalı gizemlerdi. Kambriyen Dönem'den itibaren, bizden az çok makul bir süre önce şaşaalı bir çok-hücreli yaşam çeşitliliği oldu. Patlama metaforunun nedeni, Kambriyen Dönem tabakasında çok-hücreli fosillerin aniden ortaya çıkışıdır.

Yaratılışçılar Kambriyen Patlama'yı severler; çünkü özenle yoksullaştırılmış imgelemleriyle, ebeveynsiz filumların, bir gecede aniden hiçlikten maddileşmiş atasız hayvanların yaşadığı bir tür paleontolojik yetimhane tasavvur ederler. Diğer uçta aşırı ateşli romantik zoologlar Kambriyen Patlama'yı, Rüya Zamanı havasından ötürü, yaşamın çılgınca ve tamamen farklı evrimsel bir tempo eşliğinde dans ettiği masum bir zoolojik çağ havasından ötürü severler. *Unweaving the Rainbow*'da, saygın bir biyoloğun aşağıdaki sözlerini aktarmıştım:

> Çok-hücreli biçimler icat edildikten hemen sonra, büyük bir evrimsel yenilik patlaması olur. İnsan, çok-hücreli yaşamın bir tür pervasız araştırma dansıyla olası tüm yolları denediği duygusuna kapılır.

Bu ateşli Kambriyen Dönem görüşüne dayanan bir hayvan varsa, o da *Hallucigenia*'dır. Dayanan mı? Halüsinasyonlar dışında, böylesine



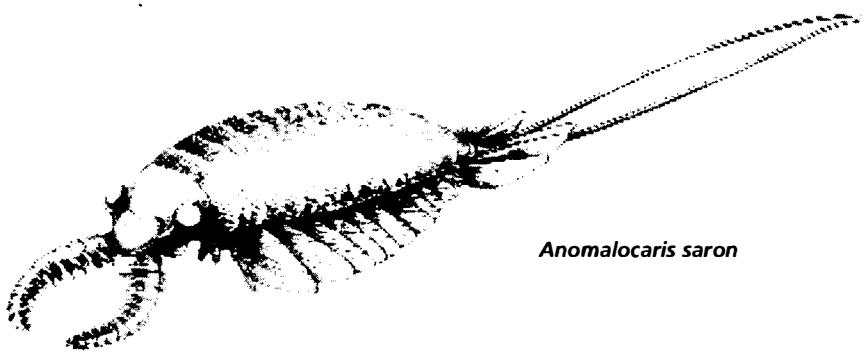
Hallucigenia –modern canlandırma.

olasılık dışı bir yaratığın kendi yaşamına dayandığından kuşkulanabilirsiniz. Haklısınız. *Hallucigenia* –ve Simon Conway Morris bu adı bilerek seçti– başlangıçta tersinden canlandırılmış gibi görünüyor. Sivri kürdan ayaklar üzerinde durmasının nedeni budur. Sırttaki tek sıra "dokunaçlar", yakın zamanın bir yorumuna göre ayaklardı. Tek sıra bacak –bir ip üzerindeymiş gibi denge sağlıyor muydu? Hayır, Çin'de bulunan yeni fosiller ikinci bir sırayı gösteriyor ve modern canlandırmalarıyla, gerçek dünyada rahatlarmış gibi görünüyorlar [bkz. aşağıda]. *Hallucigenia*, artık belirsiz ve çoktan yok olmuş bir soya mensup, acayip bir yaratık olarak sınıflandırılmıyor. Diğer birçok Kambriyen fosille birlikte, Randevu 26'da karşılaştığımız *Peripatus* ve diğer "onikoforlar" ya da "kadifekurtçuklar" biçiminde modern temsilcileri olan Lobopodia filumuna yerleştiriliyor.

Halkalısolucanların eklembacaklıların yakın akrabaları sanıldıkları günlerde, Onikoforlar çoğu kez–evrimin nasıl işlediğini dikkatle düşünürseniz hiç de yararlı bir kavram olmamasına karşın, aralarındaki "mesafeyi kapatan"– "ara kuşak" olarak tanıtıldı. Şimdi halkalısolucanlar, Lofotrokozoa'nın içine yerleştirilirken; Onikoforlar, eklembacaklılarla birlikte derideğiştirenlerdir. *Peripatus*, eski akrabalarıyla birlikte, Kambriyen Patlama'nın hikâyesini anlatacak modern hacılar arasında konulur.

Modern Onikoforlar [bkz. resim 36], tropik bölgelere, özellikle de güney yarımküreye dağılmıştır. *Peripatus*, *Peripatopsis* ve tüm modern onikoforlar karada, nemli yerlerde yaşar ve salyangoz, kurtçuk, böcek ve diğer küçük avları yerler. Elbette, Kambriyen Dönem'de *Hallucigenia* ve *Peripatus* ile *Peripatopsis*'in uzak ataları denizde yaşıyorlardı –herkesle birlikte.

Hallucigenia'nın modern Onikoforlarla bağlantısı hâlâ tartışmalıdır ve bir kayanın içinde ezilmiş ve bulanık bir fosil ile bir sayfada, çoğu kez



Anomalocaris saron

cüretli renklerle çizilen canlandırması arasına zorunlu olarak epeyce hayal gücü girdiğini unutmamalısınız. *Hallucigenia*'nın bütün bir hayvan olmayabileceği, bilinmeyen bir hayvanın bir parçası olabileceği bile öne sürüldü. Böyle bir yanlış ilk kez yapılmış olmazdı. Bazı sanatçıların Kambriyen sahne canlandırmaları, gizemli yırtıcı hayvan *Anomalocaris*'in [bkz.aşağıda] çenesinin bir parçası olduğu anlaşılan, görünüşe bakılırsa konserve ananas halkalarından esinlenilerek yapılan, denizanası benzeri yüzen bir yaratığı da kapsamaktaydı. Diğer Kambriyen fosiller, örneğin *Aysheaia*, *Peripatus*'un deniz versiyonuna çok benzerler ve bu durum, *Peripatus*'un bu Kambriyen hikâyeyi anlatma hakkını güçlendirir.

Herhangi bir dönemden pek çok fosil, hayvanların sert parçalarının kalıntılarıdır: omurga kemikleri, eklembacaklıların bağaları, yumuşakçaların ya da kolsu-ayaklıların kabukları. Ama garip koşulların neredeyse mucizevi bir biçimde yumuşak parçaları da koruduğu üç Kambriyen fosil yatağı vardır –biri Kanada'da, biri Grönland'da, biri de Çin'de. Bunlar, İngiliz Kolombiyası'ndaki Burgess Shale, Kuzey Grönland'daki Sirius Passet ve Güney Çin'deki Chengjiang alanıdır.* Burgess Shale 1909'da keşfedildi ve 80 yıl sonra, *Wonderful Life*'ta Stephen Gould tarafından üne kavuşturuldu. Kuzey Grönland'daki Sirius Passet alanı 1984'te keşfedildi ve şimdiye kadar diğer ikisinden daha az incelenmiştir. Aynı yıl, Hou Xian-guang, Chengjiang fosillerini keşfetti. Dr. Hou, 2004'te –bu kitap matbaaya gitmeden hemen önce– yayımlanan güzel resimli kitap *The Cambrian Fossils of Chengjiang China*'yı hazırlayanlardan biridir.

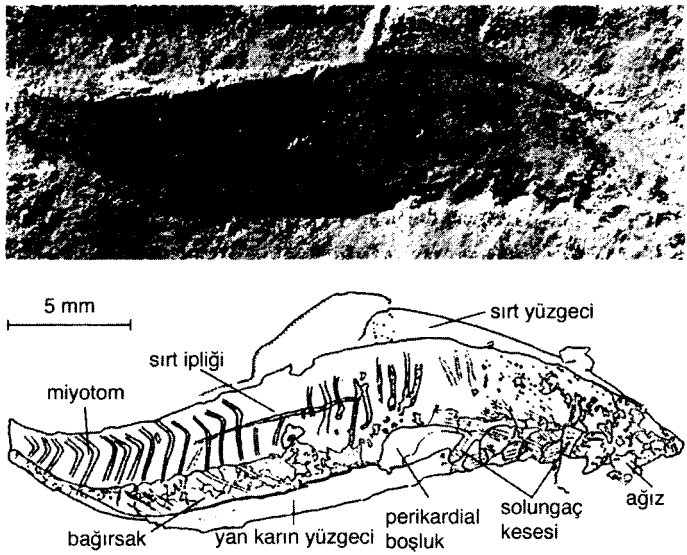
Chengjiang fosilleri, şimdi 525 milyon yıl önceye tarihleniyor. Bu, Sirius Passet'le kabaca çağdaştır ve Burgess Shale'den 10 ya da 15 milyon yıl daha eskidir; ama bu önemli fosil alanlarının benzer bir faunaya

*Dördüncü bir alan, İsveç'te Orsten ("berbat kokulu taş"), yumuşak vücutları farklı bir biçimde korur.

sahiptir. Bir sürü lopayaklı vardır; birçoğu *Peripatus*'un deniz versiyonuna benzer. Algler, süngerler, çeşitli solucanlar, modernlere çok benzeyen kolsu-ayaklılar ve akrabaları belli olmayan muammalı hayvanlar bulunur. Kabuklular da dahil çok sayıda eklembacaklı, trilobit ve kabuklulara ya da trilobitlere biraz benzeyen, ama kendi ayrı gruplarına mensup olmaları da olası olan bir sürü başka hayvan vardır. Büyük (bazı durumlarda bir metreyi aşan), görünüşe göre yırtıcı *Anomalocaris* ve benzerleri, Burgess Shale'in yanı sıra Chengjiang'da da bulunuyor. Kimse ne olduklarından tam emin değil –belki eklembacaklıların uzaktan akrabaları– ama görkemli olmalılar. Burgess Shale'in tüm "acayip yaratıkları", Chengjiang'da da bulundu; örneğin ünlü beş gözlü *Opabinia*.

Grönland'daki Sirius Passet faunası, *Halkieria* denilen güzel bir yaratığı barındırır. Erken bir yumuşakça olduğu sanıldı; ama Kambriyen Dönem'in birçok tuhaf yaratığını betimleyen Simon Conway Morris, üç büyük filumla akraba olduğuna inanıyor: yumuşakçalar, kolsu-ayaklılar ve halkalısolucanlar. Bu yüreğime su serpiyor; çünkü zoologların büyük filumlara gösterdikleri neredeyse mistik saygıyı kırmaya yardım eder [bkz. resim 37]. Evrimi ciddiye alırsak, zamanda geri gidip randevu noktalarına yaklaştıkça filumların giderek daha fazla birbirlerine benzemeleri ve daha yakın akraba olmaları zorunludur. *Halkieria* amaca uygun olsun ya da olmasın, halkalısolucanları, kolsu-ayaklıları ve yumuşakçaları birleştiren eski bir hayvanın olmaması endişe verici olurdu. Resim 37'de uçlardaki kabuklara dikkat edin.

Randevu 22'de gördüğümüz gibi, Chengjiang'ın, Burgess Shale'in batrağa benzer *Pikaia*'sından ve diğer Kambriyen kordalılardan önce gelen gerçek omurgalılar gibi görünen fosilleri vardır. Geleneksel zoolojik bilgeliğin bu kadar erken doğan omurgalıları hiç olamamıştı. Şimdi Chengjiang'da 500'den fazla türü keşfedilen *Myllokunmingia*, iyi bir çenesiz balığa epeyce benzer; daha önce böyle bir şeyin 50 milyon yıl sonra, Ordovisyen Dönem'in ortasında ortaya çıkacağı düşünülmüştü. Başlangıçta iki yeni cins tanımlandı –taşemenlere görece yakın tarif edilen *Myllokunmingia* ve miksine akraba olduğuna inanılan *Haikouichthys*. Bazı revizyonist taksonomistler, şimdi ikisini tek bir türün içine, *Myllokunmingia fenjiaoa* türüne yerleştiriyorlar. *Haikouichthys*'in statüsünün bu tartışmalı güncellenmesi, her eski fosilin ayrıntılarını ayırt etmenin ne kadar zor olduğunu gösterir. Yukarıda bireysel bir *Myllokunmingia* fosilinin bir fotoğrafı ile ayrıntılı bir çizimi gösteriliyor. Bu gibi



Omurgalıların bu kadar eski olduğu sanılmıyordu. Fosil *Myllokunmingia fenjiaoa*, Chengjiang. D. G. Shu vd.'den [bkz. Kaynakça].

eski hayvanları yeniden canlandırmada gösterilen sabra hayranlık duyuyorum.

Omurgalıları Kambriyen Dönem'in ortasına itmek, mitin temeli olan ani patlama düşüncesini güçlendirir. Gerçekten öyle görünüyor ki, bugünkü büyük hayvan filumlarından pek çoğu fosil olarak Kambriyen Dönem'de dar bir zaman aralığında ortaya çıkıyor. Bu, bu filumların Kambriyen Dönem'den önce temsilcilerinin bulunmadığı anlamına gelmez. Ama büyük çoğunluğu fosilleşmemiş. Bunu nasıl yorumlamalıyız? Dinozorların soyu tükendikten sonraki memeli patlamasına ilişkin üç ana varsayımın çeşitli bileşimlerini ayırt edebiliriz.

1. GERÇEK PATLAMA YOK. Bu görüşe göre, fiili evrim patlaması değil, yalnızca bir fosilleşebilirlik patlaması vardı. Filumlar, Prekambriyen Zaman'da yüz milyonlarca yıla yayılan atalarıyla Kambriyen Dönem'den epey geriye giderler. Temel ortak ataları tarihlemek için moleküler saat tekniğini kullanan bazı moleküler biyologlar bu görüşü destekler. Örneğin G. A. Wray, J. S. Levinton ve L. H. Shapiro, 1996'da yayımlanan ünlü bir makalede, omurgalılar ile derisidikenlileri birleştiren ortak atanın da yaklaşık 500 milyon yıl önce ve omurgalılar ile yumuşakçaları birleştiren ortak atanın ondan 200 milyon yıl önce, sözde Kambriyen Patlama çağının iki katından fazla süre önce yaşadığını

hesapladılar. Moleküler saat tahminleri, genel olarak, bu derin dallanmaları Prekambriyen Zaman'a kadar götürme eğilimindedir. Bu görüşe göre, fosiller, Kambriyen Dönem'den önce bilinmeyen nedenlerle kolay oluşmadılar. Belki, kabuk, bağa ve kemik gibi kolay fosilleşebilir sert parçalardan yoksundular. Her şeyden önce, Burgess Shale ve Chengjiang yatakları, jeolojik tabakalar arasında, yumuşak parçaları fosil olarak kaydetmeleriyle son derece sıra dışıdırlar. Belki Prekambriyen hayvanlar, çeşit vücut planlarıyla uzun süre var olmalarına karşın, fosilleşemeyecek kadar küçüktüler. Bu düşünceyi destekleyen, Kambriyen Dönem'den sonra hiç fosil bırakmamış bazı küçük hayvanlar vardır; bugün canlı "yetim" olarak ortaya çıkana kadar. O halde, Kambriyen Dönem'den önce fosil beklemeye neden hakkımız olmasın? Ediacara faunası ve iz fosilleri de dahil, bulunan bazı Prekambriyen fosiller, gerçek Prekambriyen çok-hücrelilerin varlığını gösterir.

2. ORTA SÜRELİ PATLAMA. Çeşitli filumları birleştiren ortak atalar, zaman olarak birbirlerine makul ölçüde yakın yaşadılar, ama gözlemlenen fosil patlamasından önce birkaç milyon yıla yayıldılar. Şimdinin uzak mesafesinden bakıldığında, 525 milyon yıla tarihlenen Chengjiang, sözün gelişi 590 milyon yıla tarihlenen farazi bir ortak ataya oldukça yakın gibi görünür. Ama ikisinin arasında tam 65 milyon yıl vardır ve bu, dinozorların ölümünden bugüne kadar geçen süreyle aynıdır –modern memeliler bu süre içinde tekrar tekrar yayılıp bugün gördüğümüz görkemli çeşitliği ürettiler. Galapagos İspinozu'nun Hikâyesi'nin ve Sihlid'in Hikâyesi'nin son derece hızlı evrim patlamaları ışığında, 10 milyon yıl bile uzun bir süredir. Geriye bakıldığında, iki eski fosili farklı modern filumlara ait kabul ettiğimiz için, o iki fosilin iki filumun modern temsilcileri kadar birbirlerinden farklı olmaları gerektiğini düşünmek kolaydır. Modern temsilcilerin birbirlerinden uzaklaşmak için önlerinde yarım milyar yıl bulunduğunu unutmak da kolaydır. 500 milyon yıllık zoolojik geri görüş değerinden yoksun bir Kambriyen Dönem taksonomistinin iki fosili ayrı filumlara yerleştireceğine inanmak için hiçbir neden yoktur. Torunların daha sonra birbirinden uzaklaşıp ayrı filum statüsünü kazanacak olmaları olgusuna, o zaman bilinmeyen bu olguya karşın, onları ayrı takımlara da yerleştirebilirdi.

3. BİRDENBİRE PATLAMA. Bu üçüncü düşünce okulu, bana göre, kafadan çatlaktır. Ya da nazik bir dil kullanmak gerekirse, çılgınca ve sorumsuzca gerçekdışıdır. Ama daha önce aşırı ateşli romantik zoologlara özgü bulduğumu bildirdiğim retorikten sonra inanılmaz popülerleştiği

için, buna biraz zaman ayırmalıyım.

Üçüncü okul, yeni filumların tek bir makro-mutasyon sıçrayışıyla bir gecede var olmaya başladıklarına inanır. İşte hatırı sayılır bilim insanlarından, daha önce *Unweaving the Rainbow*'da kullandığım birkaç alıntı:

> Sanki, büyük işlevsel yenilikler –yeni filumların temeli– üreten evrimsel sıçrayışlar yapma kolaylığı, Kambriyen Dönem sona erince bir şekilde kaybolmuş gibi. Sanki, evrimin ana yayı gücünün bir kısmını kaybetmiş gibi... Bu yüzden, Kambriyen organizmalardaki evrim, filum düzeyinde sıçrayışlar da dahil, daha büyük sıçrayışlar yapabilirken, daha sonra daha kısıtlı, sınıf düzeyine varan mütevazı sıçramalar yaptı.

Ya da hikâyenin başında dinlediğimiz saygın bilim insanından:

> Dallanma sürecinin başında, gövdeden ve birbirlerinden dramatik ölçüde farklı olan çeşitli uzun atlama mutasyonları görüyoruz. Bu türlerin, ayrı filumların kurucuları olarak kategorileştirilmelerine yetecek kadar morfolojik farklılıkları vardır. Bu kurucular da dallanır, ama bunu biraz daha kısa atlayışlarla yapıp, bir filumun her kurucusundan değişik evlat türlere, sınıfların kurucularına giden dallar üretirler. Süreç devam ettikçe, daha yakın komşularda daha uygun çeşitler bulunur, böylece takımların, familyaların ve cinslerin kurucuları peş peşe ortaya çıkar.

Bu akıl almaz alıntılar, aşağıdaki yanıtı yapıştırmama neden oldu. Sanki bir bahçıvan yaşlı bir meşe ağacına bakıp, şöyle demiş gibi:

> Bu ağaçta yıllardır yeni dalların çıkmamış olması tuhaf değil mi? Bu günlerde her yeni gelişme filiz düzeyinde gibi görünüyor!

Unweaving the Rainbow'dan sonra yayımlanan ve bu nedenle daha önce kullanmadığım bir alıntı daha. Andrew Parker, *In the Blink of an Eye* kitabında, esas olarak kendi ilginç ve özgün kuramını savunmakla ilgilenir. Parker'ın kuramına göre, Kambriyen Patlama, hayvanların aniden gözü keşfetmeleriyle başladı. Ama Parker, kendi kuramına gelmeden önce, Kambriyen Patlama mitinin "çılgın ve sorumsuz" versiyonuna olta atmakla işe başlar. Önce mitin kendisini, okuduğum en içten "patlayıcı" versiyonla ifade eder:

> 544 milyon yıl önce gerçekten de dışsal biçimleri çeşitli olan üç hayvan filumu vardı; ama 538 milyon yıl önce otuz sekiz, bugün var olanlarla aynı sayıda filum vardı.

Devamında, 6 milyon yıllık bir dönem içinde son derece hızlı kademeli evrimden, ikinci varsayımımızın uç bir versiyonu olan, kabul edilmesi zor bir evrimden söz etmediğini açıklar. Benim diyeceğim gibi,

iki filumun (filum olması kaçınılmaz olan iki şeyin) ilk ayrılmalarına yakın, çok farklı olmadıklarını da –sonunda ayrılıkları filum düzeyinde olduğu kabul edilene kadar önce iki tür, sonra iki cins olma gibi ardışık evrelerden geçtiklerini– söylemiyor. Hayır, Parker, 538 milyon yıl önceye tarihlediği 38 filumunu, makro-mutasyonal bir şapkanın düşmesiyle bir gecede var olan tam gelişmiş filumlar olarak gördüğü havasını verir:

> Otuz sekiz hayvan filumu yeryüzünde evrildi. O yüzden yalnızca otuz sekiz anıtsal genetik olay gerçekleşip, otuz sekiz farklı iç örgütlenmeyle sonuçlandı.

Anıtsal genetik olayların konuyla hiçbir ilgisi yoktur. Meyvesineği'nin Hikâyesi'nde karşılaştığımız Hox familyasından kontrol genleri, kuşkusuz, dramatik bir biçimde mutasyona uğrayabilirler. Ama anıtsallıktan anıtsallığa fark vardır. Duyargaların olması gereken yerde bir çift bacağı olan bir meyvesineği, alabildiğine anıtsaldır; ama hayatta kalması konusunda büyük bir soru işareti söz konusudur. Bunun, kısaca açıklayacağım güçlü bir genel nedeni vardır.

Mutant bir hayvanın, yeni mutasyonunun bir sonucu olarak, belli bir "daha iyi olma olasılığı" vardır. "Daha iyi", mutasyondan önceki ebeveyn tipiyle karşılaştırıldığında daha iyi demektir. Ebeveyn, en azından hayatta kalıp üreyecek kadar iyi olmuş olmalıdır; aksi durumda ebeveyn olmazdı. Mutasyon ne kadar küçükse, iyi yönde bir ilerleme olma olasılığının o kadar fazla olduğunu anlamak kolaydır. "Anlaması kolay," büyük istatistikçi ve biyolog R. A. Fisher'ın gözde ifadesiydi ve bazen, sıradan ölümlülerin görmesinin hiç de kolay olmadığı durumlarda kullanırdı. Ne var ki, bu özel durumda, Fisher'ın basit bir metrik özellik muhakemesini izlemenin kolay olduğunu düşünüyorum –tekboyutlu değişen uyluk boyu gibi bir şey; artan ya da azalabilen milimetreler.

Artan büyüklükte bir dizi mutasyon düşünün. Bir uçta sıfır büyüklükte bir mutasyon, tanımı gereği, gördüğümüz gibi en azından çocukluğunu yaşayıp üreyecek kadar iyi olması gereken ebeveynin gen kopyası kadar iyidir. Şimdi küçük çapta rasgele bir mutasyon düşünün: Örneğin, bir bacak bir milimetre kısalıyor ya da uzuyor. Ebeveyn geninin kusursuz olmadığını varsayarsak, ebeveyn versiyonundan çok az farklı bir mutasyonun, yüzde 50 daha iyi olma, yüzde 50 daha kötü olma şansı vardır: Ebeveynin durumuna göre, doğru yönde bir adımsa daha iyi, karşıt yöndeyse daha kötü olur. Ama çok büyük bir mutasyon, *doğru yönde bir adım olsa* bile, amacı aştığı için, büyük olasılıkla ebeveyn versiyonundan daha kötü olacaktır. Diğer her şeyi normal ama

uyluk kemikleri iki metre uzunluğunda bir adam düşünün.

Fisher'ın muhakemesi bundan daha geneldi. Yeni filum alanına makro-mutasyonal sıçrayışlardan söz ettiğimiz zaman, artık bacak uzunluğu gibi basit metrik niteliklerle uğraşmayız; muhakemenin başka bir versiyonuna ihtiyacımız vardır. Daha önce de belirttiğim gibi, esas nokta, ölme yollarının yaşama yollarından fazla olmasıdır. Tüm olası hayvanların matematiksel bir görünümünü düşünün. Matematiksel demek zorundayım; çünkü yüzlerce boyutu olan bir görünümdür ve fiilen yaşamış olan (görece) az sayıda hayvanın yanı sıra, neredeyse sonsuz sayıda akla gelebilir ucubelikleri de kapsar. Parker'ın "anıtsal genetik olay" dediği şey, uyluk kemiği örneğimizde olduğu gibi tek boyutta değil, eşzamanlı yüzlerce boyutta etkili olan bir makro-mutasyona eşdeğerdir. Parker gibi, bir filumdan diğerine ani ve dolaysız bir değişim hayal edersek, sözünü ettiğimiz değişimin çapı bu olur.

Tüm olası hayvanların çok-boyutlu görünümünde, yaşayan yaratıklar, devasa bozuk-biçim okyanuslarıyla ayrılan yaşam adalarıdırlar. Bu adalardan birinde evrilmeye başlayarak, her defasında bir adım oradan uzaklaşabilir, burada bir bacak oynatabilir, şurada bir boynuzun ucunu törpüleyebilir ya da bir tüyün rengini daha koyulaştırabilirsiniz. Evrim, çok-boyutlu bir uzayda bir yörüngedir; bu yörüngede her adım, daha önceki adımla ulaşılan ebeveyn tipi kadar yaşamaya ve üremeye yetenekli bir vücudu temsil etmek zorundadır. Yeterli zaman verilen yeterince uzun bir yörünge, yaşayabilir bir başlangıç noktasından o kadar uzak bir yaşayabilir varış noktasına götürür ki, onu farklı bir filum, sözün gelişi yumuşakçalar filumu olarak kabul ederiz. Aynı başlangıç noktasından yola çıkan farklı bir adım adım yörünge sürekli yaşayabilir ara kuşaklardan geçerek, başka bir filum, sözün gelişi halkalısolucanlar filumu olarak kabul ettiğimiz başka bir yaşanabilir varış noktasına götürebilir. Ortak atalarından başlayıp iki hayvan filumuna götüren çatallardan her biri için de benzer bir şey gerçekleşmiş olmalı.

Geldiğimiz nokta budur. Bir hamlede yeni bir filum başlatmaya yeterli büyüklükte rasgele bir değişiklik, eşzamanlı yüzlerce boyutta o kadar büyük olur ki, yaşanabilir başka bir adaya konacak kadar inanılmaz şanslı olmak zorundadır. Bu büyüklükte bir mega-mutasyon, neredeyse kaçınılmaz olarak, yaşanamaz okyanusun ortasına düşecektir: Büyük olasılıkla bu durumda hiçbir hayvan tanınamaz.

Yaratılışçılar, Darvinci doğal seçilimi, aptalca bir biçimde, bir hurdalıktan esen ve parçalarını birleştirerek bir Boeing 747 yapma şansı

olan bir tayfuna benzetirler. Elbette, doğal seçilimin tedrici, birikimli doğasını gözden kaçırdıkları için yanılıyorlar. Ama hurdalık metaforu, yeni bir filumun bir anda icat edildiği varsayımına tamamen uygundur. Sözgelişi yersolucanından salyangoza bir gecede geçişle aynı büyüklükte bir evrim adımı, gerçekten de, hurdalıktaki tayfun kadar şanslı olmak zorundadır.

O halde, üçüncü varsayımımızı, deli saçması olan varsayımı tam bir güvenle reddedebiliriz. Geriye ikisi, ya da ikisinin ortası kalıyor ve burada ben kendimi bilinemezci buluyor, daha fazla veri arıyorum. Bu hikâyenin sonsözünde göreceğimiz gibi, öyle görünüyor ki, ilk moleküler saat hesaplarının büyük dallanma noktalarını yüz milyonlarca yıl geriye itip Prekambriyen Dönem'e götürürken işi abarttıkları, giderek daha fazla kabul ediliyor. Diğer yanda, pek çok hayvan filumunun Kambriyen Dönem'den önceye ait çok az fosilinin olması olgusu, bu filumların son derece hızla evrilmiş olmaları gerektiğini varsaymaya itmemelidir. Hurdalıktaki tayfun muhakemesi, bize, bütün bu Kambriyen Dönem fosillerinin durmadan evrilen öncellerinin olması gerektiğini anlatıyor. Bu önceller orada olmak zorundaydılar, ama keşfedilmemişler. Nedeni ve zaman ölçeği ne olursa olsun, fosilleşemediler; ama orada olmuş olmalılar. Görünüşte, bir sürü hayvanın 100 milyon yıl boyunca görünmez olabildiklerine inanmak, yalnızca 10 milyon yıl görünür olabildiklerine inanmaktan zordur. Bu durum, bazılarını, kısa süreli Kambriyen Patlama kuramını tercih etmeye götürür. Diğer yanda süreyi ne kadar kısaltırsanız, bütün bu çeşitlenmenin bu kısa zaman ölçeğine sığabildiğine inanmak o kadar zorlaşır. Bu yüzden bu muhakeme her iki tarafın da önünü keser ve iki varsayımımız arasında kesin bir tercih yapmaz.

Chengjiang ve Sirius Passet'ten önce fosil kalıntılar çok-hücreli yaşamdan tamamen yoksun değildir. Yaklaşık 20 milyon yıl daha önce, neredeyse tam Kambriyen/Prekambriyen sınırında, küçük kabuklara oldukça benzeyen çeşitli mikroskobik fosiller ortaya çıkmaya başlar –bu kabukluların hepsi birden, "küçük kabuklu fauna" olarak bilinir. Bunlardan bazılarının, zırhla kaplı lopayaklı –kadife-kurtçuğun akrabaları– olarak tanımlanmaları pek çok paleontoloğa şaşırtıcı geldi. Demek ki, birincil-ağızlıların farklı grupları arasındaki ayrılmalar Prekambriyen Zaman'da, görünür "patlama"dan önce gerçekleşmiş *olmalı*.

Daha eski hayvan çeşitliliğine ilişkin izler de vardır. Kambriyen Dönem başlamadan 20 milyon yıl önce, geç Prekambriyen Zaman'ın

Ediacara Dönemi'nde, ilk kez Güney Avustralya'daki Ediacara Tepeleri'nde bulundukları için Ediacara faunası denilen ve dünya çapında gelişen gizemli bir hayvan grubu vardı. Çoğunun tam olarak ne olduğunu bilmek zordur; ama fosilleşen ilk büyük hayvanlar arasındaydılar. Bazıları, muhtemelen süngerdir. Bazıları biraz denizanasına benzer. Bazıları biraz denizgülünü ya da denizkalemini andırır. Bazıları kurtçuk ya da sümüksü benzeridir ve gerçek İkitaraflıları temsil edebilirler. Bazıları düpedüz gizemlidir. *Dickinsonia* [bkz. resim 38] adı verilen şu yaratığa ne diyelim? Bir mercan mı? Yoksa bir solucan mı? Yoksa bir mantar mı? Yoksa bugün varlığını sürdüren her şeyden tamamen farklı bir şey mi? Avustralya'da bulunan, resmi olarak hâlâ tanımlanmayan ve bir kordalı (omurgalıların ait olduğu filum) olduğundan kuşkulanılan iribaşa benzer bir fosil bile vardır. Bir kordalı olduğu doğru çıkarsa, çok heyecan verici olur; ama bekleyip görmeliyiz. Rüzgârın içinde bu tür umut vaat eden saman çöplerine karşın, Ediacara faunasının, pek çok modern hayvanın atasının izini sürmede bize şu ya da bu şekilde pek yardımcı olmadığı konusunda zoologlar arasında bir konsensüs vardır.

Prekambriyen hayvanların izleri gibi görünen fosil izler de vardır. Bu izler, bu izleri bırakacak kadar büyük, emekleyen hayvanların varlığını gösterir. Ama ne yazık ki, bu hayvanların neye benzedikleri konusunda bir şey söylemezler. Çin'de Doushantou'da bulunan, gelişip ne tür bir hayvana dönüşecekleri belli olmamasına karşın, embriyon gibi görünen, çok daha eski, büyük çoğunluğu mikroskobik fosiller de vardır. Kuzeybatı Kanada'da bulunan, daha da eski, 600 ila 610 milyon yıl önceye tarihlenen disk-şeklinde izler vardır; ama bu hayvanlar, Ediacara formlarından da muammalıdırlar.

Bu kitap, 39 randevuya dayanır ve her bir randevu noktasının tarihini bir şekilde tahmin etmek ister göründü. Randevuların pek çoğu, tarihlenebilir fosiller ile tarihlenebilir fosillere göre ayarlanan moleküler saatler birlikte kullanılarak, belli bir güvenilirlikle tarihlenebilir. Şaşırtıcı değil, daha eski randevu noktalarına varınca fosiller bizi yüzüstü bırakmaya başlarlar. Yani moleküler yöntemler artık güvenilir bir biçimde ayarlanamazlar ve bir tarihlenemezlik çölüne gireriz. Bütünlüğü bozmamak için, kendimi bu çöl atalarına, kabaca Ortak Ata 23'ten Ortak Ata 39'a kadar olan ortak atalara, bir tarih koymaya zorladım. Bana öyle geliyor ki, eldeki en son kanıtlar, orta süreli patlamaya yakın bir görüşü hafif de olsa destekliyor. Bu, gerçek patlama olmadı varsayımından yana

olan önceki eğilimime aykırıdır. Umduğum gibi daha fazla kanıt ortaya çıktığında, modern hayvan filumlarının atalarını arayışımızda kendimizi yeniden derin Prekambriyen Zaman'a itilmiş bulursak hiç şaşırmayacağım. Etkileyici ölçüde kısa bir patlamaya da çekilebiliriz; bu durumda pek çok büyük hayvan filumunun ataları Kambriyen Dönem'in başlangıcı civarında 20, hatta 10 milyon yıllık bir döneme sıkışmış olur. O durumda da benim güçlü beklentim şöyle olur: İki Kambriyen Dönem hayvanını modern hayvanlara benzerlikleri temelinde doğru bir biçimde farklı filumlara yerleştirsek bile, tekrar Kambriyen Dönem'e gittiğimizde, ikisinin birbirine benzerliği, birinin modern torunlarının diğerinin modern torunlarına benzerliğinden fazla olurdu. Kambriyen Dönem zoologları onları ayrı filumlara yerleştirmez, en fazla ayrı alt-sınıflara yerleştirirdi.

İlk iki varsayımdan birinin doğrulanması beni şaşırtmaz. Bu meselede kellemi ortaya koymuyorum. Ama üçüncü varsayımı destekleyen bir kanıt bulunsa, şapkamı yerim. Kambriyen Dönem'deki evrimin, özünde bugünkü evrimle aynı türden bir evrim olduğunu varsaymak için her türlü neden vardır. Evrimin Kambriyen Dönem'den sonra gevşeyen ana yayıyla ilgili heyecanlı retorik; zoolojik bir sorumsuzluk şafağında aniden var olan yeni bir filumla birlikte başlayan çılgın, amaçsız, ölçüsüz icat danslarıyla ilgili coşkulu bağırışlar –bütün bunların ahmaklık olduğuna bahse girip kellemi ortaya koymaya hazırım.

Kambriyen Dönem'le ilgili mensur şiirlere karşı diyeceğim bir şey yok. Ama bana Richard Fortey'in güzel kitabı *Life: An Unauthorised Biography*'nin 120. sayfasındaki anlatımını verin:

> Spitsbergen'de sahilde oturup ilk kez yaşamın biyografisini merak ederken, bir akşamüstü Kambriyen Dönem sahilinde durduğumu hayal edebilirim. Ayaklarıma çarpan deniz büyük ölçüde aynı görünür ve hissedilirdi. Denizin karayla buluştuğu yerde, Prekambriyen Zaman'ın büyük bahçelerinden kalan ıslak, yuvarlak, taşlaşmış yastıklar var. Rüzgâr, arkamda görünür hiçbir şeyin yaşamadığı kırmızı ovalardan ıslık çalarak esiyor ve bacaklarımın arkasında, rüzgârın savurduğu kumların keskin ısırışını hissedebiliyorum. Ayaklarımın altındaki çamurlu kumlarda tanıdık gelen solucan kabuklarını, küçük kıvrık kımıltıları görebiliyorum. Kabuklulara benzer hayvanların kaçarken bıraktıkları izleri görebiliyorum... Rüzgârın ıslığı ve dev dalgaların kıyıya vuran sesi dışında, ortalık tamamen sessiz ve rüzgarda ağlayan kimse yok...

KADİFEKURTÇUK'UN HİKÂYESİ'NE SONSÖZ

Yan Wong'la birlikte yazıldı

Bu kitabın çoğunda randevu tarihlerini kaygısızca yuvarladım, hatta birçok ortak atayı tanıtırken, "büyük-ebeveyn"in önüne belirli bir "büyük" sayısı ekleyecek kadar acımasız davrandım. Verdiğim tarihler, Sekoya'nın Hikâyesi'nde göreceğimiz gibi, söz konusu büyük zaman ölçeklerine eş bir kesinlikte tarihlenebilen fosillere dayanmaktaydı büyük ölçüde. Ama yassısolucanlar gibi yumuşak vücutlu hayvanların atalarının izini sürmede fosiller bize fazla yardımcı olmadılar. Koelakantlar geçen 70 milyon yıl boyunca kayıtlarda yoktular; 1938'de canlı bulunmalarının bu kadar şaşkınlık yaratmasının nedeni budur. Fosil kalıntılar, en uygun durumda bile, dönek bir tanık olabilirler. Ve şimdi Kambriyen Dönem'e gelince, fosillerimiz tükeniyor. "Patlama"yla ilgili yorumumuz ne olursa olsun, büyük Kambriyen faunanın neredeyse tüm öncelleri, bilinmeyen nedenlerle fosilleşememiş. Kambriyen Dönem'den önceki ortak ataları ararken, artık kayaçlardan yardım almıyoruz. Şansımıza, tek kaymağımız fosiller değil. Dev-boylu-kuşun Hikâyesi'nde, Akciğerli-balık'ın Hikâyesi'nde ve diğer yerlerde, moleküler saat olarak bilinen hünerli teknikten yararlandık. Moleküler saati gereğince anlatmanın zamanı geldi.

Ölçülebilir ya da sayılabilir evrimsel değişiklikler sabit bir oranda gerçekleşseydi, harika olmaz mıydı? O zaman evrimi kendi saati olarak kullanabilirdik. Bu, döngüsel akıl yürütmeyi de gerektirmez; çünkü evrim saatini, evrimin fosil kalıntılarının iyi olduğu bölümlerine göre ayarlayabilir, sonra fosilleri iyi olmayan bölümleri için kestirimlerde bulunabilirdik. Peki evrim oranlarını nasıl ölçeriz? Ölçebilsek bile, evrimsel değişimin herhangi bir boyutunun bir saat gibi sabit bir hızda ilerlemesini neden umalım ki?

Bacak uzunluğunun, beyin büyüklüğünün ya da kıl sayısının sabit oranda evrileceğine dair en ufak bir umut yoktur. Hayatta kalmak bakımından bu tür özellikler önemlidir ve evrim oranları, kuşkusuz değişken olacaktır. Birer saat olarak düşünüldükte, kendi evrim ilkelerine mahkumudur. Her neyse, görünür evrimin oranlarını ölçmek için üzerinde anlaşılmış bir standart düşünmek zordur. Bacak uzunluğunun evrimini milyon yıl başına milimetreyle, milyon yılda değişim yüzdesi olarak ölçer misiniz? J. B. S. Haldane, kuşak başına değişim oranına dayanan bir evrimsel oran birimi önerdi: Darwin. Gerçek fosiller üzerinde kullanıldığında sonuçlar milidarvinlerden, kilodarvinlere ve

megadarvinlere kadar değişir ve kimse şaşırmaz.

Moleküler değişim, çok daha fazla umut vaat eden bir saate benziyor. Birincisi, ölçmeniz gereken şey apaçık ortada olduğu için. DNA dört harfli bir alfabeyle yazılmış metinsel bilgi olduğuna göre, evrim oranını ölçmenin tamamen doğal bir yolu vardır. Yalnızca harf farklılıklarını sayarsınız. Ya da isterseniz, DNA kodunun protein ürünlerine gidip, aminoasit ikamelerini sayabilirsiniz.* Moleküler düzeyde evrimsel değişimin büyük çoğunluğunun, doğal seçilim tarafından yönlendirilmek yerine nötr olduğunu ummak için nedenler vardır. Nötr, yararsızlıkla ya da işlevsizlikle aynı şey değildir –genin farklı versiyonlarının eşit ölçüde iyi oldukları, dolayısıyla birinden diğerine değişimin doğal seçilim tarafından fark edilmediği anlamına gelir. Bu, saat için iyidir.

Oldukça gülünç "ultra-Darvinci" (bir iltifat gibi kullanılmadığında daha sert biçimde karşı çıktığım bir iftira) ünümün sandırabileceğinin aksine, moleküler düzeyde evrimsel değişimin büyük çoğunluğunun doğal seçilim tarafından kayırıldığını düşünmüyorum. Aksine, büyük Japon genetikçi Motoo Kimura'yla bütünleştirilen ve nötr denilen kuramı ya da onun bir uzantısı olan, Tomoko Ohta'nın "yaklaşık nötr" kuramını hep ciddiye aldım. Elbette gerçek dünya insan zevkleriyle ilgilenmez; ama bu tür kuramların doğru olmalarını *isterim*. Bize, etrafımızdaki yaratıkların görünür özellikleriyle bağlantısız, ayrı, bağımsız bir evrim vakayinamesi verdikleri ve bir tür moleküler saatin gerçekten çalışabileceği umudunu canlı tuttukları için.

Ne olur ne olmaz, yanlış anlaşılmasın diye, nötr kuramının doğada seçilimin önemini hiçbir şekilde kirletmediğini vurgulamalıyım. Doğal seçilim, hayatta kalmayı ve üremeyi etkileyen görünür değişimler konusunda mutlak güçlüdür. Doğal seçilim, yaşayan şeylerin işlevsel güzelliği ve görünürde "tasarımlı" karmaşıklığı için bildiğimiz tek açıklamadır. Ama görünür etkisi olmayan değişimler –doğal seçilim radarına yakalanmayan değişimler– varsa, ceza almadan gen havuzunda birikebilir ve bir evrim saati için ihtiyacımız olan şeyleri sağlayabilirler.

Her zamanki gibi, Charles Darwin, doğal değişimler konusunda kendi zamanının ilerisindeydi. *Türlerin Kökeni*'nin birinci baskısında, Bölüm 4'ün başlangıcına yakın şunları yazdı:

*Moleküler saat ilk kez Emile Zuckerkandl ve büyük Linus Pauling tarafından önerildiği sırada, eldeki tek yöntem buydu.

> Uygun çeşitlemelerin korunmasına ve zararlı çeşitlemelerin reddedilmesine, doğal seçilim diyorum. Ne yararlı, ne zararlı olan çeşitlemeler doğal seçilimden etkilenmezler ve belki çok-biçimli dediğimiz türlerde gördüklerimiz gibi kararsız birer öğe olarak kalırlar.

Altıncı ve son baskıda, ikinci cümlenin, daha modern tınısı olan bir eki vardı:

> ... belli çok-biçimli türlerde gördüğümüz gibi... ya da eninde sonunda sabitleşirler...*

"Sabit," teknik bir genetik terimdir ve Darwin, kesinlikle modern anlamı kastetmiş olamaz; ama bir sonraki konuya sevimli bir giriş yapmamı sağlıyor. Topluluk içindeki sıklığı tanımı gereği sıfırdan başlayan yeni bir mutasyonun, toplulukta yüzde 100'e ulaşınca "sabit"lendiği söylenir. Bir moleküler saat amacıyla ölçmeye çalıştığımız evrim oranı, aynı genetik lokusun peş peşe mutasyonlarının topluluktaki sabitlenme oranıdır. Doğal seçilim önceki "yabani tip" alele karşı yeni mutasyonu desteklerse ve böylece sabitlenmeye zorlarsa, sabitlenme gerçekleşir –norm, "dövülecek biri" olur. Ama yeni bir mutasyon, tamı tamına önceli kadar iyi olsa da sabitlenmeye gider –gerçek nötrlük. Bunun seçilimle bir ilgisi yoktur; tamamen şans eseri gerçekleşir. Havaya para atarak süreci canlandırabilir ve gerçekleşme oranını hesaplayabilirsiniz. Nötr bir mutasyon yüzde 100'e gelince, norm haline gelir; başka bir mutasyon sabitlenmeye çekilene kadar o lokustaki "yabanıl tip" olur.

Nötrlüğün güçlü bir bileşeni varsa, potansiyel olarak harika bir saatimiz olabilir. Kimura, moleküler saat düşüncesiyle özel olarak ilgilenmedi. Ama DNA'daki mutasyonların çoğunluğunun aslında nötr –"ne yararlı, ne zararlı"– olduklarına inanıyordu –şimdi haklı gibi görünüyor. Şimdi burada açıklamayacağım düzgün ve basit bir cebirle, eğer doğruysa, sahiden nötr genlerin "sonunda sabitlenme" oranlarının, ilk elde çeşitlemelerin üretilme oranlarına, mutasyon oranına tam olarak eşit olduğunu hesapladı.

Moleküler bir saat kullanarak çatallaşma ("randevu") noktalarını tarihlemek isteyenler için bunun ne kadar kusursuz olduğunu görüyorsunuz. Nötr bir genetik lokustaki mutasyon oranı zaman içinde değişmediği sürece, sabitlenme oranı da değişmeyecektir. İki farklı hayvanda, sözün gelişi en yakın ortak ataları Ortak Ata 25 olan bir denizyıldızı ile bir pangolinde aynı geni karşılaştırabilirsiniz. Denizyıldızı geninin pan-

*Bkz. ve krş. Charles Darwin, *Türlerin Kökeni*, çev. Öner Ünalan, Onur Yayınları, Ankara, 1996, s. 98 [ç.n.].

golin geninden farklı olan harflerini sayın. Farklılıkların yarısının ortak atadan denizyıldızına giden soyda, diğer yarısının ortak atadan pangoline giden soyda biriktiğini varsayalım. Bu, Randevu 25'ten itibaren saat tik-taklarının sayısını verir.

Ama iş bu kadar basit değil ve güçlükler ilginçtir. Birincisi, moleküler saatin tik-taklarını dinlerseniz, bir sarkaçlı saat ya da zemberekli saat gibi düzenli olmaz; radyoaktif bir kaynağın yakınında duran bir Geiger sayacı gibi ses çıkarır. Tamamen rasgele! Her tik-tak, başka bir mutasyonun sabitlenmesidir. Nötr kuramına göre, ardışık tik-taklar arasındaki süre, şansa bağlı olarak uzun da olabilir, kısa da olabilir –"genetik kayma." Bir Geiger sayacında, bir sonraki tik-takın zamanı öngörülemez. Ama çok sayıda tik-tak üzerinden *ortalama* ara süre, öngörülebilir –bu nokta gerçekten önemlidir. Moleküler saatin de, bir Geiger sayacıyla aynı şekilde öngörülebilir olması umuluyor ve bu genel olarak doğrudur.

İkincisi, tik-tak oranı, bir genomun içindeki genden gene değişir. Bu, daha önce, genetikçilerin DNA'nın kendisine değil, yalnızca DNA'nın protein ürünlerine baktıkları zaman fark edildi. Sitokrom-c, kendine özgü bir oranda, histonlardan daha hızlı, ama globinlerden ve fibrinopeptidlerden daha yavaş bir hızda evrilir. Aynı şekilde, bir Geiger sayacını radyum topağı gibi yüksek radyoaktif bir kaynağa karşı, granit topağı gibi çok düşük radyoaktif bir kaynağa tuttuğunuzda, bir sonraki tik-tak zamanı her zaman öngörülemezdir; ama granitten radyuma geçince, ortalama tik-tak oranı öngörülebilir ve dramatik bir biçimde farklı olur. Histonlar granite benzer, tik-taklarlarının hızı azdır; fibrinopeptidler radyuma benzer, yuvasına çomak sokulmuş bir arı gibi vızıldarlar. Sitokrom-c gibi diğer proteinler (daha doğrusu proteinleri yapan genler) aradadırlar. Her biri kendi hızında yol alan ve her biri farklı tarihleme amaçları ve çapraz denetim için yararlı olan gen saatlerinden oluşan bir yelpaze vardır.

Farklı genler neden farklı hızlarda koşarlar? "Granit" genleri "radyum" genlerden ayırt eden nedir? Nötrün yararsız anlamına gelmediğini, eşit ölçüde iyi anlamına geldiğini anımsayın. Granit genler de, radyum genler de yararlıdır. Radyum genler, boylarının birçok yerinde değişebilir, yine de yararlı olabilirler. Bir genin çalışma tarzından ötürü, bazı parçaları ceza görmeden ve genin işlevine zarar vermeden değişebilir. Aynı genin diğer parçaları mutasyona oldukça duyarlıdır ve eğer bu parçalar mutasyonla karşılaşırsa, çalışamaz. Herhalde bütün genlerin,

gen çalışmaya devam edecekse değişmemesi gereken bir granit kısmı ve granit kısım etkilenmediği sürece, kontrolsüz olabilen bir radyum kısmı vardır. Belki sitokrom-c'nin bir miktar granit, bir miktar radyumdan oluşan bir karışıma sahiptir; fibrinopeptid genlerin daha yüksek oranda radyum parçacıkları, histon genlerin daha yüksek oranda granit parçacıkları vardır. Genler arasındaki tik-tak oranı farklılıklarının bir açıklaması olarak bunun bazı sorunları, en azından güçlükleri vardır. Bizim için önemli olan, tik-tak oranları genler arasında gerçekten değişirken, verili herhangi bir gen için oranın çok ayrı türlerde bile çok değişmemesidir.

Ne var ki, tamamen değişmez değildir ve bu bizi bir sonraki soruna, ciddi bir soruna götürür. Tik-tak oranları yalnızca muğlak ve dağınık değildir. Verili herhangi bir gen için, bazı yaratıklarda diğerlerinde olduğundan sistematik olarak daha fazla olabilirler ve bu durum, gerçek bir eğilimi tanıtır. Bakterilerin, bizim DNA'mızın gelişkin "düzeltmenlik"inden çok daha az etkili bir DNA onarım sistemi vardır; bu yüzden genleri daha yüksek oranda mutasyona uğrarlar ve molekül saatlerinin tik-takları daha hızlıdır. Kemirgenlerin de oldukça dağınık onarım enzimleri vardır ve kemirgenlerdeki moleküler evrimin diğer memelilerdekinden daha hızlı olmasının nedeni bu olabilir. Evrimde, "sıcakkanlılığa" geçiş gibi büyük değişimlerin mutasyon oranlarını değiştirme potansiyeli vardır ve bu da, dal tarihleriyle ilgili saat hesaplarımızı altüst edebilir. Farklı soylarda değişen mutasyon oranlarını hesaba katabilen gelişkin yöntemler geliştiriliyor; ama daha bebeklik evresindeler.

Dahası, üreme zamanı mutasyona en fazla fırsat sunan zaman gibi görünüyor. Bu yüzden meyvesinekleri gibi kısa yaşam döngülü türler, milyon yıl başına daha yüksek oranda mutasyona uğrarlar; sözgelişi kuşaklar arasındaki süre uzun olan fillere oranla. Bu durum, moleküler saatin gerçek zamandan çok kuşakları sayabileceğini gösterir. Ne var ki, moleküler biyologlar, saati ayarlamak için iyi bir fosil kalıntı bırakan soyları kullanarak dizilişlerdeki değişim oranlarına baktıklarında, buldukları şey bu değil. Aslında kuşakları değil, zamanı yıllarla ölçen bir moleküler saat var gibi görünüyordu. Bu iyiydi, ama nasıl açıklamalı?

Bir sava göre, fillerdeki üreme döngüsü, meyvesinekleriyle karşılaştırıldığında yavaş olmasına karşın, üreme olayları arasında geçen yıllarda fil genleri, meyvesineklerininkilerle aynı kozmik ışın bombardımanına ve mutasyona neden olabilen başka olaylara maruz

kalırlar. Meyvesineği genleri on beş günde bir yeni bir sineğe geçiyorlar; ama bundan kozmik ışınlara ne? On yıl boyunca bir filde kalan genlere, aynı dönemde peş peşe 250 meyvesineğine geçen genlerle aynı sayıda kozmik ışın çarpar. Bunun kuramda bir anlamı olabilir, ama herhalde yeterli bir açıklama değildir. Pek çok mutasyonun yeni bir kuşak oluşurken gerçekleştiği gerçekten de doğrudur; o nedenle, öyle görünüyor ki, moleküler saatin zamanı kuşaklarla değil, yıllarla anlatma yeteneği için başka bir açıklamaya ihtiyacımız var.

Kimura'nın meslektaşı Tomoko Ohta'nın zekice bir katkıda bulunduğu yer işte burasıdır: *Yaklaşık* nötr kuramı. Dediğim gibi, Kimura tam nötr kuramından yola çıkarak, nötr genlerin sabitlenme oranının mutasyon oranıyla eşit olması gerektiğini hesapladı. Bu dikkate değer ölçüde basit sonuç, cebirde bir bölümün "iptali"ne dayanıyordu. İptal edilen nicelik ise, nüfus büyüklüğüydü. Nüfus büyüklüğü denkleme girer, ama çizginin hem altında, hem üstünde yer alır; bu yüzden de, matematiksel bir sisle yok olur ve sabitlenme oranı, mutasyon oranına eşit çıkar. Ama *yalnızca* söz konusu genler gerçekten de tamamen nötrseler. Ohta, Kimura'nın cebirini yeniden ele aldı; ama mutasyonlarının tamamen nötr olmak yerine, yaklaşık nötr olmalarına izin verdi. Bu de her şeyi farklılaştırdı. Nüfus büyüklüğü artık iptal edilmiyordu.

Çünkü, matematiksel genetikçilerin çoktandır hesapladıkları gibi, büyük bir toplulukta biraz zararlı genlerin, sabitlenmeye ulaşma şansı bulmadan doğal seçilim tarafından ortadan kaldırılmaları daha fazla olasıdır. Küçük bir toplulukta, biraz zararlı bir genin doğal seçilim tarafından "fark edilmeden" sabitlenmeye ulaşması daha fazla olasıdır. Bir felaketin neredeyse tamamen yok etiği, yalnızca yarım düzine bireyin hayatta kaldığı bir topluluk düşünün. Tesadüfen altısının da biraz zararlı genlere sahip olması çok şaşırtıcı olmaz. Bu durumda sabitlenme var –nüfusun yüzde 100'ü. Bu uç bir örnektir; ama matematik aynı sonucu daha genel olarak gösteriyor. Küçük topluluklar, büyük bir toplulukta yok edilecek genlerin sabitlenmeye kaymasını destekler.

O yüzden, Ohta'nın işaret ettiği gibi, nüfus büyüklüğü denklemden artık çıkarılmıyor. Aksine, tam doğru yerinde durup, moleküler saat kuramına biraz katkıda bulunuyor. Şimdi fillerimize ve meyvesineklerimize dönelim. Fil gibi uzun yaşam döngülü büyük hayvanlar da küçük topluluklara sahip olma eğilimindedirler. Meyvesinekleri gibi kısa yaşam döngülü küçük hayvanlar ise büyük topluluklara sahip olma eğili-

mindedirler. Bu, muğlak bir sonuç değil; çok meşru bir sonuçtur ve hayal edilmesi zor olmayan nedenlerle geçerli bir sonuçtur. Bu yüzden meyvesinekleri, saati hızlandırma eğiliminde olan kısa kuşak süreleri olsa da, saati yavaşlatan büyük bir nüfusa da sahiptirler. Mutasyonlar söz konusu olduğu ölçüde fillerin yavaş bir saatleri olabilir; ama küçük nüfusları, sabitlenme bölümünde saati yeniden hızlandırır.

Profesör Ohta'nın, sahiden nötr mutasyonların, çürük DNA'da ya da "sinonim" ikamelerde olduğu gibi*, gerçek zamana karşıt olarak kuşak zamanını gösteriyor gibi göründüklerine dair kanıtları vardır: Kısa kuşak zamanı olan yaratıklar, gerçek zamanla ölçerseniz, hızlanmış DNA evrimini sergiler. Öte yandan, fiilen bir şeyi değiştiren ve dolayısıyla doğal seçilimle çatışan mutasyonlar, gerçek zamanda az çok sürekli akıp gider.

Kuramsal neden ne olursa olsun, öyle görünüyor ki, pratikte, (saat genlerimizi özenle seçerek ve olağanüstü mutasyon oranları olan kemirgenler gibi türlerden uzak durarak) genellikle hesaba katabildiğimiz bilinen istisnalarla birlikte, moleküler saat işe yarar bir alet olduğunu kanıtlamıştır. Bu aleti kullanmak için, ilgilendiğimiz tür kümesini anlatan evrim ağacını çizmemiz ve her soydaki evrimsel değişim miktarını hesaplamamız gerekir. Bu, iki modern türün genleri arasındaki farkları sayıp, sonra da ikiye bölmek kadar basit değildir. Gibon'un Hikâyesi'nde karşılaştığımız ileri ağaç kurma tekniklerini, Bayesçi filogenetik ve azami olasılık tekniklerini kullanmamız gerekir. Ayar için bilinen fosil tarihlerine bağlanarak, ağaçtaki randevu noktalarını tarihleri konusunda iyi bir tahminde bulunabiliriz.

Bu şekilde özenle kullanılan moleküler saat, insanı afallatan bazı sonuçlar üretti. İnsan/şempanze ortak atanın moleküler saat tarihleri, 6 milyon artı eksi bir milyon yıl öncesi civarına toplanır. Bu tarih, ilk kez ilan edildiği sırada, ayrılığı 20 milyon yıl öncesi civarına tarihlemiş olan paleontologlar arasında büyük bir hiddete neden oldu. Bugün neredeyse herkes moleküler tarihi kabul ediyor. Saatin en iyi başarı öyküsü, Büyük Kretase Felaketi'nde tarif edildiği gibi, eteneli memelilerin yayılışının tarihlenmesidir. Kemirgenleri anormal mutasyon oranlarından ötürü dışladıktan sonra, birçok moleküler saat tahmini, tüm memelilerin ortak atasını Kretase Dönemi'ne yerleştirme konusunda hemfikir olduklarını görüyoruz. Örneğin, modern eteneli memelilerin DNA'larına ilişkin bir saat çalışması ortak atayı 100 milyon yıldan daha

*DNA kodu "bozulunca", herhangi bir aminoasit, birden fazla "sinonim" mutasyon tarafından belirlenebilir. Tam bir sinonimle sonuçlanan mutasyonal bir değişim, nihai sonucu etkilemez.

önceye, dinozor egemenliğinin tam ortasına yerleştirdi. Bu tür tarihler ilk ilan edildiklerinde, çok daha sonra bir memeli "patlaması" gösteren fosil kanıtlara aykırıydılar. Ama yakın zamanda bulunan 125 milyon yıl öncesine ait fosil memeliler, moleküler saat tarihlerini doğrulamaktadır ve ilk tarihler, daha yaygın kabul görüyor. Başarı öyküleri boldur ve bu kitap boyunca kullanılan tarihlere katkıda bulundular.

Kendini beğenmişlik uyarısı! Çalan alarm zillerini dinleyin.

Moleküler saatler, eninde sonunda, fosillere göre ayarlanmaya dayanırlar. Fosillerin radyometrik olarak hesaplanan tarihleri, biyolojinin haklı olarak fiziğe gösterdiği saygıyla (bkz. Sekoya'nın Hikâyesi) kabul edilir. Önemli bir evrimsel dallanma noktasının tarihine düşük bir sınır koyan stratejik konumlu bir fosil, filumlara dağılmış bir dizi hayvanın genomuna dağılmış bir sürü moleküler saati ayarlamak için kullanılabilir. Ama fosil arzının bittiği Prekambriyen topraklara gittiğimizde, daha sonra daha eski tarihleri hesaplamak üzere kullanılan büyük-büyükbüyükbaba saatleri ayarlamak için görece genç fosillere yaslanmak zorundayız. Bu da sorun demektir.

Fosiller Randevu 16'nın, memeliler ile sauropsidler (kuşlar, timsahlar, yılanlar vb.) arasındaki kesişim noktasının tarihini 310 milyon yıl olarak gösterir. Bu tek tarih, daha eski dallanma noktalarının moleküler saat tarihleri için ana ayar olur. Şimdi herhangi bir tarih hesabının belli bir hata payı vardır ve bilim insanları bilimsel yazılarında, her hesaplarına "hata payı" koymayı unutmamaya çalışırlar. Bir tarih, sözün gelişi, artı eksi 10 milyon yıl olarak aktarılır. Moleküler saatle bulmaya çalıştığımız tarihler, ayar için kullanılan fosil tarihlerle aynı oyun sahasındaysa sorun yok, her şey yolunda. Oyun sahaları arasında büyük bir uyumsuzluk varsa, hata çıtaları tehlikeli ölçüde büyüyebilir. Geniş bir hata payının anlamı şudur: Küçük bir varsayımı biraz eğip bükerseniz ya da hesaba kattığınız küçük bir sayıyı biraz değiştirirseniz, bunun nihai sonuç üzerindeki etkisi dramatik olabilir. Sözün gelişi artı eksi 10 milyon yıl değil, artı eksi 500 milyon yıl. Geniş hata çıtaları, hesaplanan tarihin ölçüm hatasına karşı sağlam olmadığı anlamına gelir.

Kadifekurtçuk'un Hikâyesi'nde, önemli dallanma noktalarını derin Prekambriyen Zaman'a yerleştiren, örneğin omurgalılarla yumuşak-çaların ayrılmasını 1 milyar 200 milyon yıl öncesine yerleştiren çeşitli moleküler saat hesaplarını gördük. Daha yakın zamanda, mutasyon oranlarındaki olası çeşitlemeleri hesaba katan gelişkin teknikler kullanan araştırmalar, tarihleri 600 milyon yıla öncesine kadar çekti -dramatik bir kısalma.

Genel olarak moleküler saat düşüncesinin sağlam bir destekçisi olmama karşın, çok eski dallanma noktalarına ilişkin hesaplarının ihtiyatla ele alınması gerektiğini düşünüyorum. 310 milyon yıllık bir ayar fosilinden iki kat daha eski bir randevu noktasının dış-kestirimini yapmak, tehlikeyle doludur. Örneğin, (ayar hesaplarımıza giren) omurgalılardaki moleküler evrim oranının, yaşamın geri kalanı için tipik olmaması olasıdır. Tüm genomlarının iki kez ikilendiği düşünülüyor. Aniden çok sayıda ikili genin yaratılması, yaklaşık nötr mutasyonlar üzerindeki seçilim baskısını etkileyebilir. Kimi biliminsanları (ben onlardan biri değilim), Kambriyen Dönem'in, bütün evrim sürecinde büyük bir değişimi işaret-lediğine inanırlar. Haklıysalar, moleküler saatin, Prekambriyen Zaman'a bırakılmadan önce köklü bir yeniden ayara ihtiyacı var.

Genel anlamda, zaman olarak daha geriye gittikçe ve fosil arzı tükendikçe, neredeyse tam bir kestirim alanına gireriz. Yine de, gelecek çalışmalardan umutluyum. Chengjiang'ın baş döndürücü fosilleri ve benzer oluşumlar, ayar noktalarının kapsamını, hayvanlar âleminin bu zamana kadar ulaşılamayan bölgelerine uzatabilir.

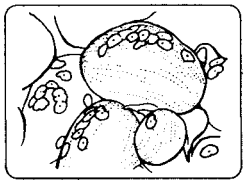
Bu arada, Yan Wong ile ben, eski bir kestirim çölünde dolaşmakta olduğumuzu kabul ederek, hac yolculuğumuzun bundan sonrasında tarihleri tahmin etmeye çalışırken, aşağıdaki stratejiyi benimsedik. Randevu 34 için, hayvanlarla mantarların buluşma noktası için geçici olarak 1 milyar 100 milyon yıl öncesini kabul ettik. Bilimsel literatürde genel olarak kullanılan tarih budur ve en eski fosil bitkiyle, 1 milyar 200 milyon yıl öncesinden bir kırmızı algle bağdaşıyor. Sonra Ortak Ata 27'den Ortak Ata 34'e kadar olan ortak ataları moleküler saat çalışmalarının gösterdiği oranlar içinde bıraktık. Bununla birlikte, Randevu 34'ü çok yanlış saptamışsak, hac yolculuğumuzda bundan sonraki tarihlerimiz, on, hatta yüz milyonlarca yıl fazla hesaplanmış olabilir. Bu tarihlenemezlik çölüne girerken, lütfen bunu unutmayın. Bundan sonra bu civarda tarihlerden o kadar kuşkuluyum ki, ebeveynlerin önüne "büyük" sayısını koymaktan vazgeçeceğim. Sayı çok geçmeden milyarları bulacak. Ardışık randevu noktalarında birleşme sırası daha kesindir, ama bu bile yanlış olabilir.

Randevu 27
SÖLOMSUZ YASSISOLUCANLAR

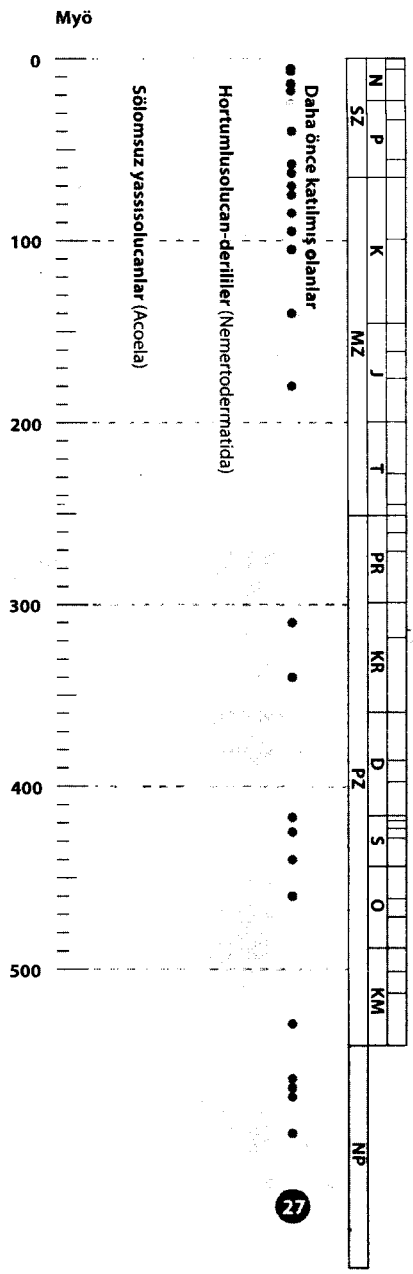
Ortak Ata 26'nın torunları birincil-ağızlılardan söz ederken, yassısolucanları (Platyhelminthes) onların içinde gruplandırdım. Ama şimdi ilginç bir küçük sorunumuz var. Son kanıtlar, Yassısolucanlar sınıfının bir uydurma olduğunu oldukça güçlü bir biçimde gösteriyor. Elbette, yassısolucanların var olmadıklarını söylemiyorum. Ama tek bir ad altında birleştirilmemesi gereken heterojen bir solucan topluluğudurlar. Pek çoğu gerçek birincil-ağızlıdır ve Randevu 26'da onlarla karşılaştık; ama birkaçı oldukça ayrıdır ve buraya, Randevu 27'ye kadar bize katılmadılar. Bu randevuyu -jeolojik zamanın bu uzak köşelerinde verilen tarihler giderek daha fazla kuşkulu olmalarına karşın- 630 milyon yıl önceye tarihliyoruz.

630 milyon yıl öncesi, Randevu 26 için kabul ettiğimiz 590 milyon yıl öncesinden epeyce eskidir. Aradaki uzun mesafe, yaratıcı bir kurama göre Kambriyen Dönem'den önce olan "Kartopu Dünya" olayıyla açıklanabilir. Bu düşünceye göre, muğlak ama moda ve muhtemelen abartılan matematiksel kaos kuramıyla ilişkili olabilecek nedenlerle, 620 milyon yıl önceden yaklaşık 590 milyon yıl önceye kadar bütün dünya küresel bir Buzul Çağı'nın esiri oldu; bu süre Randevu 27 ile 26 arasındaki aralığı tam olarak dolduruyor. Buzullaşma çok yaygındı. Ama buzullaşmanın bütün dünyayı sarıp sarmadığı tartışmalı bir sorudur ve ben bu sorunu geçeceğim.

Tüm yassısolucanların ortak yanı, adlarını aldıkları yassılık dışında, bir anüsten ve bir sölomdan yoksun oluşlarıdır. Sizin, benim ya da bir yersolucanı gibi tipik bir hayvanın sölomu, vücut boşluğudur. Bu, sindirim borusu demek değildir. Sindirim borusu, bir boşluk olmasına karşın, topolojik olarak dış dünyanın bir parçasıdır; topolojik bir halka olarak vücut; halkanın ortasındaki delik olarak ağız, anüs ve onları birbirine bağlayan sindirim borusu. Sölom ise vücutta bağırsakların, ciğerlerin, kalbin, böbreklerin ve benzerlerinin içine yerleştiği boşluktur. Yassısolucanların sölomları yoktur. Bağırsakların dolaştığı bir vücut boşluğu yerine, yassısolucan bağırsakları ve diğer iç organları, parenkima denilen katı bir dokunun içine gömülüdür. Bu önemsiz bir ayrım gibi görünebilir; ama sölom embriyolojik olarak tanımlanır ve zoologların kolektif bilinçaltlarının derinliklerinde yatar.



Sölomsuz yassısolucanlar katılıyor



Sölomsuz yassısolucanlar katılıyor. İki taraflı simetrik hayvanların büyük çoğunluğu birincil-ağızlılar ya da ikincil-ağızlılardır. Ne var ki, son moleküler veriler iki yassısolucan grubunu birincil-ağızlı ya da ikincil-ağızlı olarak değil, daha önce dallanan soylar olarak ayırır. Bunlar, Acoela (sölomsuzlar) sınıfı (tanımlanmış yaklaşık 320 tür) ile Nemertodermatida (hortumlusolucan-dereliler) sınıfıdır (tanımlanmış on tür); bu iki sınıf birlikte sölomsuz yassısolucanlar olarak bilinir. Bunun taksonomistler tarafından hızla kabul edilmesi olasıdır. Şu andaki kanıtlar, Acoela ile Nemertodermatida'nın, burada gösterildiği gibi kardeş grup olduklarına işaret ediyor.
Çizgi resim: Mercan kabarcığı üzerinde bilinmeyen sölomsuz yassısolucanlar.

Anüsten yoksun olan yassısolucanlar atıkları nasıl atarlar? Başka bir yer yoksa ağızdan. Sindirim borusu basit bir torba olabilir ya da daha büyük yassısolucanlarda, akciğerlerimizdeki hava kanalları gibi karmaşık bir kör yollar sistemi biçiminde dallanabilir. Bizim akciğerlerimizin de kuramsal olarak bir "anüs"ü –atık karbondioksitin çıktığı ayrı bir delik– olabilirdi. Balıklar bir nevi bunun eşdeğeri bir şey yaparlar; zira solunum suyu bir delikten, ağızdan girip, diğer delikten, solungaç aygıtından çıkar. Ama bizim akciğerlerimiz gelgitlidir; yassısolucanların sindirim sistemi de öyledir. Yassısolucanların akciğerleri ya da solungaçları yoktur, derilerinden nefes alırlar. Bir kan dolaşımı sistemleri de yoktur; bu yüzden dallı sindirim borusu muhtemelen besini vücudun bütün bölümlerine taşımaya yarar. Birkaç turbelarda, özellikle olağanüstü derecede karmaşık dallı bir sindirim borusu olanlarda, uzun bir yokluktan sonra bir anüs (ya da bir sürü anüs) yeniden icat edildi.

Yassısolucanlar bir sölomdan ve büyük ölçüde bir anüsten yoksun oldukları için, hep ilkel –iki taraflı simetrik hayvanların en ilkeli– sayıldılar. Tüm birincil-ağızlıların ve tüm ikincil-ağızlıların atasının yassısolucana benzer bir şey olduğu varsayıldı. Ama şimdi, moleküler kanıtlar, birbiriyle bağlantısız iki yassısolucan çeşidi bulunduğunu ve bunlardan yalnızca birisinin sahiden ilkel olduğunu gösteriyor. Sahiden ilkel olanlar, Acoela ile Nemertodermatida'dır. Acoela, adını sölomdan yoksun oluşundan alır. Sölomdan yoksunluk, gerçek Yassısolucanlar için değil ama Acoela ve Nemertodermatida için, ilkel bir yoksunluktur. Gerçek ana yassısolucan grubunun, yapraksolucanlar, şeritsolucanlar ve turbelarların anüslerini ve sölomlarını daha sonra kaybettikleri düşünülüyor. Daha normal Lofotrokozoa gibi olma evresinden geçmiş, daha sonra tekrar eski ataları gibi, anüssüz ve sölomsuz olmaya dönmüşler. Diğer birincil-ağızlılarla birlikte Randevu 26'da bize katıldılar. Ayrıntılı kanıtlara girmek istemiyorum; ama Acoela ile Nemertodermatida'nın farklı olduklarını ve küçük bir kafile olarak burada, Randevu 27'de bize katıldıkların kabul ediyorum.

Bu noktada bize katılan bu küçük solucanları betimlemeliyim; ama, söylemekten nefret etsem de, en azından gördüğümüz tuhaflıklarla karşılaştırıldığında, betimlenecek fazla bir şey yok. Denizde yaşarlar ve yalnızca bir sölomdan değil, gerçek bir sindirim borusundan da yoksundurlar –yalnızca çok küçük hayvanlarda olabilen bir durum.

Bazıları bitkilere oda vererek ve böylece dolaylı bir biçimde onların fotosentezinden yararlanarak besinlerini tamamlarlar. *Waminoa* cinsinin

üyeleri, dinoflagellidlerle (tek-hücreli alg) birlikte yaşarlar ve onların fotosentezinden yararlanırlar. Başka bir sölomsuz olan *Convoluta*'nın, tek-hücreli bir yeşil alg olan *Tetraselmis convolutae* ile benzer bir ilişkisi vardır. Simbiyotik algler herhalde, bu küçük solucanların daha küçük olmalarını olanaklı kılıyorlar. Solucanlar, olabildiğince çok ışık vermek için yüzeye toplanarak algler ve dolayısıyla kendileri için yaşamı kolaylaştıran önlemler almış gibi görünüyorlar. Profesör Peter Holland bana şunları yazıyor: *Convoluta roscoffensis*,

> [d]oğal yaşam ortamlarında görülmesi ilginç hayvanlardır. Brittany'de bazı sahillerde yeşil bir "çamur tabakası" gibi görünürler; aslında çamur, endosimbiyotik algleriyla birlikte binlerce sölomsuzdur. "Çamur tabakası"na yaklaşırsanız, gizlenirler (kumun içinde kaybolurlar) ! Çok tuhaf.

Sölomsuzlar hâlâ bizimle birlikteler, dolayısıyla modern hayvan olarak ele alınmalıdırlar; ama biçimleri ve basitlikleri, Ortak Ata 27'den bu yana fazla değişmemiş olabileceklerini gösteriyor. Modern sölomsuz solucanlar, tüm iki taraflı simetrik hayvanların atasının yaklaşığı olabilirler.

Toplanan hacılarımız artık İki-taraflılar olarak kabul edilen tüm filumları, yani hayvanlar âleminin büyük bir bölümünü kapsıyor. İki-taraflılar adı, iki taraflı simetrilerine işaret eder ve ışınsal simetrik iki ana filumu, birlikte Radiata (Işınsalsimetrililer) olarak gruplandırılan iki filumu ayırmayı amaçlar: Knidliler (denizgülleri, mercanlar, denizanaları vb.) filumu ile Taraklılar (Ktenofora) filumu. Bu basit terminoloji için bir talihsizlik olarak, zoologların İki-taraflılardan türediklerinden emin oldukları denizyıldızı ve akrabaları da, en azından yetişkinlik evrelerinde, ışınsal simetriktirler. Derisidikenlilerin daha sonra, dipte yaşamaya başlayınca ışınsallaştıkları sanılıyor. İki-taraflı simetrik larvaları vardır ve denizanası gibi "gerçek" ışınsal hayvanlarla yakın akraba değildirler. Öte yandan, tüm knidliler (denizgülleri ve benzerleri) (tam) ışınsal simetrik değildir ve bazı zoologlar, onların da atalarının iki taraflı simetrik olduklarını düşünüyorlar.

Genel olarak, İki-taraflılar adı, Ortak Ata 27'nin torunlarını birleştirmek ve bundan sonra bize katılacak hacılardan ayırmak için kullanılan talihsiz bir addır. Olası bir ölçüt de, "triploblasti"ye (triploblasty –üç hüre katmanı) karşı "diploblasti"dir (diploblasty –iki hücre katmanı). Embriyolojilerinin hassas bir evresinde, knidliler ve taraklılar vücutlarını iki ana hücre katmanından ("ektoderm" –dış-deri ve "endoderm" –iç-deri), İki-taraflılar üç ana hücre katmanından (ortaya "mezoderm"i –orta-

deri– eklerler) oluştururlar. Ne var ki, bu bile tartışmaya açıktır. Bazı zoologlar, "Işınsalsimetrililer"in de mezodermal hücrelere sahip olduklarına inanıyorlar. Bana göre önemli olan, İki-taraflılar ve Işınsalsimetrililer, ya da triploblastik ve diploblastik adlarının gerçekten iyi sözcükler olup olmadıklarından endişe etmek değil, bundan sonra bize katılacak hacıların kim olduğuna yoğunlaşmaktır.

Bu bile tartışma konusudur. Knidlilerin, başka birilerine katılmadan "önce" birbirleriyle buluşup birleşen birleşik bir hacı grubu olduklarından kimsenin kuşkusu yok. Taraklıların da öyle olduklarından kimsenin kuşkusu yok. Sorun, hangi sırayla bize ve birbirlerine katıldıklarıdır. Her üç mantıksal olasılık da desteklenmektedir. Daha da kötüsü, yalnızca tek bir cinsi, *Trichoplax* cinsini içeren küçük bir filum, Placozoa filumu, vardır ve kimse *Trichoplax*'ı nereye koyacağını bilmiyor. Önce Randevu 28'de knidlilerin, sonra Randevu 29'da taraklıların ve daha sonra Randevu 30'da da *Trichoplax*'ın bize katıldığını söyleyen düşünce okulunun yolunu izleyeceğim. Daha fazla moleküler veri elde edilince, bütün bunlar kesin bir biçimde çözülecektir. Bu fazla zaman almayacak, ama korkarım bu kitaba yetişecek kadar erken olmayacak. Randevu 28 ile 29'un ve 30 ile 31'in sıraları yanlış olabilir.

Randevu 28
KNİDLİLER

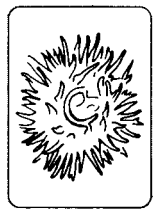
Solucanlardan ve torunlarından oluşan hacı kafilemiz, artık çok büyük bir sayıya ulaşmıştır ve hepimiz, zaman geçirmeden, knidlilerin bize katılacağı Randevu 28'e gidiyoruz. Knidliler, solucanlardan çok farklı olan tatlı su poliplerini, daha fazla tanınan denizgüllerini, mercanları ve denizanalarını kapsar. İki-taraflılardan farklı olarak, merkez bir ağızdan ışınsal simetriktirler. Belli bir başları, önleri ya da arkaları, sağları ya da solları yoktur; yalnızca yukarıları ve aşağıları vardır.

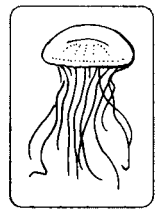
Randevunun tarihi nedir? Kim bilir? Randevu noktalarını şekildeki orantılı konumlarına göre çizmek için, bir tarih belirlemek zorunludur. Derin zamanın burasında o kadar çok belirsizlik vardır ki, tarihlerimizi 50, hatta 100 milyon yıl aralıklarla dizmekten başka elimizden fazla bir şey gelmiyor. Daha dar bir zaman aralığı, yanlış bir kesinlik anlamı taşırdı. Bazı otoriteler, yüz milyonlarca yılı kabul etmezler.

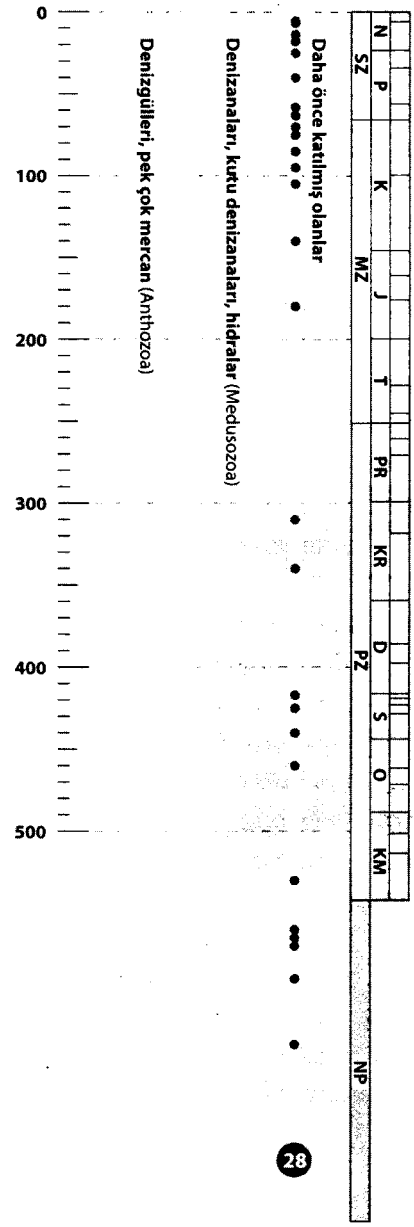
Knidliler, en uzak hayvan kuzenlerimiz (hatta bazıları bir zaman bitkilerle karıştırıldı) oldukları için, çoğu kez çok ilkel sayılırlar. Elbette bundan bir şey çıkmaz –Ortak Ata 28'den itibaren evrilmek için bizimle aynı zamana sahiptiler. Ama bir hayvanda ileri saydığımız birçok özellikten yoksun oldukları da doğrudur. Uzun mesafeli duyu organları yoktur; sinir sistemleri beyne, sinir düğümüne ya da büyük bir sinir kordonuna yerleşmemiş dağınık bir ağdır ve sindirim organları, yalnızca bir deliğin, anüs görevi de üstlenen bir ağzın bulunduğu tek bir basit boşluktur.

Diğer yanda, dünyanın haritasını yeniden çizdiğini iddia edebilen havyan sayısı fazla değil. Knidliler, adalar meydana getirirler: Üzerinde yaşabileceğiniz, bir havaalanını barındırıp ihtiyaçlarını gidermeye yetecek büyüklükte adalar. Büyük Set Resif, 2.000 kilometreden uzundur. Polipifer'in Hikâyesi'nde göreceğimiz gibi, bu türden ne kadar mercan resifi oluştuğunu ortaya çıkaran Charles Darwin'di. Knidliler, dünyadaki en tehlikeli zehirli hayvanları da kapsar; bu hayvanların en uç örneği, akıllı Avustralyalıları bütün naylon mayolar giymek zorunda bırakan kutu denizanasıdır. Knidlilerin kullandığı silah, karşı konulması zor gücüne ek olarak, çeşitli nedenlerle dikkate değerdir. Bir yılanın dişinden, bir akrebin ya da eşekarısının iğnesinden farklı olarak, denizanası iğnesi, minyatür bir zıpkın olarak bir hücrenin içinden çıkar. Knidosist (ya da

Knidliler katılıyor

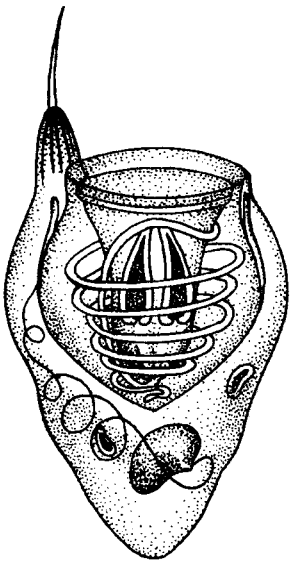






Knidliler katılıyor. Knidliler (denizanaları, mercanlar, denizgülleri ve benzerleri) ile taraklıların (taraklı denizanaları) dallanma sırası, çözülmemiştir. Pek çok yazar birini ya da ötekini (bazen her ikisini) iki taraflı simetrik hayvanların yaşayan en yakın akrabaları olarak konumlandırır. Bazı moleküler veriler, knidlilerin bu konumda olabileceklerini ima ediyor. Ne yazık ki, 9.000 kadar knidli tür içinde alt-grupların biçimi ve dallanması da tartışmalıdır; ama yaşam döngülerinde medüz evresine sahip olan soylar ve olmayan soylar temel ayrımı, geniş kabul görmektedir.

Çizgi resimler sodan sağa: Beyaz benekli denizgülü (*Urticina lofotensis*); medüz denizanası (*Aequorea*).



Bir hücrenin içindeki belki de en karmaşık aygıt. Bir knidli zıpkınının kesiti.

bazen nematosist –yakıcı kapsül) denilen binlerce hücre; her hücrenin kendine ait hücre-büyüklüğünde knida denilen bir zıpkını. *Knide*, Yunancada ısırgan demektir ve Knidlilere adını verir. Bizim için hepsi kutu denizanası kadar tehlikeli değildir; birçoğu acı bile vermez. Bir denizgülünün dokunaçlarına dokunduğunuzda, parmağı-nızda hissettiğiniz "yapışkanlık," yüzlerce küçük zıpkının yapışkanlığıdır.

Knidli zıpkını, hayvan ve bitki âlemlerinde bir hücrenin içindeki belki de en karmaşık aygıttır. Yatağında fırlatılmayı bekleyen zıpkın, hücrenin içinde, basınç (ayrıntı isterseniz, osmotik basınç) altında yaylı bir tüptür. Kıl tetik, hücreden dışarı çıkan ve knidosil denilen gerçek bir ince kıldır. Tetik çekilince, hücre aniden açılır ve basınç, içerideki yaylı mekanizma büyük bir güçle dışarı fırlatır; kurbanın vücuduna yapışan zıpkın zehri boşaltır. Bu şekilde bir kez atıldıktan sonra, zıpkın hücre biter. Tekrar kullanmak için yeniden doldurulamaz. Ama pek çok hücrede olduğu gibi, sürekli yeni hücreler yapılır.

Tüm knidlilerin knidaları vardır ve yalnızca knidliler knidalara sahiptir. Knidlilerin dikkat çeken yanlarından biri de budur; son derece açık, tek tanımlayıcı karakteristiğe sahip birkaç hayvan grubundan biridirler. Eğer knidalı bir hayvan görürseniz, o knidlidir. Knidasız bir hayvan görürseniz, o knidli değildir. Aslında bir istisna var ve kuralı kanıtlayan bir istisna isteseydiniz, bundan iyisini bulamazdınız. Nudibranchia (neredeyse herkesle birlikte Randevu 26'da bize katıldılar) denilen yumuşakça grubundan deniz sümüklüböceklerinin sırtlarında muhtemel yırtıcıları püskürten türden güzel renkli dokunaçları vardır ve bu nedensiz değildir. Bazı türlerde bu dokunaçlar, gerçek knidlilerinkiyle özdeş knidosistler içerir. Ama yalnızca Knidlilerin, knidalara sahip oldukları varsayılır; o halde bu ne anlama geliyor? Dediğim gibi, istisna kuralı kanıtlıyor. Deniz sümüklüböceği denizanası yer; denizanasından aldığı knidosistleri olduğu gibi, çalışır durumda kendi dokunaçlarına aktarır. El konulan silahlar, deniz sümüklüböceğinin savunmasında da kullanılabilir durumdadırlar –parlak uyarı renklerinin nedeni budur.

Knidlilerin iki alternatif vücut planları vardır: Polip ve medüz. Bir denizgülü ya da bir *Hydra*, tipik bir poliptir: Yerleşik, ağzı yukarı doğru, ağzın karşı ucu bir bitki gibi yere yapışık. Dokunaçlarını çevresinde dalgalandırıp küçük avları zıpkınlayarak, sonra avla birlikte dokunaçları ağızlarına getirerek beslenirler. Bir denizanası, tipik bir medüzdür; çanının kasılmalarıyla açık denizde yüzer. Denizanasının ağzı, alt tarafta ortadadır. Bu yüzden bir medüzü, dibe yapışmaktan kurtulan ve ters dönüp yüzen bir polip sayabilirsiniz. Ya da bir polipi, sırtüstü yerleşip dokunaçlarını yukarı çevirmiş bir medüz sayabilirsiniz. Birçok knidli türünün hem polip, hem medüz biçimi vardır; biraz tırtıl ile kelebeğe benzer biçimde, yaşam döngülerinde birinden diğerine geçerler.

Polipler çoğu kez bitkiler gibi tomurcuklanarak ürerler, Yeni bir bebek polip, bir tatlı su *Hydra*'sının kenarından tomurcuklanır, sonunda kopup ayrı bir birey, ebeveynin bir klonu olur. *Hydra*'nın denizde yaşayan birçok akrabası da benzer bir şey yapar; ama ebeveynden kopup ayrı bir varoluş kazanmaz. Bitişik kalır, bitkilerdeki gibi bir dal olur. Bu "koloni hidralar" durmadan dallanırlar; böylece bir zamanlar bitki sayılmalarının nedenini anlamamızı da kolaylaştırırlar. Bazen aynı polip ağacı üzerinde, beslenme, savunma ve üreme gibi farklı roller için uzmanlaşmış birden fazla çeşitte polip çıkar. Onları bir polip kolonisi gibi düşünebilirsiniz; ama bir anlamda, ağaç bir klon olduğu için hepsi bir bireyin parçalarıdır: Tüm poliplerin aynı genleri vardır. Bir polipin yakaladığı yiyecek, diğerleri tarafından kullanılabilir; çünkü mide boşlukları kesintisizdir. Ağacın dalları ve ana gövdesi, ortak bir mide olarak –ya da bizde kan damarlarının oynadığı role benzer bir rol oynayan bir tür dolaşım sistemi olarak– düşünebileceğiniz içi boş borulardır. Bazı poliplerin tomurcukları küçük medüzlerdir; bu küçük medüzler, minyatür denizanaları gibi yüzerek uzaklaşır, eşeyli üreyip ebeveyn polip ağacının genlerini uzak yerlere serperler.

Sifonoforlar denilen bir grup knidli, koloni alışkanlığını aşırıya vardırmıştır. Onları bir kayaya ya da bir yosun paçasına yapışmak yerine, ya bir medüzden veya medüz salkımından (elbette klonun üyesi) aşağı sarkan ya da yüzeyde bir dubaya tutunan polip ağaçları olarak düşünebiliriz. "Portekiz savaş gemisi" denilen *Physalia*'nın, tepede dikey bir yelkenle birlikte gaz dolu büyük bir dubası vardır. Altında karmaşık bir polip ve dokunaç kolonisi sarkar. Yüzmez, ama yelkeni rüzgârla şişerek yol alır. Daha küçük olan *Velella*, çapraz yerleştirilmiş dikey yelkenli, düz, oval bir saldır. O da yol almak için rüzgârdan yararlanır.

Çoğu kez sahilde, yelkenleriyle birlikte kurumuş sallar bulursunuz; mavi renklerini kaybetmiş, beyazımsı plastikten yapılmış gibi görünürler. *Velella*, her ikisinin de rüzgârla yol alması anlamında, gerçek bir Portekiz savaş gemisine benzer. Bununla birlikte, *Velella* ve akrabası *Porpita* sifonofor kolonileri değildir; bir kayadan yukarı doğru çıkmak yerine bir dubadan aşağı doğru sarkan, oldukça değişik tekli poliplerdir.

Birçok sifonofor sudaki derinliğini, kemikli balıkların yüzme keseleriyle yaptıkları gibi, dubaya gaz salgılayarak ya da dubadaki gazı boşaltarak ayarlayabilir. Bazıları, duba ile yüzen medüzün karışımıdır ve hepsinin, altta sarkan polipleri ve dokunaçları vardır. Sosyo-biyoloji biliminin kurucusu E. O. Wilson sifonoforları, sosyal evrimin dört doruğundan biri olarak ele alır (diğer üçü sosyal böcekler, sosyal memeliler ve biz). Knidlilere mal edilebilen bir üstünlük derecesi de budur. Bunun dışında, bir koloninin üyeleri genetik olarak birbiriyle özdeş klonlar oldukları için, onlara bir koloni mi, yoksa tek bir birey mi dememiz gerektiği belli değildir.

Hidralar, medüzü, genlerinin bir yaşam alanından diğerine sıçramasının bir yolu olarak görürler. Denizanasının, medüz biçimi, yaşamın ta kendisi olarak ciddiye aldığı söylenebilir. Mercanlar ise, aksine, binlerce yıl olduğu yerde kalan sert, sağlam bir ev yaparak yerleşik yaşamayı aşırıya vardırırlar. Hikâyelerini sırayla ele alacağız.

DENİZANASI'NIN HİKÂYESİ

Denizanaları okyanus akıntılarına binerler. Bir ıskarmoz ya da mürekkepbalığı gibi avlarını kovalamazlar. Uzun, silahlı dokunaçlarıyla talihsiz plankton yaratıklarını tuzağa düşürürler. Denizanaları, çanın ağır kalp atışlarıyla yüzerler, ama belirli bir yöne doğru yüzmezler; en azından bizim anladığımız şekliyle. Ne var ki, bizim anlayışımız iki boyutlu engellerle sınırlıdır: Karada emekleriz ve üçüncü boyuta havalandığımızda bile, bunu diğer iki boyutta biraz daha hızlı emeklemek için yaparız. Ama üçüncü boyut en fazla denizde belirgindir. En verimli seyahat edilen boyuttur. Derinlikle birlikte dik bir basınç düşümüne ek olarak, bir renk dengesi düşümüyle karışıklaşan bir ışık düşümü de vardır. Ama gündüz yerini geceye bırakınca, ışık yok olur. Göreceğimiz gibi, bir plankton hayvanının tercih ettiği derinlik, 24 saatlik döngüde dramatik bir biçimde değişir.

İkinci Dünya Savaşı sırasında, denizaltı arayan sonar operatörleri, her

akşam yüzeye doğru yükselen ve ertesi sabah tekrar dibe inen sahte bir deniz tabanı görüntüsündeki şeye şaşırırlarmış. Bunun, gece beslenmek için yüzeye çıkan, sabah olunca tekrar dibe inen milyonlarca küçük kabukludan ve diğer yaratıklardan oluşan bir plankton kümesi olduğu anlaşıldı. Niye öyle yaparlar? Görünüşe göre en iyi tahmin şudur: Gün ışığında, balık ve mürekkepbalığı gibi görerek avlanan yırtıcılara karşı savunmasızdırlar, bu yüzen gündüzleri derinliğin karanlık güvenliğine sığınırlar. Peki, geceleri yüzeye, epeyce enerji tüketen uzun bir yolculuğa niçin çıkarlar? Bir plankton araştırmacısı, bunu, sırf kahvaltı etmek için her gün 25 mil yol yürüyen bir insanla karşılaştırdı.

Yüzeyi ziyaret etmenin nedeni, besinin eninde sonunda bitkiler kanalıyla güneşten geliyor olmasıdır. Denizin yüzey tabakaları, uçsuz bucaksız çayırlardır; ot rolünü de, mikroskobik tek-hücreli algler oynar. Yüzey yiyeceğin bulunduğu yerdir ve otlayıcıların, otlayıcılarla beslenenlerin, otlayıcılarla beslenenlerle beslenenlerin olması gereken yerdir. Ama görerek avlanan yırtıcılardan ötürü yalnızca geceleri güvenli bir yerse, otlayıcılar ve onları avlayanlar günlük bir göçü göze almak zorundadırlar. Görünüşe bakılırsa, alıyorlar da. "Çayır"ın kendisi göç etmez. Göç etmek anlamlı olsaydı, hayvanların yükselip inişlerinin aksi yönünde yüzerdi; çünkü tüm varlık nedeni, gündüzleri yüzeyde günışığı yakalamak ve yenilmekten kaçmaktır.

Nedeni ne olursa olsun, planktondaki pek çok hayvan gündüz aşağıya, gece yukarıya göç eder. Denizanaları, tıpkı Mara ve Serengeti ovalarında Afrika antilopların izleyen aslanlar ve sırtlanlar gibi, sürülerin peşinden giderler. Aslanlardan ve sırtlanlardan farklı olarak, denizanaları bireysel av hedeflemezler; ama körlemesine uzanan dokunaçlar bile, sürüler izlenirken işe yararlar ve denizanalarının yüzme nedenlerinden biri de budur. Bazı türler zikzak çizerek yakalama oranlarını artırırlar; yine bireysel olarak avı hedefleyerek değil, öldürücü zıpkın bataryaları bulunan bu dokunaçların kapladığı alanı genişleterek. Bazıları ise yalnızca yukarıya ve aşağıya göç eder.

Palau Adaları'ndan (Batı Pasifik'te bir Amerikan kolonisi) biri olan Mercherchar'daki "Denizanası Gölü"nün denizanaları için farklı bir göç tarif edildi. Yeraltında denizle iletişimi bulunan ve bu nedenle tuzlu olan bu göl, adını büyük denizanası popülasyonundan alır. Birkaç çeşit denizanası vardır; ama baskın olan, *Mastigias*'tır. 2,5 kilometre uzunluğunda ve 1,5 kilometre genişliğinde bir gölde türün tahminen 20 milyon üyesi yaşar. Tüm denizanaları geceyi gölün batı ucuna yakın

geçirirler. Güneş doğudan doğunca, hepsi o yöne, dolayısıyla gölün doğu ucuna doğru yüzerler. Basit bir nedenden ötürü, kıyıya ulaşmadan önce dururlar. Kıyıya sarkan ağaç dalları koyu bir gölge oluşturur ve güneş ışığını o kadar çok keser ki, denizanalarının güneş arayan otomatik pilotu, onları daha aydınlık olan batıya sürmeye başlar. Ne var ki, ağaçların gölgesinden çıkar çıkmaz, tekrar doğuya yönelirler.

Bu iç çatışma onları gölge çizgisinin etrafında tutar; dolayısıyla, sahile dizilen tehlikeli yırtıcı denizgüllerinden güvenli bir uzaklıkta da tutar (bunun bir tesadüf olmadığını düşünmeye cesaret edemem). Öğleden sonra denizanaları yine güneşi izleyip gölün batı ucuna, yine bütün filonun kapana kısıldığı batıdaki gölge çizgisine giderler [bkz. resim 40]. Hava kararınca, sabah güneşi otomatik güdüm sistemlerini tekrar doğuya çevirinceye kadar, dikey olarak aşağı yukarı yüzerler. Bu gündelik iki göçten ne elde ettiklerini bilmiyorum. Yayımlanan açıklamalar, beni tekrarlamaya değmeyecek kadar az tatmin ediyor. Şimdilik, bu hikâyenin dersi şu olmalı: Yaşayan dünya *henüz* anlamadığımız çok şey sunuyor ve bu durum kendi başına heyecan vericidir.

POLİPİFER'İN HİKÂYESİ

Evrilen tüm yaratıklar dünyaya değişim getirirler; hava durumunda, ısıda, yağış miktarında; av ve avcı gibi diğer evrim çizgilerinde –evrimsel zaman içinde karşılık verdikleri ya da aldıkları için daha karmaşık değişimler. Evrilen bazı yaratıklar, bizzat varlıklarıyla, içinde yaşadıkları ve uyum sağlamak zorunda oldukları dünyayı değiştirirler. Soluduğumuz oksijen, yeşil bitkiler oraya koymadan önce yoktu. Başlangıçta bir zehir olan oksijen, pek çok hayvan soyunun önce katlanmak, sonra bağımlı olmak zorunda kaldığı kökten değişik koşullar sağladı. Daha kısa bir zaman ölçeğinde, olgun bir ormandaki ağaçlar yüzlerce yıl –çıplak kumu kalıcı bir ormana dönüştürmek için gereken zaman– kendilerinin yarattıkları bir dünyaya yaşarlar. Kalıcı bir orman, elbette, diğer bitki ve hayvan türlerinin uyum gösterdikleri karmaşık ve zengin bir yaşam alanıdır.

"Mercan" sözcüğü, hem bir organizmanın, hem o organizmanın meydana getirdiği sert maddenin karşılığı olarak kullanıldığı için, bir hayale dalıp, bu hikâyeyi anlatan organizma mercanın karşılığı olarak Darwin'in eski sözcüğünü, "polipifer"i benimseyeceğim. Organizma mercanlar ya da polipiferler, yüz binlerce yıllık bir zaman içinde, kendi geçmiş kuşak-

larının ölü iskeletleri üzerinde büyük sualtı dağları –dalgalara dirençli surlar– inşa ederek dünyalarını dönüştürürler. Mercanlar ölmeden önce, sayısız başka mercanla birleşerek, gelecekteki mercanların içinde yaşayacağı dünyayı oluştururlar. Yalnızca gelecekteki mercanların değil, muazzam ve karışık bir hayvan ve bitki topluluğunun gelecek kuşaklarının içinde yaşayacağı bir dünya. Topluluk düşüncesi, bu hikâyenin ana mesajı olacaktır.

Resim 41'de basılan fotoğraf, iki kez ziyaret ettiğim Büyük Set Resif'in bir adasını, Heron Adası'nı gösterir. Küçük adanın yakın ucuna nokta gibi saçılmış evler, ölçek hakkında bir fikir verir. Adanın etrafını çevreleyen geniş solgun alan resiftir; ada, resifin en yüksek tepesidir ve ezilmiş (birçoğu balık sindirim borusundan geçmiş) mercanlardan oluşan, sınırlı bir kara hayvanları faunasını besleyen sınırlı bir bitki örtüsünün yetiştiği kumlarla kaplıdır. Bütünüyle canlı yaratıklar tarafından yapılmış nesnelere göre, mercan resifleri büyüktür ve karotlu sondajlar, bazılarının derinliğinin yüzlerce metre olduğunu gösteriyor. Heron Adası, Avustralya'nın kuzey-doğusunu boydan boya 2.000 kilometre boyunca saran Büyük Set Resif'i oluşturan yaklaşık 3.000 resif ile 1.000'den fazla adadan biridir. Büyük Set Resif'in, gezegenimizde uzaydan görünebilecek kadar büyük tek yaşam kanıtı olduğu söylenir –doğruluk derecesini bilmiyorum. Dünyadaki deniz yaratıklarının yüzde 30'unun evi olduğu da söylenir; yine ne demek istendiğinden emin değilim –burada sayılan nedir? Ne olursa olsun, Büyük Set Resif son derece çarpıcı bir nesnedir ve mercan ya da polipifer denilen ve denizgülüne benzeyen küçük hayvanlar tarafından yapılmıştır. Canlı polipiferler, bir mercan resifinin yalnızca yüzey tabakalarını işgal ederler. Altlarında, bazı okyanus atollerinde derinliği yüzlerce metreye varan, kireçtaşına dönüşmüş atalarının iskeletleri var.

Bugün yalnızca mercanlar resif yapıyor; ama daha önceki jeolojik zamanlarda böyle bir tekelleri yoktu. Resifler değişik zamanlarda algler, süngerler, yumuşakçalar ve tüp solucanlar tarafından da yapıldılar. Öyle görünüyor ki, mercan organizmaların büyük başarısı, mercan hücreleri içinde yaşayan ve güneş ışığı alan sığlıklarda fotosentez yapan mikroskobik alglerla bütünleşmelerinden kaynaklanıyor. Zooksantella denilen bu alglerin, ışık kapan çok farklı renk pigmentleri vardır; mercan resiflerinin canlı fotojenik görüntüsünün nedeni budur. Mercanların bir zamanlar bitki sanılması şaşırtıcı değil. Besinlerinin çoğunu bitkilerle aynı şekilde alırlar ve bitkiler gibi ışık için yarışırlar. Benzer şekiller al-

maları da beklenmelidir. Dahası, gölgelenmeyip gölgelemek için mücadele etmeleri, mercan topluluğunun orman tepeliği gibi bir görüntü almasına yol açar. Herhangi bir orman gibi, bir mercan resifi de başka yaratıkların yuvasıdır.

Mercan resifleri, bir alanın "eko-mekân"ını genişletir. Meslektaşım Richard Southwood'un kitabı *The Story of Life*'ta belirttiği gibi:

> Üzerinde bir su tabakası bulunan bir kaya ya da kum yüzeyi olacak yerde, resif karmaşık bir üçboyutlu yapı sağlar; bu yapının, çok sayıda yarıkları ve küçük mağaralarıyla geniş bir ekstra yüzeyi vardır.

Ormanlar da benzer bir şey yapıp, biyolojik faaliyet ve kolonileşmeye uygun etkin bir yüzey alanını genişletirler. Genişlemiş eko-mekân, karmaşık ekolojik topluluklarda bulmayı umduğumuz bir şeydir. Mercan resifleri, olağanüstü eko-mekânın sağladığı her köşede ve kuytuda yuvalanan geniş bir hayvan çeşitliliğinin yuvasıdır.

Bir vücudun organlarında da benzer bir şey olur. İnsan beyni, kıvrımları çoğaltarak etki alanını –dolayısıyla işlevsel kapasitesini– artırır. "Beyin mercan"ın beyne bu kadar çok benzemesi tesadüf olmayabilir.

Darwin, mercan resiflerinin nasıl oluştuğunu anlayan ilk kişiydi. İlk bilimsel kitabı (gezi kitabı *Voyage of the Beagle*'dan sonra), daha 33 yaşındayken yayımladığı mercan resifleri üzerine bir metindi. Sorunun ortaya konulması ya da çözümüyle ilgili bilginin çoğuna ulaşmamış olmasına karşın, Darwin sorunu bugün gördüğümüz şekliyle ortaya koymuştur. Darwin, mercan resifleriyle ilgili kuramında, daha sonra doğal seçilim ve cinsel seçilim kuramlarında olacağı gibi, gerçekten şaşırtıcı ölçüde ileri görüşlüydü.

Mercanlar sığ sularda yaşayabilirler. Hücrelerindeki alglere bağımlıdırlar ve alglerin de ışığa ihtiyaçları vardır. Sığ sular, mercanların yemek listelerine dahil ettikleri plankton avları bakımından da iyidir. Mercanlar kıyı şeritlerinin müdavimleridirler ve tropikal kıyıların etrafında sığ kıyı resifleri görebilirsiniz. Şaşırtıcı olan, derin sularla çevrili mercan resiflerinin da bulunmasıdır. Okyanuslardaki mercan adaları, ölü mercan kuşaklarının oluşturduğu yüksek sualtı dağlarının doruklarıdır. Set resifler bir kıyı şeridini izleyen, ama kıyı resiflerinden daha uzakta olan ve kıyı ile arasında derin sular bulunan bir ara kategoridir. Derin okyanuslarda tamamen yalıtık uzak mercan adalarında bile, canlı mercanlar, her zaman sığ sulardadırlar. Ama su, üzerinde oturdukları eski kuşak mercanların sayesinde sığdır.

Dediğim gibi, Darwin sorunun çapını kavramak için gerekli bilgiye sahip değildi. Şimdi resiflerde sondaj yapıldığı ve çok derinlerde sıkışmış mercan bulunduğu için, mercan atollerinin eski mercanların oluşturduğu sualtı dağlarının dorukları olduklarını biliyoruz. Darwin'in zamanında geçerli kuram şuydu: Atoller, yüzeyin hemen altındaki volkanik dağların tepesinde oluşan yüzeysel mercan kabuklarıdır. Bu kurama göre, çözülecek bir sorun yoktu. Mercanlar yalnızca sığ sularda büyüyebilirler ve sığ su bulmak için ihtiyaç duydukları konağı onlara sağlayan volkanik dağlardı. Ama Darwin, bu kadar derinde ölü mercanların bulunduğunu bilmese de, buna inanmadı.

Darwin'in ikinci ileri görüşlülük örneği, kuramının kendisiydi. Atollerin civarında deniz tabanının (And Dağları'nda bulduğu deniz fosillerinden bildiği gibi, başka yerlerde yükselirken) sürekli alçalmakta olduğunu öne sürdü. Elbette bu, levha tektoniği kuramından çok önceydi. Darwin, yerkabuğu parçalarının birbirlerine göre yükseldiklerine ve battıklarına inanan akıl hocası jeolog Charles Lyell'den esinlendi. Darwin'in savına göre, deniz tabanı çökerken, mercan dağını da kendisiyle birlikte aşağı çekiyordu. Mercanlar denizaltında çöken dağın tepesinde büyüyorlardı; batışa öyle ayak uyduruyorlardı ki, zirve her zaman deniz yüzeyine yakın, ışık ve bolluk bölgesindeydi. Dağın kendisi, bir zamanlar güneşin altında gelişip serpilen ölü mercan tabakalarından oluşmaktaydı. Sualtındaki dağın tabanında bulunan en eski mercanlar, başlangıçta muhtemelen, çoktan sönmüş bir volkanın ya da çoktan unutulmuş bir kara parçasının kıyı resifleriydiler. Kara yavaş yavaş suyun altına batarken, mercanlar kıyı şeridinden giderek uzaklaşan bir set resif haline geldiler. Batma ilerledikçe ilk kara parçası tamamen kayboldu ve set resif, çöküş sürerken, sualtındaki dağın uzantısının temeli haline geldi. Okyanuslardaki uzak mercanadalar, tabanı aynı şekilde yavaş yavaş batan volkanların tepesine yerleşerek işe başladılar. Darwin'in düşüncesi esas olarak bugün de destekleniyor; tek fazlalık, batışın levha tektoniğiyle açıklanmasıdır.

Bir mercan resifi, bir klimaks topluluk örneğidir ve Polipifer'in Hikâyesi'nin düğüm noktası da bu olacaktır. Bir topluluk, birbirlerinin varlığında evrilip gelişen türlerin toplamıdır. Bir yağmur ormanı, bir topluluktur. Bir bataklık da bir topluluktur. Bir mercan resifi de. Bazen aynı tür topluluk, dünyanın farklı yerlerinde uygun iklim koşullarında birbirlerine paralel gelişir. "Akdeniz" toplulukları, yalnızca Akdeniz'in etrafında değil, Kaliforniya, Şili, Güneybatı Avustralya ve Güney

Afrika'nın Cape bölgesi kıyılarında da doğmuştur. Bu beş bölgede bulunan tikel bitki türleri farklıdır; ama bizzat bitki toplulukları karakteristik olarak, sözün gelişi Tokyo ve Los Angeles'ın fark edilir ölçüde "kentsel yayılma alanları" olmaları kadar "Akdenizli"dirler. Eşit ölçüde karakteristik bir fauna da, Akdeniz bitki örtüsüne uygundur.

Tropikal resif toplulukları da böyledir. İster Güney Pasifik'ten, ister Hint Okyanusu'ndan, ister Kızıldeniz'den ve ister Karayipler'den söz edelim, ayrıntıda farklıdırlar, ama özünde aynıdırlar. Ilıman kuşak resifleri de vardır; bunlar tropikal resiflerden biraz farklıdır, ama ikisinde de bulunan çok tikel bir şey vardır: Temizlikçi balık görüngüsü –klimaks bir ekolojik toplulukta ortaya çıkabilen bir gizli bir teklifsizlik örneği.

Bir sürü küçük balık türü ve bazı karidesler kârlı bir ticaret yaparlar; daha büyük balıkların üzerindeki besleyici parazitleri ya da mukusu alırlar ve bazen, ağızlarından girip dişlerini temizledikten sonra solungaçlardan çıkarlar. Bu şaşırtıcı düzeyde bir "güven"i gösterir;* ama buradaki ilgi odağım, bir toplulukta bir "rolün" örneği olarak temizlikçi balıktır. Bireysel temizlikçilerin tipik olarak "temizlik istasyonları" vardır ve büyük balıklar hizmet almak için bu istasyonlara gelirler. Bunun her iki tarafa yararı, muhtemelen müşteri ya da temizlikçi aramaya zaman harcamaktan kurtulmaktır. Sabit yer, bireysel temizlikçiler ile müşteri arasında sürekli buluşmalara ve bu da çok önemli olan "güven" inşasına olanak verir. Bu temizlik istasyonları, berber dükkânlarıyla karşılaştırıldı [bkz. resim 42]. Bir resiften tüm temizlikçilerin uzaklaştırılması durumunda, resifteki genel balık sağlığının –kanıtlar, daha yakın zamanda tartışılmasına karşın- bozulacağı iddia edilmektedir

Dünyanın farklı yerlerinde yerel temizlikçiler bağımsız olarak evrilmiştir ve farklı balık gruplarıyla beraberdirler. Karayip resiflerinde, temizlikçilik işini, tipik olarak küçük temizlikçi grupları oluşturan kayabalığı ailesinin üyeleri yapar. Diğer yanda Pasifik'te en ünlü temizlikçi, bir lapinadır. *L. dimidiatus*, "berber dükkânı"nı gündüzleri açarken, *L. bicolor*, arkadaşım George Barlow'un bana anlattığına göre, gündüzleri mağaralara sığınan balıklara gece hizmet verir. Türler arasında böyle bir işbölümü, olgun bir ekolojik topluluğa özgüdür. Profesör Barlow'un kitabı *The Cichlid Fishes*, Afrika'nın büyük göllerindeki tatlı su türlerinden örnekler verir.

Tropik mercan resiflerinde, temizlikçi balık ile "müşteri" arasında

*"Güven" evriminin evrimsel sorunları ilginçtir; ama bu konuyu *Gen Bencildir*'de ele aldım, bu yüzden burada kendimi tekrarlamaktan uzak durmalıyım.

varılan neredeyse fantastik düzeyde işbirliği, ekolojik bir topluluğun bazen tek bir organizmanın karmaşık uyumunu nasıl taklit edebildiğinin simgesidir. Benzerlik baştan çıkarıcıdır –çok fazla baştan çıkarıcı. Otçullar bitkilere bağımlıdır; etçiller, otçullara bağımlıdır; yırtıcılık olmasaydı, nüfus herkes için felaket olacak şekilde kontrolden çıkardı; mezarcı böcekler ve bakteriler gibi leşçiller olmasaydı, dünya cesetlerle dolar ve gübre, oluşup bitkilere geri dönmezdi. Kimlikleri bazen oldukça şaşırtıcı olan belirli "köşe taşı" türler olmasaydı, tüm topluluk "çökerdi". Her türe, süper-organizmada –toplulukta– bir organ olarak bakmak çekicidir.

Ormanları dünyanın "akciğerleri" olarak tarif etmenin bir zararı yok ve insanları ormanları korumaya teşvik ederse, iyi bile olabilir. Ama holistik uyum retoriği bozulup, Prens Charles tarzı budalaca bir mistisizme dönüşebilir. Aslında, mistik bir "doğanın dengesi" düşüncesi, çoğu kez, "enerji alanlarını dengelemek için" şarlatan doktorlara gidenlerle aynı türden mankafalara çekici gelir. Ama bir vücudun organları ile bir topluluğun türlerinin, kendi alanlarında etkileşip uyumlu bir bütün görüntüsü yaratma tarzları arasında köklü farklılıklar vardır.

Paralellik büyük bir ihtiyatla ele alınmalıdır. Ama bu tamamen temelsiz de değildir. Bireysel organizmada bir ekoloji, bir türün gen havuzunda bir gen topluluğu vardır. Bir organizma vücudunun parçaları arasında uyum yaratan güçler, bir mercan resifinin türlerinde uyum yanılsaması yaratan güçlerden tamamen farklı değildir. Bir yağmur ormanında denge, bir resif topluluğunda yapı, bir hayvanın vücudunun içinde eşuyumu anımsatan zarif bir iç içe geçme vardır. Hiçbirinde, dengeli birim, Darvinci seçilim tarafından *bir birim olarak* kayırılmaz. Denge, daha alt düzeyde seçilimle ortaya çıkar. Seçilim, uyumlu bir bütünü kayırmaz. Uyumlu parçalar birbirlerinin varlığıyla gelişir ve uyumlu bir bütün yanılsaması doğar.

Etçiller, otçulların varlığıyla ve otçullar da bitkilerin varlığıyla gelişirler. Peki ya tersi? Bitkiler otçulların varlığıyla mı gelişir? Otçullar, etçillerin varlığıyla mı gelişir? Hayvanların ve bitkilerin, gelişmeleri için kendilerini yiyen düşmanlara mı ihtiyaçları var? Hayır, bazı ekolojik eylemcilerin öne sürdüğü gibi değil. Hiçbir yaratık, normalde yenilmekten yarar görmez. Ama biçilmeye rakip bitkilerden daha iyi dayanabilen otlar, gerçekten de otlayıcıların varlığıyla gelişirler –"düşmanımın düşmanı" ilkesine göre. Benzer bir öykü, parazitlerin kurbanları için de anlatılabilir –ve öykü biraz daha karmaşık olsa da, yırtıcılar için de. Yine

de bir topluluğun, bir kutup ayısının dişlerine ya da karaciğerine ihtiyaç duyması gibi, parazitlerine ve yırtıcılarına ihtiyacı olduğunu söylemek yanıltıcıdır. Ama "düşmanın düşmanı" ilkesi, aynı sonuca benzer bir şeye yol açar. Mercan resifi gibi bir tür topluluğunu, parçaları budanma tehdidi altında olan bir tür dengeli kendilik olarak görmek doğru olabilir.

Birbirlerinin varlığıyla gelişen alt düzey birimlerden oluşan topluluk düşüncesi, yaşama egemendir. Tek bir hücre içinde bile, ilke geçerlidir. Pek çok hayvan hücresi, bakteri topluluklarını barındırır; bu topluluklar, hücrenin pürüzsüz işleyişiyle o kadar bütünleşmişler ki, bakteri kökenleri daha yeni anlaşıldı. Bir zamanlar serbest yaşayan mitokondriler, hücrelerimizin çalışması için ne kadar önemliyseler, hücrelerimiz de onlar için o kadar önemlidir. Onların genleri bizim genlerimizin varlığıyla, bizim genlerimiz de onların genlerinin varlığıyla gelişti. Bitki hücreleri kendi başlarına fotosentez yapamazlar. Bu kimyasal sihirbazlık, esasında bakteri olan ve şimdi kloroplast adı verilen konuk işçiler tarafından yapılır. Geviş getirenler ve akkarıncalar gibi bitki yiyenler, tek başlarına selülozu sindiremezler. Ama bitki bulup çiğnemede ustadırlar (bkz. Mixotricha'nın Hikâyesi). Bitki dolu sindirim borularının yarattığı pazar boşluğundan, bitkisel malzemeyi etkili bir biçimde sindirmek için gerekli biyokimyasal uzmanlığa sahip simbiyotik mikroorganizmalar yararlanır. Birbirini tamamlayıcı becerilere sahip yaratıklar, birbirlerinin varlığıyla gelişirler.

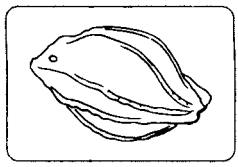
Bu sürecin, her türün "kendi" genleri düzeyinde de işlediğini eklemek istiyorum. Bir kutup ayısının ya da penguenin, bir kaymanın ya da bir guanakonun tüm genomu, birbirlerinin varlığıyla gelişen genlerin ekolojik topluluğudur. Bu gelişimin dolaysız alanı, bir bireyin hücrelerinin içidir. Ama uzun erimli alan, türün gen havuzudur. Eşeyli üreme göz önüne alındığında, gen havuzu, kuşaklar boyunca yeniden kopyalanıp yeniden birleşen her genin yaşam alanıdır.

Randevu 29
TARAKLILAR

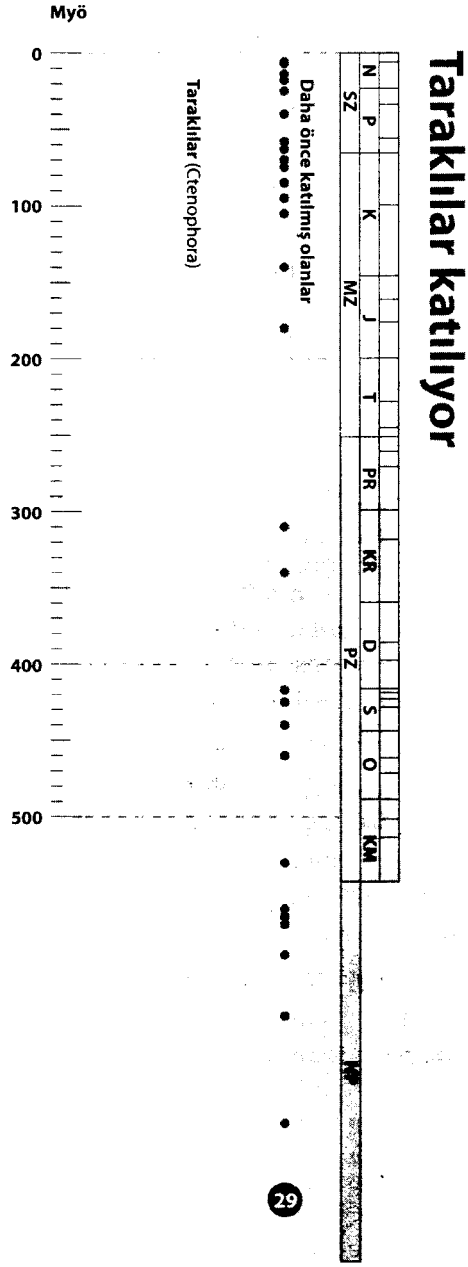
Randevu 29'da bize katılan taraklılar (Ctenophora), hayvan hacıların en güzellerindendirler. Yüzeysel bir benzerlik, yanlış yere denizanası olarak sınıflandırılmalarına yol açmıştır. Aynı filumun içine, Sölenterler (Coelenterata) olarak bilinen filumun içine yerleştirilirlerdi. Zira ana vücut boşlukları aynı zamanda sindirim odasıdır. Knidliler gibi basit bir sinir ağları vardır ve vücutları aynı şekilde, yalnızca iki doku tabakasından oluşur (bu, kuşkulu bir veridir). Ne var ki, modern kanıtlar, knidlilerin, taraklılardan çok bizim yakın kuzenlerimiz olduklarını gösteriyor: Yani, knidliler hac yolculuğuna taraklılardan "önce" katılıyorlar. Ne var ki, bu olay için bir tarih aktaracak kadar kendime güvenmiyorum.

Taraklılara adını veren Yunanca sözcük Ktenophore, "tarak taşıyan" demektir. "Taraklar", tüye-benzer belirgin kirpik sıralarıdır; bu kirpiklerin çırpınışıyla bu hassas yaratıklar hareket eder. Hızlı bir itiş sistemi değildir; bununla birlikte, av kovalamaya değil ama, hareket etmeye yeter. Denizanalarına benzerliklerinden ötürü taraklılar, taraklı denizanası olarak da bilinirler. Çok fazla türleri yoktur –100 kadar var– ama toplam birey sayısı az değildir ve dünyanın tüm okyanuslarını her bakımdan güzelleştirirler.

Taraklılar yırtıcıdır; ama denizanaları gibi, avın gelip dokunaçlara çarpmasına beklerler. Dokunaçları denizanasınınkine benzemesine karşın, knidositleri yoktur. Keskin, zehirli zıpkın yerine bir tür yapışkan salgılayan "kement hücreleri" vardır. Bir taraklıyı, denizanası olmanın alternatif türden bir yolu olarak görebiliriz. Bununla birlikte, bazıları çan şeklinde değildir. Büyüleyici güzellikteki *Cestum veneris*, adı Venüs kemeri anlamına gelen ender hayvanlardan biridir ve bu ad ona boşuna koyulmamıştıt: Vücudu, uzun, yanardöner, narin güzellikte, tanrıçalara yaraşır bir kurdeledir [bkz. resim 43]. Venüs kemeri bir solucan gibi uzun ve ince olmasına karşın, "solucan"ın başı ya da kuyruk ucu yoktur; ama ortaya yakın, ağzın bulunduğu yerde başa benzer bir şey bulunur –kemerin "toka"sı. Yine de ışınsal (ya da daha kesini çift-ışınsal) simetriktir.



Taraklılar katılıyor



Taraklılar katılıyor. İki taraflı simetrik hayvanlara, knidlilerle ve taraklılarla birlikte, bazen "Gerçek çok-hücreliler" (Eumetazoa) denilir. Bazı moleküler araştırmalara uygun olarak, bilinen 100 taraklı türü, burada geri kalanların en uzak akrabası olarak yerleştiriliyor; ama bu konum kesin değil.
Çizgi resim: Hıyar medüzü (*Beroe*).

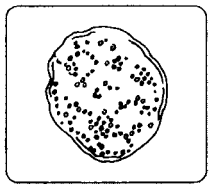
Randevu 30
PLACOZOA

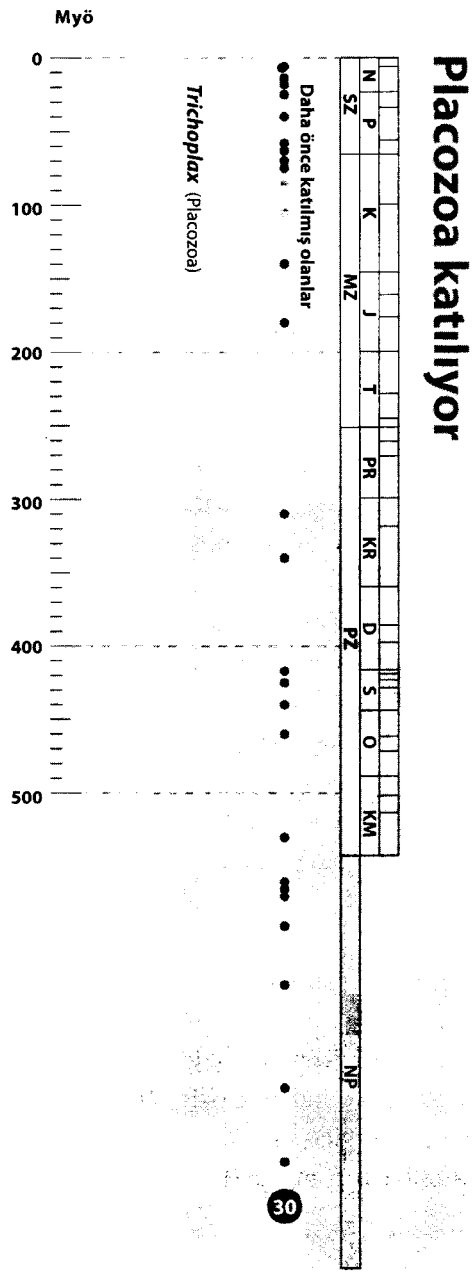
İşte muammalı küçük bir hayvan: *Trichoplax adhaerens*, tüm Placozoa filumunda bilinen tek türdür –elbette tek olduğu anlamına gelmez. 1896'da Napoli Körfezi'nde ikinci bir Placozoa tanımlandı ve *Treptoplax* reptans adı verildi. Ama bir daha hiç görülmedi ve pek çok uzman, o tikel örneğin *Trichoplax* olduğunu düşünüyor. Moleküler kanıtlar, çok geçmeden diğer türleri de açığa çıkarabilir.

Trichoplax denizde yaşar ve herhangi bir şeye benzemez, herhangi bir yönde simetrik değildir; bir yerine birçok hücreden oluşmuş olması dışında, biraz amibe benzer; önünün ve arkasının, sağının ve solunun olmaması dışında, çok küçük bir yassısolucanı andırır. Küçük, düzensiz şekilli, boyu üç milimetreyi geçmeyen *Trichoplax*, çırpınan kirpiklerden oluşan ters çevrilmiş küçük bir halının üzerinde sürünür. Kendisinden de küçük olan tek-hücreli yaratıklarla, çoğunlukla alglerle beslenir; yiyecekleri içine almadan, alt yüzeyiyle sindirir.

Anatomisinde, *Trichoplax*'ı herhangi bir hayvanla ilişkilendirecek fazla bir şey yoktur. Bir knidli ya da taraklı gibi, iki ana hücre tabakası vardır. Kasa benzer biçimde çalışan birkaç kasılabilir hücre, iki tabakanın arasına sıkışmıştır. Hayvan, şeklini değiştirmek için bu bağları kısaltır. İki ana hücre tabakasına, herhalde sırt ya da karın hücresi dememek gerekir. Üst tabakaya bazen koruyucu tabaka, alt tabakaya da sindirim tabakası denilir. Bazı yazarlar, sindirim tabakasının, sindirim amacıyla içe çöküp geçici bir boşluk oluşturduğunu iddia ederler; ama tüm gözlemciler bunu görmemiştir ve bu, doğru olmayabilir.

T. Syed ve B. Schierwater'ın yakın zamanda anlattığı gibi, *Trichoplax*'ın zoolojik literatürde biraz karışık bir tarihi oldu. İlk kez 1883'te tanımlandığında, *Trichoplax*'ın çok ilkel olduğu düşünüldü; şimdi bu onurlu statüden kurtulmuştur. Ne yazık ki, bazı knidlilerin planula denilen larvalarıyla yüzeysel bir benzerliği vardır. 1907'de Thilo Krumbach adlı bir Alman zoolog, daha önce planula larvaları gördüğü yerde *Trichoplax* gördüğünü sandı ve bu küçük yaratıkları, değişik planulalar olarak kabul etti. Yetkin çok-ciltli *Handbuch der Zoologie*'nin editörü W. Kükenthal 1922'de ölmeseydi, bu fazla önemli olmazdı. *Trichoplax*'ın talihsizliği, Kükenthal'ın editör olarak yardımcısının, Thilo Krumbach olmasıydı. *Trichoplax*, Kükenthal&Krumbach'ta bir knidli olarak etiketlen-





Placozoa katılıyor. Randevu 28 ve 29'da olduğu gibi, Randevu 30 ile 31'in sırası da iyice çözülmemiştir. Randevu 30, Placozoa filumuyla da (tek türü *Trichoplax*'la temsil edilen) da olabilir, süngerlerle de olabilir. Şu anda bu sıralama özünde keyfidir. Randevu 30 ile 31'in yer değiştirmesi şaşırtıcı olmaz.
Çizgi resim: *Trichoplax adhaerens.*

di ve bu durum, Fransızca eşdeğerinde, P. P. Grassé'nin editörlüğünü yaptığı *Traité de Zoologie*'de aynen tekrarlandı. Birkaç ciltlik eseri *Invertebrates*'te Amerikalı Libbie Henrietta Hyman da, *Handbuch*'tan aynısını aldı.

Bu kadar cilt kitabın ağırlığı altında, yarım yüzyıldan fazla bir süredir hiç kimsenin hayvanı bizzat görmediği de göz önüne alındığında, zavallı küçük *Trichoplax*'ın ne şansı olabilirdi ki? Moleküler devrim, gerçek bağlantılarını keşfetme olanağını açana kadar, sözde bir knidli larvası olarak büzülüp kaldı. Her şey olabilir, ama kesinlikle bir knidli değildir. rRNA araştırmalarından elde edilen ilk işaretler (bkz. Tak'ın Hikâyesi), *Trichoplax*'ın süngerler hariç, hayvanlar âleminin geri kalan kısmındaki diğer gruplardan daha uzak olduğunu gösteriyor; hatta süngerler bile, bize *Trichoplax*'tan daha yakın olabilirler. *Trichoplax*, çok-hücreli hayvanlar içinde en küçük genoma ve en basit vücut örüntüsüne sahiptir. Bizdeki 200 hücre tipine karşı, *Trichoplax*'ın vücudunda yalnızca dört tip hücre vardır. Görünüşe göre tek bir Hox geni bulunur.

Moleküler genetik kanıtlar, bu kimsesiz küçük hacının Randevu 30'da, yaklaşık 780 milyon yıl önce, süngerlerden "önce" bize katıldığını geçici olarak gösteriyor. Ama bu bir tahmindir. Randevu 30 ile 31 (süngerler) yer değiştirebilir; bu durumda *Trichoplax*, gerçek hayvanlar arasında en uzak kuzenimiz olur. Anlaşılacağı üzere, *Trichoplax*'ın, genomu tamamen sıralanmış seçkin organizmalar topluluğuna katılması yönünde güçlü bir lobi çalışması var. Sanırım yakın zamanda bu gerçekleşecek; o zaman bu tuhaf küçük yaratığın gerçekte ne olduğunu öğreneceğiz.

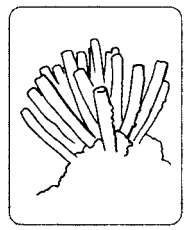
Randevu 31
SÜNGERLER

Süngerler, Çok-hücreliler (Metazoa) aleminin üyeleri, sahici çok-hücreli hayvanlardan olup bize katılan son hacılardır. Süngerler her zaman Çok-hücreli olarak onurlandırılmadılar, "Parazoa" –hayvanlar aleminin bir tür ikinci vatandaşlarına verilen ad– sayıldılar. Bugün aynı sınıf ayrımı, süngerler Çok-hücrelilere dahil edilerek, ama süngerler *hariç* (bazı yazarlar, Randevu 30'da karşılaştığımız küçük hayvan *Trichoplax*'ı da dışlar) herkesi kapsayan Gerçek Çok-hücreliler (Eumetazoa) sözcüğü uydurularak sürdürülüyor.

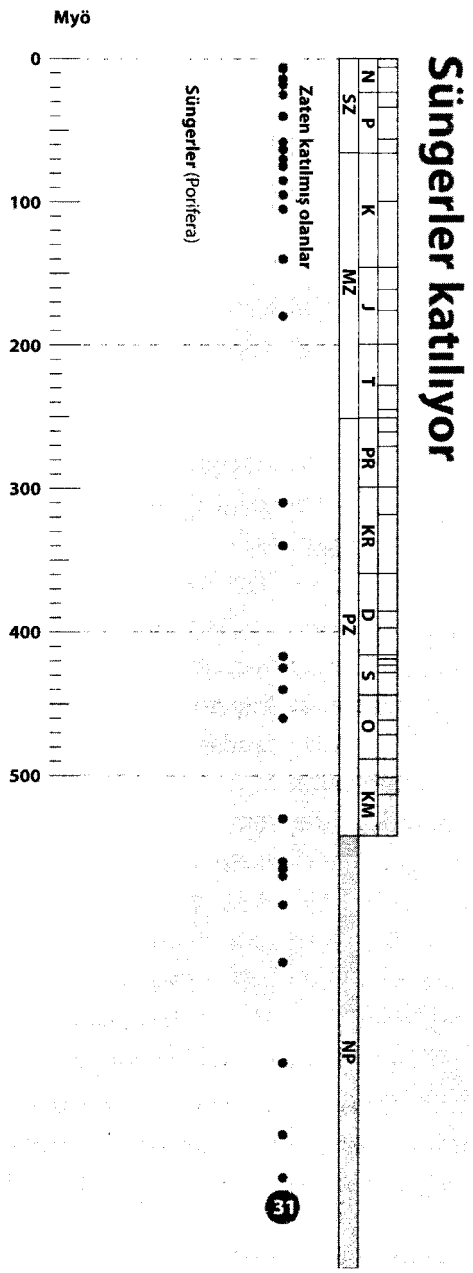
Bazen insanlar süngerlerin bitki değil, hayvan olduklarını öğrenince şaşırırlar. Bitkiler gibi süngerler de hareket etmezler. Tüm vücutlarını hareket ettirmezler. Bitkilerin de, süngerlerin de kasları yoktur. Hücre düzeyinde hareket vardır ve bu bitkiler için de geçerlidir. Süngerler durmadan vücutlarından su geçirip yiyecek parçacıklarını süzerek yaşarlar. Dolayısıyla deliklerle doludurlar ve banyoda bol su tutmalarını sağlayan da bu özelliktir.

Ne var ki, banyo süngeri, tepesinde büyük bir delik ve kenarlarında bir sürü küçük deliğin bulunduğu içi boş bir testi olan tipik vücut biçimiyle ilgili iyi bir fikir vermez. Canlı bir sünger testinin dışındaki suya biraz boya atarsanız, suyun kenarlardaki küçük deliklerden içerideki ana boşluğa dolduğunu ve oradan da testinin ana girişinden dışarı aktığını görürsünüz. Su, bir süngerin odalarına, duvarlarındaki kanallara sıralanan ve koanosit denilen özel hücrelerle çekilir. Her koanositin, etrafı bir yakalıkla çevrili, sallanan (kirpik gibi, ama daha büyük) bir kamçısı vardır. Evrim öykümüz bakımından önemli oldukları için, koanositlerle tekrar buluşacağız.

Süngerlerin sinir sistemi yoktur ve görece basit bir iç yapıya sahiptirler. Farklı hücreleri bulunmasına karşın, bu hücreler bizdeki gibi örgütlenip dokulara ve organlara dönüşmezler. Sünger hücreleri "tam donanımlı"dır; yani her hücre, süngerin hücre tipi repertuarından herhangi bir hücre haline gelebilir. Bizim hücrelerimizde bu geçerli değil. Bir karaciğer hücresi, bir böbrek ya da sinir hücresi meydana getirme yeteneğine sahip değildir. Ama sünger hücreleri o kadar esnektirler ki, yalıtık herhangi bir hücre, büyüyüp tamamen yeni bir süngere dönüşebilir (ve Sünger'in Hikâyesi'nde göreceğimiz gibi, hepsi bu kadar



Süngerler katılıyor



Süngerler katılıyor. Linnaeus'un zamanından beri, hayvanlar ("çok-hücreliler") yaşam âlemlerinden biri olarak sınıflandırıldılar. Yaklaşık 10.000 tanımlanmış sünger türü, çok erken ayrılan bir dal olarak görülür; moleküler verilerle de doğrulanan bir konum (gerçi *Trichoplax* daha önce ayrılmış olabilir). Moleküler taksonomistlerin küçük bir azınlığı, iki sünger soyu olduğunu düşünür; biri diğer çok-hücrelilere diğerinden daha yakındır –bu, ilk çok-hücrelilerin gerçekten süngerlere benzediklerini ima eder– ama bu oldukça tartışmalıdır.
Çizgi resim: Sarı tüp sünger (*Aplysina fistularis*).

da değil).

Bu nedenle, şaşırtıcı olmayan bir biçimde, süngerler "germ hattı" ile "soma" arasında ayrım yapmazlar. Gerçek Çok-hücrelilerde germ hattı hücreleri, üreme hücrelerini meydana getirebilen ve bu nedenle genleri ilke olarak ölümsüz olan hücrelerdir. Germ hattı, hücrelerin yumurtalıklarda ya da testislerde barınan ve üremekten başka bir şey yapmayan küçük bir azınlığıdır. Soma, vücudun germ hattı olmayan bölümüdür –somatik hücrelerin genlerini süresiz aktarmaları mümkün değildir. Bir memeli gibi bir gerçek çok-hücrelide, bir grup hücre embriyon döneminin başında germ olarak bir tarafa ayrılır. Geri kalan hücreler, soma hücreleri, karaciğer ya da böbrek, kemik ya da kas yapmak için birkaç kez bölünebilirler; ardından bölünme kariyerleri son bulur.

Kanser hücreleri uğursuz bir istisnadır. Bölünmeye son verme yeteneklerini bir şekilde yitirmişlerdir. Ama *The Science of Darwinian Medicine*'in yazarları Randolph Nesse ile George C. Williams'ın belirttiği gibi, şaşırmamalıyız. Aksine, kanserde şaşırtıcı olan, daha yaygın olmamasıdır. Ne de olsa, vücuttaki her hücre, milyarlarca kuşak boyunca bölünmeye ara vermeyen kesiksiz bir germ hattı hücreleri soyundan gelmiştir. Aniden karaciğer hücresi gibi somatik bir hücre olup bölünmeme sanatını öğrenmesini istemek, hücrenin atalarının tarihinde daha önce hiç olmamıştır! Kafanız karışmasın. Elbette hücrenin atalarını barındıran vücutların karaciğerleri vardı. Ama germ hattı hücreleri –tanımı gereği– karaciğer hücrelerinden türemezler.

Tüm sünger hücreleri germ hattı hücreleridir –tümü potansiyel olarak ölümsüzdür. Birkaç farklı hücre tipine sahiptirler; ama bunları pek çok çok-hücreli hayvandan farklı bir biçimde kullanırlar. Gerçek çok-hücreli embriyonlar, karmaşık "origami"lerle katlanıp içe kıvrılarak vücudu inşa eden hücre tabakaları oluşturur. Süngerlerin böyle bir embriyolojisi yoktur. Tam donanımlı hücrelerinden her birinin, sanki sosyal eğilimleri olan özerk bir tek-hücreliymiş gibi diğer hücrelere asılma eğilimi vardır. Yine de modern zoologlar süngerleri, Çok-hücrelilerin arasında sayarlar ve ben de bu eğilime uyuyorum. Belki de yaşayan en ilkel çok-hücreli hayvan grubudurlar ve ilk Çok-hücreliler konusunda bize, diğer modern hayvanlardan daha iyi bir fikir verirler.

Diğer hayvanlarda olduğu gibi, her sünger türünün kendine özgü bir şekli ve rengi vardır. Boş testi, birçok biçimden yalnızca biridir. Diğerleri onun değişkeleridir, birbiriyle bağlantılı boş oyuklar sistemi. Sünger-

ler yapılarını, kollajen liflerle ve mineral spiküllerle, silisyum ya da kalsiyum karbonat kristalleriyle sertleştirirler. Cam sünger *Euplectella*'da olduğu gibi, spikül iskelet bazen karmaşık ve güzel olabilir [bkz. resim 44].

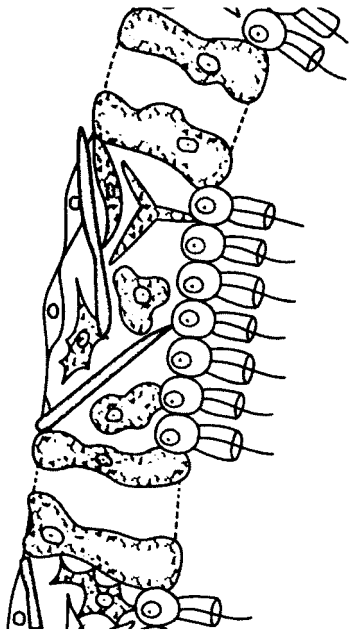
Randevu 31'in tarihi, filogeni grafiğinde 800 milyon yıl öncesi olarak veriliyor; ama böylesine eski tarihlere yönelik çaresiz uyarılar, burada da geçerlidir. Tek-hücrelilerden çok-hücreli süngerlerin evrilmesi, evrimin dönüm noktalarından biridir –çok-hücrelilerin kökeni– ve bundan sonraki iki hikâyede bunu inceleyeceğiz.

SÜNGER'İN HİKÂYESİ

Journal of Experimental Zoology'nin 1907 sayısında, Kuzey Carolina Üniversitesi'nden H. V. Wilson'ın süngerler üzerine bir yazısı vardır. Araştırma klasikti ve araştırmayı betimleyen yazı, bilimsel yazıların insanın anlayabileceği şekilde daldan dala atlayan üslupla ve gerçek bir laboratuvarda gerçek deneyler yapan gerçek bir kişiyi kafada canlandırmayı olanaklı kılan uzunlukta yazıldığı bir altın çağı anımsatır.

Wilson canlı bir süngeri alıp, ince bir elekten –bir parça "gazlı bez"– geçirerek hücrelerini ayırdı. Sökülen hücreler bir tas deniz suyunun içine bırakıldılar; orada, büyük çoğunluğu tek hücrelerden meydana gelen kırmızı bir bulut oluşturdular. Bulut çöküp, tasın dibinde bir tortu oluşturdu; bu arada Wilson da mikroskobuyla onları gözlemledi. Hücreler, tasın dibinde emekleyen bireysel amipler gibi davrandılar. Bu emekleyen amipsiler, kendi türlerinden başkalarıyla karşılaşınca, onlarla birleşip büyüyen hücre yığınları oluşturdular. Sonunda, Wilson ve diğerlerinin bir dizi yazıda gösterdiği gibi, bu yığınlar büyüyüp tamamen yine sünger halini aldılar. Wilson, iki farklı sünger türünü ezip, iki asıltıyı birbirine karıştırmayı da denedi. İki tür farklı renklerdeydi, bu yüzden olup bitenleri kolayca görebiliyordu. Hücreler kendi türleriyle birleşmeyi tercih ettiler, diğerleriyle değil. Tuhaf bir içimde, Wilson bu sonucu bir "başarısızlık" olarak rapor etti; çünkü iki farklı türün bileşik bir sünger oluşturacaklarını umuyordu –anlayamadığım nedenlerle; belki de durum, yaklaşık bir yüzyıl önce bir zoologun farklı kuramsal uğraşılarını yansıtır.

Bu tür deneylerle sergilendiği şekliyle sünger hücrelerinin "sosyal" davranışı, bireysel süngerlerin normal embriyolojik gelişimine ışık tutar. İlk çok-hücreli hayvanların tek-hücreli atalardan nasıl evrildiklerine



Sosyal hücreler. Belirgin yakalıkları ve kamçılarıyla koanositleri gösteren sünger duvarı.

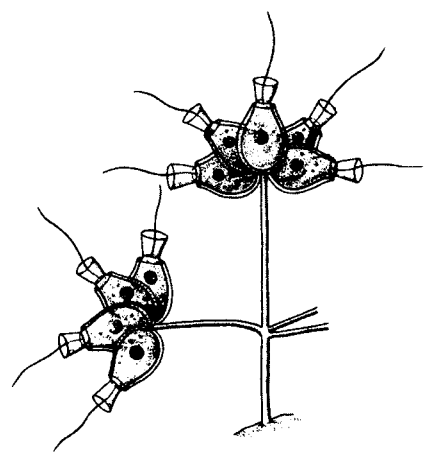
ilişkin bir tür ipucu da verir mi? Çok-hücreli vücuda, çoğu kez bir hücre kolonisi denir. Bu kitabın, bazı hikâyeleri evrimsel olayların modern sahnelenmeleri olarak kullanma örüntüsü çerçevesinde, Sünger'in Hikâyesi, uzak evrimsel geçmişle ilgili bir şey anlatabilir mi? Wilson'ın deneylerinde emekleyen ve bir araya toplanan hücrelerin davranışı, ilk süngerin –bir tek-hücreliler kolonisi olarak– doğuşunun bir tür yeniden sahnelenmesini temsil edebilir mi?

Ayrıntıda öyle olmadığı neredeyse kesindir. Ama bir ipucu da var. En karakteristik sünger hücreleri, su akıntıları yaratmak için kullandıkları koanositlerdir. Yandaki resim, bir sünger iç duvarını gösteriyor. Koanositler, süngerin iç boşluğunu kaplayan hücrelerdir. "Koano" Yunancada "baca" demektir ve mikro-villus olarak bilinen birçok ince kıldan oluşan küçük bacaları ya da yakalıkları görebilirsiniz. Her koanositin çırpınan bir kamçısı vardır; kamçı suyu süngere çekerken, yakalık da akıntıdaki besin parçacıklarını yakalar. Bu koanositlere iyi bakın; çünkü bir sonraki randevuda onlara oldukça benzeyen bir şeyle karşılaşacağız. O zaman, bunun ışığında, izleyen hikâye, çok-hücreliliğin kökeniyle ilgili kurgumuzu tamamlayacaktır.

Randevu 32
YAKALIKAMÇILILAR

Yakalıkamçılılar, hac yolculuğumuza katılan ilk tek-hücrelilerdir ve 900 milyon yıl öncesine tarihlediğimiz Randevu 32'de bize katılıyorlar. Aşağıdaki resme bakın. Küçük kamçılı hücreler size bir şey anımsatıyor mu? Evet, süngerin su kanallarının yüzeyini kaplayan koanositlere çok benziyorlar. Uzun süre ya sünger bir atanın bir kalıntısını temsil ettiklerinden ya süngerlerin bozulup tek ya da çok az hücreye dönüşmüş evrimsel torunları olduklarından kuşkulanıldı. Moleküler genetik kanıtlar ilkini gösteriyor; onları burada bize katılan ayrı hacılar saymamın nedeni de budur.

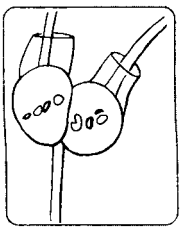
Yaklaşık 140 yakalıkamçılı türü vardır. Bazıları serbest yüzücüdür, kamçıyla birlikte sürüklenirler. Bazıları bir sapa tutunur, bazen resimde görüldüğü gibi birkaçı bir kolonide toplanır. Kamçılarını bacaya su çekmek için kullanırlar; bacada bakteri gibi besin parçacıkları tuzağa düşürülüp yakalanır. Bu bakımdan, süngerlerin koanositlerinden farklıdırlar. Bir süngerde, her bir kamçı, koanositin bireysel bacasına yiyecek sürmek için değil, diğer koanositlerle işbirliği içinde bir su akıntısını süngerin duvarlarındaki deliklerden geçirip süngerin ana ağzından çıkarmak için kullanılır. Ama anatomik olarak her bireysel yakalıkamçılı, ister bir kolonide olsun ister tek başına, bir sünger koanositine benzer. Bu olgu, Sünger'in Hikâyesi'yle başlayan konuyu, çok-hücreli süngerlerin kökeni konusunu ele almaya devam eden Yakalıkamçılı'nın Hikâyesi'nde geniş bir yer kaplar.

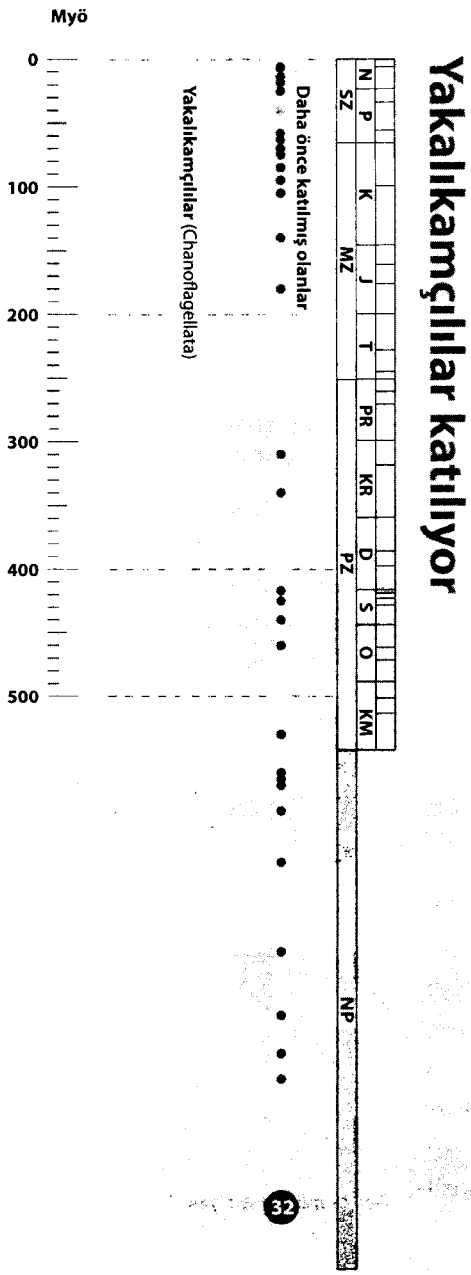


Böyle miydi? Bir yakalıkamçılı kolonisi.

YAKALIKAMÇILI'NIN HİKÂYESİ

Zoologlar uzun süre, tek-hücreli atalardan çok-hücreliliğin nasıl evrildiğine ilişkin tahminlerde bulunmanın keyfini sürdüler. On dokuzuncu yüzyılın büyük Alman zoologu Ernst Haeckel, Çok-hücrelilerin kökenine ilişkin bir kuram öneren ilk kişil-





Yakalıkamçılılar katılıyor. 120 kadar bilinen yakalıkamçılı türü, geleneksel olarak hayvanların yakın akrabaları sayılır; hem morfolojik hem moleküler verilerle desteklenen bir konum.
Çizgi resim: *Codosiga gracilis.*

erdin biriydi ve kuramının bir versiyonu, bugün hâlâ revaçtadır: İlk çokhücreli, bir kamçılı tek-hücreliler kolonisiydi.

Haeckel'le Hipopotam'ın Hikâyesi'nde, hipopotamları balinalarla ilişkilendirmesi bağlamında karşılaşmıştık. Darwin'in (sıkıcı bulduğu) evine bir hac ziyareti yapmış ateşli bir Darvinciydi. Aynı zamanda parlak bir sanatçı, kararlı bir ateistti (Tanrı'ya "gaz halinde omurgalı" diyordu) ve şimdi gözden düşen yinelenme kuramına hayrandı. Bu kurama göre, "Ontojeni filogeniyi yineler ya da "Gelişmekte olan embriyon, kendi aile ağacını tırmanır."

Yinelenme fikrinin çekiciliğini görebilirsiniz. Her yavru hayvanın yaşam öyküsü, (yetişkin) atasının kısaltılmış bir yeniden sahnelenmesidir. Hepimiz tek bir hücre olarak başlarız: Bu, bir tek-hücreliyi temsil eder. Bir sonraki gelişim evresi, içi oyuk bir hücre topudur: Blastula. Haeckel bunun, blastaea adını verdiği atasal bir evreyi temsil ettiğini öne sürdü. Sonraki evrede, blastula, bir tarafı içine göçmüş top gibi içe çöküp, duvarı iki kat hücreyle kaplı bir çanak oluşturur: Gastrula. Haeckel, gastraea adını verdiği bir gastrula-evresi atası hayal etti. Hidra ya da denizgülü gibi bir knidlinin, Haeckel'in gastraea'sı gibi iki hücre katmanı vardır. Haeckel'in yinelenmeci görüşüne göre, knidliler gastrula evresine gelince aile ağacına tırmanmayı bırakırlar; ama biz yolumuza devam ederiz. Embriyolojimizde sonraki evreler, solungaç yarığı ve kuyruğu bulunan bir balığa benzer. Sonra kuyruğumuzu kaybederiz. Böyle devam edip gider. Her embriyon, kendine uygun evrim evresine ulaşınca, aile ağacına tırmanmayı bırakır.

Göründüğü gibi çekici olan yinelenme kuramının modası geçti --daha doğrusu, artık, her zaman değil, bazen doğru olan bir şeyin küçük bir parçası sayılıyor. Konu, Stephen Gould'un kitabı *Ontogeny and Phylogeny*'de ayrıntısıyla tartışılıyor. Bunu o kitaba bırakalım, ama Haeckel'in nereden nereye geldiğini görmek bizim için önemlidir. Çokhücrelilerin kökeni bakımından, Haeckel'in kuramında ilginç evre, blastaea'dır: Haeckel'e göre bu içi oyuk hücre topu, şimdi embriyolojide blastula olarak tekrarlanan atasal evreydi. Blastulaya benzeyen nasıl bir modern yaratık bulabiliriz? İçi oyuk bir hücre topu olan yetişkin bir yaratığı nerede bulacağız?

Volvokslar denilen bir grup alg, yeşil olmaları ve fotosentez yapmaları bir tarafa bırakılırsa, neredeyse gerçek olamayacak kadar iyi görünüyorlardı. Grubun en büyüğü, *Volvox*, gruba adını verir ve Haeckel, *Volvox*'tan daha derli toplu bir model blastaea bulamazdı. Kusursuz

bir küredir, blastula gibi içi oyuktur, her biri (tesadüfen yeşil olan) tek-hücreli kamçıya benzeyen hücrelerden oluşan tek katmanı vardır.

Haeckel'in kuramı tutunamadı. Yirminci yüzyılın ortasında Jovan Hadzi adlı Macar bir zoolog, ilk çok-hücrelinin yuvarlak değil, bir yassısolucan gibi uzun olduğunu öne sürdü. İlk çok-hücreli için benimsediği çağdaş model, Randevu 27'de karşılaştığımıza benzer bir sölomsuz solucandı. Bundan, çok çekirdekli bir kirpikli tek-hücreli (onlarla Randevu 37'de buluşacağız) türetti. Bugün bazı küçük yassısolucanların yaptığı gibi, dipte kirpikleriyle sürünüyordu. Hücre duvarları çekirdeklerin arasında ortaya çıkıp, çok-çekirdekli tek bir hücreden oluşan uzun bir tek-hücreliyi ("sinsityum"), her biri kendi çekirdeğine sahip hücrelerden oluşan sürünen bir solucana –ilk çok-hücreliye- dönüştürdü. Hadzi'ye göre, knidliler ve taraklılar gibi yuvarlak çok-hücreliler, uzun solucan şekillerini daha sonra kaybedip ışınsal-simetrik hale geldiler; hayvanlar âleminin büyük çoğunluğu ise, bugün etrafımızda gördüğümüz biçimde iki-taraflı solucan şeklini geliştirmeye devam ettiler.

Hadzi'nin randevu noktaları sırası, bizimkinden çok farklı olurdu. Knidlilerle ve taraklılarla randevu, sölomsuz yassısolucanlarla randevudan önce olurdu. Ne yazık ki, modern moleküler kanıtlar Hadzi'nin sıralamasına karşı çıkıyor. Bugün pek çok zoolog, Hadzi'nin "sinsitli kirpikli" kuramına karşı Haeckel'in "kolonici kamçılı" kuramının bir versiyonunu destekliyor. Ama ilgi Volvokslardan uzaklaşıp, hikâyesini dinlediğimiz gruba, yakalıkamçılılara kaydı.

Kolonici yakalıkamçılıların bir tipi, süngere o kadar çok benzer ki, *Proterospongia* denilir. Bireysel yakalıkamçılılar (yoksa kellemizi tehlikeye atıp, koanositler –yakalılar– mi desek?), bir pelte matrisine gömülüdürler. Koloni, bir küre değildir. *Proterospongia*, bir süngerin iç tarafına egemen olanlardan neredeyse ayırt edilemeyen tipte hücrelerden oluşan bir kolonidir. Yakalıkamçılılar, süngerlerin ve sonuçta tüm Çok-hücreliler grubunun kökenini sahnelemek için en makul aday olarak benim oyumu alıyor.

Yakalıkamçılılar, henüz hac kafilemize katılmamış diğer organizmalarla birlikte "Tek-hücreliler" sayılırlardı. Tek-hücreli, bir filumun adı olarak artık işe yaramıyor. Tek-hücreli (ya da bazılarının tercih edeceği gibi hücresiz –kurucu hücrelere ayrılmayan bir vücudu olan) bir organizma olmanın bir sürü farklı yolu vardır. Daha önce Tek-hücreli olarak bilinen grubun farklı üyeleri, mantarlar ve bitkiler gibi büyük çok-hücreli kafilelerden ayrı olarak, şimdi hac yolculuğumuza katılacaklar. Tek-

hücreli bir ökaryotun gayri resmi adı olarak tek-hücreli sözcüğünü kullanmaya devam edeceğim.

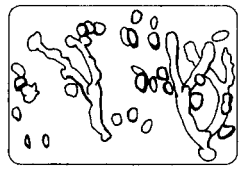
Randevu 33
DRIP'LER

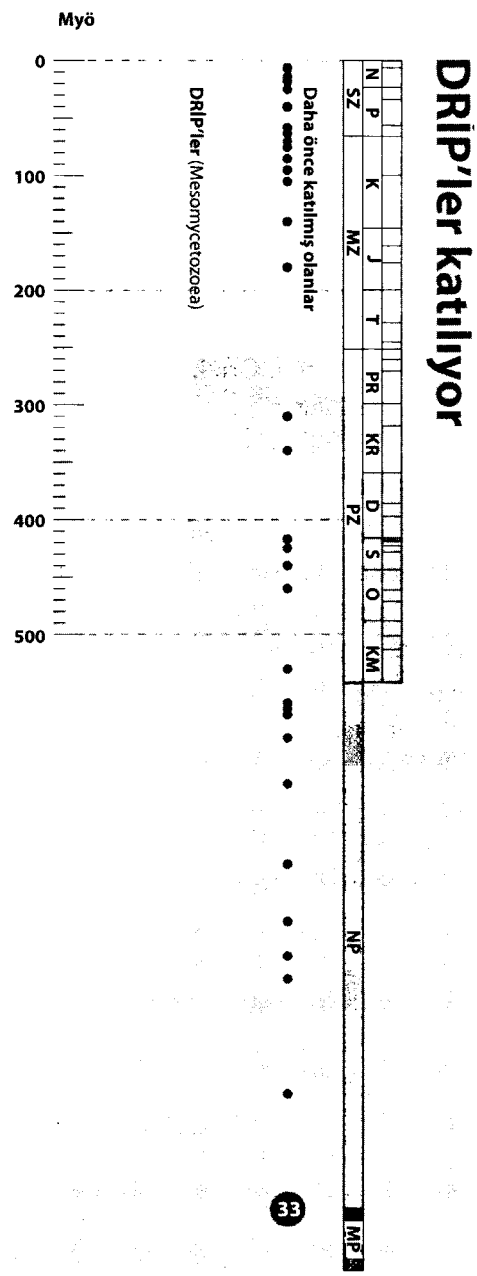
Mesomycetozoea ya da Ichthyosporea olarak bilinen, çoğunluğu balık ve diğer tatlı su havyanlarında parazit olarak yaşayan küçük bir tek-hücreli grubu vardır. Mesomycetozoea adı, hem mantarlarla, hem hayvanlarla bir ilişkiyi gösterir ve biz hayvanlarla randevularının, hepimiz mantarlara katılmadan önceki son randevumuz olduğu doğrudur. Bu olgu, şimdiye kadar oldukça çeşitli bir tek-hücreli parazitler kümesi oluşturan grubu hem birbirleriyle hem hayvanlarla ve mantarlarla birleştiren moleküler genetik araştırmalardan biliniyor.*

Hem "Mesomycetozoea,"nın hem "Ichthyosporea"nın adlarının anımsanması oldukça zordur ve hangisinin tercih edilmesi gerektiği konusunda bir anlaşmazlık vardır. DRIP'ler takma adını –grubu keşfedenlerin bildiği dört cinsin adlarının baş harflerinden oluşan bir ad– kullanma pratiğinin gelişmesinin nedeni bu olabilir. D, I ve P harflerini veren cinsler, *Dermocystidium*, *Ichthyophonus* ve *Psorospermium*'dur. R, Latince bir adı temsil etmediği için her zaman biraz hileli oldu. R, "Rosette agent"in R'sidir; ticari açıdan önemli olan bu parazitin resmi adı *Sphaerothecum destruens*'tir. Bu yüzden, kısa adın değiştirilip DIP'ler yapılmış olması gerekirdi diye düşünüyorum. Ama DRIP tutmuş gibi görünüyor. Neyse ki, adı tesadüfen R ile başlayan başka bir organizmanın bir DRIP olduğu yakın zamanda keşfedildi. Bu, insan burnunun bir paraziti olan *Rhinosporidium seeberi*'dir. Bu yüzden DRIP'leri kullanmaya devam edebiliriz.

Rhinosporidium seeberi ilk kez 1890'da keşfedildi ve insan, aslında memeli burnunun tatsız bir hastalığı olan rinosporidozisin nedeni olduğu uzun süredir biliniyordu; ama akrabaları bir sırdı. Farklı zamanlarda tek-hücreli direğinden mantar sütununa taşındı; ama şimdi moleküler araştırmalar beşinci DRIP olduğunu gösteriyor. *R. seeberi*, polipe benzeyen düğümcüklerle burun deliklerini tıkar. Rinosporidozis esas olarak tropikal bir hastalıktır ve doktorlar, uzun süre, insanların tatlı su ırmaklarında ya da göllerinde yıkanarak kaptıklarından kuşkulandılar. Bilinen diğer DRIP'ler tatlı su balıklarının, tatlı su ıstakozlarının ya da

*Kafa karıştırıcı bir biçimde, Mesomycetozoea'ya karşıt olarak Mesomycetozoa adı (farkı fark edebiliyor musunuz?), daha kapsayıcı bir grup için kullanıldı. Bu, tıpkı bizim akrabalarımız için kullanılan Hominoidea, Hominidae, Homininae, Hominini adları gibi, kesinlikle kafa karıştırmak için tasarlanmış gibi görünüyor ve ben hepsini boykot etmeyi tercih ediyorum.





20. DRIPLer katılıyor. Hayvanların en yakın tek-hücreli akrabaları, yakalıkamçılılar ve DRIP'lerdir. Bu iki grubun birbirlerinin yakın akrabası mı oldukları, yoksa 30 kadar tanımlanmış DRIP türünün diğerlerinin en uzak akrabaları mı oldukları şimdilik kesin değil. Şimdiye kadarki en kapsamlı moleküler araştırma, ikincisini destekliyor.
Çizgi resim: *Ichthyophonus hoferi.*

amfibyumların parazitleri olduklarına göre, tatlı su hayvanlarının *R. seeberi*'nin de konağı olması olası görünür. Bir DRIP olduğunun keşfedilmesi, başka bakımlardan da doktorlara yararlı olabilir. Örneğin, mantar ilaçlarıyla tedavi etme girişimleri başarısız oldu ve şimdi nedenini biliyoruz: Bu, bir mantar değildir.

Dermocystidium, sazanların, somonların, yılanbalıklarının, kurbağaların ve sukelerlerinin derilerinde ya da solungaçlarında kist olarak çıkar. *Ichthyophonus*, 80'den fazla balık türünde ekonomik bakımdan önemli sistemik enfeksiyonlara neden olur. Eski dostumuz Ernst Haeckel'in keşfettiği *Psorospermium*, tatlı su ıstakozlarına bulaşır ve yine tatlı su ıstakozu stokları üzerinde önemli ekonomik etkileri vardır. *Sphaerothecum*, gördüğümüz gibi, somon balıklarına bulaşır.

DRIP organizmalar, evrimsel aristokrat statüleri olmasa, önemsiz diye bir tarafa atılırlardı –ne de olsa, dallanma noktaları hayvanlar âleminde en dipte yer alan noktadır ve bizimle randevuları en eski randevudur. Tek-hücreli organizmaların çok-hücreli yorgun gözlerimize epeyce benzemeleri dışında, Ortak Ata 33'in neye benzediğini bilmiyoruz. Bir DRIP gibi bir parazit değildi –bir balık, amfibyum, kabuklu ya da insan paraziti değildi, bu kesin; çünkü bunların hepsi hayal edilmesi bile zor, uzak bir gelecekte ortaya çıkacaklardı.

DRIP'lere eşlik eden sıfatlardan biri de "muammalı"dır ve ben kimim ki, gelenekten kopayım? Bir DRIP kendi muammalı hikâyesini anlatacak olsaydı, sanırım, hazır bu kadar eski randevu noktalarına gelmişken, hayatta kalan tek-hücreli kuzenlerimizin hayatta kalmalarının nasıl neredeyse keyfi olduğunu anlatan bir hikâye olurdu,bu. Tesadüf değil, bilim insanlarının moleküler genetik düzeyinde incelemek için seçtikleri tek-hücreli organizmaların seçilmeleri de oldukça keyfidir. Bazı DRIP'ler ticari açıdan önemli balık parazitleri oldukları ve bazıları da burunlarımızı tıkadıkları için, insanlar DRIP'lere dikkatle baktılar. Yaşamın aile ağacında bir o kadar önemli olan, ama sözün gelişi somon balıklarında ya da insanlarda değil, komodo ejderinde parazit olarak yaşadıkları için kimsenin ilgilenme zahmetine katlanmadığı tek-hücreli organizmalar olabilir.

Ama hiç kimse mantarları görmezden gelemez. Şimdi mantarları selamlamak üzereyiz.

Randevu 34
MANTARLAR

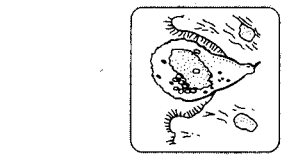
Randevu 34'te biz hayvanlara, üç büyük çok-hücreli âlemin ikincisi, mantarlar âlemi katılıyor. Üçüncü âlem bitkilerden oluşur. Bitkilere bu kadar çok benzeyen mantarların, bitkilerden çok hayvanlara yakın olmaları ilk bakışta şaşırtıcı olabilir; ama moleküler karşılaştırmalar kuşkuya yer bırakmıyor. Belki çok da şaşırtıcı değil. Bitkiler güneşten biyosfere enerji ithal ederler. Hayvanlar ve mantarlar, farklı biçimlerde, bitki dünyasının parazitleridir.

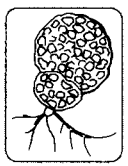
Mantarlar çok büyük ve çok önemli bir hacı kafilesidir; toplam 1,5 milyon olduğu tahmin edilen türlerinin şimdiye kadar 69.000'i tanımlanmıştır. Göbelekler ve şapkalımantarlar, yanlış bir izlenim verirler –bitkilere çok benzeyen bu yapılar, buzdağının spor üreten tepeleridir. Göbeleği meydana getiren organizmanın yaptığı işin büyük bölümü -hif denilen yaygın bir iplik ağı-yerin altındadır. Bir mantar türüne ait hif topluluğuna, miselyum denilir. Tek bir mantarın miselyumunun toplam uzunluğu kilometrelerle ölçülebilir ve geniş bir alana yayılabilir.

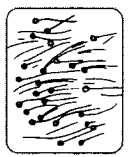
Tekil bir göbelek, bir ağaçta büyüyen çiçek gibidir. Ama bu "ağaç", uzun, dikey bir yapı olmak yerine, yeraltında, toprağın üst tabakalarında dev bir tenis raketinin telleri gibi yayılıdır. Mantar çemberi, bunun canlı bir örneğidir. Çemberin çevresi, başlangıçta belki de tek bir spor olarak orta noktadan başlayıp dışarıya doğru yayılan bir miselyumun büyüme ölçüsünü temsil eder. Genişleyen miselyum çemberinin dış kenarı (beslenme kenarı), raketin çerçevesi, sindirimin bozuk ürünlerinin en zengin olduğu yerdir. Bu ürünler, çemberin etrafında daha gür yetişen otların besin kaynağıdır. Etli gövdelerin belirdiği (göbeleklerde ya da düzinelerce akraba mantar türünde olduğu gibi) noktalarda, otlar çemberin içinde de yetişir.

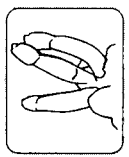
Hifler, enine duvarlarla hücrelere ayrılabilirler. Ama bazen de bölünmezler ve DNA içeren çekirdekler, sinsityum, yani ayrı hücrelere bölünmemiş çok çekirdekli bir doku içindeki hif boyunca sıralanırlar (*Drosophila*'nın erken gelişim evresinde ve Hadzi'nin Çok-hücrelilerin kökenine ilişkin kuramında diğer sinsityumlarla karşılaştık). Tüm mantarların, iplik-benzeri bir miselyumu yoktur. Maya gibi bazı mantarlar, yayılmış bir kitle içinde bölünüp büyüyen tek hücrelere geri dönmüştür.

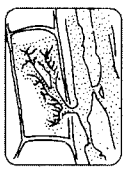
Mantarlar katılıyor

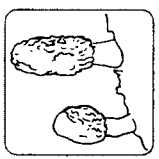


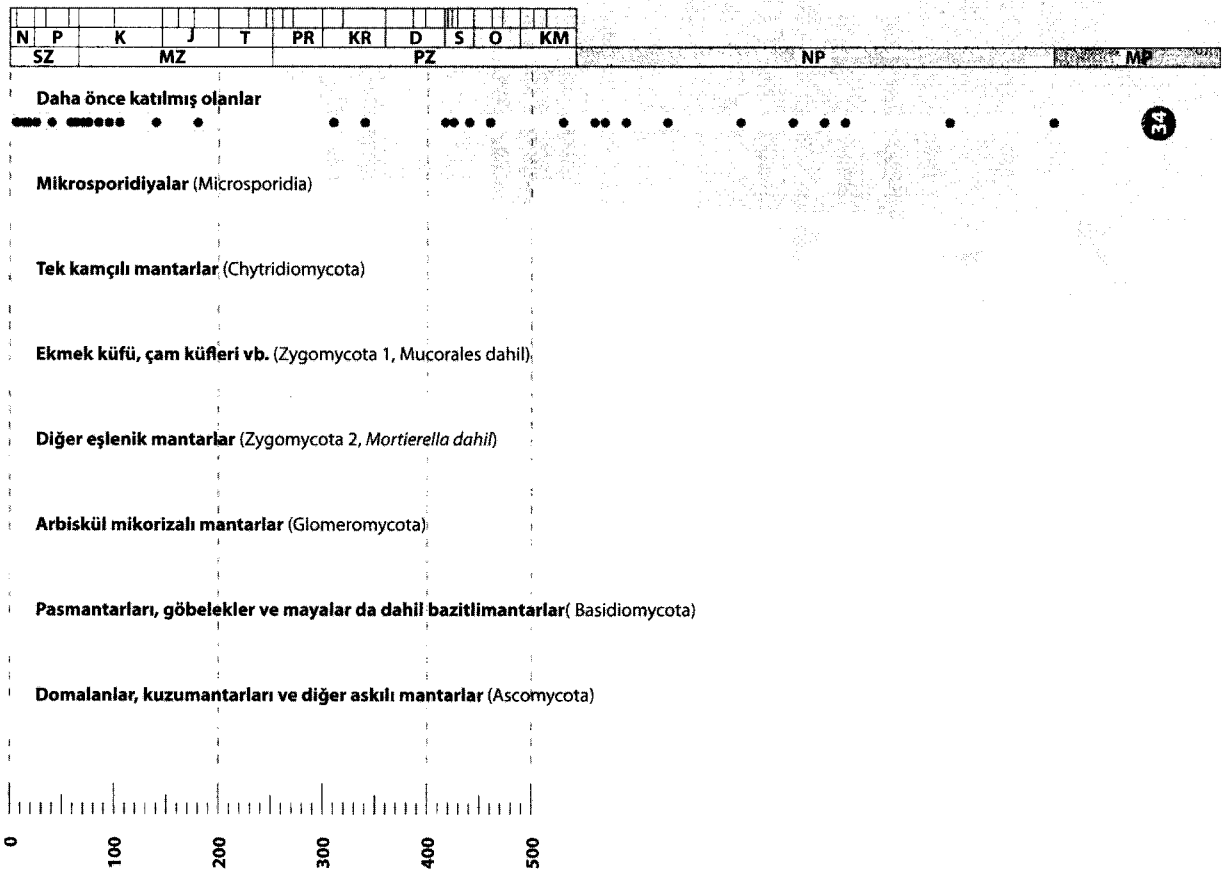












Hiflerin (ya da maya hücrelerinin) yaptığı şey, içinden geçtikleri şeyi sindirmektir: ölü yapraklar ve diğer çürük maddeler (toprak mantarları örneğinde); kesilmiş süt (peynir mayası örneğinde); üzüm (şarap mayası örneğinde); üzüm ezenin ayak parmakları (ayağında mantar varsa).

Etkili sindirimin anahtarı, emici yüzeyin büyük bir bölümünü yiyeceğe açmaktır. Biz yiyeceği çiğneyip küçük parçalara ayırarak ve bu parçaları, villus denilen küçük çıkıntılar ormanıyla kaplı uzun bir sindirim borusundan geçirerek bunu başarırız. Ayrıca her villusun, tüybenzeri mikro-viluslardan oluşan bir fırça kenarı vardır; bu yüzden yetişkin bir insanın bağırsağının toplam emici alanı, milyonlarca santimetrekaredir. *Phallus* [bkz. resim 45] ya da tarla göbeleği *Agaricus campistris* gibi bir mantar, miselyumunu, benzer bir toprak alanına yayıp, sindirim enzimleri salgılar ve bulunduğu yerdeki toprak malzemesini sindirir. Mantar, bir domuzun ya da sıçanın yaptığı gibi, dolaşıp yiyecek yemez ve yediklerini kendi vücudunda sindirmez. İplikbenzeri miselyum biçiminde "bağırsak"larını yiyeceğe doğru uzatır ve yiyeceği yerinde sindirir. Bazen hifler birleşip, fark edilir biçimli tek bir katı yapı oluştururlar: Göbelek (ya da şapkalımantar).

100.000 kişilik yeni bir hacı kafilesinden bekleneceği gibi, Randevu 34'te bize katılmadan "önce" büyük alt-kafileler halinde birbirleriyle buluşmuşlardır. Mantarların tüm büyük alt-gruplarının adı, Yunancada "göbelek" anlamına gelen "mycota" ile biter (bazen de "mycete" olarak yazılır).* Hayvanlarla mantarlar arasında bir tür ara statüyü ima eden DRIP'lerin adında, Mesomycetozoea adında, "mycete" ile karşılaşmıştık. Mantar hacıların en büyük ve en önemli iki alt-grubu, Askılımantarlar (Ascomycetes ya da Ascomycota) ile Bazitlimantarlardır (Basidiomycetes ya da Basidiomycota).

* Yazar, burada mantar alt-gruplarına ait adların Latincedeki düzenlenişinden söz ediyor. [e.n.].

Mantarlar katılıyor. Moleküler taksonomi, mantarların bitkilerden çok hayvanlara yakın olduklarını ortaya çıkarıyor. En büyük iki grup, tanımlanmış yaklaşık 40.000 türü bulunan Askılımantarlar (Ascomycota) ve tanımlanmış yaklaşık 22.000 türü bulunan Bazitlimantarlar (Basidiomycota), genellikle en yakın akraba sayılır ve son araştırmalar, arbiskül mantarların da onların kardeş grubu olduklarını gösteriyor. Geriye kalan 3.000 kadar mantarın dalları ve grupları, özellikle daha önce "Zygomycota" adı altında toplanan ayrı dalların sayısı ve mikrosporidiyaların konumu tam olarak saptanmamıştır.
Çizgi resim, soldan sağa: Kuzumantarı (*Morchella esculenta*); arsız boynuz (*Phallus impiducus*); arbiskül mantar (*Glomus*); çançiceği kökünden (*Hyacinthoides nonscripta*); çam küfü (*Mucor*); Rhizoclostamium; *Enterocytozoon bieneusi*.

Askılımantarlar, bazı ünlü ve önemli mantarları kapsar; Fleming'in tesadüfen keşfettiği ve Florey, Chain ve meslektaşları tarafından 13 yıl sonra yeniden keşfedilene kadar önemsenmeyen ilk antibiyotiğin kaynağı olan ve *Penicillium* denilen küf gibi. Antibiyotik adının yerleşmiş olması oldukça üzücüdür. Bu ajanlar virüslere değil, bakterilere saldırır ve bunlara antibiyotik yerine, antibakteriyel denilseydi, hastalar doktorlardan viral enfeksiyonlar için penisilin yazmasını istemekten vazgeçebilirlerdi. Nobel ödülü kazanan başka bir askılımantar da, *Neurospora crassa* adlı küftür; Beadle ile Tatum, bu küfle "bir gen bir enzim" varsayımını geliştirdiler. Sonra ekmek, şarap ve bira yapan insan dostu mayalar ve vajina yangısı gibi tatsız hastalıklara yakalanmamıza neden olan *Candida* var. Yenilebilir kuzumantarları ve oldukça pahalı yermantarları da askılımantardır. Yermantarları geleneksel olarak dişi domuzların yardımıyla bulunurlar; erkek domuzların salgıladığı bir erkek seks feromonu olan alfa-androstenol'ü andıran kokuları dişi domuzları kendine çeker. Yermantarlarının bu ölüm kapısını neden aralıkları bilinmez; ama, midemize çekici gelmelerinin nedeni bu olabilir.

Yenilebilir olan ya da yenilemezliğiyle nam salmış veya halüsinojenik mantarların pek çoğu da bazitlimantardır: göbelekler, horozmantarı, boletus mantarı, şitaki mantarı, mürekkep şapkalı mantar, öldürücü mantar, arsız boynuz, yermantarı ve kurtmantarı. Spor üreten vücutları, bazen etkileyici boyutlara ulaşabilir. Bazitlimantarlar da, pas ve is olarak bilinen bitki hastalıklarının nedeni olarak ekonomik bakımdan önemlidirler. Glomeromycetes denilen uzman bir grubun üyelerinin yanı sıra, bazı bazitlimantarlar ile bazı askılımantarlar bitkilerle işbirliği yapıp, kök kıllarını mikorizayla takviye ederler –kısaca anlatacağım en ilginç öykü.

Bağırsaklarımızdaki villusların ve bir mantarın miselyum ipliklerinin, sindirim ve emilim alanını fazlalaştırmak için ince ve küçük olduklarını gördük. Aynı şekilde bitkilerin de, su emme ve topraktan besin alma alanını genişletmek için sayısız ince kök kılları vardır. Kök kılları gibi görünen şeyin çok büyük bir bölümünün bizzat bitkinin bir parçası olmaması, şaşırtıcı bir olgudur. Bu bitkilerin kök kıllarını, miselyumları gerçek kök kıllarına benzeyen ve onlar gibi çalışan simbiyotik mantarlar tedarik eder. Bunlar mikorizadır ve daha yakın bir inceleme, mikoriza ilkesinin birbirinden bağımsız evrilmiş birkaç yolu bulunduğunu gösterir. Gezegenimizdeki bitki yaşamının çoğu, mikorizaya bağımlıdır.

Daha da etkileyici bir simbiyotik işbirliğiyle, bazitlimantarlar ile askılımantarlar, alglerle ve siyanobakterilerle birlik olup likenleri, her or-

tağın başarabileceğinden çok fazlasını başarabilen ve her ortağın vücut biçiminden çok farklı vücut biçimleri üretebilen konfederasyonları yaratırlar. Likenler bazen bitkilerle karıştırılır ve bu, o kadar da yanlış sayılmaz –zira bitkiler de, Büyük Tarihsel Randevu'da göreceğimiz gibi, başlangıçta gıda üretimleri için fotosentezci mikroorganizmalarla bir anlaşma yaptılar. Likenler, iki organizmadan meydana gelen, oluşum halinde bitki sayılabilir. Mantara, fotosentezci mahsuller "çiftliği" denilebilir. Metafor, bazı likenlerde ortaklığın büyük ölçüde işbirliğine dayanması, bazılarında ise mantarın daha sömürücü olması gerçeğinden gelir. Evrim kuramı, mantarın üremesi ile fotosentezcinin üremesinin el ele gittiği likenlerde, işbirliği ilişkilerinin oluştuğunu öngörür. Mantarın yalnızca çevredeki fotosentezci organizmaları yakaladığı likenlerde daha sömürücü ilişkiler olduğu düşünülmektedir. Durum buymuş gibi görünüyor.

Likenlerde beni özellikle büyüleyen şey, fenotiplerinin (bkz. Kunduz'un Hikâyesi) bir mantara benzememesidir –aslında bir alge de benzemez. İki gen kümesinin işbirliğiyle oluşmuş çok özel bir "geniş fenotip" türünü oluştururlar. Diğer kitaplarda açıklanan yaşam görüşüme göre, bu tür bir işbirliği, bir organizmanın "kendi" genlerinin işbirliğinden çok farklı değildir. Hepimiz simbiyotik gen kolonileriyiz –kendileriyle ilgili fenotipler örmek için işbirliği yapan genlerden oluşan koloniler.

Randevu 35
AMİPLER

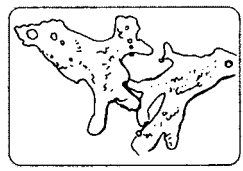
Randevu 35'te, popüler, küçük bir yaratık bize katılıyor. Bu yaratığın, popüler, hatta bilimsel imgelemde, en ilkel varlık olma konusundaki ünü "protoplazma"dan biraz fazlaydı: *Amoeba proteus*. Bu görüşe göre, Randevu 35 hac yolculuğumuzda son karşılaşma olurdu. Ama hâlâ gidecek yolumuz var ve *Amoeba*'nın, bakterilerle karşılaştırıldığında, oldukça ileri, ayrıntılı bir yapısı vardır. Şaşırtıcı ölçüde büyüktür ve çıplak gözle görülebilir. Dev amip *Pelomyxa palustris*, yarım santimetre kadar olabilmektedir.

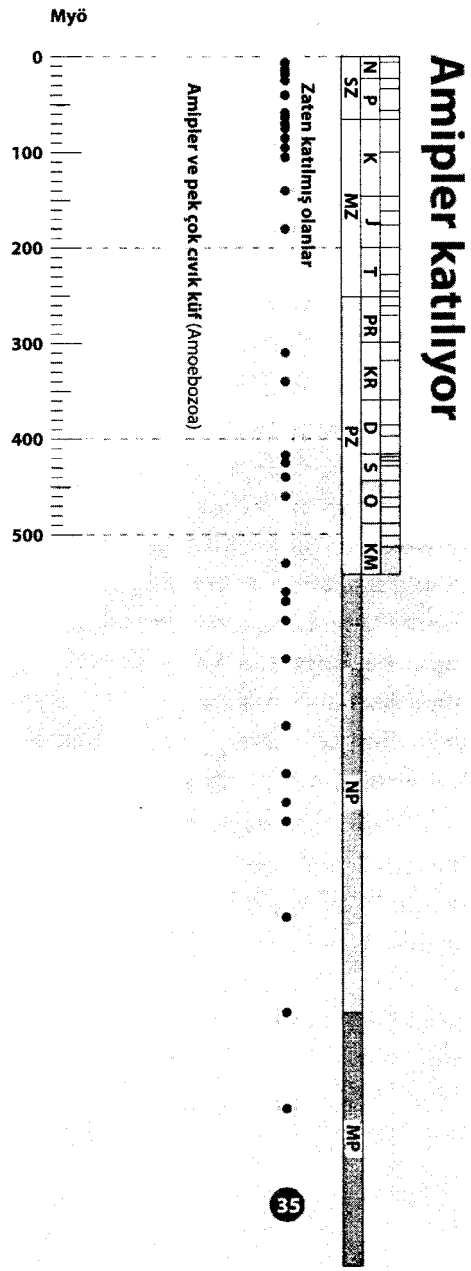
Amiplerin sabit bir şekilleri yoktur –bu nedenle tür adı, şekil değiştiren Yunan tanrısından gelen *proteus*'tur. Yarı-sıvı içlerini akıtarak, ya az çok toplu tek bir damla olarak ya da yalancı ayaklarını sürüyerek hareket ederler. Bazen, geçici olarak dışarı çıkan bu "ayakların" üzerinde "yürürler". Avı içlerine çekerek yerler; yalancı ayakları avın etrafına sarıp bir su küresi içinde içlerine çekerler. Bir amibin içine çekilmek, bir kâbus olurdu; eğer kâbus göremeyecek kadar küçük değilseniz. Küre ya da koful, dış dünyanın bir parçası, amibin "dış" duvarının bir kısmıyla kaplı parçası sayılabilir. Besin kofulun içine girince sindirilir.

Bazı amipler hayvanların bağırsaklarında yaşarlar. Örneğin *Entamoeba coli*, insan kalınbağırsağında son derece yaygındır. Bu, *Escherichia coli* bakterisiyle karıştırılmamalıdır. Kalınbağırsağın iç duvarını kaplayan hücreleri yok edip –Britanya'da Delhi göbeği ABD'de ise Montezuma'nın İntikamı olarak bilinen- amipli dizanteriye neden olan yakın akrabası *Entamoeba histolytica*'dan farklı olarak, bize hiçbir zararı yoktur.

Oldukça farklı üç amip grubuna, birbirlerinden bağımsız benzer alışkanlıklar geliştirdikleri için, "cıvık küfler" denilir (ayrıca, Randevu 37'de bize katılacak olan bunlarla ilgisi olmayan bir başka "cıvık küf" grubu vardır). Bunlardan amipgillerden olanların en ünlüleri, hücreli cıvık küfler ya da diktyostelidlerdir. Saygın Amerikalı biyolog J. T. Bonner bunlara ömrünü verdi ve aşağıdakilerin çoğu, onun bilimsel anıları *Life Cycles*'tan alınmıştır.

Hücreli cıvık küfler, sosyal amiplerdir. Bireylerden oluşan sosyal bir grup ile tek bir çok-hücreli birey arasındaki ayrımı fiilen bulanıklaştırırlar. Yaşam döngülerinin bir bölümünde ayrı amipler





Amipler katılıyor. "Amip" sözcüğü kesin bir sınıflandırmadan çok bir betimlemedir; çünkü birbiriyle ilişkisiz birçok ökaryot, amipsi bir biçim sergiler. Amipler başlığı, burada gösterilen *Amoeba proteus* gibi klasik amiplerin yanı sıra, pek çok cıvık küfü de kapsar –tanınan toplam yaklaşık 5.000 tür.
Çizgi resim: *Amoeba proteus*.

toprakta sürünür, bakterilerle beslenir ve olması gerektiği gibi, ikiye bölünerek, sonra biraz daha beslenip tekrar bölünerek ürerler. Sonra oldukça ani bir biçimde amipler "sosyal tarz"a geçerler. Toplanma merkezlerinde buluşurlar; bu toplanma merkezlerinden dışarıya kimyasal çekiciler yayılır. Bir çekim merkezine ne kadar çok amip akarsa, merkezin çekiciliği o kadar çok artar; çünkü daha fazla işaret niteliğinde kimyasal salgılanır. Biraz gezegenlerin bir araya toplanan molozlardan oluşmasına benzer. Verili bir çekim merkezinde ne kadar çok moloz birikirse, çekim kuvveti o kadar artar. O yüzden bir süre sonra yalnızca birkaç çekim merkezi kalır ve onlar da gezegen olurlar. Her büyük çekim merkezindeki amipler de sonunda vücutlarını birleştirip tek bir çok-hücreli kütle oluştururlar ve bu kitle de uzayıp, bir çok-hücreli "sümüklüböcek"e dönüşür. Yaklaşık bir milimetre uzunluğunda olan bu "sümüklüböcek," belirgin önü ve arkasıyla bir sümüklüböcek gibi hareket eder ve tutarlı bir yöne doğru –örneğin ışığa doğru– yol alabilir. Amipler, bireyselliklerini bastırıp, bütün bir organizma oluşturmuşlardır.

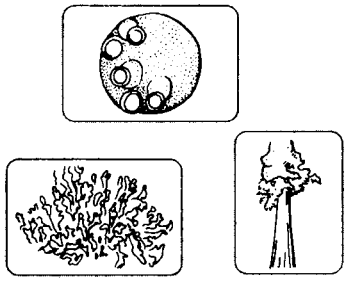
Bir süre ortalıkta süründükten sonra, sümüklü yaşam döngüsünün son evresini, göbeleğe benzer "etli gövde"nin dikilmesi evresini başlatır. Minyatür göbeleğin "sap"ı olan "baş"ın (sürünme yönüne göre tanımlanmış ön taraf) üzerinde durarak süreci başlatır. Sapın içi, ölü hücrelerin yutulmuş selüloz iskeletlerinden oluşan içi oyuk bir boruya dönüşür. Şimdi borunun tepesinin etrafındaki hücreler, ters akan bir fıskiye gibi borunun içine akar. Sonuçta sapın ucu havaya yükselir, sapın başlangıçtaki arka ucu tepe olur. Başlangıçta arka olan uçtaki amiplerin her biri, kalın bir koruyucu kabuk içine girmiş bir spor haline gelir. Bir göbeleğin sporları gibi kabuklarını kırıp, serbest yaşayan, bakteri yiyen amip olarak dışarı çıkarlar ve yaşam döngüsü yeniden başlar.

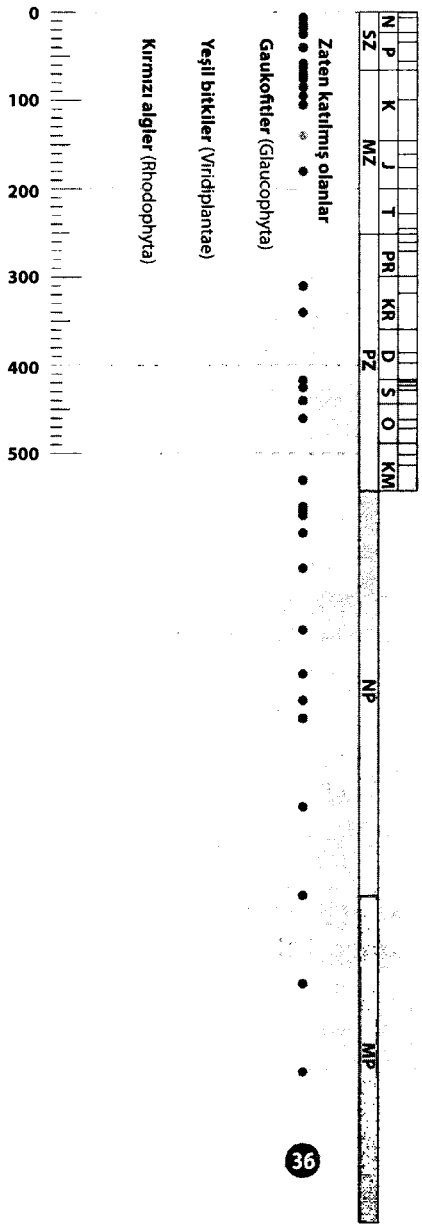
Bonner, bu tür sosyal mikropların müthiş bir listesini verir –çok-hücreli bakteriler, çok-hücreli kirpikliler, çok-hücreli kamçılılar ve sevgili cıvık küfleri de dahil, çok-hücreli amipler. Bu yaratıklar, belki bizimki gibi bir çok-hücreliliğin öğretici yeniden canlandırmalarını (ya da önceden canlandırmalarını) temsil edebilirler. Ama tamamen farklı olduklarını ve bundan ötürü de daha büyüleyici olduklarını düşünüyorum.

Randevu 36
BİTKİLER

Randevu 36, yaşamın gerçek efendileri bitkilerle buluştuğumuz yerdir. Yaşam hayvansız ve mantarsız olabilirdi. Ama bitkiler yok olsa, yaşam hemen son bulur. Bitkiler, neredeyse her besin zincirinin tabanında –tam temelinde– bulunurlar. Gezegenimizdeki en dikkate değer yaratıklardır; ziyarete gelen bir Marslının ilk fark edeceği canlı şey bitkilerdir. Şimdiye kadar yaşamış en büyük tekil organizmalar bitkilerdir ve dünyanın biyokütlesinin etkileyici bir oranı, bitkilerin içinde kilitlidir. Bu tesadüf değildir. Böylesine yüksek bir oran, neredeyse tüm biyokütlenin eninde sonunda, büyük çoğunluğu yeşil bitkilerle olan fotosentez yoluyla güneşten gelmesi ve besin zincirinin her halkasındaki işlemin, yalnızca yaklaşık yüzde 10 etkili olması gerçeğinden kaynaklanır. Yeryüzü bitkilerden ötürü yeşildir ve deniz yüzeyi de, eğer üzerinde yüzen fotosentezci halı, dikkate değer ölçüde yeşil ışık yansıtamayacak kadar küçük mikroorganizmalar yerine mikroskobik bitkilerden oluşsaydı, yeşil olurdu. Sanki bitkiler her santimetrekareyi yeşille örtmek, örtüsüz bir yer bırakmamak için yola çıkmışlar gibi. Çok anlaşılır bir nedenle, yaptıkları da büyük ölçüde budur zaten.

Sınırlı sayıda foton güneşten gezegenin yüzeyine ulaşır ve fotonun her zerresi değerlidir. Bir gezegenin kendi yıldızından alabildiği toplam foton sayısı yüzey alanıyla sınırlıdır ve herhangi bir zamanda yalnızca bir yüzünün yıldıza bakması, işi zorlaştırır. Gezegenin bakımından, gezegen yüzeyinin yeşil almayan her santimetrekaresi, ihmâlkarlık sonucu boşa harcanmış foton toplama fırsatı anlamına gelir. Yapraklar, birim başına yakalanan foton miktarını azamileştirmek için olabildiğince yassı güneş panelleridir. Yaprakları diğer yaprakların, özellikle de başka bir bitkinin yapraklarının gölgesi altında kalmayacak şekilde yerleştirmek önemlidir. Orman ağaçlarının bu kadar uzun olmalarının nedeni budur. Uzun ağaçların orman dışında var olması anlamsızdır; orman dışında varsalar da bu muhtemelen insan eliyle olmuştur. Etraftaki tek ağaç sizseniz, uzamaya çalışmak boşa harcanmış bir çabadır. Otlar gibi yayılmak daha iyidir; çünkü böylece büyüme yolunda, birim çaba başına daha fazla foton yakalayabilirsiniz. Ormanlara gelince, loş olmaları tesadüf değildir. Yere ulaşan her foton, yukarıdaki yapraklar adına bir başarısızlığı temsil eder.





Bitkiler katılıyor. Bitkiler, yaklaşık 13 glaukofit (morfolojileri serbest yaşayan siyanobakterilere çok benzeyen kloroplastlarla birlikte tek-hücreli algler) türünü, 5.000 kadar kırmızı alg türünü ve yaklaşık 30.000 "yeşil bitki" türünü kapsar. Yeşil bitkiler, daha fazla tanınan yosunlar, eğreltiotları, kozalaklılar, çiçekli bitkiler ve benzeri bitkilerin yanı sıra, *Volvox* gibi birçok tek-hücreli ve kolonici yeşil algleri kapsar. Bu üç grubun dallanma sırası, makul ölçüde iyi saptanmıştır; ama genel olarak ökaryotik filogenide bitkilerin konumu tartışmalıdır (bkz. Randevu 37).

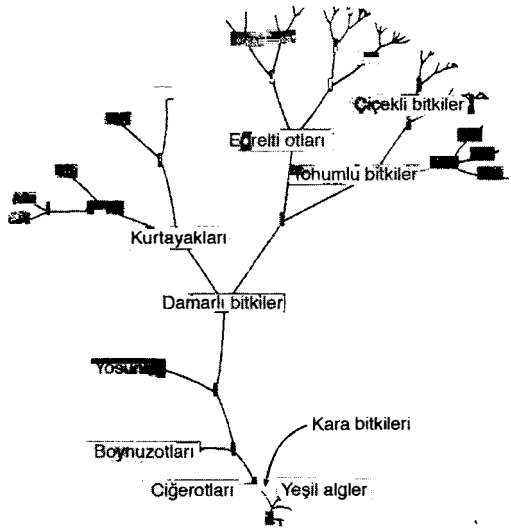
Çizgi resimler, soldan sağa: Kırmızı deniz otu (*Rhodymenia palmata*); volvoks (*Volvox aurelia*); dev sekoya (*Sequoadendron giganteum*).

Sinekkapanlar gibi birkaç istisna dışında, bitkiler yer değiştirmezler. Süngerler gibi birkaç istisna dışında, hayvanlar yer değiştirir. Bu farkın nedeni ne? Bunun bitkiler foton yerken, hayvanların (eninde sonunda) bitki yemesiyle ilişkisi olmalı. Elbette bu "eninde sonunda"ya ihtiyacımız var; çünkü bitkiler, bazen ikinci ya da üçüncü elden, diğer hayvanları yiyen hayvanlar kanalıyla yenilir. Peki ama, foton yerken, kökleriyle yerde sabit durmayı iyi bir düşünce yapan şey nedir? Bir bitki olmak yerine, bitki yiyip yer değiştirmeyi iyi bir düşünce yapan nedir? Sanırım, bitkiler sabit durduklarına göre, hayvanları onları yemek için hareket etmek zorundadırlar. Peki bitkiler neden sabit durur? Belki topraktan besin emmek için kök salma ihtiyacıyla ilişkili bir durum olabilir. Belki hareket etmek istediğinizde gireceğiniz en iyi şekil (katı ve tek parça) ile çok sayıda foton tutmak istediğinizde gireceğiniz en iyi şekil (geniş yüzey alanı, dolayısıyla dağınık ve hantal) arasında kapatılamaz bir mesafe vardır. Emin değilim. Nedeni ne olursa olsun, Bu gezegende evrilen mega-yaşamın üç büyük grubundan ikisi, mantarlar ve bitkiler, çok büyük ölçüde heykel gibi yerinden kımıldamazken, üçüncü grup, hayvanlar, çoğunlukla koşuştururlar. Hatta bitkiler bile dolaşmak için hayvanlardan yararlanırlar ve güzel renkleri, şekilleri ve kokularıyla çiçekler, bu manipülasyonun araçlarıdır.*

Burada, Randevu 36'da buluştuğumuz hacıların hepsi yeşil değildir. Aralarındaki en derin bölünme, bir yanda kırmızı algler ile diğer yanda yeşil bitkiler (yeşil algler de dahil) arasındadır. Kırmızı algler deniz kıyılarında yaygındır. Deniz kıyılarında çeşitli yeşil alg türleri de vardır ve yeşil algler tatlı sularda bol bulunur. Bununla birlikte en fazla tanınan denizyosunları kahverengi alglerdir ve çok uzak akrabadırlar: Randevu 37'de bize katılıyorlar. Bu randevuda selamladıklarımızdan en fazla tanınan ve en etkileyici olanlar, kara bitkileridir. Bitkiler, karayı hayvanlardan önce fethettiler. Bu besbelli; yenecek bitki olmasa, hayvanların orada işi ne? Bitkiler muhtemelen, doğrudan denizden karaya taşınmadılar; hayvanlar gibi, tatlı sular üzerinde serpildiler. Bir sanatçının Ortak Ata 36'ya ilişkin izlenimi için, resim 46'ya bakın.

Her zamanki gibi, büyük bir hacı ordusunu selamladığımızda, bizimle randevularından "önce" birbirleriyle buluşan karmaşık alt-gruplar halinde yürüdüklerini görürüz. Yeşil bitkilerle ilgili olarak, bu kitabı yazdığım sırada internette ulaşılabilen Deep Green adlı bir bilgisayar

* *Climbing Mount Improbable*'ın "Polen Grains and Magic Bullets" ve "A Garden Inclosed" adlı bölümlerine almamış olsaydım, bu konudaki bir hikâyeyi buraya alırdım.



Keşke Darwin ile Hooker'ın bir bilgisayarı olsaydı. Yeşil bitkilerin bir aile ağacı; Deep Green programından, http://ucjeps.berkeley.edu/map2.html. Program Mac'te ve virüs uyumlu PC'de çalışıyor. Ağacın kökü, resmin dip tarafındadır.

programını öneriyorum. Deep Green'i başlattığınızda, köklü bir filogenetik ağaç görürsünüz. Bazı dalların ucunda adları, bir bitkinin ya da bir grup bitkinin adı vardır. Bazılarının adı yoktur ve "sayfa dışı"nı işaret ederler. Bu programın güzelliği şu ki, ağacın büyüklüğünü farenizle ayarlayabilir, ağacın daha fazlasını görmek için sürükleyebilirsiniz. Sürüklerken, gözlerinizin önünde tomurcuklanan filizleri görebilirsiniz ve ağacı döndürdükçe, ekranda çok sayıda yeni, adsız dalla birlikte ortaya çıkan yeni adları görürsünüz. Sonra ağacı istediğiniz kadar inceleyebilirsiniz: Sonsuza kadar devam ediyor gibidir; yeşil bitkilerin ne kadar büyük bir çeşitlilik geliştirdiğini anlatır. Evrim ağacı cennetinde bir Darwin maymunu gibi dalları tırmanırken, karşılaştığınız her çatalın, bu kitaptaki anlamıyla gerçek bir randevu noktasını temsil ettiğini unutmayın. Bunun bir hayvan versiyonunun da olması, harika olurdu.

Daha önceki bir hikâyeyi, böyle bir zamanda zoolog olmanın keyifli olduğunu belirterek bitirdim. Bir botanikçi olmak için de aynı şeyi söyleyebilirim. Deep Green'i Joseph Hooker'a –yakın arkadaşı Charles Darwin'le birlikte– göstermek ne büyük bir zevk olurdu. Bunu düşündükçe ağlayasım geliyor.

KARNABAHAR'IN HİKÂYESİ

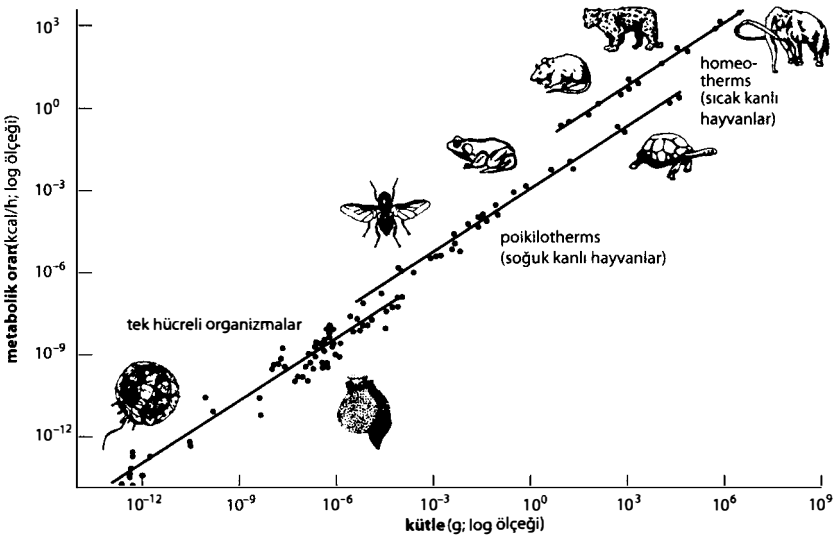
Yan Wong'la birlikte yazıldı

Bu kitaptaki hikâyelerin, anlatanın özel ilgilerinden fazlasını anlatması amaçlanır. Chaucer'ınkiler gibi, genel olarak yaşamı –Chaucer'de insan yaşamı, bizim örneğimizde yaşam– düşünmeleri istenir. Bitkilerin hayvanlara katıldığı Randevu 36'dan sonra toplanan büyük hacı kafilesine karnabahar ne anlatmalıdır? Her bitki ve her hayvan için geçerli önemli bir ilke. Bu, Becerikli'nin Hikâyesi'nin bir devamı olarak görülebilir.

Becerikli'nin Hikâyesi beyin büyüklüğüyle ilgiliydi ve farklı mekânları karşılaştırmak için logaritmik dağılım noktaları çizmekle epeyce oyalandı. Büyük hayvanların beyni, küçük hayvanların beyninden oransal olarak daha küçük gibi görünüyordu. Daha özel olarak, vücut kütlesine oranla beyin kütlesine ilişkin bir log-log grafiğin eğimi, tam olarak 3/4'tü. Anımsayacaksınız, bu, sezgisel olarak kavranabilir iki eğimin arasına düşüyordu: 1/1 (vücut kütlesiyle basit orantılı beyin kütlesi) ve 2/3 (vücut kütlesiyle orantılı beyin alanı). Log vücut kütlesine karşı log beyin kütlesi için gözlemlenen eğimin, 2/3'ten yüksek, 1/1'den düşük olmadığı ortaya çıktı. Tamı tamına 3/4'tü. Böyle bir veri kesinliği, kuramdan da eşit ölçüde bir kesinlik ister gibi görünüyor. 3/4 eğiminin mantıklı bir açıklamasını bulabilir miyiz? Kolay değil.

Sorunu daha da ağırlaştıran ya da bize bir ipucu veren biyologlar, beyin büyüklüğü dışında başka bir sürü şeyin de bu 3/4 ilişkisine uyduğunu uzun süredir fark etmekteydiler. Özellikle çeşitli organizmaların enerji kullanımı –metabolik oran– 3/4 kuralını izliyor ve bu, bilinen makul bir gerekçesi olmasa da, doğal bir yasa, Kleiber Yasası statüsüne yükseltildi. Aşağıdaki grafik, log metabolik oranı log vücut kütlesiyle karşılaştırıyor (Becerikli'nin Hikâyesi, log-log grafiğinin gerekçesini açıklıyor).

Kleiber Yasası'nda gerçekten şaşırtıcı olan şey, en küçük bakteriden en büyük balinaya kadar geniş bir yelpazeyi kapsamasıdır. Bu yaklaşık 20 büyüklük kertesi demektir. En küçük bakterinin metabolik oranından en büyük memelininkiye gitmek için, ilkinin metabolik oranını 20 kez 10'la çarpmalısınız –ya da 20 sıfır eklersiniz; Kleiber Yasası, tablo boyunca tutarlı kalır. Bu, bitkiler ve tek-hücreli organizmalar için de geçerlidir. Şekil, en iyi uyuma üç paralel çizgide ulaşıldığını gösteriyor. Bir çizgi mikroorganizmalar, ikincisi soğuk kanlı büyük hayvanlar (burada



Yasa, yirmi büyüklük kertesini kapsıyor. Kleiber Yasası grafiği, West, Brown ve Enquist'ten uyarlandı [bkz. Kaynakça].

büyük, bir gramın milyonda birinden ağır olan bir şey demektir) ve üçüncüsü sıcak kanlı büyük yaratıklar (memeliler ve kuşlar) içindir. Her üç çizginin eğimi aynı (3/4), ama yükseklikleri farklıdır: Sıcak kanlı yaratıkların, soğuk kanlı yaratıklardan daha yüksek bir metabolik oranları olması şaşırtıcı değildir.

Bir fizikçi -Geoffrey West- ile iki biyoloğun -James Brown ve Brian Enquist'in- ortak çalışmasına kadar, yıllarca kimse, Kleiber Yasası için gerçekten inandırıcı bir neden bulamadı. Kesin 3/4 yasasını türetimleri, sözcüklere çevrilmesi zor olan matematiksel bir sihirdir; ama o kadar usta işi ve önemlidir ki, çabalamaya değer.

West, Enquist ve Brown'ın (bundan böyle WEB) kuramı şu olgudan yola çıkar: Büyük organizmaların dokularının bir beslenme sorunu vardır. Hayvanlardaki kan sisteminin ve bitkilerdeki damarların nedeni budur: Dokulara ve dokulardan "malzeme" taşıma. Küçük organizmalar, sorunla aynı ölçüde karşılaşmazlar. Çok küçük bir organizmanın cüssesine oranla o kadar geniş bir yüzey alanı vardır ki, ihtiyaç duyduğu oksijenin tümünü vücut duvarından alabilir. Çok-hücreli olsa bile, hiçbir hücresi vücut duvarından çok uzak değildir. Ama büyük bir organizmanın taşıma sorunu vardır; çünkü pek çok hücresi, ihtiyaç duyduğu gereçlerin çok uzağındadır. Malzemeyi bir yerden bir yere pompalamaları gerekir. Böcekler, trakea denilen bir boru ağıyla havayı

dokularına pompalarlar. Bizim de bol dallı hava tüplerimiz vardır, ama özel organlarla, akciğerle sınırlıdırlar. Akciğerin de, oksijeni akciğerden vücudun geri kalan kısmına götüren bir kan ağı vardır. Balıklar benzer bir şeyi solungaçlarla, su ile kan arasındaki arayüzü artırmak için tasarlanmış alan-yoğun organlarla yaparlar. Plasenta aynı şeyi, anne kanı ile cenin kanı için yapar. Ağaçlar yapraklarına yerden çekilen suyu iletmek ve yapraklardan gövdeye şeker pompalamak için dallarını kullanırlar.



Dokuların bir besleme sorunu vardır. Bir karnabaharın karmaşık besleme sistemi.

Yukarıda, manavdan yeni alınıp ortasından ikiye bölünen taze karnabahar, tipik bir malzeme taşıma sisteminin nasıl olduğunu gösteriyor. Bir karnabaharın "goncalar"la kaplı yüzeyine bir besleme ağı tedarik etmek için ne kadar çaba harcadığını görebilirsiniz.

Şimdi, bu tür beslenme ağlarının –hava tüpleri, kan boruları, şeker çözeltileri ya da her neyseler– artan vücut büyüklüğünü telafi edebildiklerini düşünebiliriz. Etselerdi, mütevazı bir karnabaharın tipik bir hücresi, dev bir sekoyanın tipik bir hücresiyle tamı tamına aynı şekilde beslenirdi ve iki hücrenin metabolik oranı aynı olurdu. Bir organizmadaki hücre sayısı kütlesiyle orantılı olduğuna göre, vücut kitlesine karşı toplam metabolik oranın serpme çizimi, her iki eksen bir log ölçeğinde olmak üzere, 1 eğimli bir çizginin üzerine düşerdi. Ama fiilen gözlemlediğimiz şey, 3/4'lük bir eğimdir. Küçük organizmaların, büyük organizmalara kıyasla, vücut kütlelerine göre olması "gereken"den yüksek bir metabolik oranları vardır. Bunun anlamı şudur: Bir karnabahar hücresinin metabolik oranı, bir sekoyadaki eşdeğer hücrenin metabolik oranından yüksektir ve bir farenin metabolik oranı, bir balinanın metabolik oranından yüksektir.

İlk bakışta bu tuhaf görünür. Hücre hücredir ve bir karnabahar ile bir sekoya, bir fare ile bir balina için aynı olacak ideal bir metabolik oran olduğunu düşünebilirsiniz. Belki vardır. Ama görünen o ki, su, kan, hava ya da "malzeme" her neyse onu göndermenin zorluğu, bu ideale ulaşmaya sınır koyuyor. Bir uzlaşma olmalı. WEB kuramı uzlaşmayı ve neden tam olarak 3/4'lük bir eğimle gönderdiğini açıklıyor ve bunu,

kesin, nicel ayrıntılarla yapıyor.

Kuram iki anahtar noktadan oluşur. İlki: Verili bir hücre oylumuna malzeme gönderen dallı boru ağacının kendisinin bir oylumu vardır, malzeme tedarik ettiği hücrelerle yer rekabetine girer. Beslenme ağının uçlarına doğru, borular önemli bir yer işgal ederler. Beslenmesi gereken hücre sayısını iki katına çıkarırsanız, ana sisteme ağ döşemek için daha fazla boruya ihtiyaç olacağı ve bu borular da yer işgal edeceği için, şebeke oylumu iki katından fazla olur. Boruların işgal ettiği yeri yalnızca iki katına çıkararak beslenen hücre sayısını iki katına çıkarmak istersenız, dağılımı daha seyrek bir tesisat ağına ihtiyacınız olur. İkincisi: İster bir fare olun, ister bir balina, en verimli taşıma sistemi –etrafa malzeme taşırken en az enerji harcayan sistem–, vücut oylumunuzun sabit bir yüzdesini kaplayan sistemdir. Matematiğin çıkardığı budur ve bu, ampirik olarak da gözlemlenen bir olgudur.* Örneğin, ister fare, ister insan, ister balina olsun, memelilerin vücutlarının % 6 ila 7'sini işgal eden bir kan oylumları (yani taşıma sistemi büyüklüğü) vardır.

Bu iki nokta birlikte alındığında şu anlama gelir: Beslenecek hücre oylumunu iki katına çıkarmak, ama en verimli taşıma sistemini de korumak istersek, dağılımı daha seyrek bir besleme ağına ihtiyacımız olur. Daha seyrek bir ağ, hücre başına daha az malzeme tedariki demektir, yani metabolik oran düşmelidir. Peki, tam olarak ne kadar düşmeli?

WEB, bu sorunun yanıtını hesapladı. Matematik, log vücut büyüklüğüne karşı log metabolik oran grafiği için, tam olarak 3/4 eğimli düz bir çizgi öngörüyor! İlk kuramları temelinde yeni çalışmalar yapıldı; ama özsel boyutları hâlâ duruyor. Kleiber Yasası –bitkilerde, hayvanlarda, hatta bir tük hücre içindeki taşıma düzeyinde– nihayet mantıklı açıklamasını buldu. Besleme ağları fiziğinden ve geometrisinden türetilebilir.

SEKOYA'NIN HİKÂYESİ

Birileri, ölmeden önce dünyada ziyaret edilmesi gereken o tek yerin neresi olduğunu tartışırlar. Benim adayım, Golden Gate Köprüsü'nün hemen kuzeyindeki Muir Ormanı'dır. Ya da görmeden ölürseniz, gömülmek için ondan daha iyi bir yer hayal edemem (izin verilirse, ayrıca verilmemelidir de). Bir yeşil, kahverengi ve sükûnet katedralidir. Katedralin nefini dünyanın en uzun ağaçları, *Sequoia sempervirens*, Pasifik kıyısının sekoyaları oluşturur. Daha içeride, Sierra Nevada

*Fiili yüzde, sözün gelişi sıcak kanlı mı, yoksa soğuk kanlı mı oluşunuza bağlı olarak biraz farklı olabilir.

Sıradağı'nın eteklerinde bulunan akraba tür *Sequoiadendron giganteum* [bkz. resim 47] tipik olarak daha kısadır, ama daha cüsselidir. Dünyada yaşayan en büyük tek yaratık olan General Sherman ağacı, kökünün çevresi 30 metreden, yüksekliği 80 metreden fazla ve tahmini ağırlığı 1.260 ton olan bir *giganteum*'dur. Yaşı tam olarak bilinmiyor; ama bu türün 3.000 yıldan fazla yaşadığı biliniyor. General Sherman'ın kessek –büyük bir iş, yalnızca kabuğu bir metre kalınlığındadır– yaşını kesine yakın hesaplayabiliriz.* Umarız hiçbir zaman kesilmez; Ronald Reagan'ın Kaliforniya valisiyken ifade ettiği görüşüne rağmen: "Birini görmüşseniz, hepsini görmüşsünüz demektir."

Büyük bir ağacın, hatta General Sherman kadar yaşlı bir ağacın gerçeğe en yakın yaşını nasıl bilebiliriz? Kökündeki halkaları sayarız. Halka saymak, daha gelişkin bir biçimiyle, dendrokronoloji tekniğini doğurdu; yüzyıllık zaman ölçekleriyle çalışan arkeologlar, bu yöntemle herhangi bir ağaç eşyayı kesin bir biçimde tarihleyebiliyorlar.

Hac yolculuğumuz boyunca tarihsel örnekleri mutlak bir zaman ölçeğinde nasıl tarihleyebildiğimizi açıklamak bu hikâyeye kaldı. Ağaç halkaları kesin sonuç verir; ama yalnızca en yakın tarihsel kalıntılar için. Fosiller, büyük ölçüde radyoaktif bozunumu gerektiren başka yöntemlerle tarihlenir ve hikâyenin seyri içinde bu tekniklere de geleceğiz.

Bir ağaçtaki yıllık halkalar, bir ağacın bazı mevsimlerde diğer mevsimlerde olduğundan daha fazla büyümesinden kaynaklanır. Ama aynı şekilde, ister yazın olsun ister kışın, ağaçlar iyi geçen bir yılda, kötü geçen bir yıla göre daha fazla büyürler. İyi geçen yıllar çok sıradandır, kötü geçenler de öyle; bu yüzden tek ağaç halkası, belirli bir yılı saptamak için uygun değildir. Bir yıl dizisinin, geniş ve dar halklardan oluşan bir parmak izi örüntüsü vardır ve bu örüntü, geniş bir alanda farklı ağaçlarda dizinin etiketidir. Dendrokronologlar, bu etiketli imza örüntülerinin kataloğunu oluştururlar. Sonra, belki çamura gömülü bir Viking gemisinden kalma bir ağaç parçası, halka örüntüsü, daha önce bir araya getirilmiş imza kütüphanesiyle karşılaştırılarak tarihlenebilir.

Aynı ilke, melodi sözlüklerinde de kullanılır. Diyelim ki, kafanızda bir ezgi var ve adını anımsayamıyorsunuz. Ne yapabilirsiniz? Çeşitli ilkeler kullanılır ve bunların en basiti, Parsons notasyonudur. Ezginizi bir inçık dizisine çevirin (ilk nota dikkate alınmaz, çünkü ne in, ne çık olabilir). İşte gözde bir ezginin, Londonderry Air ya da Air from County

*Aslında kesmemize gerek yok. Özünden bir örnek yeterli olur.

Derry ezgisinin, Melodyhound web sitesine yazdığım örüntüsü:

ÇÇÇİÇÇİİİİİÇÇÇÇÇİİİÇİ

Bir ezginin bu şekilde kısa bir simge dizisiyle, yalnızca hareketin yönü söylenerek, nota süreleri belirtilmeden saptanması, ilk bakışta şaşırtıcı görünür. Ama gerçekten işe yarıyor. Aynı şekilde, her yıl oluşan halkaların belirli bir dizisini saptamak için, oldukça kısa bir ardışık ağaç halkaları örüntüsü yeter.

Yeni kesilmiş bir ağaçta dış halka, şimdiyi temsil eder. İçeriye doğru halkalar sayılarak geçmiş tam olarak hesaplanabilir. Kesilme tarihleri kaydedilen ağaçlardaki halka örüntüsü imzalara mutlak tarihler konulabilir. Örtüşmelere –genç bir ağacın orta noktasına yakın, daha yaşlı bir ağacın dış tabakalarındaki örüntüyle örtüşen imza örüntüleri– bakarak, yaşlı ağaçlardaki halka örüntülerine de mutlak tarihler koyabiliriz. Örtüşmeleri geriye doğru papatya gibi dizerek, çok yaşlı ağaçlara bile mutlak tarihler koymak ilke olarak olanaklıdır –kesiksiz bir taşlaşmış ara kuşaklar dizisi olsaydı, Arizona'daki taşlaşmış ağaç ormanından bir ağaca bile. Bu örtüşen testere dişleri tekniğiyle, parmak izi örüntü kütüphaneleri kurulabilir ve canlı gördüğümüz en yaşlı ağaçtan daha yaşlı olan odunu tanımak için bu kütüphanelere başvurulabilir. Bu arada, ağaç halkalarının değişen sıklığı, yalnızca ağaçları tarihlendirmek için değil, meteorolojik kayıtların tutulmadığı zamanlardaki yıllık iklim ve ekoloji örüntülerini çıkarsamak için de kullanılabilir.

Dendrokronoloji, arkeologların yer aldığı ve görece yakın zamana ait bir alanla sınırlıdır. Ama ağacın büyümesi, yıllık bir döngüyle, ya da düzenli, hatta düzensiz başka bir döngüyle hızlanıp yavaşlayan tek süreç değildir. Bu türden herhangi bir süreç, örtüşen örüntüleri papatya dizilişi numarasının yardımıyla, tarihleme amacıyla kullanılabilir. Ve bu tekniklerden bazıları, bizzat dendrokronolojiden daha uzun bir dönem için işe yarar. Tortular deniz dibine eşitsiz bir oranda ve ağaç halkalarına eşdeğer sayabileceğimiz şeritler halinde çökerler. Derin silindirik sondajlarla çıkarılan örneklerde bu şeritler sayılıp imzalar tanınabilir.

Dev-boylu Kuş'un Hikâyesi'ne Sonsöz'de karşılaştığımız bir başka örnek, paleomanyetik tarihleme yöntemidir. Orada gördüğümüz gibi, dünyanın manyetik alanı zaman zaman tersine döner. Manyetik kuzey olan şey, aniden birkaç bin yıllığına manyetik güney olur ve yine hızla ters döner. Son 10 milyon yılda bu 282 kez olmuştur. "Hızla ters döner" ve "aniden" diyorum; ama yalnızca jeolojik standartlara göre anidendir.

Bugün kutupsal bir ters dönüşün her uçağı ve gemiyi gittiği yönün tam tersine çevirmesi eğlenceli olurdu; ama iş öyle değil. Hızla "ters dönüş" aslında birkaç bin yıl alır ve ters dönme sözcüğünün gösterdiğinden çok daha fazla karmaşıktır. Her durumda manyetik Kuzey Kutbu, gerçek, coğrafi Kuzey Kutbu'yla (dünyanın etrafında döndüğü) nadiren tam olarak çakışır. Yıllarca kutup bölgesi civarında dolaşır. Şu anda manyetik Kuzey Kutbu, gerçek Kuzey Kutbu'ndan yaklaşık 1.000 mil uzakta, Kuzey Kanada'da Bathurst Adası'na yakın bir yerdir. Bir "ters dönüş" sırasında, manyetik alan şiddetinde ve yönünde büyük ve karışık varyasyonlar, bazen birden fazla manyetik kuzey ve birden fazla manyetik güneyin geçici olarak ortaya çıktığı bir manyetik fetret devri vardır. Sonunda karışıklık tekrar istikrara kavuşur ve ortalıktaki toz duman kalkınca, daha önceki manyetik kuzeyin şimdi gerçek Güney Kutbu'na yakın ve manyetik Güney Kutbu'nun da gerçek Kuzey Kutbu'na yakın olduğu ortaya çıkabilir. İstikrar, kaymayla birlikte, bir sonraki ani ters dönüşe kadar, belki bir milyon yıl devam eder.

Jeolojinin gözünde 1.000 yıl, bir gecelik zamandır. "Ters dönüş"e harcanan zaman, manyetik kutbun gerçek Kuzey ve gerçek Güney Kutbu civarında geçirdiği zamanla karşılaştırıldığında önemsizdir. Doğa, daha önce de gördüğümüz gibi, bu tür olayların otomatik bir kaydını tutar. Eriyik volkanik kayaçlarda, bazı mineraller küçük pusula ibreleri gibi davranırlar. Eriyik kayaç katılaşınca, bu mineral ibreler, dünyanın katılaşma anındaki manyetik alanının "donmuş" bir kaydını oluştururlar (oldukça farklı bir işlemle, paleomanyetizma, tortul kayaçlarda da gözlemlenebilir). Bir "ters dönüş"ten sonra, kayaçlardaki minyatür pusula ibreleri, ters dönüşün öncesiyle karşılaştırıldığında karşıt yönü gösterir. Ağaç halkaları gibidir; şeritlerin bir yıllık aralarla değil, milyon yıllık aralarla olması dışında. Yine, şerit örüntüleri diğer örüntülerle eşleştirilebilir ve kesiksiz bir manyetik ters dönüş kronolojisi oluşturulabilir. Şeritler sayılarak mutlak tarihler hesaplanamaz; çünkü ağaç halkarından farklı olarak, şeritler eşit olmayan süreleri temsil ederler. Yine de, farklı yerlerde aynı şerit imza örüntüsü bulunabilir. Yani bir yer için başka bir mutlak tarihleme yöntemi varsa, manyetik şerit örüntüleri, Parsons notasyonu gibi, diğer yerlerde aynı zaman kuşağını tanımak için kullanılabilir. Ağaç halkaları ve diğer tarihleme yöntemlerinde olduğu gibi, farklı yerlerden toplanan parçalardan tam bir resim oluşturulur.

Ağaç halkaları, yakın zaman kalıntılarını gerçeğe en yakın tarihlemek için uygundur. Daha eski tarihler için, iyi bilinen radyoaktif bozunum

fiziğinden yararlanırız. Bunu açıklamaya, bir arasözle başlıyorum.

Her madde *atomlardan* oluşur. 100'den fazla atom tipi ve aynı sayıda *element* vardır. Demir, oksijen, kalsiyum, klor, karbon, sodyum ve hidrojen, element örnekleridir. Pek çok madde katışıksız elementlerden değil, *bileşiklerden* ibarettir: Kalsiyumkarbonat, sodyumklorid, karbonmonoksitte olduğu gibi, çeşitli elementlerin iki ya da daha fazla atomu birbirine bağlanır. Atomların bileşiklerde bağlanmasına, her atomun *çekirdeğinin* etrafında dönen (daha tuhaf olan gerçek davranışlarını anlamamıza yardım etmek için bir metafor) küçük parçacıklar olan *elektronlar* aracılık eder. Bir atom çekirdeği, bir elektronla karşılaştırıldığında kocamandır, ama bir elektronun yörüngesiyle karşılaştırıldığında çok küçüktür. Büyük ölçüde boşluktan oluşan eliniz, yine büyük ölçüde boşluktan oluşan bir demir parçasına çarptığında sert bir dirençle karşılaşır; çünkü iki katıdaki atomlarla bağlantılı güçler, ikisinin birbirinin içine geçmesini önleyecek şekilde etkileşir. Beyinlerimiz bir katılık yanılsaması inşa ederek bize çok yararlı bir hizmette bulunduğu için, demir ile taş bize katı gibi görünür.

Bir bileşiğin bileşenlerine ayrılabileceği ve enerji emisyonu ya da tüketimiyle aynı ya da farklı bir bileşik yapmak için yeniden birleştirilebileceği uzun süredir bilinmekteydi. Atomlar arasında, her zaman görülen bu tür etkileşimler, kimyayı oluşturur. Ama yirminci yüzyıla kadar, atomun dokunulmaz olduğu düşünüldü. Bir elementin olası en küçük parçacığıydı. Bir altın atomu, minik bir bakır parçacığı olan bakır atomundan nitelik olarak farklı küçük bir altın zerresiydi. Modern görüş daha zariftir. Altın atomları, bakır atomları, hidrojen atomları ve benzerleri, aynı temel parçacıkların farklı düzenlemeleridirler; tıpkı at genlerinin, marul genlerinin, insan genlerinin ve bakteriyel genlerin özel bir at, marul, insan ya da bakteri "tat"ının olmaması, aynı dört DNA harfinin farklı kombinasyonları olmaları gibi. Kimyasal bileşiklerin de, 100 kadar atomdan oluşan sınırlı bir repertuardan alınmış atomlardan meydana gelen düzenlemeler oldukları uzun süredir biliniyordu; aynı şekilde atom çekirdeğinin de iki temel parçacık olan protonlarla nötronlardan oluşan bir düzenleme olduğu anlaşılıyor. Bir altın atomu çekirdeği "altından yapılmamış"tır. Diğer bütün çekirdekler gibi, protonlardan ve nötronlardan yapılmıştır. Bir demir çekirdeği, demir denilen ve nitelik olarak farklı bir malzemeden yapıldığı için değil, altının 79 protonuna (ve 118 nötronuna) karşılık 26 proton (ve 30 nötron) içerdiği için bir altın çekirdeğinden farklıdır. Tek atom düzeyinde altın ya da demire özgü

niteliklere sahip bir "malzeme" yoktur. Yalnızca farklı proton, nötron ve elektron kombinasyonları vardır. Fizikçiler, protonların ve nötronların daha da temel parçacıklardan, kuarklardan oluştuklarını söylüyorlar; ama biz o kadar derine inmeyeceğiz.

Protonlar ile nötronlar hemen hemen aynı büyüklüktedirler ve elektronlardan büyüktürler. Elektriksel anlamda nötr olan nötrondan farklı olarak, her protonun, çekirdeğin "yörünge"sindeki bir elektronun negatif yükünü tam olarak dengeleyen bir birim elektrik yükü vardır (keyfi olarak pozitif denilen). Bir proton bir elektron emerse bir nötrona dönüşebilir; elektronun negatif yükü, protonun pozitif yükünü nötrleştirir. Öte yandan, bir nötron bir birim negatif yükü –bir elektron– atarak bir protona dönüşebilir. Bu tür dönüşümler, kimyasal tepkimeye karşıt olarak nükleer tepkime örnekleridir. Kimyasal tepkimeler, çekirdeği değiştirmeden olduğu gibi bırakır. Nükleer tepkimeler çekirdeği değiştirirler. Genellikle kimyasal tepkimelerden çok daha fazla enerji alışverişini gerektirirler; nükleer silahların, konvansiyonel (yani kimyasal) patlayıcılardan çok daha yıkıcı olmalarının nedeni budur. Simyacıların bir metali başka bir metale dönüştürme çabalarının başarısız olmasının nedeni, bunu nükleer yolla değil, kimyasal yolla yapmaya çalışmalarıydı.

Her elementin, kendi atom çekirdeğinde karakteristik sayıda protonu ve çekirdeğin "yörünge"sinde aynı sayıda elektronu vardır: hidrojenin 1, helyumun 2, karbonun 6, sodyumun 11, demirin 26, kurşunun 82, uranyumun 92. Bir elementin kimyasal davranışını büyük ölçüde belirleyen, işte atom numarası denilen bu sayıdır. Nötronlar elementin kimyasal özelliklerini fazla etkilemezler, ama kütlesini ve nükleer tepkimelerini etkilerler.

Bir atom çekirdeğinin, aşağı yukarı protonlarla aynı sayıda ya da biraz fazla nötronu vardır. Verili bir element için sabit olan proton sayısından farklı olarak, nötron sayısı değişir. Normal karbonun 6 protonu ve 6 nötronu vardır, yani toplam "kütle sayısı" 12'dir (elektronların kütlesi yoksanabilir olduğu ve bir nötron, yaklaşık olarak bir protonla aynı ağırlıkta olduğu için). Bu nedenle karbon 12 denilir. Karbon 13'ün fazladan bir nötronu, karbon 14'ün fazladan iki nötronu vardır; ama hepsinin 6 protonu vardır. Bir elementin bu tür farklı "versiyon"larına, "izotop" denilir. Bu üç izotopun aynı ada –karbon- sahip olmasının nedeni, hepsinin atom numarasının aynı olması (6) ve dolayısıyla hepsinin aynı kimyasal özelliklere sahip olmasıdır. Nükleer tepkimeler kimyasal

tepkimelerden önce keşfedilmiş olsaydı, belki izotoplara farklı adlar verilirdi. Birkaç durumda, izotoplar farklı adlar kazanacak kadar farklıdırlar. Normal hidrojenin nötronları yoktur. Hidrojen 2'ye (bir proton ve bir nötron) döteryum denilir. Hidrojen 3'e (bir proton ve iki nötron), trityum denilir. Hepsi kimyasal olarak hidrojen gibi davranır. Örneğin, döteryum oksijenle birleşip, hidrojen bombası imalatında kullanılmasıyla ünlü, ağır su denilen bir su biçimini meydana getirir.

O halde izotoplar yalnızca sahip oldukları nötron sayısı bakımından farklıdırlar; elemente niteliğini veren proton sayıları sabittir. Bir elementin izotopları arasında bazılarının kararsız bir çekirdeği olabilir; yani, öngörülebilir bir olasılıkla, ama öngörülemez bir anda farklı bir çekirdeğe dönüşme eğilimi vardır. Diğer izotoplar kararlıdır; değişme olasılıkları sıfırdır. Kararsızın diğer adı, radyoaktiftir. Kurşunun 4 kararlı izotopu ve bilinen 25 kararsız izotopu vardır. Çok ağır metal uranyumun tüm izotopları kararsızdır –hepsi radyoaktiftir. Radyoaktiflik, kayaçları ve fosillerini mutlak tarihlemenin anahtarıdır: Araya girip bu açıklamayı yapmamızın nedeni de budur.

Kararsız, radyoaktif bir element değişip farklı bir elemente dönüşünce ne olur? Bunun gerçekleşmesinin çeşitli yolları vardır; ama en ünlü ikisine, alfa bozunumu ve beta bozunumu denir. Alfa bozunumunda ebeveyn çekirdek, birbirine yapışık iki proton ile iki nötrondan oluşan bir topak olan bir "alfa parçacığı"nı kaybeder. Bu yüzden kütle numarası dört birim düşer, ama atom numarası yalnızca iki birim düşer (kaybedilen iki protona denk). Böylece element değişip, iki protonu eksik bir elemente dönüşür. Uranyum 238 (92 protonu ve 146 nötronu vardır), bozunup toryum 234'e (90 protonu ve 144 nötronu vardır) dönüşür.

Beta bozunumu farklıdır. Ebeveyn çekirdekte bir nötron bir protona dönüşür ve bunu, tek negatif yük birimi ya da tek elektron olan bir beta parçacığını atarak yapar. Proton ve nötron sayılarının toplamı aynı kaldığı ve elektronlar da can sıkamayacak kadar küçük oldukları için, çekirdeğin kütle numarası aynı kalır. Ama şimdi bir proton arttığı için, atom numarası da bir sayı artar. Sodyum 24, beta bozunumu yoluyla, magnezyum 24'e dönüşür. Kütle numarası aynı kalmıştır: 24. Atom numarası 11'den (sodyumun), 12'ye (magnezyumun) çıkmıştır.

Üçüncü bir dönüşüm de, nötron-proton ikamesidir. Serseri bir nötron bir çekirdeğe çarpar ve çekirdeğin bir protonunu dışarı atıp onun yerini alır. Bu yüzden beta bozunumunda olduğu gibi, kütle numarasında

bir değişiklik olmaz. Ama bu kez de, bir proton kaybedildiği için atom numarası bir sayı eksilmiştir. Atom numarasının, bir çekirdekteki proton sayısı olduğunu anımsayın. Bir elementin başka bir elemente dönüşebilmesinin dördüncü yolu elektron kapmadır ve atom numarası ile kütle numarası üzerinde aynı etkiyi gösterir. Bu, beta bozunumun tersi sayılabilir. Beta bozunumunda bir nötron bir protona dönüşüp bir elektronu atarken; elektron kapma bir protonun elektrik yükünü nötrleştirerek onu nötrona dönüştürür. Bu yüzden atom numarası bir sayı düşerken, kütle numarası aynı kalır. Potasyum 40 (atom numarası 19) bu yolla bozunup argon 40'a (atom numarası 18) dönüşür. Çekirdeklerin radyoaktif olarak başka çekirdeklere dönüşebilmesinin, başka yolları da vardır.

Kuantum mekaniğinin temel ilkelerinden biri şudur: Kararsız bir elementin çekirdeğinin tam olarak ne zaman bozunacağını öngörmek olanaksızdır. İstatistiksel olasılığını ölçebiliriz. Ölçülen bu olasılığın, verili bir izotopun karakteristiği olduğu anlaşılıyor. Tercih edilen ölçüm yarı-ömür de denilen yarılanma süresidir. Radyoaktif bir izotopun yarı-ömrünü ölçmek için, malzemeden bir parça alın ve yarısının bozunup başka bir şeye dönüşmesinin ne kadar zaman aldığını ölçün. Stronsiyum 90'ın yarı-ömrü 28 yıldır. Üzerinizde 100 gram stronsiyum 90 varsa, 28 yıl sonra üzerinizde yalnızca 50 gram kalır. Geriye kalan itriyum 90'a dönüşmüş olur (o da yarılanıp zirkonyum 90'a). Peki bu, bir 28 yıl daha geçince sizde stronsiyum kalmayacağı anlamına mı gelir? Kesinlikle hayır. 25 gram kalır. Bir 28 yıl daha geçince, stronsiyum miktarı yine yarılanıp 12,5 grama iner. Kuramsal olarak hiçbir zaman sıfıra ulaşmaz, ancak peş peşe yarılanmalarla sıfıra yaklaşır. Radyoaktif bir izotopun "ömrü" yerine, "yarı-ömrü"nden söz etmek zorunda olmamızın nedeni budur.

Karbon 15'in yarı-ömrü, 2,4 saniyedir. 2,4 saniye sonra, başlangıçta üzerinizde olan miktarın yarısı sizde kalır. Ondan 2,4 saniye sonra, başlangıçtaki miktarın dörtte biri kalır ve böyle devam edip gider. Uranyum 238'in yarı-ömrü 4,5 milyar yıldır. Bu, yaklaşık olarak güneş sisteminin yaşıdır. Bu yüzden, dünyada ilk oluştuğu sırada var olan uranyum 238 miktarının şimdi, yaklaşık yarısı duruyor. Farklı elementlerin yarı-ömürlerinin saniyelerden milyar yıllara uzanan bir aralıkta olması, harika ve çok yararlı bir olgudur.

Bütün bu arasözün esas amacına yaklaşıyoruz. Her radyoaktif izotopun belirli bir yarı-ömrünün olması, kayaçları tarihlemek için bir

olanaktır. Volkanik kayaçlar, çoğu kez potasyum 40 gibi radyoaktif izotoplar içerirler. Potasyum 40, 1,3 milyar yıllık bir yarı-ömürle bozunup argon 40'a dönüşür. İşte, potansiyel olarak doğru bir saat. Ama yalnızca bir kayaçtaki potasyum 40 miktarını ölçmenin hiçbir yararı yoktur. Başlangıçta ne kadar olduğu bilinemez! Potasyum 40 ile argon 40 oranına ihtiyaç var. Şansımıza, bir kayaç kristalindeki (neceftaşı) potasyum 40 bozununca, argon 40 (bir gazdır) kristalde kapana kısılır. Söz konusu kristalde eşit miktarda potasyum 40 ve argon 40 varsa, başlangıçtaki potasyumun 40'ın yarısının bozunduğunu bilirsiniz. Kristalin oluşumundan bu yana 1.3 milyar yıl geçmiştir. Sözün gelişi, potasyum 40'ın üç katı argon 40 varsa, başlangıçtaki potasyum 40'ın yalnızca dörtte biri (yarısının yarısı) kalmış demektir; dolayısıyla kristalin yaşı, iki yarı-ömürdür, yani 2.6 milyar yıldır.

Volkanik kayaçlar örneğinde eriyik lavın katılaşma anı olan kristalleşme anı, saatin sıfırlandığı andır. Ondan sonra, ebeveyn izotop sürekli bozunur ve evlat izotop, kristalde sıkışıp kalır. Yapmanız gereken tek şey, iki miktarın oranını ölçmek ve bir fizik kitabına bakıp ebeveyn izotopun yarı-ömrünü öğrenmektir; ondan sonra kristalin yaşını hesaplamak kolaydır. Daha önce de söylediğim gibi, fosiller genellikle tortul kayaçlarda bulunur ve tarihlenebilir kristaller ise genellikle volkanik kayaçlardadırlar; bu yüzden fosilleri dolaylı bir biçimde, bulundukları tabakaları aralarına alıp sıkıştıran volkanik kayaçlara bakarak ölçmek gerekiyor.

Çoğu kez bozunumun ilk ürününün başka bir kararsız izotop olması, bir sorundur. Potasyum 40'ın bozunumunun ilk ürünü argon 40, tesadüfen kararlıdır. Ama uranyum 238 bozununca, sonunda kararlı kurşun 206 izotopu olarak durulmadan önce, dokuz alfa bozunumu ve yedi beta bozunumunu da kapsayan en az 14 kararsız ara evre çağlayanından geçer. Çağlayanın en uzun yarı-ömrü (4.5 milyar yıl) ilk geçişe, uranyum 238'den toryum 234'e geçişe aittir. Çağlayandaki bir ara adımın, bizmut 214'ten talyum 210'a adımının, yalnızca 20 dakikalık bir yarı-ömrü vardır ve bu bile en hızlısı değildir (yani çok büyük olasılıkla). Sonraki geçişler, birincisiyle karşılaştırıldığında yoksanabilir bir zaman alırlar; o yüzden, belirli bir kayacın yaşını hesaplamak için, uranyum 238'in kararlı kurşun 206'ya gözlemlenen oranı, 4.5 milyar yıllık bir yarı-ömürle karşılaştırılabilir.

Uranyum/kurşun yöntemi ile potasyum/argon yöntemi, milyar yıllarla ölçülen yarı-ömürleriyle, yaşlı fosilleri tarihlemede yararlıdırlar. Ama

genç kayaçları tarihlemede, çok kullanışlı değillerdir. Bu kayaçlar için daha kısa yarı-ömürlü izotoplara ihtiyacımız var. Şansımıza, geniş bir saat yelpazemiz, geniş bir izotopik yarı-ömürler seçkimiz var. İlgilendiğiniz kayaç için en iyi sonucu verecek yarı-ömrü seçersiniz. Daha da iyisi, diğer saatleri kontrol için farklı saatler kullanılabilir.

Yaygın kullanımda olan en hızlı radyoaktif saat, karbon 14 saatidir ve bu bizi, tekrar bu hikâyenin anlatıcısına getirir; zira ağaç, arkeologların karbon 14 tarihlemesinde kullandıkları ana malzemelerden biridir. Karbon 14, 5.730 yıllık bir yarı-ömürle bozunup nitrojen 14'e dönüşür. Bizzat ölü dokuları -bu dokuları aralarına alıp sıkıştıran volkanik kayaçları değil- tarihlemek için kullanılması bakımından, karbon 14 saati sıra dışıdır. Karbon 14 yöntemi görece yakın tarih için o kadar önemlidir ki, özel ilgiyi hak ediyor.

Dünyadaki karbonun çok büyük bir bölümü, kararlı karbon 12 izotopundan oluşur. Dünyadaki karbonun yaklaşık trilyonda biri, kararsız karbon 14 izotopundan oluşur. Yalnızca bin yıllarla ölçülen yarı-ömürlü karbon 14, yenilenmemiş olsaydı dünyada çoktan bozunup nitrojen 14'e dönüşmüş olurdu. Şansımıza, atmosferdeki en bol gaz olan nitrojen 14'ün birkaç atomu, kozmik ışın bombardımanıyla sürekli karbon 14'e dönüşüyor. Karbon 14'ün yaratılma oranı, yaklaşık olarak sabittir. İster karbon 14, ister karbon 12 olsun, atmosferdeki karbonun çok büyük bölümü, kimyasal olarak, karbondioksit biçiminde oksijenle birleşiktir. Bu gaz bitkiler tarafından emilir ve dokuları için karbon atomları kullanılır. Bitkiler için karbon 14 ile karbon 12'nin bir farkı yoktur. İki karbondioksit çeşidi, yaklaşık olarak bulundukları oranda emilir. Bitkiler hayvanlar tarafından yenir, o hayvanları da başka hayvanlar yiyebilir; bu yüzden karbon 14, karbon 12'ye göre bilinen bir oranla besin zinciri boyunca dağılır, karbon 14'ün yarı-ömrüyle karşılaştırıldığında kısa bir zaman içinde. İki izotop tüm canlı dokularda, yaklaşık olarak atmosferdekiyle aynı oranda vardır -trilyonda bir. Kuşkusuz, ara sıra nitrojen 14 atomlarına bozunurlar. Ama atmosferde sürekli yenilenen karbondioksitle besin zinciri halkaları üzerinden sürekli mübadele, bu sabit oranı dengeler.

Ölüm anında bütün bunlar değişir. Ölü bir yırtıcı, besin zincirinden kopar. Ölü bir bitki, atmosferden taze karbondioksit almaz. Ölü bir otçul, artık taze bitki yemez. Ölü bir hayvan ya da bitkideki karbon 14, bozunup karbon 12'ye dönüşmeye devam eder. Ama atmosferden yeni arzla tazelenmez. Bu yüzden ölü dokularda karbon 14'ün karbon 12'ye

oranı düşmeye başlar. 5.730 yıllık bir yarı-ömürle düşer. Yani, karbon 14'ün karbon 12'ye oranını ölçerek bir hayvan ya da bitkinin ne zaman öldüğünü söyleyebiliriz. Torino Kefeni'nin İsa'ya ait olamayacağı bu şekilde kanıtlandı –ortaçağa aittir. Karbon 14 yöntemiyle tarihleme, görece yakın tarihin kalıntılarını tarihlemek için harika bir araçtır. Daha eski tarihler için yararlı değildir; çünkü karbon 14'ün neredeyse tamamı bozunup nitrojen 14'e dönüşmüştür ve geri kalan ise, doğru ölçülemeyecek kadar azdır.

Başka mutlak tarihleme yöntemleri de vardır ve sürekli yenileri bulunuyor. Bu kadar çok yönteme sahip olmanın güzelliği, kısmen, kolektif olarak bu kadar geniş bir zaman ölçeğini kapsamalarıdır. Bir güzellik de, birbirlerini denetlemek için kullanılabilir olmalarıdır. Farklı yöntemlere başvurularak saptanan tarihlere karşı çıkmak son derece zordur.

Randevu 37
BELİRSİZLER

Mikrop o kadar küçük ki
Başaramayız anlamayı
Ama bazı gayretliler umar
Bir mikroskopla görmeyi.
Sıra sıra dişlerin altında yatar
Eklemli dili;
Yedi boğumlu kuyruğu
Pembe ve mor benekli,
Her birinde kırk ayrı örüntü;
Kaşları fıstık yeşili;
Bunları hiç kimse görmedi –
Ama bilen bilim insanları
Öyle olduğuna inandırırlar bizi...
Oh! Kuşkulanmayalım,
Kuşkulanmayalım asla
Kimsenin emin olmadığından.

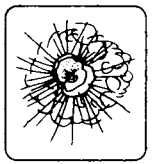
HILAIRE BELLOC (1870-1953)
More Beasts for Worse Children'dan (1897)

Hilaire Belloc parlak bir şairdi, ama önyargılı biriydi. Yukarıda bilim karşıtı bir önyargı öğesi varsa, üzerinde durmayalım. Bilimde emin olmadığımız çok şey var. Bilimin diğer dünya görüşlerinden üstünlüğü, bizim belirsizliğimizi bilmemiz, büyüklüğünü ölçebilmemiz ve azaltmak için çalışmamızdır.

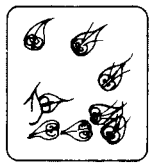
Randevu 37'de mikropların dünyasına ve bir belirsizlik alanına gireriz: Belirsizlik, mikroplarla ilgili değil, daha çok onları hangi sırayla selamlayacağımızla ilgilidir. Bir tahmin yapıp ona sadık kalmayı düşündüm; ama bu, en azından bir ölçüde emin olduğumuz diğer randevu noktalarının hakkını yemek olurdu. Bu kitabın yayımlanması bir iki yıl ertelenseydi, çözüm şansı daha çok olurdu. Ama şimdilik, Belloc'un dizelerini "biliminsanları için bir ihtiyat hikâyesi" olarak ele alalım. Bun-

Diğer ökaryotlar katılıyor













37

Zaten katılmış olanlar

Kahverengi algler, diyatomlar, kirpikliler, Plasmodium vb. (Chromalveolates)

Işınlılar, delikliler vb. (Rhizaria)

Euglena, trypanozoma vb. (Discicristates)

Giardia ve diğer ekskavatlar



dan sonraki birinci, ikinci ya da üçüncü randevu noktasında kiminle buluşacağımızı biliyoruz; ama hangi sırayla ve kaç ayrı randevu noktasında buluşacağımızı bilmiyoruz.

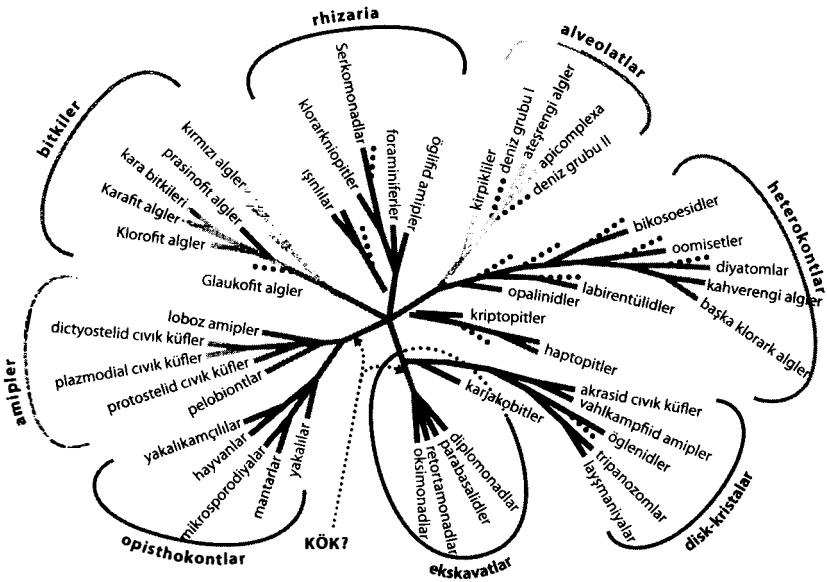
Bu belirsizlik, hac yolculuğuna daha katılmamış olan tüm "ökaryotları" etkiler. Bu önemli terim, Büyük Tarihsel Randevu'da açıklanacak. Şimdilik, yaşamın tarihindeki en önemli olaylardan birinin ökaryotik hücrenin oluşumu olduğunu bilin. Ökaryotik hücreler, tüm hayvanların, bitkilerin ve şimdiye kadar bize katılan tüm hacıların vücutlarını oluşturan, duvarlı çekirdekleri ve mitokondrileri olan büyük ve karmaşık hücrelerdir. Yani, tüm canlı yaratıkların vücutlarını oluştururlar; gerçek bakteriler ve eskiden bakteri denilen arkeler (ya da arkebakteriler) hariç. Bu prokaryotlar, son iki randevu noktasını oluşturacaklar ve onlar konusunda daha eminiz. Son iki randevuya keyfi olarak 38 ve 39 diyeceğim. Yani geriye kalan ökaryotların tümü randevu 38'de hep birlikte bize katılacaklar; şu anda olası kuramlardan biri de budur. Ama bunun belirsiz bir durum olduğunu lütfen unutmayın: Son randevumuz, gerçek bakterilerle randevumuz, 39'dan 42'ye kadar herhangi biri olabilirdi.

Sorunun bir kısmı kökle ilgilidir. Gibon'un Hikâyesi'nde bununla karşılaştık. Aşağıdakine benzer bir yıldız şema, birçok farklı evrim ağacıyla bağdaşabilir ve bu, randevularımızı düzenlemenin birçok farklı yolu var demektir.

Esas konuya geçmeden önce, gerçek bir alçakgönüllülükle "hayvanlar" olarak etiketlenen minik çizgiyi bulun. Bulamıyorsanız, sol alt tarafta "opistokontlar" etiketli dala bakın, bizi yakalıkamçılıların kardeş grubu olarak görürsünüz. Sizlerin ve benim, Randevu 31'e kadar (Randevu 31 dahil) bize katılan tüm hacılarla birlikte ait olduğumuz yer burasıdır.

Kökü koyabileceğimiz birçok yer vardır. En fazla desteklenen iki hipotezin (noktalı oklarla gösterilen) bu kadar ayrı uçlarda olması, güvenimin azalmasına katkıda bulundu. Ama daha beteri var. Kökün konumu, yalnızca ilk sorunumuzdur. İkinci sorun, beş çizginin ortada tek bir noktada birleşmesidir. Bu beş grubun aynı anda tek bir ortak

Diğer ökaryotlar katılıyor. Geriye kalan 50.000 kadar tanımlanmış ökaryot türünün yüksek düzey filogenisi, henüz çözülmemiştir. Silik çizgiler şu andaki yüksek düzey belirsizliği gösterir. Chromalveolata dalı, çoğu kez chromista (heterokontlar) ve alveolata alt gruplarına bölünür.
Çizgi resimler, soldan sağa: *Giardia lamblia*; *Euglena acus*; *foraminifer* (Globigerina); deri yosunu (*Ecklonia radiata*).



Gerçek bir alçakgönüllülükle nereye ait olduğunuza bulun. Şu anda elde bulunan moleküler ve diğer çalışmaların ortak görüşüne dayanan, tüm yaşamın köksüz filogramı ya da yıldız şeması. Baldauf'tan uyarlandı [bkz. Kaynakça].

atadan fışkırdığını ve hepsinin eşit ölçüde yakın kuzen olduklarını kimse düşünmüyor. Orta noktada birleşmeleri bu anlama gelmiyor; daha fazla belirsizlik anlamına geliyor. Beş gruptan hangilerinin yakın kuzen olduklarını bilmiyoruz; bu yüzden, bir yanlış yapıp, bugünün bir Belloc'u tarafından yerilmemek için, onları tek bir noktadan dışarıya ışıyormuş gibi çizdik. Beş çizginin buluştuğu nokta, eninde sonunda çatallanan bir dizi çizgiye çözünmelidir. Bu çizgilerden her biri, potansiyel olarak, kökü koyabileceğimiz bir yerdir.

Sonraki beş randevunun ayrıntılarına girmekten çekinmemin nedeni artık anlaşılıyor. Aslında, şemaya bakarsanız, Randevu 36'yı bitkilerin bize katıldığı yer saymakta biraz acele ettiğimi fark edersiniz. Bitkilerin çizgisi, yıldızın ortasından dışarıya ışıyan beş çizgiden biridir. Buralarda kararlar daha da keyfi olduğuna göre, ayrı bir hacı kafilesi olmayı hak edecek kadar büyük ve önemli bir grup oldukları için bitkileri bizimle ayrı bir randevuları varmış gibi ele aldım. Aslında yaptığım şey, yıldız şemanın ortasından bir çizgi çekmekti. Geriye kalan üçlüyü çözme konusunda da benzer bir keyfi karar verebilirdik; ama cesaretim sonunda beni terk etti. Bu çözümü, Randevu 37'nin, tanışma randevusunun belirsizliğine gömülü bırakacağım.

Bize katılma sıralarına kafa yormak yerine, geriye kalan ökaryot gruplarına geçip kısaca betimleyeceğim. Rhizaria (rizarlar), bazıları yeşil ve fotosentez yapan, bazıları yapmayan tek-hücreli ökaryot gruplarını kapsar. Ünlü Alman zoolog Ernst Haeckel'in çizimlerinde yakalanan güzellikleriyle ünlü ışınlılar ve foraminiferler, bunların arasındadır. Alveolata (alveolatlar), kirpikliler ve ateşrengi algler de dahil, daha da güzel yaratıkları kapsar. Biraz sonra hikâyesini dinleyeceğimiz *Mixotricha paradoxa*, kirpiklilerdendir.

Heterokontlar da karma bir gruptur. Diyatomlar gibi daha da güzel tek-hücreli bazı yaratıkları kapsar. Ama bu grup, kahverengi algler biçimde çok-hücreliliği de keşfetmiştir. Kahverengi algler, uzunlukları 100 metreye varan dev esmer yosunlarla en büyük ve en önemli deniz yosunlarıdırlar. Kahverengi algler, *Fucus* cinsi yosunları, kıyıya kadar ayrı ayrı gelen çeşitli türleri kapsar. *Fucus*, yapraklı denizejderinin model aldığı cins de olabilir.

Disk-kristalar, yeşil *öglenidler* gibi fotosentez yapan kamçılıları ve uyku hastalığına neden olan *tripanozom*lar gibi parazit kamçılıları kapsar. Randevu 35'te karşılaştığımız diktiyostelid cıvık küflerle yakın akraba olmayan akrasid cıvık küfler de vardır. Bu uzun hac yolculuğunda sıkça olduğu gibi, yaşamın benzer yaşam tarzları için benzer vücut biçimlerini yeniden icat etmesine hayran kalıyoruz. "Cıvık küfler, iki, hatta üç farklı hacı kafilesinde ortaya çıkarlar; "kamçılılar" da, "amipler" de. Belki de "amipler"i "ağaç" gibi bir yaşam biçimi olarak düşünmeliyiz. Ahşapla sertleşen çok büyük bitkiler anlamında "ağaçlar", birçok farklı bitki familyasında ortaya çıkarlar. Benzer yaşam tarzları için benzer vücut biçimleri icat etme özelliği, "amipler" ve "kamçılılar" için de geçerliymiş gibi görünüyor; hayvanlarda, mantarlarda, bitkilerde, kahverengi alglerde ve cıvık küfler gibi çeşitli yerlerde ortaya çıkmış olan çok-hücrelilik için de kesinlikle geçerlidir.

Çözülemez yıldızımızın son büyük grubu, ekskavatlardan oluşuyor. Bunlar, bir zamanlar kamçılılar denilen ve *Tripanozomlar*'la birleştirilen tek-hücreli yaratıklardır. Artık ayrı tutulan ekskavatlar, pis bağırsak paraziti *Giardia*'yı, cinsel yolla bulaşan vajina paraziti *Trichomonas*'ı ve yalnızca akkarıncaların bağırsaklarında bulunan çeşitli karmaşık tek-hücreli yaratıkları kapsar. Ve bu, bir hikâyenin ipucudur.

MIXOTRICHA'NIN HİKÂYESİ

Mixotricha paradoxa, "beklenmeyen kıl kombinasyonu" demektir ve biraz sonra nedeni göreceğiz. Bir Avustralya akkarıncasının, "Darwin akkarıncası" *Mastotermes darwiniensis*'in sindirim borusunda yaşayan bir mikroorganizmadır. Büyüdüğü ana yerlerden biri, Kuzey Avustralya'da Darwin kasabasıdır.

Akkarıncalar, tek bir dev gövde oluştururacak biçimde tropik kuşağın iki yanına yayılırlar. Tropikal savanalarda ve ormanlarda nüfus yoğunlukları metrekare başına 10.000'dir ve toplam yıllık ölü ağaç, yaprak ve ot üretiminin üçte birini tükettikleri tahmin edilir. Birim alan başına biyokütleleri, Serengeti ve Masai Mara'da göç eden antilop sürülerinin iki katıdır; ama bütün tropik kuşağa yayılmışlardır.

Akkarıncaların başarısının kaynağını soracak olursanız, yanıt iki yönlüdür. Birincisi, selüloz, lignin ve hayvan bağırsağının sindiremediği diğer maddeleri içeren odun yiyebilirler. Buna döneceğim. İkincisi, oldukça sosyaldirler ve büyük ölçüde uzmanlar arası işbölümünden yararlanırlar. Bir akkarınca tepeciği, kendine ait anatomisi, kendine ait fizyolojisi, bir havalandırma ve soğutma sistemi de dahil olmak üzere, kendine ait balçık-şekilli organlarıyla, büyük ve obur tek bir organizmanın birçok özelliğine sahiptir. Tepeciğin kendisi bir yerde durur, ama on bin ağzı ve altmış bin bacağı vardır ve bunlar, bir futbol sahası büyüklüğünde bir alana yayılır.

Akkarıncaların işbirliği konusundaki dillere destan ustalıkları, Darvinci bir dünyada, bireylerin çoğunluğunun kısır olmalarına rağmen, gerçekten çok doğurgan bir azınlıkla yakın ilişki içinde bulunmaları sayesinde olanaklıdır. Kısır işçiler yavrulara ebeveyn gibi davranırlar ve böylece kraliçenin uzman bir yumurta fabrikası olmasına olanak verirler, o da öyle olur. İşçi davranışından sorumlu genler, üremeleri mukadder (kısır olmaları mukadder çoğunluk yavruların yardımıyla) azınlık yavrular kanalıyla gelecek kuşaklara aktarılır. Takdir edersiniz ki, yavru bir akkarıncanın bir işçi mi yoksa bir üremeci mi olacağı kesinlikle genetik olmayan bir karar olduğu için, sistem çalışır. Tüm yavru akkarıncaların, işçi mi yoksa üremeci mi olacaklarının belirlendiği bir çevre piyangosuna katılmak için genetik biletleri vardır. Koşulsuz kısır olmaktan sorumlu genler olsaydı, açıktır ki sonraki kuşaklara aktarılamazlardı. Bunlar, ***koşullu*** anahtarlı genlerdir. Kendilerini krallarda ya da kraliçelerde bulduklarında sonraki kuşaklara geçerler; zira aynı genlerin kopyaları, işçilerin bu amaç için çalışıp, kendileri üremekten vazgeçmelerine neden olur.

Çoğu kez böcek kolonisi insan vücuduna benzetilir ve bu kötü bir benzetme değil. Hücrelerimizin çoğunluğu bireyselliklerini bastırıp, üremeye yetenekli azınlığın üremesine yardım etmeye kendilerini adarlar. Bu azınlık hücreler, testislerde ya da yumurtalıklarda, genleri yumurta ya da sperm aracılığıyla uzak geleceğe seyahat etmesi mukadder "germ hattı" hücreleridir. Ama verimli işbölümünde bireyselliğin bastırılmasının tek temeli, genetik ilişki değildir. Her tarafın diğer taraftaki bir kusuru giderdiği bir karşılıklı yardımlaşma, doğal seçilim tarafından desteklenebilir. Uç bir örnek görmek için, bireysel bir akkarıncanın, kaynayan ve sanırım çok gürültülü sindirim borusuna dalıyoruz; burası mixotricha'nın dünyasıdır.

Gördüğümüz gibi, akkarıncaların, arılardan, eşekarılarından ve karıncalardan fazla bir avantajları vardır: Sindirim ustalıkları. Akkarıncaların, evlerden bilardo toplarına ve paha biçilmez Birinci Folyo'lara* kadar, yiyemedikleri bir şey hemen hemen yoktur. Odun potansiyel olarak zengin bir besin kaynağıdır; ama selüloz ve lignin sindirilemez olduğu için neredeyse tüm hayvanlara yasaktır. Akkarıncalar ve hamamböcekleri, önde gelen istisnalardır. Akkarıncalar, gerçekten de, hamamböcekleriyle akrabadır ve Darwin akkarıncası, diğer sözde "aşağı" akkarıncalar gibi, bir tür yaşayan fosildir. Hamamböcekleri ile ileri akkarıncalar arasında bir yarıyol olarak düşünülebilir.

Selülozu sindirmek için selülaz denilen enzimlere ihtiyaç vardır. Pek çok hayvan selülaz yapamaz, ama bazı mikroorganizmalar yapar. Tak'ın Hikâyesi'nde açıklanacağı gibi, bakteriler ve arkeler biyokimyasal olarak, diğer canlı âlemlerinden daha beceriklidirler. Hayvanlar ve bitkiler, bakterilerin kullanabildiği biyokimyasal hilelerin küçük bir kısmını kullanırlar. Tüm otçul memeliler selülozu sindirmek için bağırsaklarındaki mikroplara yaslanırlar. Evrimsel zaman içinde bir ortaklık kurmuşlardır. Bu ortaklıkta otçul memeliler mikroplar için bir atık ürün olan asetik asit gibi kimyasallardan yararlanırken; mikroplar da kendi biyokimyaları için, işlenip küçük parçalara bölünmüş hammaddenin bolca bulunduğu güvenli bir barınak kazanırlar. Tüm otçul memelilerin, besin hayvanın kendi sindirim sularının içinden geçtikten sonra ulaştığı alt sindirim borusunda bakteriler vardır. Yakalı tembel hayvanlar, kangurular, kolobus maymunları ve özellikle geviş getiren hayvanlar, sindirim borusunun üst kısmında, memelinin kendi sindiriminden önceki bölümde de bakteri tutma âdetini birbirinden bağımsız geliştirmişler.

*Birkaçı dışında Shakespeare'in tüm oyunlarını bir araya getiren derlemenin ilk baskısına verilen ad.

Memelilerden farklı olarak akkarıncalar, en azından "ileri" denilen akkarıncalar, kendi selülazlarını kendileri imal edebilirler. Ama Darwin akkarıncası gibi, daha ilkel (yani hamamböceğine daha fazla benzeyen) bir akkarıncanın net ağırlığının üçte bir kadarı, bakterilerin yanı sıra ökaryotik tek-hücreliler de içeren zengin mikrop faunasından oluşur. Akkarıncalar ağaçta barınırlar ve ağacı çiğneyip küçük, uygun büyüklükte yongalara dönüştürürler. Mikroplar ağaç yongalarıyla beslenir, akkarıncanın kendi biyokimyasal alet çantasında bulunmayan enzimlerle sindirirler. Ya da mikropların, akkarıncanın alet çantasındaki alet haline geldikleri de söylenebilir. Sığırlar gibi, akkarıncalar da mikropların atık ürünleriyle geçinirler. Sanırım, Darwin akkarıncasının ve diğer ilkel akkarıncaların, sindirim borularında mikroorganizma çiftçiliği yaptıklarını söyleyebiliriz.* Bu da bizi *mixotricha*'ya getirir.

Mixotricha paradoxa bir bakteri değildir. Akkarınca sindirim borusundaki birçok mikrop gibi, büyük bir tek-hücreli hayvandır; yarım milimetre uzunluğundadır ve yüz binlerce bakteriyi içinde barındıracak kadar büyüktür –göreceğimiz gibi. Darwin akkarıncasının sindirim borusu dışında bir yerde yaşamaz; orada akkarınca dişlerinin öğüttüğü odun yongalarıyla beslenen karma bir mikrop topluluğunun üyesidir. Akkarınca tepelerinin savanaları doldurdukları kadar ve akkarıncaların tepeleri doldurdukları kadar, mikroorganizmalar da akkarıncanın sindirim borusunu doldururlar. Akkarınca tepesi bir akkarınca kasabasıysa, her akkarıncanın sindirim borusu da bir mikroorganizma kasabasıdır. Burada iki düzeyli bir toplulukla karşı karşıyayız. Ama –şimdi hikâyenin can alıcı noktasına geliyoruz– üçüncü bir düzey daha vardır ve ayrıntılar son derece dikkate değerdir. *Mixotricha*'nın kendisi bir kasabadır. Öykünün tamamı, L. R. Cleveland ile A. V. Grimstone'un eseriyle ortaya çıktı; ama *Mixotricha*'nın evrim bakımından önemine dikkatimizi çeken Amerikalı biyolog Lynn Margulis'tir.

J. L. Sutherland, 1930'ların başında *Mixotricha*'yı ilk kez incelediğinde, yüzeyinde sallanan iki tür "kıl" gördü. İleri geri sallanan binlerce ince kılla tamamen kaplıydı. Ön tarafta çok uzun, ince, kamçıya benzeyen birkaç yapı da gördü. İkisi de ona tanıdık geliyordu; küçük olanlar "kirpik", büyük olanlar "kamçı" gibi görünüyordu. Kirpikler (cil-

*Besin yakıtından enerji çıkarmanın iki ana işlemi vardır: anaerobik (oksijensiz) ve aerobik (oksijenli). Her ikisi de, yakıtın, yakılmak yerine, enerjisini verimli kullanılacak şekilde çıkarmaya yönlendirildiği kimyasal dizilerdir. En yaygın anaerobik dizi, ana ürün olarak pirüvat çıkarır ve bu, en yaygın aerobik çağlayanın başlangıç noktasıdır. Akkarıncalar bildik yöntemin dışına çıkarak sindirim borularını serbest oksijenden yoksun bırakır ve böylece mikroplarını yalnızca anaerobik işleme başvurmak, akkarıncanın aerobik enerji salımı için kullanabileceği pirüvatı üretmek üzere odun yakıtını kullanmak zorunda bırakır.

ia), hayvan hücrelerinde, örneğin burun geçitlerimizde yaygındırlar ve kirpikliler adlı tek-hücrelilerin yüzeyini kaplarlar. Geleneksel olarak tanınan diğer tek-hücreli grubunun, kamçılıların, daha uzun, kamçıya benzeyen tüyleri vardır. Kirpiklerin ve kamçıların, özdeş bir ultrayapıları vardır. Her ikisi de, çok-dizili kablolara benzer ve dizilerin imza örüntüleri tamı tamına aynıdır: Ortadaki bir çiftin etrafını saran çemberde dokuz çift.

Kirpikler, daha çok ve daha fazla sayıda kamçı olarak görülebilir ve Lynn Margulis, ayrı adları terk edip ikisine birden "undulipodia" (dalgalıayaklılar) adını verecek kadar ileri gider ve "kamçılı" adını çok farklı bakteri eklentilerine ayırır. Yine de, Sutherland'in zamanındaki taksonomiye göre, tek-hücrelilerin ya kirpikleri, ya kamçıları olduğu, ikisine birden sahip olmadıkları sanılıyordu.

Sutherland'in *Mixotricha paradoxa*, "beklenmeyen kıl kombinasyonu" adının arka planı budur. *Mixotricha*'nın *hem* kirpikleri, *hem* kamçıları vardır, ya da Sutherland'e öyle görünüyordu. *Mixotricha*, tek-hücreli hayvanlar protokolünü ihlal eder. Ön ucunda dört büyük kamçısı vardır; Parabasalia denilen ve daha önce bilinmeyen bir kamçılı grubuna özgü bir biçimde, kamçıların üçü öne, biri arkaya dönüktür. Ama yoğun bir dalgalanan kirpik örtüsü de vardır. Ya da öyle görünüyordu.

Ortaya çıktığı üzere, *Mixotricha*'nın "kirpikleri", Sutherland'ın düşündüğünden de beklenmediktir ve onun korktuğu gibi protokolü ihlal etmezler. Yazık ki, *Mixotricha*'yı canlı görme şansı olmamış. *Mixotricha*'lar, kendi dalgalı ayaklarıyla yüzemeyecek kadar düzgün yüzerler. Cleveland ve Grimstone'un sözleriyle, olağan durumda, "sağa sola dönerek, yön değiştirerek ve bazen dinlenerek değişik hızlarda yüzerler." Aynı şey kirpikliler için de geçerlidir. *Mixotricha*, düzgün bir biçimde, genellikle doğru bir çizgide süzülür; fiziksel olarak engellenmedikçe durmaz. Cleveland ile Grimstone, düzgün süzülme hareketine, "kirpik" dalgalanmasının neden olduğu sonucuna vardılar; ama –bundan daha heyecan verici bir sonuç– elektron mikroskobuyla "kirpikler"in kirpik olmadığını da gösterdiler. Bunlar, bakteridir. Yüz binlerce küçük kılın her biri, tek bir spirokettir –bütün kütlesi uzun, kıpırdayan bir tüy olan bir bakteri. Frengi gibi bazı önemli hastalıklara spiroketler neden olur. Normalde serbest yüzerler; ama *Mixotricha*'nın spiroketleri, sanki kirpikmiş gibi, onun vücut duvarına yapışıp kalırlar.

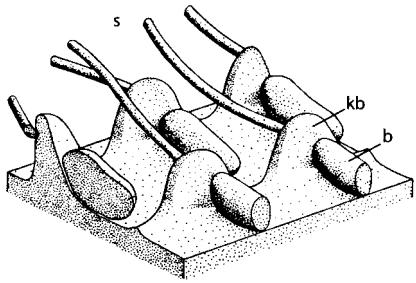
Ne var ki, kirpik gibi değil, spiroketler gibi hareket ederler. Kirpikler

kürek çeker gibi hareket ederler; her kürek darbesinden sonra, suya en az direnç gösterecek şekilde eğilirler. Spiroketler tamamen farklı ve çok kendine özgü bir biçimde dalgalanırlar ve *Mixotricha*'nın "kıllar"ı da aynısını yapar. Birbirleriyle şaşırtıcı bir biçimde eşgüdümlü gibi görünüyorlar; vücudun ön ucundan başlayıp arkaya doğru giden dalgalar halinde hareket ederler. Cleveland ile Grimstone dalga uzunluğunu (dalga tepeleri arasındaki mesafe) bir milimetrenin yaklaşık yüzde biri olarak ölçtüler. Bu, spiroketlerin bir şekilde birbirleriyle "ilişkili" olduklarını gösterir. Belki fiilen ilişki içindedirler: Komşuların hareketine, dalga uzunluğunu belirleyen bir gecikmeyle yanıt verirler. Dalgaların önden arkaya olmasının nedeninin bilindiğini sanmıyorum.

Ama spiroketlerin *Mixotricha*'nın derisine rasgele tıkıştırılmadıkları biliniyor. Aksine, *Mixotricha*'nın, spiroketleri tüm yüzeyinde tekrarlanan bir örüntü halinde tutan ve dahası, dalgalı hareketleriyle *Mixotricha*'yı ileri itecek şekilde arkaya doğru eğen karışık bir aygıtı vardır. Bu spiroketler parazitse, parazitlerine "dostça" davranan bir konağın bundan daha dikkate değer bir örneğini düşünmek zordur. Her spiroketin, Cleveland ile Grimstone'un "kenet" dediği kendi küçük yerleşimi vardır. Her kenet, bir spiroketi ya da bazen birden fazla spiroketi tutmak için biçilmiş kaftandır. Hiçbir kirpik fazlasını isteyemez. Bu tür durumlarda "kendi" vücudu ile "yabancı" vücut arasına çizgi çekmek, oldukça zorlaşır. Bu hikâyenin ana mesajlarından biri de budur.

Kirpiklere benzerlik daha da ileri gider. Güçlü bir mikroskopla *Paramecium* gibi bir kirpikli tek-hücrelinin dokusuna bakarsanız, her kirpiğin kökünde bazal denilen bir gövde olduğunu görürsünüz. Şimdi, *Mixotricha*'nın "kirpikler"i kirpik olmasalar da, bazal gövdeleri var gibi görünüyor. Spiroket tutan her kenedin tabanında, vitamin hapı şeklinde bir bazal gövde vardır. Bunun dışında... *Mixotricha*'nın aykırı iş yapma tarzını öğrendikten sonra, bu "bazal gövde"lerin aslında ne olduklarını tahmin edersiniz? Evet! Onlar da bakteridir. Tamamen farklı bir bakteri –spiroket değil, oval, hap şeklinde bakteriler.

Vücut duvarının büyük bir bölümünde, kenet, spiroket ve bazal bakteri arasında bire bir bir ilişki vardır. Her kenetin ona tutunan bir spiroketi ve tabanında bir hap bakterisi bulunur. Buna bakınca, Sutherland'in "kirpik" görmesinin nedenini anlamak kolaydır. Doğal olarak kirpiklerin olduğu yerde bazal gövdeler görmeyi bekliyordu ... ve bakınca, dikkatli bakınca, "bazal gövdeler" vardı. Hem "kirpikler"in, hem "bazal gövde"lerin otostop yapan bakteriler olduklarını bilemezdi. Dört



***Mixotricha*'nın yüzeyindeki hap bakterilerin (b), kenetlerin (kb) ve spiroketlerin (s) dizilişi.** Cleveland ve Grimstone'dan [bkz. Kaynakça].

"kamçı"ya, *Mixotricha*'nın sahip olduğu biricik gerçek dalgalı ayaklara gelince, öyle görünüyor ki, itme amaçlı değil, binlerce spiroket "forsa"nın ittiği teknenin dümeni olarak kullanılıyorlar. Bu arada, bu çağrışımcı ifadenin bana ait olmadığını söylemeliyim. Cleveland ve Grimstone'un *Mixotricha*'yla ilgili eserlerinden sonra, diğer akkarınca sindirim-borusu tek-hücrelilerinin de aynı şeyi yaptıklarını, ama forsalarının spiroketler değil, sıradan kamçılı bakteriler olduklarını bulan S. L. Tamm'a aittir.

Şimdi sıra *Mixotricha*'daki diğer bakterilere, bazal gövde gibi görünen hap şeklinde bakterilere sıra geliyor –bunlar ne yapıyor? Konaklarının ekonomisine katkıda bulunuyorlar mı? İlişkiden bir şey kazanıyorlar mı? Büyük olasılıkla evet, ama henüz kesin bir biçimde gösterilmemiştir. Odunu sindiren selülazı üretiyor olabilirler. Ne de olsa, mixotricha'lar, akkarıncanın sindirim borusundaki küçük odun yongalarıyla geçinirler. Burada Jonathan Swift'in dizelerini anımsatan üç katlı bir bağımlılıkla karşı karşıyayız:

Natüralistin gördüğü bir pire

Üzerinde avlanan daha küçük pireler

Onları da ısıran daha da küçük pireler

Ve böyle sonsuza uzayıp gider.

Şairler de öyle

Arkadan gelen öndekini ısırır.*

Bu arada Swift'in orta dizelerdeki ölçü düzeni o kadar gereksizdir ki, Augustus De Morgan'ın neden peşinden gelip ısırdığını anlayabiliyoruz:

*Özgün dizeler: "So, naturalists observe, a flea / Has smaller fleas that on him prey; / And these have smaller still to bite 'em; / And so proceed *ad infinitum*. / Thus every poet, in his kind, / Is bit by him that comes behind." [ç.n.].

Büyük pirelerin sırtlarında ısıran küçük pireleri vardır,

Küçük pirelerin de daha küçük pireleri ve böyle sonsuza uzayıp gider.

Büyük pirelerin de peşlerinden gidecekleri büyük pireleri vardır;

Onların da daha büyük pireleri, büyüklerin büyükleri...*

Nihayet, Mixotricha'nın Hikâyesi'nin en tuhaf bölümüne, anlatının yöneldiği doruğa geldik. Vekâleten biyokimyaya, büyük yaratıkların biyokimyasal yetenekleri olan daha küçük yaratıkları içlerine ödünç almalarına ilişkin bu öykü, evrimsel *déjà vu* ile yüklüdür. Mixotricha'nın diğer hacılara mesajı şudur: Bütün bunlar *daha önce de olmuştu.* Büyük Tarihsel Randevu'ya geldik.

* Özgün dizeler: "Great fleas have little fleas upon their backs to bite 'em, / And little fleas have lesser fleas, and so *ad infinitum*. / And the great fleas themselves, in turn, have greater fleas to go on; / While these again have greater still, and greater still, and so on." [ç.n.].

BÜYÜK TARİHSEL RANDEVU

Bu kitapta, geriye doğru bir hac yolculuğu metaforuna uygun olarak, randevunun özel bir anlamı vardır. Ancak tarihin gerçek ileriye doğru hareketi içinde gerçekleşen, yaşamın tarihindeki olayların en belirleyicisi olması akla yakın gelen, tufan niteliğinde bir olay vardır. Bu, ökaryotik (çekirdekli) hücrenin kökeniydi: Bu gezegendeki büyük ölçekli ve karmaşık yaşamın mikro-temeli olan, ileri teknoloji ürünü minyatür makine. Diğer metaforik geriye doğru randevulardan ayırt etmek için, buna Büyük Tarihsel Randevu diyorum. Burada "tarihsel" sözcüğünün ikili anlamı vardır: "Büyük önemi vardır" anlamına gelir ve geriye doğruya karşıt olarak "ileriye doğru kronoloji" demektir.

Tek anıtsal sonucu gibi görünen şeyden, kromozom içeren çekirdeğiyle, karmaşık zar yapısıyla, mitokondri ve (bitkilerdeki) kloroplast gibi kendi kendini üreten minyatür organelleriyle ökaryotik hücrenin evriminden ötürü Büyük Tarihsel Randevu'ya bir olay dedim. Ama aslında iki ya da üç olaydı ve muhtemelen daha geniş bir zamana yayıldı. Bu tarihsel randevu olaylarından her biri, daha büyük bir hücre oluşturmak üzere daha bakteriyel hücrelerle kaynaşmaydı. Mixotricha'nın Hikâyesi, bizi olanları anlamaya hazırladı.

Belki iki milyar yıl önce, eski bir tek-hücreli organizma, bir tür proto-tek-hücreli, bir bakteriyle tuhaf bir ilişki içine girdi: *Mixotricha* ile bakterileri arasındaki ilişkiye benzer bir ilişki. *Mixotricha*'da olduğu gibi, aynı şey farklı bakterilerle birden fazla kez oldu; bu olaylar arasında belki yüz milyonlarca yıl geçti. Tüm hücrelerimiz bireysel mixotrichalara benzerler, bakterilerle doludurlar; bu bakteriler, konak hücreyle kuşaklar boyu süren işbirliği yüzünden öyle büyük bir dönüşüme uğramışlardır ki, bakteriyel kökenleri neredeyse gözden kaybolmuştur. *Mixotricha*'da olduğu gibi, bakteriler ökaryotik hücrenin yaşamına o kadar derinden nüfuz etmişti ki, orada bulunduklarını fark etmek büyük bir bilimsel zafer oldu. Önde gelen simbiyoz uzmanlarımızdan biri olan Sir David Smith'in bir zamanlar ayrı olan öğelerin hücrelerde işbirliği yaparak yaşamaları konusunda kullandığı Cheshire Kedisi benzetmesine bayılırım.

> Hücre habitatında, istilacı bir organizma bazı parçalarını kaybedip, yavaş yavaş genel arka planla harmanlanabilir; eskiden var olduğunu, yalnızca bazı kalıntılar ele verir. Aslında, insana *Alice'in Harikalar Diyarı*'nda karşılaştığı Cheshire Kedisi'ni anımsatıyor. Kediyi izlerken, "kedi yavaşça kayboldu;

önce kuyruğunun ucundan başladı kaybolmaya, en son sırıtışı kayboldu; öyle ki, kendisi gittikten sonra bile sırıtışı bir süre havada asılı kaldı." Bir hücrede Cheshire Kedisi'nin sırıtışına benzer birçok nesne vardır. Kökenlerinin izini sürmeye çalışanlar için, sırıtma büyüleyici ve gerçekten muammalıdır.

Bir zamanlar serbest olan bu bakterilerin yaşamlarımıza getirdikleri biyokimyasal hünerler, bugüne kadar yaptıkları ve yapmasalar yaşamın derhal sona ereceği hünerler nelerdir? En önemli ikisi, güneş enerjisini kullanıp organik bileşikleri sentezleyen ve yan ürün olarak havaya oksijen salan fotosentez ile (bitkilerden gelen) oksijeni kullanıp organik bileşikleri yavaş yavaş yakan ve başlangıçta güneşten gelen enerjiyi yeniden kullanıma sokan oksidadif metabolizmadır.* Bu kimyasal teknolojiler, Büyük Tarihsel Randevu'dan önce (farklı) bakteriler tarafından geliştirildi –ve bir anlamda bakteriler hâlâ kasabadaki tek oyundur. Değişen tek şey, şimdi biyokimyasal sanatlarını, ökaryotik hücre denilen ve amaca uygun yapılmış fabrikalarda icra etmeleridir.

Fotosentez yapan bakterilere mavi-yeşil algler denilirdi; korkunç bir ad, çünkü birçoğu mavi-yeşil olmadığı gibi, hiçbiri de alg değildir. Pek çoğu yeşildir ve bazıları kırmızımsı, sarımsı, kahvemsi, siyahımsı ve evet bazı durumlarda mavimsi-yeşil olmalarına karşın, onlara yeşil bakteriler demek daha uygundur. "Yeşil" sözcüğü bazen fotosentezin karşılığı olarak da kullanılır, bu anlamda da yeşil bakteriler uygun düşen bir addır. Bilimsel adları, siyanobakterilerdir (cyanobacteria). Arke değil, gerçek bakteridirler ve iyi bir monofiletik grup gibi görünürler. Başka bir deyişle, hepsi (başka hiç kimse değil), yine bir siyanobakteri olarak sınıflandırılan tek bir atadan türemiştir.

Alglerin, lahananın, çam ağaçlarının ve otların yeşil rengi, hücrelerinde bulunan ve kloroplast denilen küçük yeşil maddelerden kaynaklanır. Kloroplastlar, bir zamanlar serbest yaşayan yeşil bakterilerin uzak torunlarıdır. Hâlâ kendi DNA'ları vardır ve hâlâ eşeysiz bölünmeyle üreyip, her konak hücre içinde önemli bir popülasyon oluştururlar. Söz konusu olan bir kloroplastsa, üreyen bir yeşil bakteri popülasyonunun üyesidir. İçinde yaşadığı ve ürediği dünya, bir bitki hücresinin iç mekânıdır. Bazen, bitki hücresi iki yavru hücreye bölününce, dünyası küçük bir çalkantı yaşar. Kloroplastların kabaca yarısı kendilerini yavru hücrelerin birinde, diğer yarısı diğerinde bulur ve hemen normal üremelerine yeniden başlayarak, yeni dünyalarını

*Bakterilerin (Arkeler de dahil), azot bağlanmasında tekelleri vardır (yıldırım çarpması ve sanayi kimyageri olan insanlar dışında).

kloroplastla doldururlar. Her zaman kloroplastlar yeşil pigmentlerini kullanıp güneşten fotonları kapar ve güneş enerjisini yararlı bir yöne, konak bitkinin sağladığı su ve karbondioksitten organik bileşikleri sentezlemeye yöneltir. Oksijen atığının bir kısmı bitki tarafından kullanılır, bir kısmı da yapraklardaki "stomata" (tekili "stoma") denilen deliklerle atmosfere salınır. Kloroplastların sentezlediği organik bileşikler, sonunda, konak bitki hücresi için hazır hale getirilir.

Bazı kloroplastların, *Mixotricha*'ın Hikâyesi'ni anımsatırcasına, dolaylı bir yolla, muhtemelen alg denilecek başka ökaryotik hücrelerin sırtına binerek bitki hücrelerine girdiklerini gösteren kanıtlar var. Kanıt, bazı kloroplastların iki zarının olmasıdır. Muhtemelen iç zar, özgün bakterinin duvarıdır; dış zar ise algin duvarıdır. *Mixotricha*'da olduğu gibi, mantarların ve hayvanların hücreleriyle ya da dokularıyla bütünleşen tek-hücreli yeşil alg örneklerini, örneğin mercanlarda yaşayan algleri gösterebiliriz. Tek zarı olan kloroplastlar, hücrenin içine, büyük olasılıkla bir algin kuyruğuna takılarak değil, doğrudan girmişlerdir.

Atmosferdeki serbest oksijenin tümü, ister serbest yaşayan olsun, ister kloroplast biçiminde olsun, yeşil bakterilerden gelir. Daha önce de söylendiği gibi, oksijen atmosfere ilk çıktığında zehirliydi. Aslında bazıları hâlâ zehirli oluğunu söylüyor; doktorların bize "anti-oksidan" yememizi söylemelerinin nedeni budur. Evrimde, organik bileşiklerden enerji (kökeni güneş enerjisi) çıkarmak için oksijen kullanmayı keşfetmek, parlak bir kimyasal başarıydı. Bir tür tersine fotosentez gibi görülebilen bu işlem, bakteriler tarafından yapılmaktaydı; ama farklı bir bakteri tarafından. Bizzat fotosentezin kendisinde olduğu gibi, bu teknolojide de bakterilerin tekeli vardır; yine fotosentezde olduğu gibi, şimdi mitokondri adıyla ortalıkta dolaşan oksijen-sever bakterilere barınma sağlayan hücrelerimize benzer ökaryotik hücreler hariç. Mitokondrilerin biyokimyasal sihirbazlığı sayesinde oksijene o kadar bağımlı hale geldik ki, "zehirlidir" ifadesi, ancak bilinçli bir paradoks tonuyla söylenirse anlamlıdır. Araba egzozlarından çıkan öldürücü zehir karbonmonoksit, oksijen taşıyan hemoglobin moleküllerimize bağlanmak için oksijenle rekabet ederek bizi öldürür. Birisini oksijensiz bırakmak, onu öldürmenin en hızlı yoludur. Yine de, hücrelerimiz yardım almadan, oksijeni ne yapacaklarını bilmezler. Bilenler mitokondriler ve onların bakteriyel kuzenleridir.

Kloroplastlarda olduğu gibi, moleküler karşılaştırma, mitokondrinin çıktığı belirli bakteri grubunu bize anlatır. Mitokondriler, alfa-proteo de-

nilen bakterilerden türemişlerdir ve bu nedenle tifüse ve diğer pis hastalıklara neden olan riketsiyalarla akrabadırlar. Mitokondriler özgün genomlarının çoğunu yitirmiş ve tamamen ökaryotik hücrelerin içindeki yaşama uyarlanmışlardır. Ama kloroplastlar gibi, hâlâ bölünerek bağımsız üreyip, her ökaryotik hücrenin içinde popülasyonlar oluştururlar. Mitokondriler genlerinin çok büyük çoğunluğunu kaybetmiş olmalarına karşın, tümünü yitirmemişlerdir ve bu durum, bu kitap boyunca gördüğümüz gibi, moleküler genetik için bir şanstır.

Şimdi neredeyse evrensel kabul gören düşüncenin –mitokondrilerin ve kloroplastların simbiyotik bakteriler oldukları düşüncesinin– yaygınlaşmasından büyük ölçüde sorumlu olan Lynn Margulis, aynı şeyi kirpikler (silyalar) için de yapmaya çalıştı. *Mixotricha*'nın Hikâyesi'nde gördüklerimize benzer yeniden sahnelenmelerden esinlenen Margulis, kirpiğin izini spiroket bakterilere kadar sürer. Ama ne yazık ki, kirpiklerin (dalgalıbacaklılar) simbiyotik bakteri olduklarına ilişkin kanıt, Margulis'in mitokondriler ve kloroplastlarla ilgili kanıtlarını ikna edici bulanlar arasında, hemen hemen kimse tarafından ikna edici bulunmamıştır.

Büyük Tarihsel Randevu ileri doğru tarihsel harekette gerçek bir randevu olduğuna göre, bundan sonraki yolculuğumuz ayrık bir yolculuk olmalı. Uzak geçmişte yeniden birleşene kadar, ökaryotik bütüne katılanların ayrı yolculuklarını izlemeliyiz; ama sanırım bu, karmaşık bir yolculuğa atım atmak olacak. Hem kloroplastların, hem mitokondrilerin, diğer prokaryotik grup Arkelerle değil, öbakterilerle yakınlıkları vardır. Ama nükleer genlerimiz, Arkelere biraz daha yakındır ve geriye doğru öykümüzde bir sonraki randevumuz onlarladır.

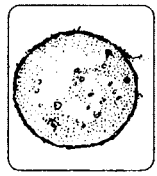
Randevu 38
ARKELER

Randevu 37'de olanlarla ilgili ve aslında, başlığın incir yaprağının arkasında kaç tane randevunun gizli olduğuyla ilgili belirsizlikten sonra, pek çok kişinin hemfikir olduğu bir randevuya dönmek rahatlatıcıdır. Tüm ökaryotik hacılara --en azından nükleer genlerine-- daha önceleri arkebakteriler denilen arkeler katılıyor. Randevu 38, 39, 40 ya da 41 olarak ele alınmaya (daha doğrusu sonraki birkaç yılın araştırmasına) aday olabilir. Ama prokaryotların ya da bazılarının hâlâ demeye devam ettikleri gibi, bakterilerin çok farklı iki çeşit oldukları kabul edilir –öbakteriler ve arkeler. Egemen görüşe göre, Arkeler (Archaea), Öbakterilerden (Eubacteria) çok bizim yakın kuzenlerimizdir; iki randevuyu burada yaptığım gibi sıralamamın nedeni de budur. Ama çekirdeklerimiz arkelere daha yakın olsalar da, Büyük Tarihsel Randevu'nun tuhaf koşulları nedeniyle, hücrelerimizin parçalarının öbakterilere daha yakın oldukları unutulmamalıdır.

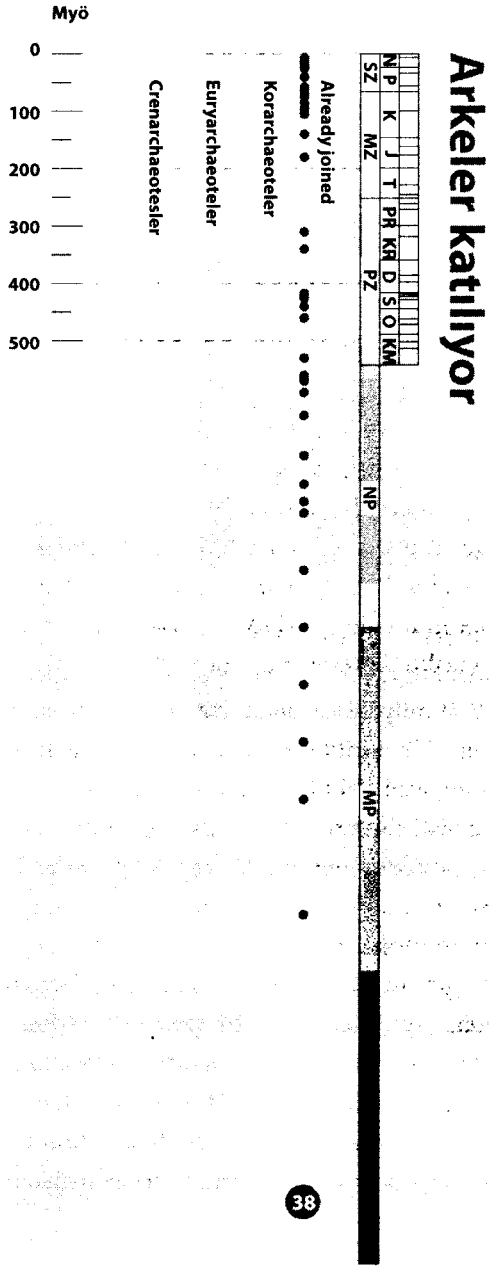
Oxford'da meslektaşım olan ve yaşamın erken evrimiyle ilgili görüşü, mikrop çeşitliliğiyle ilgili engin bilgisine dayanan Tom Cavalier-Smith, arkeleri ve ökaryotları kucaklamak, ama Öbakterileri dışlamak için Neomura (yeniduvarlılar) adını ortaya atmıştır. Öbakterileri ve arkeleri kucaklayan, ama ökaryotları dışarıda bırakan "bakteri" adını da kullanır. Ona göre Bakteri bir "grad"dır, Neomura ise bir kladdır. Öbakterilerin ait oldukları klad basitçe yaşamdır; çünkü Arkeleri ve ökaryotları kapsar.

Cavalier-Smith, Neomura'nın 850 milyon yıl önce, benim düşünmeye cüret ettiğimden çok daha yakın bir tarihte ortaya çıktığına inanır. Arkelerin kendilerine özgü biyokimyasal özelliklerini bakterilerin içinde termofil bir adaptasyon olarak geliştirdiklerini düşünür. Termofil, Yunanca "sıcak sever"den gelir, pratikte genellikle sıcak pınarlarda yaşamak demektir. Bu sıcak sever bakterilerin –"termofiller"– ikiye ayrıldıklarına inanır. Bazıları hipertermofil (gerçekten çok sıcağı seven) olup, modern Arkeleri meydana getirtir. Bazıları da sıcak pınarlardan ayrılıp, daha serin koşullar altında, Mixotricha'nın Hikâyesi'nde olduğu gibi diğer prokaryotları içlerine katarak ve onlardan yararlanarak ökaryot haline gelirler. Eğer haklıysa, Randevu 38'in hangi koşullarda gerçekleştiğini biliyoruz: Sıcak bir pınarda ya da belki deniz dibinde volkanik bir kuyuda. Ama haklı olmayabilir ve görüşünün, konsensüsten





Arkeler katılıyor



Arkeler katılıyor. Pek çok uzman, biyokimyanın ve hücre morfolojisinin bazı ayrıntılarının yanı sıra nükleer DNA temelinde arkelerin ökaryotların kardeş grubu olduklarına inanır. Ne var ki, mitokondriyal DNA kullanılmış olsaydı, en yakın akrabalar proteobacteria olurdu; çünkü mitokondrilerin kendileri bir zamanlar öyleydi (bkz. Büyük Tarihsel Randevu). Arkelerin iki gruba ayrıldıkları kabul edilir: Crenarchaeotes ve euryarchaeotes. Sıcak pınarlara ait DNA dizilişleri erkenden ayrılmış başka bir dalı, korarchaeotes'i gösterir; ama fiilen hiç görülmemiştir. Tür sayısı verilmez; eşeysiz organizmalarda "tür"ün ne anlama geldiği belli değildir.
Çizgi resimler, soldan sağa: *Desulfurococcus mobilis; Methanococcoides burtonii.*

uzak olduğu söylenmelidir.

Illinois Üniversitesi'nden Amerikalı büyük mikrobiyolog Carl Woese, 1970'lerin sonunda (o zaman Arkebakteri denilen) Arkeleri keşfetti ve tanımladı. Diğer bakterilerden derin ayrılık, önceki düşüncelerden çok farklı olduğu için, başlangıçta tartışmalıydı. Ama şimdi çok geniş bir kabul görüyor ve Woese, oldukça itibarlı Crafoord Ödülü ve Leeuwenhoek Madalyası da dahil, ödüllerle ve madalyalarla onurlandırıldı.

Arkeler, çok sıcak ya da çok asitli, alkalinli veya tuzlu su gibi farklı türden aşırı koşullarda gelişen türleri kapsar. Öyle görünüyor ki, bir grup olarak arkeler, yaşamın sınırlarını zorluyorlar. Ortak Ata 38'in böyle bir aşırılık-sever olup olmadığını kimse bilmiyor; ama bu, ilginç bir olasılıktır.

Randevu 39
ÖBAKTERİLER

Hac yolculuğu başladığında, zaman makinemiz birinci vitese taktık ve on binli yıllarla düşündük. Kambriyen Dönem'e doğru hızlanıp yol boyunca hayvan hacıları topladıkça, vitesi yükselttik, milyon yıllarla, daha sonra yüz milyon yıllarla başa çıkmak için imgelemimizi tazeledik. Ama Kambriyen Dönem, ürkütücü ölçüde yakın zamandır. Yaşam, bu gezegendeki varlığının çok büyük bir bölümünde, prokaryotik yaşamdan başka bir şey değildi. Biz hayvanlar, yakın zamanda akla gelen bir düşünceyiz. Evden Canterbury'ye gidişte, zaman makinemiz, bu kitabı katlanılmaz ölçüde uzun olmaktan kurtarmak için hiper hız yapmalıdır. Artık ökaryotları ve arkeleri de kapsayan hacılarımız, neredeyse edepsizce görünen bir telaşla, son randevu saydığım şeye –Öbakterilerle Randevu 39– doğru hızla yol alıyorlar. Ama birden fazla randevu da olabilir ve bazı öbakterilere diğerlerinden daha yakın olabiliriz. Aşağıdaki ağacın köksüz çizilmesinin nedeni bu belirsizliktir.

Zaten görmüş olduğumuz ve Tak'ın Hikâyesi'nin kabul edeceği gibi, bakteriler üstün yetenekli, çokyönlü kimyagerlerdir. Ayrıca, bildiğim kadarıyla, insan uygarlığının ikonu olan tekerleği bulan, insan olmayan tek yaratık türüdür. Hikâyeyi *Rhizobium* anlatıyor.

RHİZOBİUM'UN HİKÂYESİ

Tekerlek, dillere destan olmuş insan icadıdır. Herhangi bir makineyi parçalara ayırın, tekerlek görürsünüz. Gemi ve uçak pervaneleri, çıkrıklar, tornalar, çömlekçi çarkları –teknolojimiz tekerlekle çalışır ve tekerleksiz tutukluk yapar. Tekerlek, MÖ dördüncü binyılda Mezopotamya'da bulunmuş olabilir. İspanyol fethi sırasında Yeni Dünya

Öbakteriler katılıyor. Köksüz bir ağaç (bkz. Gibon'un Hikâyesi); çarpı işaretleri, gerçek kök için kesin olmayan iki konumu gösteriyor. Her kolun ucu bugünü temsil eder. Geleneksel olarak, öbakteriler yaşaman geri kalan kısmının kardeş grubu sayılmıştır; kökün Ortak Ata 39'dan sallanmasına eşdeğer (çarpı işareti A). Ne var ki, dış grupların yokluğunda, bunu destekleyen sağlam kanıtlar da yoktur. Başka bir olasılık, kökün öbakterilerin içinde olmasıdır (örneğin çapı işareti B); bu da daha fazla randevu noktası demektir. Öbakteriler içinde, filogenetik ilişkilerle ilgili epeyce anlaşmazlık vardır. Burada kullanılan gruplar, genel olarak kabul edilirler; ama iç ilişkiler konusunda genel bir kabul yoktur. Bu durum, özellikle siyanobakteriler için geçerlidir.
Çizgi resimler, tepeden saat yönünde: *Escherichia coli* 0111; *Chlamydia*; *Leptospira interrogans*; bilinmeyen bitkiden kloroplast; *Thermus aquaticus*; *Staphylococcus aureus.*

Öbakteriler katılıyor

uygarlıkları hâlâ tekerlekten yoksundu. İddia edilen istisna –çocuk oyuncakları– kuşku doğuracak kadar tuhaf görünüyor. Iniutlerin 'kar'ın karşılığı olarak 50 sözcükleri olması gibi, sırf unutulmaz olduğu için yaygınlaşan mitlerden biri olabilir mi?

İnsanların ne zaman iyi bir düşüncesi olsa, zoologlar hayvanlar âlemindeki emsalini bulmaya alışıktırlar. Örnekleri bu kitapta bulunabilir: yankı uzaklığını ölçme (yarasalar), elektrikle yer tespiti (Ördekgagalı'nın Hikâyesi), baraj (Kunduz'un Hikâyesi), parabolik reflektör (denizminareleri), kızılötesi ısı tarama sensörü (bazı yılanlar), derialtı şırınga (eşekarıları, yılanlar ve akrepler), zıpkın (knidliler) ve jet motoru (mürekkepbalıkları). Tekerlek neden olmasın?

Tekerleğin, oldukça sıradan bacaklarımızdan ötürü bizi etkilemesi olasıdır. Yakıtla (fosilleşmiş güneş enerjisi) çalışan motorlarımız olmadan önce, hayvanların hızına yetişemiyorduk. III. Richard'ın, içine düştüğü zor durumdan dört-ayaklı taşıma aracıyla çıkma karşılığında krallığını teklif etmesi boşuna değil. Belki de pek çok hayvan bacaklarıyla zaten hızlı koşabildiği için tekerleğe gerek görmedi. Ne de olsa, çok yakın zamana kadar tüm tekerlekli taşıtlarımız bacak gücüyle çekilmekteydi. Attan daha hızlı gitmek için değil, bir atın bizi kendi hızıyla –ya da kendininkinden birazcık az bir hızla– taşımasını olanaklı kılmak için tekerleği bulduk. Bir at için tekerlek, hızı yavaşlatan bir şeydir.

Tekerleği abartmamızın bir örneği daha. Azami verimliliği, daha önceki bir buluşa –yol (ya da düz, sert yüzey)– bağlıdır. Bir arabanın güçlü motoru, sert, düz bir yolda arabanın bir atı, bir köpeği ya da bir çitayı yenmesini olanaklı kılar. Ama yarışı yanıl kırda ya da sürülmüş tarlalarda ya da engelli bir yolda yapın; at, arabaya nal toplatır.

O halde, belki de sorumuzu değiştirmemiz gerekir. Hayvanlar neden yolu geliştirmedi? Büyük bir teknik güçlük yok. Kunduz barajının ya da çardakkuşunun süslü yapısının yanında yol çocuk oyuncağı kalır. Toprağı tokmaklayıp sertleştiren, bunun için bir taş alet kullanan bazı kazıcı eşekarıları bile var. Herhalde, bir yol yapmak için büyük hayvanlar da aynı becerileri kullanabilirdi.

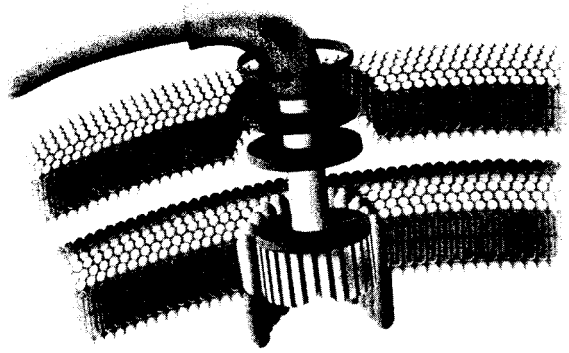
Ama beklenmedik bir sorun doğar. Yol yapmak teknik olarak olanaklı olsa bile, tehlikeli ölçüde *özgeci* bir faaliyettir. Ben bir birey olarak A'dan B'ye iyi bir yol yaparsam, o yoldan benim kadar siz de yararlanabilirsiniz. Bu neden sorun olsun? Çünkü Darvincilik, bencil bir oyundur. Başkalarına yararlı olacak bir yol yapmak, doğal seçilim

tarafından cezalandırılır. Rakip bir birey benim yolumdan benim kadar yararlanır, ama yapım maliyetini ödemez. Kendi yolunu yapma zahmetine katlanmayıp benim yolumu kullanan bedavacılar, ben yolda köle gibi çalışırken, enerjilerini benden fazla üremeye yoğunlaştırma olanağı bulurlar. Özel önlemler alınmadıkça, çalışkanlığın zararına, tembelliğe, bencil sömürüye yönelik genetik eğilimler gelişir. Sonuç, hiçbir yolun yapılmaması olur. İleriyi görmenin avantajıyla, herkesin zararlı çıkacağını görebiliyoruz. Büyük, yakın zamanda evrilmiş beyinleri olan biz insanlardan farklı olarak, doğal seçilim ileriyi görmez.

İnsanlarda özel olan neydi ki, antisosyal içgüdülerimizin üstesinden gelip, hepimizin paylaştığı yollar yapmayı becerebildik? Bir sürü şey var. Başka hiçbir tür, yaşlılara, hastalara ve yetimlere bakan, bağışta bulunan bir örgütlenmenin, bir refah durumunun uzağından bile geçmez. Görünüşte bu şeyler Darvinciliğe bir meydan okumadır; ama buna girmenin yeri burası değil. Sevelim ya da sevmeyelim hepimizin katkıda bulunduğu hükümetlerimiz, polisimiz, vergimiz, kamusal işlerimiz var. "Beyefendi çok kibarsınız; ama Gelir Vergisi sisteminize girmeyi tercih etmiyorum," diye yazan biri, Maliye Bakanlığı'ndan cevabını alır. Ne yazık ki, başka hiçbir tür vergiyi icat etmemiş. Ama (sanal) çit icat etmişler. Bir birey bir kaynağı rakiplere karşı aktif bir biçimde savunursa, kullanımını güvenceye alabilir.

Birçok hayvan türü bölgecidir; yalnızca kuşlar ve memeliler değil, balıklar ve böcekler de. Bir alanı aynı türden rakiplere karşı, çoğu kez özel bir beslenme alanıyla, özel bir sevişme çardağıyla ya da özel bir yuva alanıyla ayıracak şekilde savunur. Rakiplerin dışlanacağı iyi ve düzgün bir yol ağı kurmak, büyük bir bölgeye sahip bir hayvanın yararına olabilir. Bu olanaksız değil; ama bu tür hayvan yolları, uzun mesafeli, yüksek hızda geziler için çok yerel kalır. Kaliteli yollar, bir bireyin genetik rakiplere karşı savunabildiği küçük alanla sınırlı olur. Bu, tekerleğin evrimi için tekin bir başlangıç noktası sunmaz.

Nihayet şimdi bu hikâyenin anlatıcısına geliyoruz. Yukarıdaki dayanak noktamın, fikir verici bir istisnası var. Çok küçük bazı yaratıklar, sözcüğün tam anlamıyla tekerleği *geliştirmiş*. Yaşamın ilk 2 milyar yıl boyunca bakteriden ibaret olması göz önüne alınırsa, tekerlek, geliştirilmiş ilk hareket ettirici aygıt olabilir. Birçok bakteri, iplik benzeri sarmal pervaneler kullanarak yüzer; her pervaneyi, kendine ait sürekli dönen bir pervane şaftı hareket ettirir. Bu "kamçılar"ın kuyruk gibi sallandıkları, sarmal dönme görüntüsünün ise, kıvrılarak ilerleyen bir yılan-



Küçük bir moleküler motorun hareket ettirdiği gerçek bir aks, serbestçe dönen bir tekerlek göbeği.

da olduğu gibi, kamçı boyunca ilerleyen bir devinim dalgasından kaynaklandığı düşünülürdü. Gerçek, çok daha ilginçtir. Bakteriyel kamçı, hücre duvarı boyunca giden bir delikte serbestçe ve sonsuza kadar dönen bir şafta bağlıdır.* Bu gerçek bir aks, serbestçe dönen bir tekerlek göbeğidir. Bir kasla aynı biyofiziksel ilkeleri kullanan küçük bir moleküler motor tarafından hareket ettirilir. Ama bir kas, kasıldıktan sonra yeni bir güç darbesine hazırlanmak için tekrar uzamak zorunda olan pistonlu bir motordur. Bakteriyel motor ise durmadan aynı yönde gider: Moleküler bir türbin.

Yalnızca çok küçük yaratıkların tekerleği geliştirmiş olması, büyük yaratıkların geliştirmemiş olmasının en akla yakın nedenini gösterir. Tamamen dünyevi, pratik bir nedendir; ama yine de önemlidir. Büyük bir yaratığın, insan yapımı tekerleklerden farklı olarak, ayrıca ölü malzemeden yapıldıktan sonra yerine takılmaktan çok, *yerinde* büyümek zorunda olan büyük tek bir tekerleğe ihtiyacı olurdu. Büyük, canlı bir organ için *yerinde* büyümek, kan ya da kana eşdeğer ve muhtemelen de sinirlere eşdeğer bir şeyleri gerektirir. Tekerlek gibi dönen bir organa düğümlenmeyen kan damarları sağlama sorunu, açıklamaya gerek kalmayacak kadar yalındır. Belki bir çözümü vardır; ama henüz bulunmamışsa, şaşırmamalıyız.

İnsan mühendisler, kanı aksın ortasından tekerleğin ortasına taşımak için eşmerkezli kanallar çalıştırmayı önerebilirler. Peki evrimsel ara basamaklar nasıl olurdu? Evrimsel ilerleme bir dağa tırmanmaya benzer.

*Bakteriyel kamçı, gördüğümüz gibi, ökaryotik (ya da tek-hücrelii) kamçıdan ya da Mixotricha'nın Hikâyesi'nde karşılaştığımız "dalgalıayaklı"dan yapı olarak tamamen farklıdır. 9+2 mikro-tüpçüklü ökaryotik düzenlemeden farklı olarak, bakteriyel kamçı protein flagelinden oluşan içi boş bir tüptür.

Tek bir sıçrayışla sarp bir kayalığın dibinden tepesine çıkamazsınız. Ani, hızlı bir değişim mühendisler için bir seçenektir; ama doğada evrimsel dağın doruğuna, başlangıç noktasından yukarıya doğru kademeli rampalarla ulaşılabilir. Tekerlek, mühendislik çözümünün açıkça görülebildiği, ama derin bir vadinin öte tarafında olduğu için evrimde ulaşılamaz olabilen durumlardan biri olabilir: Büyük hayvanlar tarafından geliştirilemez, ama küçük boylarından ötürü bakterilerin menzili içinde kalır.

Çocuk kitabı *His Dark Materials*'ta Philip Pullman, yaratıcı bir düşünceyle, büyük hayvanların sorununu hiç beklenmedik, ama çok biyolojik bir yolla çözer. Sert, tekerleğe benzer yuvarlak tohum kapçıkları çıkaran dev bir ağaç türüyle simbiyotik evrilen iyiliksever, gövdeli bir hayvan türü, "mulefa"yı icat eder. Mulefanın ayaklarında, sonra bir tekerlek gibi çalışan tohum kapçığının ortasındaki bir deliğe giren boynuzlu, pürüzsüz bir çıkıntı vardır. Ağaçlar bu düzenlemeden kazançlı çıkar; çünkü, sonunda olması gerektiği gibi bir tekerlek yıpranıp da atmak gerekince, mulefa tekerliğin içindeki tohumları etrafa saçar. Ağaçlar da, ortasında mulefanın aksına tam uyan, içine kaliteli makine yağı salgıladıkları bir delik bulunan tam yuvarlak tohum kapçıkları yaparak bu iyiliğe karşılık verecek şekilde evrilmiştir. Mulefanın dört bacağı, bir baklava dilimi örüntüsüne uygun yerleşmiştir. Ön ve arka bacaklar orta hattadır ve tekerleğe giren de bu bacaklardır. Vücudun ortasında ve kenarlarda olan diğer iki bacağın tekerlekleri yoktur ve hayvanı, eski moda külüstür bir pedalsız bisiklet gibi taşımak için kullanılır. Pulman, bu yaratıkların yaşadıkları dünyanın jeolojik bir özelliğinin bütün sistemi olanaklı kıldığın belirtir. Tesadüfen savanada yol işlevi gören uzun, şerit benzeri hatlar oluşturan bazalt kayaçlar.

Pullman'ın zekice simbiyozu dışında, tekerleği, iyi bir düşünce de olsa, büyük hayvanlarda gelişmeyen icatlardan biri olarak kabul edebiliriz: Hem önceden bir yola ihtiyaç olduğu için, hem bükülüp düğümlenen kan damarları sorunu asla çözülemeyeceği için, hem de nihai bir çözüme giden ara basamakların kimseye bir yararı olmayacağı için gelişmeyen bir icat. Çok küçüğün dünyası çok farklı olduğu ve çok farklı teknik sorunlar çıkardığı için, bakteriler tekerleği geliştirebildi.

Bu arada, bakteriyel kamçılı motorun kendisi, son zamanlarda kendilerine "Akıllı Tasarım Kuramcıları" diyen bir yaratılışçı türünün elinde, sözde evrilemezliğin ikonu statüsüne yükseldi. Açıkça var olduğuna göre, muhakemelerinin sonucu farklıdır. Ben evrilemezliği, memeliler gibi büyük hayvanların tekerleği geliştirmemelerinin bir açıklaması

olarak önerirken; yaratılışçılar bakteriyel kamçılı tekerleğe, var olamayan, ama var olan –bu yüzden doğaüstü araçlarla oraya çıkmış olmalı!– bir şey olarak sarıldılar.

Bu, "Paley'in Saatçisi Kanıtı" ya da "İndirgenemez Karmaşıklık Kanıtı" da denilen eski "Tasarım Kanıtı"dır. Ben buna daha az kibarca "Kişisel İnanmazlık Kanıtı" dedim; çünkü her zaman şu biçimdedir: "Ben kişisel olarak, X'i meydana getirebilen bir doğal olaylar dizisi düşünemem. Bu yüzden doğaüstü bir yolla meydana gelmiş olmalı." Bilim insanları defalarca çıkıştılar: Bu savunma, doğayla ilgili bir şeyi değil, daha çok sizin imgeleminizin sefaletini anlatır. "Kişisel İnanmazlık Kanıtı" bizi, hilelerine akıl erdiremediğimiz bir sihirbaz gördüğümüz her seferinde doğaüstüne başvurmaya götürür.

Tekerlekli memelilerin yokluğu için öne sürdüğüm açıklama gibi, var olmayan bir şeyin yokluğunun olası bir açıklaması olarak indirgenemez karmaşıklık kanıtını öne sürmek meşrudur. Bu, bilim insanının, tekerlekli bakteri gibi var olan bir şeyi açıklama sorumluğunu geçiştirmekten çok farklıdır. Yine de, adil olmak gerekirse, tasarım kanıtının ya da indirgenemez karmaşıklık kanıtının bir versiyonunu geçerli bir biçimde kullanmayı düşünmek olanaklıdır. Gelecekte uzaydan gelip, gezegenimizin arkeolojik kazılarına takılan ziyaretçiler, uçak ve mikrofon gibi tasarım ürünü makineleri, yarasa kanatları ve kulakları gibi evrim ürünü makinelerden ayırt etmenin yollarını kuşkusuz bulacaklar. Ayrımı nasıl yapacaklarını düşünmek, ilginç bir alıştırma olur. Doğal evrim ile insan tasarımı arasında karışık örtüşmeler konusunda çapraşık yargılarla karşılayabilirler. Uzaydan gelen yabancı bilim insanları, yalnızca arkeolojik kalıntıları değil, canlı örnekleri de inceleyebilseler, narin, oldukça gergin yarış atlarına ve tazılara, zor nefes alan ve sezaryensiz doğamayan buldok köpeklerine, mahmur gözlü Pekin köpeklerine, Frizyan inek gibi yürüyen memelere, Landrace domuzları gibi yürüyen pastırmalara, merinos konuyu gibi yürüyen yün torbalarına ne anlam verirler? İnsan kullanımı için, bakteriyel kamçılı motorla aynı ölçekte yapılmış moleküler makineler –nanoteknoloji– uzaylı bilim insanlarına daha da ciddi sorunlar çıkarabilir.

Life Itself'te Francis Crick, bakterilerin bu gezegende doğmamış, başka yerden ekilmiş olabileceklerini yarı ciddi düşündü. Crick'in fantezisine göre, kendi yaşam biçimlerini yaymak isteyen, ama kendilerini taşımaları için gerekli teknik sorunlarla uğraşmayıp, bakteri ekimi kök saldıktan sonra doğal evrimin işi halletmesine bel bağlayan uzaylı

varlıklar, bakterileri bir roketin burun kısmına koyarak gönderdiler. Crick ve çalışma arkadaşı Leslie Orgel, bakterilerin başlangıçta ana gezegende doğal süreçlerle evrildiklerini, ama karışıma bir parça nanoteknoloji, belki *Rhizobium*'da ve diğer birçok bakteride gördüğümüz kamçılı motor gibi moleküler bir dişli çark eklediklerini varsaydılar.

Crick, kendi Yönlendirilmiş Panspermi kuramını destekleyen fazla kanıt bulamaz –bunun üzücü mü, yoksa rahatlatıcı mı olduğu ayrı bir meseledir. Ama bilim ile bilimkurgu arasındaki alan, önemli bir sorunla boğuşmak için sahiden yararlı bir zihinsel spor salonudur. Darvinci doğal seçilimin akla getirdiği tasarım yanılsamasının bu kadar güçlü oluşu göz önüne alındığında, pratikte bu yanılsamanın ürünlerini bilinçli tasarımlanmış yapıntılardan nasıl ayırt ederiz? Başka bir büyük moleküler biyolog Jacques Monod, *Chance and Necessity*'sine benzer terimlerle başladı. Doğada sahiden ikna edici indirgenemez karmaşıklık örnekleri, birçok parçadan oluşmuş, parçalardan birinin yitirilmesinin bütün için ölümcül olduğu karmaşık bir organizasyon olabilir mi? Varsa, bu, sözün gelişi başka bir gezegende daha eski ve daha gelişmiş bir uygarlıktan üstün bir zekânın gerçek tasarımını gösterebilir mi?

Böyle bir şeyin bir örneğinin bulunması olanaklıdır. Ama ne yazık ki, bakteriyel kamçılı motor o değil. Daha önceki birçok indirgenemez karmaşıklık iddiaları gibi, bakteriyel kamçının da indirgenebilir olduğu ortaya çıkıyor. Brown Üniversitesi'nden Kenneth Miller, tam bir *yetenek gösterisiyle* sorunun bütününü ele alıyor. Miller'ın gösterdiği gibi, kamçılı motoru oluşturan parçaların başka işlevleri olmadığı iddiası basitçe yalandır. Örneğin, birçok parazit bakterinin, konak hücrelere kimyasal salgılamak için TTSS (Tip Üç Salgı Sistemi) denilen bir mekanizması vardır. TTSS, kamçılı motorda kullanılanlarla aynı proteinleri kullanır. Bu kez dairesel bir çarkı döndürmek için değil, konak hücrenin duvarında dairesel bir delik açmak kullanılır. Miller özetliyor:

> Açıkça söylemek gerekirse, TTSS kamçının tabanından bir avuç protein kullanarak pis işini yapar. Evrim açısından bu ilişki pek şaşırtıcı değildir. Aslında, evrim süreçlerinin oportünizminin yeni işlevler üretmek için proteinleri karıştıracağı beklenmelidir. Ne var ki, indirgenemez karmaşıklık öğretisine göre, bu olanaklı olmamalıdır. Eğer kamçı gerçekten indirgenemez karmaşıksa, o zaman 10 ya da 15 parça bir yana, tek bir parçasının alınması geriye kalanı "tanımı gereği işlevsiz"leştirmelidir. Ama TTSS, kamçının birçok parçasından yoksun olmasına karşın, tam anlamıyla işlevseldir. TTSS bizim için kötü haber olabilir; ama ona sahip olan bakteri için, sahiden değerli bir biyokimyasal makinedir.

TTSS'nin birçok bakteride varlığı, "indirgenemez karmaşık" kamçının küçük bir kısmının önemli bir biyolojik işlevi yerine getirebildiğini gösterir. Böyle bir işlev doğal seçilim tarafından açıkça desteklendiğine göre, kamçıyı oluşturan herhangi bir parça yararlı olmadan önce kamçının montajının tamamlanmış olması gerektiği görüşü yanlıştır. Yani kamçının akıllı tasarımı savı, başarısız olmuştur.

Miller'ın "Akıllı Tasarım Kuramı"na öfkesi, ilginç bir kaynaktan güç alır: *Finding Darwin's God*'da daha tam açıklanan dinsel inançları. Miller'ın Tanrı'sı (Darwin'in değilse), doğanın yasallığında açığa vurulan –belki de doğanın yasallığıyla eşanlamlı– Tanrı'dır. "Kişisel inanmazlık kanıtı" yoluyla Tanrı'yı gösterme çabasının, Miller'in gösterdiği gibi, Tanrı'nın kendi yasalarını kaprisli bir biçimde *ihlal ettiğini* varsaydığı ortaya çıkıyor. Bu da, Miller gibi dindarlar için ucuz ve alçaltıcı bir dine saygısızlıktır.

Dindar olmayan biri olarak ben, Miller'ın savını destekleyebilirim. Kişisel inanmazlık muhakemesinin akıllı tasarım üslubu, dine saygısızlık değilse, *tembelcedir*. Royal Society'ye bir süre başkanlık yapan, sinir sinyalinin moleküler biyofiziğiyle ilgili çalışmalarından ötürü Nobel Ödülü'nü paylaşan Sir Andrew Huxley ile Sir Alan Hodgkin arasında geçen hayali bir konuşmada, bu tembelliği yerdim.

"Bunun korkunç zor bir sorun olduğunu söylüyorum, Huxley. Sinir sinyallerinin nasıl çalıştıklarını anlayamıyorum, sen anlayabiliyor musun?"

"Hayır, Hodgkin, ben de bilemiyorum ve bu diferansiyel denklemleri çözmek zordur. Neden vazgeçip, sinir sinyali sinirsel enerjiyle yayılır demiyoruz?"

"Mükemmel bir düşünce, Huxley, haydi *Nature*'a mektubu şimdi yazalım: Yalnızca bir satır tutar, sonra daha kolay bir şeye dönebiliriz."

Andrew Huxley'in büyük kardeşi Julian, uzun zaman önce, o dönemlerde Henry Bergson'ın *élan vital* terimiyle özetlenen dirimselciliği, bunun, bir tren motorunun benzer bir şekilde *élan locomotif* tarafından çalıştırıldığı iddiasına denk olduğunu söyleyerek hicvederken, aynı meseleye değiniyordu.* Benim tembellik ve Miller'ın dine saygısızlık eleştirisi, yönlendirilmiş panspermi hipotezi için geçerli olmaz. Crick doğaüstü tasarımdan değil, insanüstü tasarımdan söz ediyordu. Fark gerçekten önemlidir. Crick'in dünya görüşünde, bakterilerin ya da bakterileri dünyaya ekme araçlarının insanüstü tasarımcıları, kendi gezegen-

*Nobel Edebiyat Ödülü kazanan 100 kişilik listede Henri Bergson'ın –bir dirimselci– bir bilim insanına en fazla yaklaşan kişiyi temsil ettiğini düşünmek can sıkıcı. En yakın rakip Bertrand Russell'dır, ama o insancıl yazılarından ötürü ödülü kazandı.

lerinde Darvinci seçilimin eşdeğeri yerel bir seçilimle evrilmişler. Crick hep, Daniel Dennett'in bir "vinç" dediği şeyi arar; asla "–Henri Bergson gibi- gökte asılı bir çengel"e başvurmaz.

İndirgenemez karmaşıklık savına itiraz etmek, güya indirgenemez karmaşık kendiliğin, kamçılı motorun, kan pıhtılaştıran çağlayanın, Krebs döngüsünün ya da her neyse onun fiilen indirgenebilir olduğunu göstermek demektir. Kişisel inanmazlık basitçe yanlıştı. Buna şunu ekliyoruz: Karmaşıklığın gelişme yolunu *henüz* adım adım düşünememiş olsak bile, buradan hemen doğaüstünü varsaymaya kayma, zevke göre ya dine saygısızlıktır ya da tembellik.

Ama söz edilmesi gereken bir itiraz daha var: Graham Cairns-Smith'in "kemer ve iskele"si. Cairns-Smith farklı bir bağlamda yazıyordu; ama değindiği nokta burada da işe yarar. Kemerin bir kısmı alınırsa, bütünün çökmesi anlamında, bir kemer indirgenemezdir. Ama bir iskele yardımıyla kademeli inşa etmek olanaklıdır. Daha sonra iskelenin alınması, dolayısıyla iskelenin görünür resimde görünmemesi, bize taş ustalarına doğaüstü güçler atfetme hakkı vermez.

Kamçılı motor, bakteriler arasında yaygındır. Hikâyeyi anlatması için *Rhizobium*'u tercih ettik; çünkü bizi bakterilerin çok yönlülüğüyle ikinci kez etkileyeceğini iddia ediyor. Çiftçiler baklagil bitkilerini, çok iyi bir nedenden ötürü belli bir rotasyona göre ekerler. Baklagil bitkileri, topraktan nitrojen bileşiklerini emmek yerine, ham nitrojeni doğrudan havadan alıp kullanabilir (atmosferimizdeki en bol gazdır). Ama bitkilerin kendileri, atmosfer nitrojenini sabitleyip kullanılabilir bileşiklere dönüştürmezler. Bu işi bitkilerin kökünde barınan simbiyotik bakteriler --özellikle de *Rhizobium*– yapar.

Usta işi kimyasal hileleri kimyasal konularda çok daha becerikli bakterilere ihale etmek, hayvanlarda ve bitkilerde son derece yaygın bir örüntüdür. Tak'ın Hikâyesi'nin ana mesajı da budur.

TAK'IN HİKÂYESİ

Yan Wong'la birlikte yazıldı

En eski randevumuza ulaştıktan, bildiğimiz tüm yaşamı hac kafilemize kattıktan sonra, artık çeşitliliğini inceleyecek konumdayız. En temel düzeyde yaşamın çeşitliliği kimyasaldır. Hacı arkadaşlarımızın yaptıkları işler, kimya sanatında bir dizi beceriyi kapsar. Ve gördüğümüz gibi, en geniş kimyasal beceriyi sergileyenler de bakterilerdir; arkeler de dahil.

Bir grup olarak bakteriler, bu gezegenin usta kimyagerleridir. Bizim kendi hücrelerimizin kimyası bile, büyük ölçüde, konuk bakteri işçilerden ödünç alınır ve bakterilerin nelere muktedir olduklarının küçük bir kısmını temsil eder. Kimyasal olarak bizim bazı bakterilerle benzerliğimiz, bazı bakterilerin diğer bakterilerle benzerliğinden fazladır. En azından bir kimyagerin gözünde, bakteriler dışındaki yaşam silinse, geriye yaşamın büyük bölümü kalır.

Bu hikâyeyi anlatması için seçtiğim bakteri, moleküler biyologların Tak olarak bildiği *Thermus aquaticus*'tur. Farklı bakteriler, farklı nedenlerle bize yabancı görünürler. Thermus aquaticus, adının da gösterdiği gibi sıcak sularda olmayı sever. *Çok* sıcak sularda. Randevu 38'de gördüğümüz gibi, birçok arke sıcak-sever, hiper-sıcak-severdir; ama arkelerin, bu yaşam tarzında bir tekelleri yoktur. Sıcak-severler ve hipersıcak-severler taksonomik kategoriler değildir; daha çok zanaat meslekleri ya da lonca gibi, Chaucer'ın Kâtibi, Değirmencisi ve Hekimi gibi bir şeydir. Geçimlerini başka bir şeyin yapılamadığı yerlerde sağlarlar: Rotorua ve Yellowstone Park'ın kaynar su pınarları ya da orta okyanus sırtlarındaki yanardağ bacalarında. *Thermus*, bir öbakteriyel hiper-sıcak-severdir. Daha çok 70°C suyu tercih etmesinde karşın, kaynar suda da bir sorunla karşılaşmadan yaşayabilir. Dünya ısı rekoru onda değil –suyun kaynama noktasının epey yukarısına, 115°C'ye kadar çıkan derin deniz arkeleri vardır.*

Thermus, Tak polimeraz olarak bilinen DNA çoğaltma enziminin kaynağı olduğu için moleküler biyologlar arasında ünlüdür. Elbette, tüm organizmaların DNA çoğaltma enzimleri vardır; ama *Thermus*, kaynama noktasına yakın sıcaklığa dayanabilen bir enzim geliştirmek zorundaydı. Bu, moleküler biyologlar için yararlıdır; çünkü DNA'yı çoğalmaya hazırlamanın en kolay yolu kaynatıp, iki bileşen ipliğine ayırmaktır. Hem DNA, hem Tak polimeraz içeren bir çözeltiyi sürekli kaynatıp soğutmak, özgün DNA'nın en küçük miktarlarını bile çoğaltır –ya da "büyültür." Bu yönteme, polimeraz zincir tepkime (PCR) denir.

Thermus'un, biyokimya laboratuvarının sihirbazı olma ünü, hikâyeyi anlatmasına yeter bir gerekçedir. Ama bir neden daha olabilir: *Thermus*, bakteri bakış açısını sunmak için iyi bir konumdadır. *Thermus*, Hadobacteria olarak bilinen küçük bakteri grubuna aittir. Randevu 39'da sözü edilen taksonomi şemasında Tom Cavalier-Smith, Hadobacteria'nın,

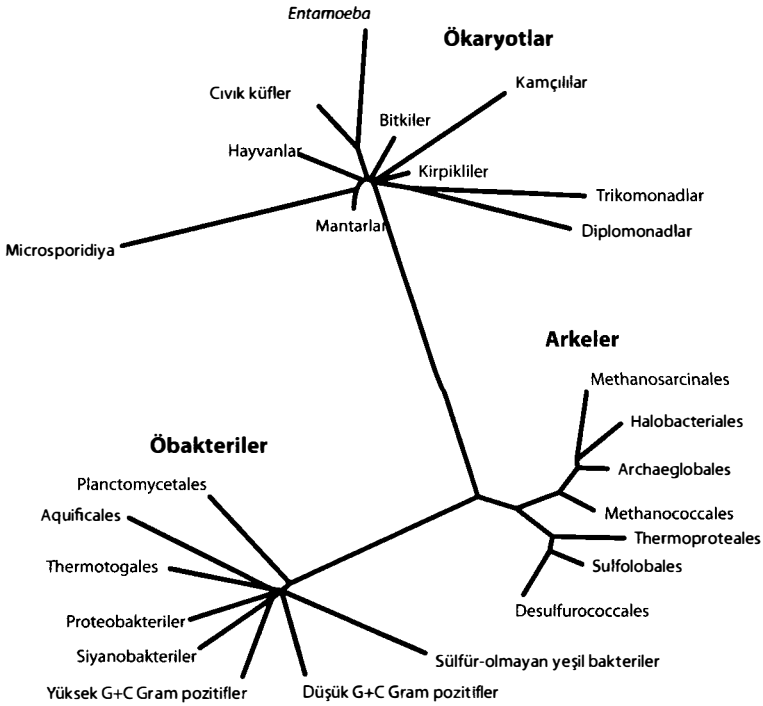
*Yine, suyun normal kaynama noktasının bu kadar üstünde bulunması şaşırtıcı geliyorsa, suyun yüksek basınçta daha yüksek derecelerde kaynadığını anımsayın.

kuzenleri sülfür-olmayan yeşil bakterilerle birlikte, ilk dallanan bakteri grubu olabileceğini öne sürer. Öyleyse, grupları, yaşamın geri kalanının olabildiğince uzak kuzenidir.

Bu görüşe göre *Thermus* ve akrabaları, kimsesizdir. Geriye kalan tüm bakteriler birbirleriyle ve yaşamın geriye kalan kısmıyla bir atayı paylaşırlar; *Thermus* paylaşmaz; yani nasıl ki, herhangi bir bakteri "yaşamın geri kalan kısmı"nı yaşam ailesinin bir "küçük kolu"nda toplayabiliyorsa, bakteriler içinde de *Thermus*, "bakterilerin geri kalan kısmı"nı bakterilerin bir kolunda toplayabilir. Yaşamın çeşitliliği hikâyesini anlatmayı *Thermus*'a vermemin, kaynatılmaya yatkınlığı dışında, bir nedeni de budur. Ama *Thermus*'un özel statüsüne ilişkin kanıtlar özellikle güvenli olmadığı halde, temel kimya düzeyinde yaşam çeşitliliğinin büyük çoğunluğunun mikropsal ve önemli bir çoğunluğunun da bakteriyel olduğundan kuşku yok Yaşam çeşitliliğinin hikâyesi, büyük ölçüde kimyasal çeşitlilik olduğu ölçüde, haklı olarak bir bakteri tarafından anlatılır ve bu bakteri, Tak da olabilir.

Geleneksel olarak ve anlaşılır bir biçimde, hikâye büyük hayvanların –bizlerin– bakış açısıyla anlatıldı. Yaşam hayvanlar âlemi ile bitkiler âlemine ayrıldı ve fark oldukça açık görünüyordu. Mantarlar bitki sayıldılar; çünkü bilinen mantarlar yere kök salmıştı ve incelemeye çalıştığınızda kaçmıyorlardı. On dokuzuncu yüzyıla kadar bakterilerden haberimiz bile yoktu ve güçlü mikroskoplarla ilk kez fark edildiklerinde, insanlar nereye koyacaklarını bilmediler. Bazıları minyatür bitki, bazıları minyatür hayvan olduklarını düşündü. Bazıları ışık kapan bakterileri bitkilerin arasına ("mavi-yeşil algler" olarak), geri kalanları hayvanların arasına koydu. "Protistler"e de –bakteri olmayan, bakterilerden daha büyük olan tek-hücreli ökaryotlara–aynı şey yapıldı. Yeşil olanlarına Protophyta, diğerlerine Protozoa denildi. Bilinen bir protozoa (tek-hücreli) örneği, bir zamanlar tüm yaşamın büyük atası olduğu düşünülen *Amoeba*'dır (amip) –ne kadar yanılmışız; zira bakteri "gözüyle" bakıldığında bir *Amoeba*'nın insandan pek farkı yoktur.

Bütün bunlar, canlı organizmaların görünür anatomilerine göre sınıflandırıldığı, bakterilerin hayvanlardan ve bitkilerden çok daha az çeşitlilik gösterdiği, onları ilkel hayvan ve bitki olarak bir tarafa koymanın bağışlanabilir olduğu günlerdeydi. Yaratıkları moleküllerin sağladığı daha zengin bilgileri kullanarak sınıflandırmaya başlayınca, mikropların kusursuzlaştırdığı kimyasal "zanaatlar"a bakmaya başlayınca, işler tamamen değişti. İşte bugünkü manzaranın yaklaşık bir



En derin yaşam bölükleri. Üç ana alana bölünmeyi gösteren yaşam ağacı, son moleküler çalışmalara dayanmaktadır. Gribaldo ve Philippe'ten uyarlandı [bkz. Kaynakça].

görünümü.

Hayvanlar ve bitkiler iki âlem olarak ele alınırsa, aynı standartlara göre, benzersizlikleriyle hayvanlarla ve bitkilerle aynı statüyü hak eden düzinelerce mikrop "âlemi" vardır. Yukarıdaki şema, buzdağının tepesini gösterir. Yalnızca derin köklü bazı dalları dışarıda bırakmakla kalmadım; sadece ulaşılabilir yerlerde yaşayanları ve laboratuvarda yetiştirilebilir olanları gösterdim. Aslında, basitçe yeni DNA mekânlarına ağ atın, hangi organizmalardan geldiklerini araştırma zahmetine katlanmayın, yeni mikrop âlemleri bulabilirsiniz. Her zaman işini iyi bilen Craig Venter ve ekibi, Sargasso Denizi'nde yüzen DNA'ları gelişigüzel çözümlemekle en az 1.800 yeni mikrop türü bulduğunu iddia eder. Hayvanlar, bitkiler ve mantarlar, yaşam ağacının yalnızca üç küçük dalını oluştururlar. Tanıdık gelen bu üç âlemi diğerlerinden ayırt eden şey, onlardaki organizmaların büyük, çok sayıda hücreden oluşmuş olmalarıdır. Neden onları, üç çok-hücreli âlemle eşit düzeyde bir mikrop âleminde

birleştirmeyiz? Bir nedeni, biyokimyasal düzeyde birçok mikrop âleminin, üç tanıdık âlemin birbirlerinden farklı oldukları kadar birbirlerinden ve üç büyüklerden farklı olmalarıdır.

Bu farklılık ölçeğine göre "gerçekten" 20, 25 ya da 100 âlem olup olmadığını ayrıntılı bir biçimde tartışmak yararsızdır. Düzinelerce âlemin, üç ana üst-âleme –bu yeni yaşam görüşünün başlatıcısı olarak sözünü ettiğimiz Carl Woese'nin terminolojisiyle "alan"a– ayrıldığı, şemada açıkça görülüyor. Üç alandan biri, biz ökaryotların alanıdır; yolculuğumuzun büyük bir bölümünü birlikte yürüdük. İkincisi, eski yaşam görüşünde gerçek (ya da Ö-) bakterilerle birlikte üçüncü alana yerleştirilen Arkeler –Randevu 38'de karşılaştığımız mikroplar. Yolculuğumuzun son ayağında bize katılanlar ise, üçüncü alanın, öbakteriler alanının üyeleridir. Bu son adımları, şimdiye kadar var olan en yaygın ve en etkili DNA yayıcılarıyla paylaşmak bir ayrıcalıktır.

Yıldız şemanın kendisi, görüp dokunabildiğimiz türden özelliklere dayanmaz. Organizmaları karşılaştırmak isterseniz, hepsinin yaklaşık olarak paylaştıkları özellikleri seçmelisiniz. Pek çok türün bacağı yoksa, bacakları karşılaştıramazsınız. Bacaklar, kafalar, yapraklar, köprücük kemikleri, kökler, kalpler, mitokondriler –her biri, bir yaratık alt-kümesiyle sınırlıdır. Ama DNA evrenseldir ve tüm canlı yaratıkların yalnızca çok küçük farklılıklarla paylaştıkları bir avuç tikel gen vardır. Büyük ölçekli karşılaştırma için bunları kullanmalıyız. Belki de en iyi örnek, ribozom yapmaya yönelik kodlardır.

Ribozomlar, RNA mesajlarını (DNA genlerinden çevrilen) okuyup protein üreten hücre makineleridir. Ribozomlar tüm hücreler için yaşamsaldır ve evrensel olarak vardırlar. Büyük ölçüde RNA'dan oluşurlar –rRNA denilen ve ribozomların okuyup proteine çevirdikleri RNA mesaj "bantları"ndan tamamen ayrı. rRNA, başlangıçta DNA genleri tarafından saptanır. rRNA dizisi doğrudan ya da onu kodlayan DNA genleri olarak –rDNA– okunabilir. Ben her ikisine de rDNA diyeceğim. rDNA, bir yaratığı başka biriyle doğrudan karşılaştırmak için özellikle yararlıdır; çünkü tüm yaratıklarda vardır.

rDNA, yalnızca her yerde bulunduğu için kullanılmaz. Doğru genetik varyasyon miktarını göstermesi de bir o kadar önemlidir. Gibon'un Hikâyesi'nin yöntemlerinden yararlanarak, rDNA'yı kullanıp yaşam ağacının tüm parçalarını bir araya getirebilir ve büyük alanlar içindeki, hatta arasındaki evrimsel mesafeleri ortaya çıkarabiliriz. Dikkat etmeliyiz. rDNA, "uzun dal çekiciliği"ne ve bu gibi başka tuzaklara karşı

savunmasızdır. Ama diğer genlerin de yardımıyla ve ender genom değişimleri –büyük DNA topaklarının silinmesi ya da eklenmesi– kullanılarak, geçici bir ağaç çizilebilir. Yukarıdaki şemada bunu yaptık. Kuşkusuz, bu geçici ağaçta bazı dallar, özellikle öbakteriler içinde belirsizdir ve bu durum, aralarında DNA alışverişi yapma eğilimlerini –ökaryotlarda henüz karşılaşmadığımız bir sorun– yansıtabilir. Yine de, araştırmacılar ender değiş tokuş yapan bir bakteriyel gen grubu buldular; bu yüzden, yaşam ağacı içinde çürütülemez bir dallanma sırası konusunda bir gün hemfikir olabiliriz.

Genomlar karşılaştırılarak ölçülen taksonomik uzaklık, çeşitliliğe bakmanın bir yoludur. Bir yol da, yaşam tarzlarına, hacılarımızın "zanaat"larına bakmaktır. İlk bakışta, farklı bakteriler bu konuda, sözün gelişi bir aslanın bir mandaya ya da bir köstebeğin bir koalaya benzemesinden daha fazla birbirine benzer görünürler. Bizim gibi büyük hayvanlara, solucanların yeraltında tünel kazması, bir yaşam tarzı olarak, okaliptüs yaprakları çiğnemekten çok farklı görünür. Ama hikâye anlatıcı bakterilerimizin kimyasal bakış açısına göre, tüm köstebekler, koalalar, aslanlar ve mandalar aynı şeyi yaparlar. Hepsi, bitkilerin güneşten aldığı enerjiyle oluşturulan karmaşık molekülleri parçalayarak enerjilerini elde ediyorlar. Koalalar ile mandalar bitkileri doğrudan yerler. Aslanlar ve köstebekler, güneş enerjilerini bitki yiyen hayvanlar yiyerek elde ederler.

Dış enerjinin temel kaynağı güneştir. Güneş, bitki hücrelerinin içindeki simbiyotik yeşil bakteriler aracılığıyla, çıplak gözle görebildiğimiz tüm yaşamın tek enerji kaynağıdır. Enerjisi, yeşil güneş panelleriyle (yapraklar) yakalanır ve bitkilerdeki şeker ve nişasta gibi organik bileşiklerin sentezinde kullanılır. Bir dizi kimyasal tepkimeyle, yaşamın geri kalan kısmı, başlangıçta bitkilerin güneşten kaptığı enerjiyle çalışır. Enerji yaşam ekonomisi içinde, güneşten bitkilere, bitkilerden otçullara, otçullardan etçillere, etçillerden leşçilere akar. Her adımda, yalnızca yaratıklar arasında değil, yaratıkların içinde de, enerji ekonomisindeki her işlem masrafçıdır. Enerjinin bir kısmı kaçınılmaz olara ısı şeklinde boşa gider ve asla geri kazanılamaz. Güneşten kütlesel enerji akışı olmasa, yaşam dururdu, ya da ders kitapları böyle söylerdi.

Bu, hâlâ büyük ölçüde doğrudur. Ama o ders kitapları bakterisiz ve arkesiz hesap yaptılar. Yeterince becerikli bir kimyagerseniz, bu gezegende güneşle başlamayan alternatif enerji akışı şemaları düşlemek olanaklıdır. Muhtemelen ilk önce bir bakteri vardı: Güneş enerjisini

keşfetmeden de önce, 3 milyar yıldan daha önce. Bir tür dış enerji kaynağı olmalı, ama bu güneş olmak zorunda değil. Bir sürü cevhere kilitli kimyasal enerji, doğru kimyasal tepkimelerle serbest bırakılabilir enerji vardır. Canlı yaratıklar tarafından ekonomik açıdan çıkarılmaya değer kaynaklar, hidrojen, hidrojen sülfid ve bazı demir bileşiklerini kapsar. Bu yaşam madenciliği biçimini Canterbury'de yeniden ziyaret edeceğiz.

Hikâyelerimiz esas olarak birinci kişilerin ağzından anlatılmamasına karşın, tüm hikâyelerimizin son sözü için bir istisna yapıp, sözü *Thermus aquaticus*'a bırakalım:

> Yaşama bizim bakış açımızdan baksaydınız, siz ökaryotlar hava atmayı hemen bırakırdınız. Siz iki ayaklı insaymunlar, siz küt kuyruklu ağaç sivri fareleri, siz kurumuş lop-yüzgeçliler, siz omurgalı solucanlar, siz süngerler, siz ökaryotlar, dar bir alanda toplanan fark edilmez cemaatler, bakteriyel yaşamın üzerinde hoş bir köpükten fazla bir şey değilsiniz. Çünkü, sizi meydana getiren hücreler, biz bakterilerin milyarlarca yıl önce keşfettiğimiz eski hileleri tekrarlayan bakteri kolonileridir. Siz gelmeden biz buradaydık ve siz gittikten sonra da biz burada olacağız.

CANTERBURY

4 milyar yıllık hac yolculuğumuzun son durağına yakışır biçimde, Canterbury'mizin bir esrar perdesi vardır. Bu, yaşamın kökeni olarak bilinen, ama daha iyisi kalıtımın kökeni diyebileceğimiz tekilliktir. Yaşamın kendisi açıkça tanımlanmaz; sezgiyle ve geleneksel bilgelikle çelişen bir olgu. Eski Ahit'te, peygambere kemikler vadisinden geçmesinin emredildiği Hezekiel Bab 37, yaşamı nefesle özdeşleştirir. Pasajı aktarmadan edemedim ("kemiği kemiğe" –böylesine harika bir dil ekonomisi).

> Ve bana emrolunduğu gibi peygamberlik ettim; ve ben peygamberlik ederken bir gürültü oldu ve işte bir sarsıntı; ve kemiği kemiğe olmak üzre, kemikler birbirine yaklaştılar.
>
> Ve baktım ve işte üzerlerinde adaleler vardı ve et bitti ve üstten onların üzerine deri kapladı; fakat onlarda soluk yoktu.
>
> Ve bana dedi: Yele peygamberlik et, peygamberlik et, âdemoğlu, ve yele de: Rab Yehova şöyle diyor: Ey soluk, dört yelden gel, öldürülmüş olan bu adamların üzerine üfle de, dirilsinler.*

Elbette yeller denileni yaptı. Büyük bir ordunun içine soluk girdi ve ayağa dikildi. Hezekiel'e göre soluk, ölü ile diri arasındaki farkı tanımlar. Darwin de, *Türlerin Kökeni*'nin son sözlerinde aynı şeyi ima eder:

> Böylece doğanın savaşından, açlıktan ve ölümden, düşünebildiğimiz en yüce erek, yani yüksek hayvanların üretimi çıkar. Başlangıçta Yaratan'ın birkaç ya da tek biçime üflemiş olduğunu ve bu gezegen, değişmeyen çekim yasasına uygun dönüp dururken, bu kadar basit bir başlangıçtan en güzel, en muhteşem sayısız biçimin evrilmiş ve hâlâ evriliyor olduğunu savunan bu yaşam görüşünde yücelik vardır.**

Darwin, haklı olarak, Hezekiel'in olaylar sırasını tersine çevirmiş. Önce yaşam nefesi geldi ve kemiğin, adalenin, etin ve derinin evrilme koşullarını yarattı. Bu arada, *Türlerin Kökeni*'nin birinci basımında "Yaratan" ifadesi yoktur. İkinci basımda, muhtemelen dinci lobiye bir rüşvet olarak eklendi. Darwin, daha sonra dostu Hooker'a yazdığı bir mektupta yaptığına pişman oldu:

> Kamuoyuna boyun eğip Tevrat'ın yaratılış terimini kullandığıma pişmanım; o terimle aslında tam bilinmeyen bir süreçle "ortaya çıkma"yı kastettim. Şimdi

*Bu Eski Ahit pasajının Türkçesi, Hezekiel 37: 7-10, *Kitabı Mukaddes*, Kitabı Mukaddes Şirketi, 1997, s. 818 [ç.n.].

** Bk. ve krş. Charles Darwin, *Türlerin Kökeni*, çev. Öner Ünalan, Onur Yayınları, 1996, s. 551 [ç.n.].

yaşamın kökenini düşünmek anlamsızdır; maddenin kökeni de düşünülebilir.

Darwin büyük olasılıkla (ve bana kalırsa haklı olarak) ilkel yaşamın kökenini, çözdüğü sorına, yaşam bir kez başladıktan sonra şaşırtıcı çeşitliliğini, karmaşıklığını ve iyi tasarım yanılsamasını nasıl geliştirdiği sorununa kıyasla, görece (göreceyi vurguluyorum) kolay bir sorun olarak görüyordu. Yine de, daha sonra Darwin (Hooker'a başka bir mektupta), yaşamı başlatan "tam bilinmeyen süreç"le ilgili bir tahminde bulunmaya kalkışır.

> Sıkça denilir ki, canlı bir organizmanın ilk üretimi için gerekli tüm koşullar şimdi vardır, ve hep var olmuş olabilir. Ama eğer (ah, ne kadar büyük bir eğer!) küçük sıcak bir su birikintisinde, her türlü amonyak ve fosforik tuz, ışık, ısı, elektrik ve benzerlerinin var olduğunu, daha karmaşık değişimlere uğramaya hazır bir protein bileşiğinin kimyasal olarak oluştuğunu kavrayabilseydik, bugün böyle bir konu kolayca anlaşılırdı, canlı yaratıklar bulunmadan önceki zamana ait bir vaka olmazdı.

Kendiliğinden doğma öğretisi, Pasteur'ün deneysel saldırısına daha yeni uğramıştı. Uzun süreden beri çürümüş etin kendiliğinden kurtçuk ürettiğine, yabankazının kendiliğinden kaz palazı ürettiğine, hatta buğdayla birlikte bırakılan kirli çamaşırın kendiliğinden fare ürettiğine inanılmaktaydı. Öte yandan, kendiliğinden doğma kuramını Kilise de sapıkça desteklemekteydi. Sapıkça diyorum; çünkü kendiliğinden doğma, ilahi yaradılışa evrim kadar bir meydan okumaydı. Sineklerin ya da farelerin kendiliğinden var olabildikleri düşüncesi, sineklerin ya da farelerin yaratılmasındaki heybetli başarıyı zayıflatır; bu, Yaradan'a hakaret sayılabilir. Ama bilimsiz kafa yapısı, bir sineğin ya da bir farenin ne kadar karmaşık ve aslen olanaksız olduğunu kavrayamaz. Darwin, bu hatanın büyüklüğünü değerlendiren belki de ilk kişiydi.

1872'de, doğal seçilimin eş-kaşifi Wallace'a yazdığı bir mektupta Darwin, başka bakımlardan hayran olduğu *The Beginnings of Life* kitabında öne sürüldüğü şekliyle "Rotatorların ve Tardigradların kendiliğinden doğmaları"yla ilgili kuşkusunu ifade etmeyi zorunlu buluyordu. Kuşkusu, her zamanki gibi doğru çıktı. Rotatorlar ve tardigradlar, kendi yaşam tarzlarına uygun karmaşık yaşam biçimleridir. Onlar için kendiliğinden doğmuş olmak, "mutlu bir tesadüfle" uygun ve karmaşık olduklarını ima eder ve "ben buna inanamam." Bu büyüklükte mutlu tesadüfler, farklı bir nedenle Kilise için olduğu kadar Darwin için de lanetliydi. Darwin'in kuramının temel mantığı şuydu ve hâlâ böyledir: Uyumlu karmaşıklık, kör şansı tek açıklama haline getiren tek bir adımla

değil, yavaş ve kademeli bir biçimde adım adım ortaya çıkar. Darvinci kuram, şansı, seçilim varyasyonu için gerekli küçük adımlarla sınırlamakla, salt şansı yaşamın açıklaması olarak sunmaktan *kaçmanın* tek gerçekçi yolunu sunar. Rotatorlar o şekilde var olsalardı, Darwin'in ömrünü verdiği eseri gereksiz olurdu.

Ama doğal seçilimin de bir başlangıcı olmalıydı. Yalnızca bu anlamda, bir tür kendiliğinden doğma, yalnızca bir kere de olsa, gerçekleşmiş olmalı. Darwin'in katkısının güzelliği, varsaymamız gereken tek kendiliğinden doğmanın, bir kurtçuk ya da bir fare gibi karmaşık bir şeyi sentezlemek zorunda olmamasıydı. Yalnızca yapmak zorundaydı ve şimdi sorunun kalbine yaklaşıyoruz. Doğal seçilimi harekete geçirip, sonunda birikimli bir evrim destanından sonra kurtçuklara, farelere ve insanlara yol açan yaşamsal bileşen, nefes değilse, neydi?

Ayrıntılar eski Canterbury'mize gömülüdür, belki ortaya çıkarılamaz; ama sahip olmamız gereken *türden* bir şeyi ifade etmek için, temel bileşene minimalist bir ad verebiliriz. Bu ad, kalıtımdır. Muğlak ve tanımlanmamış olan yaşamın kökenini değil, kalıtımın kökenini aramalıyız –gerçek kalıtımın, yani çok kesin bir şeyin. Daha önce, açıklamaya yardım için ateşe başvurdum.

Ateş, yaşam imgesi olarak nefesin rakibidir. Ölünce, yaşam ateşi söner. Ateşi ilk evcilleştiren atalarımız, ateşi belki canlı bir şey, hatta bir tanrı sandılar. Özellikle gece kamp ateşinin etrafında ısınıp korundukları sırada gözlerini dikip alevlere ya da közlere bakarken, parıldayan, dans eden bir ruhla hayali muhabbet mi ediyorlardı? Ateş, beslediğimiz sürece canlı kalır. Ateş hava solur; oksijen arzını keserek nefessiz bırakabilir, suyla boğabilirsiniz. Yaban ateş ormanları yer, bir kurt sürüsünün acımasızlığı ve hızıyla hayvan avları önüne katıp götürür. Kurtlarda olduğu gibi, atalarımız bir ateş eniğini yakalayıp yararlı bir hayvan olarak ehlileştirebilir, düzenli olarak besleyip küllerini temizleyebilirdi. Ateş yakma sanatı keşfedilmeden önce, toplum yakalanmış bir ateşi besleme sanatına değer verirdi. Belki bir paça canlı ev ateşi bir çanak içinde, ateşi ölmüş komşu bir gruba takasa götürülürdü.

Yaban ateşlerin, kıvılcımlarını havaya saçıp uzaktaki kuru otları tutuşturarak evlat ateşler doğurduğu gözlenirdi. Ergast filozoflar, ateşin kendiliğinden doğamayacağını, her zaman ebeveyn bir ateşten -ya yaban ateşinin ovalara sıçramasıyla ya da ocaklarda korunan ev ateşindendoğmak zorunda olduğunu düşündüler mi? Bu yüzden, ilk ateş yakma çubukları, bir dünya görüşünün defterini dürdü mü?

Atalarımız üreyen bir yaban ateş topluluğu ya da uzak bir klandan satın alınmış bir atadan türeyen bir evcil ateş soyu bile düşünmüş olabilirler. Ama hâlâ gerçek bir kalıtım yoktur. Neden? Nasıl oluyor da, üreme ve bir soy var, ama kalıtım yok? Ateşin burada bize verdiği ders budur.

Gerçek kalıtım, ateşin kendisinin değil, ateş *varyasyonlarının* kalıtım yoluyla alınması demektir. Bazı ateşler diğerlerinden daha sarıdır, bazıları daha kırmızı. Bazıları kükrer, bazıları çatırdar, bazıları tıslar, bazıları duman çıkarır, bazıları tükürür. Bazılarının alevlerinde mavi ya da yeşil renkler vardır. Atalarımız, evcilleştirdikleri kurtlarını incelemişlerse, köpek soyları ile ateş soyları arasındaki bariz farkı fark etmişlerdir. Köpeklerde benzer benzeri doğurur. Bir köpeği diğerinden ayırt eden özelliklerin en azından bir kısmı, ebeveyninden miras alınır. Elbette başka yerlerden de gelir: yiyecekten, hastalıktan ve kazadan. Ateşte, tüm varyasyonlar ortamdan kaynaklanır; hiçbiri ata bir kıvılcımdan türemez. Yakıtın kalitesinden ve nemden, rüzgârın durumundan ve gücünden, ocağın çekme kalitesinden, sodyumun sarı alevlerine mavi-yeşil ve mor tonlar ekleyen bakır ve potasyum izlerinden kaynaklanır. Bir köpekten farklı olarak, yetişkin bir ateşin kalitesiyle ilgili hiçbir şey, ateşi doğuran kıvılcımla gelmez. Mavi ateşler, mavi ateşleri doğurmaz. Çatırtılı ateşler çatırtılarını, ilk kıvılcımı yetiştiren ebeveyn ateşten miras almazlar. Ateşler, kalıtımsız üreme gösterirler.

Yaşamın kökeni, gerçek kalıtımın kökeniydi; hatta ilk genin kökeni bile diyebiliriz. Hemen belirtmeliyim ki, ilk gen ifadesiyle ilk DNA molekülünü kastetmiyorum. İlk genin DNA'dan oluşup oluşmadığını kimse bilmiyor ve ben oluşmadığına bahse girerim. İlk genle, ilk çoğaltıcıyı kastediyorum. Bir çoğaltıcı, kendi kopyalarından soylar oluşturan bir kendiliktir, örneğin bir molekül. Kopyalamada her zaman yanlışlar olur, bu yüzden topluluk çeşitlilik kazanır. Gerçek kalıtımın anahtarı, her çoğaltıcının topluluğun herhangi bir üyesine benzediğinden çok kopyalandığı çoğaltıcıya benzemesidir. Bu türden ilk çoğaltıcının kökeni, olası bir olay değildi, ama yalnızca bir kez gerçekleşmiş olmalıydı. Ondan sonra, sonuçları kendi kendini sürdürdü ve sonunda, Darvinci evrimle yaşamın tümüne yol açtı.

Bir DNA topağı ya da belli koşullar altında akraba molekül RNA, gerçek bir çoğaltıcıdır. Bir bilgisayar virüsü de öyledir. Bir mektup zinciri de. Ama bütün bu çoğaltıcıların, kendilerine yardım edecek karışık bir aygıta ihtiyaçları vardır. DNA'nın, önceden var olan, DNA kodunu

okumaya ve kopyalamaya oldukça uyumlu bir biyokimyasal makineyle donanmış bir hücreye ihtiyacı vardır. Bir bilgisayar virüsünün, insan mühendisler tarafından kodlu talimatlara uyacak şekilde tasarlanmış diğer bilgisayarla bir tür veri bağlantısı olan bir bilgisayara ihtiyacı vardır. Bir mektup zincirinin, en az mektubu okuyacak kadar eğitilmiş beyne sahip ahmaklara ihtiyacı vardır. Yaşam kıvılcımını çakan ilk çoğaltıcıda benzersiz olan şey, hazır evrilmiş, tasarlanmış ya da eğitilmiş bir yanının olmamasıdır. İlk çoğaltıcı emsalsiz ve sıradan kimya yasaları dışında bir yardımcısı olmadan daha önce örneği görülmemiş biçimde çalışmıştır.

Kimyasal bir tepkimenin güçlü bir yardım kaynağı bir katalizördür ve kuşkusuz, çoğalmanın kökeninde de bir biçimde bir katalizör vardı. Bir katalizör, kimyasal bir tepkimeyi kendisi tüketilmeden hızlandıran aracıdır. Biyolojik kimya, katalizli tepkimelerden ibarettir; katalizörler de genellikle enzim denilen büyük protein moleküllerdir. Tipik bir enzim kendi üçboyutlu şeklinin oyuklarını, kimyasal bir tepkimenin bileşenlerine yuva olarak sunar. Onları sıraya dizer, onlarla geçici kimyasal ilişkiye girer, dağılmasınlar diye çöpçatanlık yapar.

Katalizörler, tanımı gereği, hızlandırdıkları kimyasal tepkimede tüketilmezler, ama üretilebilirler. Otokatalitik tepkime, kendi katalizörünü imal eden tepkimedir. Tahmin edebileceğiniz gibi, otokatalitik bir tepkime başlamaya isteksizdir; ama bir kez başladı mı, kendi başına yol alır –yaban ateş gibi, zira ateş, otokatalitik tepkimenin bazı özelliklerine sahiptir. Ateş bir katalizör değildir, ama kendi kendini üretir. Kimyasal olarak, ısı yayan bir oksidasyon sürecidir ve başlama eşiğini aşması için ısıya ihtiyacı vardır. Bir kez başladıktan sonra, bir zincirleme tepkime gibi devam eder ve yayılır; çünkü başlamak için gerekli ısıyı kendisi üretir. Başka bir ünlü zincirleme tepkime de, atom patlamasıdır; ama burada tepkime kimyasal değil, nükleerdir. Kalıtım, otokatalitik ya da başka türlü kendi kendini üreten bir sürecin şans eseri ortaya çıkmasıyla başladı. Bir ateş gibi hemen tutuşup yayıldı ve sonunda doğal seçilime –ve sonra gelenlere– yol açtı.

Biz de ısı üretmek için karbonlu yakıtı okside ederiz, ama alevlere boğulmayız; çünkü oksidasyonumuzu kontrollü bir biçimde adım adım yaparız, enerjiyi kontrolsüz yayılmaya bırakmak yerine yararlı kanallara yönlendiririz. Bu şekilde kontrollü kimya ya da metabolizma, yaşamın kalıtım kadar evrensel bir özelliğidir. Yaşamın kökenine ilişkin kuramlar, hem kalıtımı, hem metabolizmayı açıklamalıdırlar; ama bazı yazarlar

öncelik hatasına düşmüştür. Metabolizmanın kendiliğinden kökenine ilişkin bir kuram aradılar ve bir şekilde, kalıtımın yararlı bir aygıt olarak sonradan geleceğini umdular. Ama kalıtım, göreceğimiz gibi, yararlı bir aygıt olarak düşünülmemelidir. Kalıtım sahneye çıkan ilk oyuncu olmalıdır; çünkü kalıtımdan önce, yararlılığın bir anlamı yoktur. Kalıtım ve dolayısıyla doğal seçilim olmasa, yararlı olunacak bir şey olmaz. Bizzat yararlılık düşüncesi, kalıtsal bilginin doğal seçilimi başlayana kadar başlayamaz.

Yaşamın kökenine ilişkin bugün ciddiye alınan en eski kuramlar, 1920'lerde birbirlerinden habersiz yazan Rusya'da A. I. Oparin ile İngiltere'de J. B. S. Haldane'ın kuramlarıdır. Her ikisi de kalıtımdan çok metabolizmaya vurgu yapmıştır. Her ikisi de, önemli bir olgunun, yaşamın doğması için yaşamdan önce dünya atmosferinin "indirgeyici" olmak zorunda olduğunun farkına varmıştır. Bu yararsız teknik terim, atmosferin serbest oksijenden yoksun olması demektir. Ortalıkta serbest oksijen bulunduğu zaman, organik bileşikler (karbon bileşikleri) yanmaya açıktır ya da başka türlü oksitleşip karbondioksite dönüşür. Atmosferinde serbest oksijen bulunan bir gezegende yaşamın başlayamaması, oksijensiz kalınca ölen bizlere tuhaf görünür. Daha önce de açıkladığım gibi, oksijen en eski atalarımız için öldürücü bir zehirdi. Diğer gezegenlerle ilgili bildiklerimiz, dünyanın ilk atmosferinin indirgeyici bir atmosfer olduğunu neredeyse kesinleştiriyor. Serbest oksijen geç geldi. Önce serbest yüzen, daha sonra bitki hücrelerinde toplanan yeşil bakterilerin atık ürünüydü. Bir noktada atalarımız oksijenle başa çıkma yeteneğini geliştirdiler ve ardından da ona bağımlı oldular.

Bu arada, oksijenin yeşil bitkiler ve algler tarafından üretildiğini söyleyip bırakmak, aşırı basitleştirme olur. Bitkilerin oksijen verdiği doğrudur. Ama bir bitki ölünce, tüm karbonlu malzemelerinin yakılmasına eşdeğer kimyasal tepkimelerle çürümesi, o bitkinin yaşadığı sürece saldığı tüm oksijene eşit miktarda oksijeni tüketirdi. Bu nedenle atmosfer oksijeninde net bir kazanç olmazdı. Ama tüm ölü bitkiler çürümez. Bir kısmı kömür (ya da kömüre eşdeğer) olarak gömülüdür; dolaşımdan çıkmıştır. Dünyadaki tüm fosil yakıtlar insanlık tarafından yakılsa, atmosferdeki oksijenin çoğunun yerini karbondioksit alır ve eski duruma dönülür. Yakın gelecekte bunun gerçekleşmesi olası değil. Ama unutmamalıyız ki, soluyacak oksijene sahip olmamızın tek nedeni, dünyadaki karbonun çok büyük miktarının yeraltında bağlı olmasıdır.

Onu yakıp kendi kuyumuzu kazıyoruz.

İlk atmosferde oksijen atomları hep vardı; ama oksijen gazı olarak serbest değillerdi. Karbondioksit ve su gibi bileşiklerde bağlıydılar. Bugün karbon büyük ölçüde canlı cisimlerde ya da –çok daha büyük oranda– bir zamanlar canlı cisimlerin kalıntılarından kaynaklanan tebeşir, kireçtaşı ve kömür gibi kayaçlarda kilitlidir. Canterbury zamanında, bu aynı karbon atomları, büyük ölçüde karbondioksit ve metan gibi bileşik gazlar olarak atmosferdeydiler. Bugünün ana atmosfer gazı nitrojen, indirgeyici bir atmosferde amonyak olarak hidrojenle bileşik olur.

Oparin ile Haldane, indirgeyici bir atmosferin, basit organik bileşiklerin kendiliğinden sentezlenmesine uygun olduğunun farkındaydı. İşte Haldane'ın kendi sözleri:

> Şimdi morötesi ışık bir su, karbondioksit ve amonyak karışımını etkileyince, şeker ve proteini oluşturan bazı maddeler de dahil, çeşitli organik tözler oluşur. Bu olgu, Liverpool'lu Baly ve arkadaşları tarafından laboratuvarda gösterildi. Şimdiki dünyada bu tür tözler, kendi başlarına bırakılırlarsa, bozulurlar –yani, mikroorganizmalar tarafından parçalanırlar. Ama yaşam başlamadan önce, ilkel okyanuslar sıcak sulu çorba kıvamına gelene kadar birikmiş olmalılar.

Bunlar, Haldane'ın anlatımına bakılırsa Baly'nin deneyinin bir tür tekrarı olan Miller ve Urey'in deneylerinden 20 yıldan fazla bir süre önce, 1929'da yazıldı. Ama E. C. C. Baly, yaşamın kökeniyle ilgilenmiyordu. İlgilendiği konu fotosentezdi ve başarısı, demir ya da nikel gibi bir katalizörle, çözünük karbondioksit içeren suya morötesi ışın tutarak şeker sentezlemekti.

Urey'in yönetimi altında Miller'ın yaptığı şey, üst üste konulmuş ve iki tüple birbirine bağlı iki balon almaktı. Alttaki balonda, ilkel okyanusları temsil eden ısıtılmış su vardı. Üstteki balonda ise, taklit ilk atmosfer (metan, amonyak, su buharı ve hidrojen) vardı. Tüplerden birinden, alt balondaki ısıtılmış "okyanus"tan buhar çıkıp, üst balondaki "atmosfer"i besliyordu. Diğer tüp, "atmosfer"den "okyanus"a dönüyordu. Yolda bir kıvılcım odasından ("şimşek") ve bir soğuma odasından geçiyordu; soğuma odasından geçen buhar yoğunlaşıp "yağmur" olarak okyanusa yağıyordu.

Yalnızca bir haftalık döngüden sonra okyanus sarı-kahverengiye dönüştü ve Miller, içeriğini çözümledi. Haldane'ın öngörmüş olacağı gibi, bir organik bileşikler çorbası haline gelmişti ve bu çorbada, en az

yedi aminoasit – proteinlerin temel yapıtaşı– vardı. Bu yedi aminoasit arasında, canlı şeylerde bulunan 20'lik listeden üç tane vardı: glisin, aspartik asit ve alanin. Miller çizgisinde, ama metan yerine karbondioksit ya da karbonmonoksit geçirilen sonraki deneylerde de benzer sonuçlara ulaşıldı. Şu sağlam sonucu çıkarabiliriz: Aminoasitler, şekerler ve DNA ile RNA'nın yapıtaşları da dahil, biyolojik olarak önemli küçük moleküller, Oparin/Haldane ilkel dünyasının çeşitli versiyonları laboratuvarda canlandırıldığında kendiliğinden oluşurlar.

Oparin ve Haldane'dan önce, yaşamın kökenini kurgulayanlar, ilk organizmaların bir tür bitki, büyük olasılıkla yeşil bakteri olması gerektiğini sanıyorlardı. İnsanlar, yaşamın fotosenteze, oksijen salınımı eşliğinde, güneş ışığı kaynaklı organik bileşik imalatına bağlı olduğu düşüncesine alışmıştı. Oparin ve Haldane, indirgeyici atmosferleriyle, bitkileri sahneye sonradan çıkan öge olarak gördüler. İlk yaşam, önceden var olan bir organik bileşikler denizinde doğdu. Yenilecek çorba vardı, fotosenteze ihtiyaç yoktu --en azından çorba bitene kadar.

Oparin'e göre, yaşamsal adım, ilk hücrenin kökeniydi. Kuşkusuz, organizmalar gibi hücrelerin de, asla kendiliğinden doğmama, diğer hücrelerden doğma özelliği vardır. İlk "hücre"nin (metabolizör) kökenini, benim gibi ilk "gen"le (çoğaltıcı) değil, yaşamın kökeniyle eşanlamlı görmek bağışlanabilirdi. Aynı eğilimdeki daha modern kuramcılar arasında, ünlü kuramsal fizikçi Freeman Dyson bunun farkındadır ve savunur. Kaliforniya'da Leslie Orgel, Almanya'da Manfred Eigen ile çalışma arkadaşları ve İskoçya'da Graham Cairns-Smith de dahil, yakın zaman kuramcıların çoğunluğu, hem kronolojik olarak, hem merkezilik bakımından önceliği kendi kendini çoğaltmaya verir: Bana göre haklıdırlar da.

Kalıtımsız bir hücre neye benzer? Bir tavuk-yumurta sorunumuz yok mu? Kalıtımın DNA'yı gerektirdiğini kabul edersek, kesinlikle vardır; çünkü DNA, ancak DNA-kodlu bilgiyle yapılabilen proteinler de dahil, büyük bir molekül desteği olmadan çoğalamaz. Ama sırf DNA kendi kendini çoğaltan bildiğimiz ana molekül olduğu için, bundan, düşünebileceğimiz ya da doğada şimdiye kadar var olan tek molekül olduğu sonucu çıkmaz. Graham Cairns-Smith, ilk çoğaltıcıların inorganik mineral kristal olduklarını, DNA'nın daha sonra, yaşam, *Genetik Devralma* olanaklı olacak kadar gelişince başrolü üstlenen bir gaspçı olduğunu ikna edici bir biçimde öne sürdü. Kısmen *Kör Saatçi*'de açıkladığım için, ama daha büyük bir nedenden ötürü de, burada bu konuyu açıklamay-

acağım. Cairns-Smith, çoğalmanın öncelikli olduğunu ve DNA'nın, gerçek kalıtım sergilemesi dışında doğasını bilmediğimiz bir tür öncüsünün olması gerektiğini en anlaşılır biçimde açıklar. Sanırım, açıklamasının çürütülemez bu bölümü, insanların zihninde, daha tartışmalı ve daha kurgusal mineral kristal öncü açıklamasıyla bağlantılı hale gelirse, ayıp olur.

Mineral kristal kuramına karşı değilim; ama çoğalmanın önceliği ile DNA'nın bir öncüden devralma güçlü olasılığını gerçekten vurgulamak istiyorum. Öncünün ne olabileceğine ilişkin farklı bir *tikel* kurama bilerek kaymakla, konuyu daha güçlü bir biçimde açıklayabilirim. İlk çoğaltıcı olarak nihai meziyetleri ne olursa olsun, RNA kesinlikle DNA'dan daha iyi bir adaydır ve birçok kuramcı, "RNA Dünyası" denilen dünyalarında RNA'yı öncü saymaktadır. RNA Dünyası kuramını tanıtmak için, araya enzimleri almam gerekiyor. Eğer çoğaltıcı yaşam gösterisinin yıldızıysa, enzim de yardımcı oyuncu değil, yardımcı yıldızdır.

Yaşam, enzimlerin biyokimyasal tepkimeleri çok titiz bir biçimde katalizleme yeteneğine bağlıdır. Okulda ilk kez enzimleri öğrendiğim sırada, bilimin ev örnekleriyle öğretilmesi gerektiğini söyleyen geleneksel (ve bana göre yanlış) bilgelik, salya enzimi amilazın nişastayı sindirip şeker yapma gücünü göstermek için suya tükürmemizi söylüyordu. Bundan enzimin, aşındırıcı aside benzediği izlenimini edindik. Giysilerdeki kiri sindirip çıkarması için enzimleri kullanan biyolojik yıkama tozları da aynı izlenimi verir. Ama bunlar, büyük molekülleri küçük parçalarına ayırmaya çalışan yıkıcı enzimlerdir. Küçük bileşenlerden büyük moleküller sentezlemede yapıcı enzimler söz konusudur ve açıklayacağım gibi, bunu "robot çöpçatan" gibi davranarak yaparlar.

Bir hücrenin iç tarafı, farklı türden binlerce molekül, atom ve iyondan oluşan bir çözelti içerir. Bunların çiftleri neredeyse sonsuz çeşitlilikte birbirleriyle birleşebilir, ama genellikle yapmazlar. Bu yüzden bir hücrenin içinde harekete geçmeyi bekleyen büyük bir potansiyel kimya repertuarı vardır; ama çok büyük çoğunluğu gerçekleşmez. Aşağıdakileri düşünürken, bunu akılda tutun. Bir kimya laboratuvarının raflarında yüzlerce şişe vardır; hepsinin kapağı, kimyager istemedikçe birbirine karışmasınlar diye güvenli bir biçimde kapatılmıştır. Kimyager istediğinde de, bir şişeden bir örnek alınıp başka bir şişeden alınan örneğe katılır. Bir kimya laboratuvarının raflarının da, harekete geçmeyi bekleyen potansiyel kimya repertuarı olduğunu söyleyebilirsiniz. Yine bunun da çok büyük bölümü gerçekleşmez.

Ama raflardaki tüm şişelerin alınıp su dolu bir varile boşaltıldığını düşünün. Bu akıl almaz bir bilimsel vandalizmdir, ama canlı bir hücre böyle bir varile çok benzer; yalnızca bir sürü zar işi zorlaştırır, o kadar. Binlerce potansiyel kimyasal tepkimenin yüzlerce malzemesi, birbirleriyle tepkimeye girmeleri istenene kadar, ayrı şişelerde tutulmazlar. Aksine aynı ortak mekânda birbirlerine karışırlar. Ama yine de, sanal şişelerde ayrılarmış gibi, tepkimeye girmeleri istenene kadar büyük ölçüde tepkimeye girmeden beklerler. Sanal şişeler yoktur; ama robot çöpçatan gibi çalışan enzimler vardır; bu enzimlere, robot laboratuvar asistanları da diyebiliriz. Enzimler ayrımcılık yaparlar; bir radyo kanal arayıcısının, frekans bombardımanı altında yüzlerce başka sinyali görmezlikten gelirken belirli bir kablosuz alıcıyı belirli bir aktarıcıyla ilişkiye soktuğunda yaptığı gibi.

Diyelim, A bileşeninin B bileşeniyle birleşip Z ürünü verdiği önemli bir kimyasal tepkime var. Bir kimya laboratuvarında, bir raftan üzerinde A yazılı şişeyi, başka bir raftan B etiketli şişeyi alıp içindekileri temiz bir balona boşaltarak, ısıtma ya da karıştırma gibi diğer zorunlu koşulları da sağlayarak bunu gerçekleştiririz. Raflardan yalnızca iki şişe alarak istediğimiz özel tepkimeyi gerçekleştirdik. Canlı bir hücrede, suyun içinde yüzen çeşitli moleküller arasında bir sürü A ve bir sürü B molekülü vardır; o suyun içinde karşılaşabilirler, ama karşılaşsalar bile nadiren birleşirler. Birleşme olasılıkları, diğer binlerce olası kombinasyondan fazla değildir. Şimdi, A+B=Z tepkimesini hızlandırması için özel olarak şekillendirilen ve abzaz denilen bir enzim tanıtıyoruz. Hücrede, her biri robot bir laboratuvar asistanı gibi hareket eden milyonlarca abzaz molekülü vardır. Her abzaz laboratuvar asistanı, rafta değil, hücrede serbest yüzen bir A molekülü yakalar. Sonra geçerken bir B molekülü de yakalar. A'yı belirli bir yöne bakacak şekilde sıkıca kavrar. B'yi de A'yla uç uca gelecek şekilde, A'ya bağlanıp bir Z yapacak şekilde doğru konumda ve doğru yönde eşit ölçüde sıkıca kavrar. Enzim başka işler de yapabilir –bir karıştırıcı kullanan ya da bir Bunsen ocağını yakan insan laboratuvar asistanı gibi. A ya da B'yle geçici bir kimyasal ittifak kurup, sonunda geri verilecek atom ya da iyon alışverişinde bulunabilir. Bütün bunların sonucu, enzim molekülün şekilli "pençe"sinde yeni bir Z molekülünün oluşmasıdır. Laboratuvar asistanı yeni Z'yi suya salar ve yeni bir A'nın oradan geçmesini bekler; geçerken yakalar ve döngü yeniden başlar.

Robot laboratuvar asistanı olmasaydı, sürüklenen bir A arada sırada

bağlanmaya uygun koşullarda sürüklenen bir B'ye toslardı. Ama bu şanslı olay ender olurdu; A'nın B'yle karşılaşma olasılığı, başka bir sürü potansiyel partnerle karşılaşma olasılığı kadardır. A, C'ye toslayıp Y yapabilir. Ya da B, D'ye toslayıp X yapabilir. Az miktarda Y ve X, her zaman şans eseri meydana gelir. Ama laboratuvar asistanı enzim abzazın varlığı, her şeyi değiştirir. Abzazın varlığıyla, Z seri halde üretilir (hücrenin bakış açısıyla): Bir enzim kendiliğinden tepkime oranını, bir milyon ile bir trilyon arasında değişen bir çarpanla çarpar. Farklı bir enzim, acyaz enzimi sokulsaydı, A, B yerine C'yle birleşir ve bol miktarda Y yapardı. Burada sözü edilen A molekülleri de, bir şişeye hapsedilmemiş, B ya da C molekülleriyle birleşmekte serbest, ama bu molekül türlerinden hangisiyle birleşecekleri bütünüyle kendilerini yakalayacak olan enzime bağlı olan aynı A molekülleridir.

Bu nedenle Z ve Y'nin üretim oranı, diğer şeylerin yanı sıra, bu iki rakip laboratuvar asistanının -abzaz ve acyazın- ne kadarının hücrede yüzdüğüne bağlıdır. *Bu* da, hücre çekirdeğindeki iki genden hangisinin açık olduğuna bağlıdır. Ne var ki, iş biraz daha karışıktır: Bir abzaz molekülü var olsa bile, etkisiz olabilir. Bunun gerçekleşmesinin bir yolu, başka bir molekülün gelip, enzimin aktif "oyuk"una oturmasıdır. Sanki laboratuvar asistanının robot kolları geçici olarak kelepçelenmiş gibidir. Bu arada kelepçe, bana ritüel uyarıyı yapmayı anımsatıyor: Metaforlarda her zaman olduğu gibi, "robot laboratuvar asistanı"nın yanılma riski vardır. Bir enzim molekülün, kelepçelere uzatmak bir yana, A gibi malzemeleri yakalayacak kolları yoktur. Bunun yerine, yüzeyinde özel alanlar vardır ve sözün gelişi A'ın, ya şekilli bir oyuğa fiziksel uygunluktan ya da anlaşılması daha güç kimyasal bir özellikten ötürü, bu özel alana bir yakınlığı vardır. Bu yakınlık, bir acil kapatma düğmesini bilerek çıkarıp atmaya benzer biçimde geçici olarak olumsuzlanabilir.

Pek çok enzim molekülü, yalnızca bir ürün yapan özel amaçlı makinedir: Sözgelişi bir şeker ya da bir yağ, bir pürin ya da bir pirimidin (DNA ve RNA'nın yapıtaşları) ya da bir aminoasit (yirmi tanesi, doğal proteinlerin yapıtaşlarıdır). Ama bazı enzimler daha çok, ne yapacaklarını belirlemek için, içinde delikli kâğıt şerit olan programlanabilir aletlere benzerler. Bunlar arasında önde gelen biri, Tak'ın Hikâyesi'nde kısaca açıklanan ribozomdur; bu, proteinden ve RNA'dan yapılmış büyük ve karışık bir alettir. Proteinlerin yapıtaşları aminoasitler özel amaçlı enzimler tarafından zaten yapılmıştır ve hücrede, ribozom tarafından alınmaya hazır yüzmektedirler. Delikli kâğıt şerit RNA'dır,

özel "haberci RNA"dır (mRNA). Mesajını genomda DNA'dan kopyalayan haber kağıdı ribozoma girer ve "okuyucu kafa"dan geçerken uygun aminoasitler, kâğıt şeridin genetik kod kullanarak saptadığı düzende bir protein zincirinde toplanırlar.

Bu özelliğin nasıl işlediği biliniyor ve muhteşemdir. Her biri yaklaşık 70 yapıtaşı uzunluğunda küçük taşıyıcı RNA'lar (tRNA) vardır. Her tRNA, yirmi doğal aminoasitten yalnızca birine seçici olarak yapışır. tRNA molekülünün diğer ucunda bir "anti-kodon", tikel aminoasidi genetik koda göre saptayan kısa mRNA dizisini (kodon) tamamlayan bir triplet vardır. mRNA'nın kâğıt şeridi ribozomun okuyucu kafasından geçerken, mRNA'nın her kodonu doğru anti-kodonla bir tRNA'ya bağlanır. Bu, tRNA'nın diğer ucunda sallanan aminoasidin "çöpçatan" konumunda hizaya sokulup, yeni oluşmakta olan proteinin büyüyen ucuna yapışmasına neden olur. Aminoasit yapıştıktan sonra, mRNA kağıt şeridi bir diş daha ileri giderken, tRNA tercih ettiği tipte yeni bir aminoasit molekülü aramaya soyunur. Süreç böyle devam eder ve protein zinciri, adım adım oluşur. Şaşırtıcı bir biçimde, bir fiziksel mRNA kâğıt şeridi, aynı anda birçok ribozomla başa çıkabilir. Bu ribozomlardan her biri kendi okuyucu kafasını şeridin farklı bir kısmında hareket ettirir ve her biri, yeni oluşan protein zincirinin kendi kopyasını çıkarır.

Her yeni protein zinciri tamamlanınca, ribozomunu besleyen mRNA o ribozomun okuyucu kafasından tamamen geçince, protein ayrılır. Kıvrılıp, şekli kimya yasalarına göre, protein zincirindeki aminoasit dizisiyle belirlenen üçboyutlu karışık bir yapıya dönüşür. Bu aminoasit dizisi de, mRNA boyunca uzanan kod simgeler düzeni tarafında belirlenmiştir. Bu simge düzeni de, hücrenin ana veri tabanını oluşturan DNA boyunca uzanan tamamlayıcı simgeler dizisi tarafından belirlenmiştir.

Bu nedenle kodlu DNA dizisi hücrede olup bitenleri kontrol eder. Her proteinde, proteinin üçboyutlu şeklini belirleyen aminoasit dizisini saptar; proteine tikel enzimsel özelliklerini veren de, bu üçboyutlu şe-kildir. Fare'nin Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi, genlerin, diğer genlerden hangilerinin ne zaman açık olmaları gerektiğini belirlemeleri anlamında kontrol dolaylı olabilir. Bir hücredeki pek çok gen açık değildir. "Karışık malzemeyle dolu varil"de olabilecek tüm tepkimelerden, herhangi bir zamanda yalnızca bir ya da ikisinin gerçekleşmesinin nedeni budur: Hücrede kendilerine özgü "laboratuvar asistanları" aktif olan tepkimeler gerçekleşir.

Kataliz ve enzimlerle ilgili bu ara sözden sonra, olağan katalizden

özgül otokatalize, yaşamın kökeninde belki de kilit rol oynayan kataliz versiyonuna dönüyoruz. Abzaz enziminin etkisi altında birleşip Z'yi meydana getiren A ve B molekülleri örneğimizi tekrar düşünelim. Z, kendi kendisinin abzazı olsa ne olur? Yani demek istiyorum ki, Z, bir A ve bir B yakalamaya, doğru yönde bir araya getirmeye ve birleştirip tıpkı kendisi gibi yeni bir Z yapmaya uygun kimyasal özelliklere ve şekle sahip olsa ne olur? Daha önceki örneğimizde, çözeltideki abzaz miktarının üretilen Z miktarını etkileyeceğini söyleyebilirdik. Ama şimdi, Z fiilen abzazla bir ve aynı molekülse, bir zincir tepkime başlatmak için tek bir Z molekülüne ihtiyacımız vardır. İlk Z, A'ları ve B'leri yakalar ve birleştirip daha fazla Z yapar. Sonra bu yeni Z'ler daha fazla A ve B yakalayıp daha da fazla Z yapar ve böyle devam edip gider. Bu, otokatalizdir. Doğru koşullar altında Z molekülü nüfusu katlanarak çoğalacaktır. Bu, yaşamın kökeni için bir bileşen olarak umut vaat eder gibi görünen bir şeydir.

Ama bu tamamen farazidir. Kaliforniya'da Scripps Institute'ta Julius Rebek ve çalışma arkadaşları, bunu gerçek yaptılar. Otokatalizin gerçek kimyada büyüleyici örneklerini araştırdılar. Örneklerin birinde, Z, amino adenozin triasit esterdi (AATE); A, amino adenozindi ve B de, pentafluorofenil esterdi; tepkime suda değil, kloroformda gerçekleşti. Söylemeye gerek yok, bu tikel kimyasal ayrıntılardan hiçbirinin ve kuşkusuz bu uzun adların hatırlanmasına gerek yok. Önemli olan, kimyasal tepkimenin ürününün kendi katalizörü olmasıdır. AATE'nin ilk molekülü oluşmaya istekli değildir; ama bir kez oluştuktan sonra da, hemen zincirleme bir tepkime başlar, çünkü giderek daha fazla AATE kendi katalizörü gibi çalışıp kendini sentezler. Bu yetmiyormuş gibi, bu parlak deney dizisi, burada tanımlanan anlamda gerçek kalıtımı da gösterdi. Rebek ve ekibi, otokatalizlenmiş maddenin birden fazla çeşidinin var olduğu bir sistem buldu. Her çeşit, bir bileşenin kendi tercih ettiği bir çeşidini kullanarak kendi sentezini katalizliyordu. Bu, bir kendilik topluluğu içinde gerçek kalıtımı ve Darvinci seçilimin basit bir biçimini gösteren gerçek rekabet olasılığını artırdı.

Rebek'in kimyası oldukça yapaydır. Yine de bu öykü, bir kimyasal tepkime ürününün kendi katalizörü işlevi gördüğü otokataliz ilkesini güzel bir biçimde gösterir. Yaşamın başlangıcı için otokatalize benzer bir şeye ihtiyacımız var. Dünyanın erken koşullarında RNA ya da RNA gibi bir şey, kendi sentezini Rebek-tarzı ve kloroform yerine suda otokatilizlemiş olamaz mı?

Nobel ödüllü Alman kimyager Manfred Eigen'in açıkladığı gibi, sorun zorludur. Eigen, herhangi bir kendi kendini çoğaltma sürecinin kopyalama hatalarıyla bozulmaya tabi olduğuna –mutasyona- işaret etti. Her kopyalama olayında hata olasılığının yüksek olduğu bir çoğalan kendilikler popülasyonu düşünün. Kodlu bir mesaj, mutasyon tahribatlarına karşı kendini koruyacaksa, herhangi bir kuşakta topluluğun en az bir üyesi ebeveyniyle özdeş olmalıdır. Örneğin, bir RNA zincirinde on kod birimi ("harf") varsa, harf başına ortalama hata oranı, onda birden az olmalıdır: O zaman evlat kuşağın en azından bazı üyelerinin on doğru kod harfin tamamına sahip olmalarını bekleyebiliriz. Ama hata oranı daha yüksek olursa, seçilim baskısı ne kadar güçlü olursa olsun, tek başına mutasyondan ötürü, kuşaklar geçtikçe acımasız bir bozulma olacaktır. Buna, hata felaketi denir. İleri genomlardaki hata felaketleri, Mark Ridley'in kışkırtıcı kitabı *Mendel's Demon*'un ana konusunu oluşturur; ama biz burada, yaşamın başlangıcını tehdit eden hata felaketiyle ilgileniyoruz.

Kısa RNA ve aslında DNA zincirleri kendiliğinden, bir enzim olmadan kendi kendilerine çoğalabilirler. Ama harf başına hata oranı, bir enzim var olduğunda olacak orandan çok yüksektir. Bunun anlamı şudur: Yeterli uzunlukta bir gen oluşup, çalışan bir enzime gereken proteini üretemeden, mutasyon, yavru geni yok eder. Bu, yaşamın kökeninin Madde-22'sidir.* Bir enzimi belirleyecek kadar büyük bir gen, belirlemeye çalıştığı türden bir enzimin yardımı olmadan çoğalamayacak kadar büyük olur. Bu yüzden sistem başlayamaz.

Eigen'in Madde-22 için önerdiği çözüm, hiper-döngü (hypercycle) kuramıdır. Eski böl ve yönet ilkesini kullanır. Kodlu bilgi, bir hata felaketi eşiğinin altında kalacak kadar küçük alt-birimlere bölünür. Her alt-birim kendi başına mini bir çoğaltıcıdır ve her kuşakta en az bir kopyanın varlığını sürdürmesine yetecek kadar küçüktür. Tüm alt-birimler, bölünmek yerine tek bir büyük kimyasalla katalizlenmesi durumunda hata felaketine uğrayacak kadar büyük bir işleve yönelik işbirliği yaparlar.

Buraya kadar kuramı açıkladığım şekliyle, bazı alt-birimlerin diğerlerinden hızlı çoğalması nedeniyle tüm sistemin istikrarsızlaşma tehlikesi vardır. Kuramın akıllı tarafı burada devreye girer. Her alt-birim, diğerlerinin varlığıyla gelişir. Her birinin üretimi, başka birinin varlığıyla katali-

*Çözümsüz bir durumu ifade etmek için Joseph Heller'in *Madde 22* romanına gönderme [ç.n.].

ze edilir; öyle ki, bir bağımlılık döngüsü, bir "hiper-döngü" oluştururlar. Bu, herhangi bir öğenin başını alıp gitmesini otomatik olarak önler. Her öğe, hiper-döngüde önceline bağımlı olduğu için başını alıp gidemez.

John Maynard Smith, hiper-döngünün ekosisteme benzerliğine işaret etti. Balık sayısı, balıkların beslendiği *Daphnia* (supiresi) nüfusuna bağlıdır. Sonra balık sayısı da, balık yiyen kuşların nüfusunu etikler. Kuşlar gübre sağlayarak, supirelerinin üzerinde geliştikleri alglerin gelişmesine yardımcı olurlar. Bağımlılık döngüsünün tamamı, bir hiper-döngüdür. Eigen ve meslektaşı Peter Schuster, yaşamın kökenine ilişkin Madde-22 bilmecesine çözüm olarak bir tür moleküler hiper-döngü varsayımı ortaya koymuştur.

Hiper-döngü kuramını burada bırakıp, yaşamın yeni başladığı ve proteinlerin henüz var olmadığı ilk günlerde RNA'nın kendi katalizörü olmuş olabileceği önerisine dönüyorum. Bu, "RNA Dünyası" kuramıdır. Ne kadar akla uygun olduğunu görmek için, proteinlerin neden enzim olma konusunda iyi, çoğaltıcı olma konusunda kötü olduklarına; DNA'nın neden çoğalma konusunda iyi, bir enzim olma konusunda kötü olduğuna ve son olarak RNA'nın neden her iki rolde de iyi olup Madde-22'yi kırabileceğine bakmamız gerekir.

Enzim etkinliği için büyük ölçüde önemli olan, üçboyutlu şekildir. Proteinler enzim olma konusunda iyidirler; çünkü, tek boyutlu aminoasit dizisinin bir sonucu olarak, istediğiniz üçboyutlu şekli alabilirler. Aminoasitlerin zincirin farklı bölümlerindeki diğer aminoasitlere kimyasal yakınlığı, protein zincirinin bağlandığı tikel düğümü belirler. Bu yüzden bir protein molekülünün üçboyutlu şekli, tek boyutlu aminoasit dizisi tarafından saptanır ve o da, bir gendeki kod harflerin tek boyutlu dizisiyle saptanır. İlke olarak (pratik farklı bir konudur ve son derece zorludur), kendiliğinden kıvrılıp istediğiniz her şekle girecek - yalnızca güzel enzim yapan şekillere değil, saptamak istediğiniz her keyfi şekle girecek- bir aminoasit dizisi yazmak olanaklı olmalı. Proteinlere enzim gibi davranma niteliği kazandıran şey, bu çok yönlü yetenektir. Karmakarışık malzemelerle dolu bir hücrede meydana gelebilecek yüzlerce potansiyel kimyasal tepkimeden herhangi birini seçebilen bir protein vardır.

O yüzden proteinler, istenilen her şekilde düğümlere bağlanabilen harika enzimler yaparlar [bkz. resim 48]. Ama çoğaltma işinde berbatırlar. Özel eşlenme kuralları ("Watson-Crick eşlenme kuralları") olan bileşenleri bulunan DNA ve RNA'dan farklı olarak, aminoasitlerin

böyle kuralları yoktur. DNA, aksine, muhteşem bir çoğaltıcıdır, ama kötü bir enzim adayıdır. Bunun nedeni, neredeyse sonsuz çeşitlilikte üçboyutlu şekil alabilen proteinlerden farklı olarak, DNA'nın yalnızca bir şeklinin olmasıdır: ünlü ikili sarmal. İkili sarmalın çoğalmaya uygunluğu idealdir; çünkü merdivenin iki tarafı kolayca birbirinden ayrılabilir ve her biri, Watson-Crick eşlenme kurallarına uygun olarak yeni harflerin yazılacağı bir kalıp gibi açılır. Başka herhangi bir konuda bu kadar iyi değildir.

RNA bir çoğaltıcı olarak DNA'nın bazı erdemlerine ve çok yönlü bir enzim şekillendirici olarak proteinin bazı erdemlerine sahiptir. RNA'nın dört harfi, her takımın bir diğeri için bir kalıp işlevi görebileceği kadar DNA'nın dört harfine benzer. Diğer yanda RNA kolayca uzun bir ikili sarmal oluşturmaz; yani, bir çoğaltıcı olarak DNA'nın gerisindedir. Bunun nedeni, kısmen, ikili sarmal sisteminin prova-düzeltmeye uygun olmasıdır. DNA ikili sarmalı ayrılıp, her bir sarmal tamamlayıcısı için bir kalıp işlevi görünce, hatalar hemen fark edilip düzeltilebilir. Her evlat zincir kendi "ebeveyn"ine bağlı kalır ve ikisinin karşılaştırılması, hatanın hemen fark edilmesine olanak verir. Bu ilkeye dayalı prova-düzeltme, mutasyon oranlarını bir milyarda bire indirir; bizimki gibi büyük genomları olanaklı kılan da budur. Böyle bir prova-düzeltmesinden yoksun olana RNA'nın, DNA'nınkinden binlerce kat büyük mutasyon oranları vardır. Yani, yalnızca bazı virüsler gibi küçük genomlu basit organizmalar RNA'yı temel çoğaltıcıları olarak kullanabilirler.

Ama ikili sarmal yapıdan yoksunluğun, zaafı olduğu gibi, bir de üstünlüğü vardır. RNA zinciri tüm zamanını tamamlayıcı zinciriyle eşleşmiş geçirmediği, oluşur oluşmaz bütünden koptuğu için, bir protein gibi düğümlere bağlanma özgürlüğü vardır. Proteinin, aminoasitlerin aynı zincirin farklı bölümlerindeki diğer aminoasitlere kimyasal yakınlığı sayesinde bağlanması gibi, RNA da olağan Watson-Crick temel eşlenme kurallarını, RNA kopyalarını yapmak için kullanılanlarla aynı kuralları kullanarak bağlanır. Başka bir şekilde ifade edersek, DNA gibi ikili bir sarmalda eşlenilecek bir partner zincirden yoksun olan RNA, kendi tek parçalarıyla serbest biçimde "eşlenir". RNA ya minyatür bir ikili sarmal olarak ya da başka bir biçimde eşlenebileceği küçük uzantılarını bulur. Eşlenme kuralları, bu uzantıların zıt yönlerde ilerlemelerinde ısrarcıdır. Bu nedenle bir RNA zincirinin, bir dizi keskin dönemece girme eğilimi vardır.

Bir RNA molekülünün kendisini içine atabileceği üçboyutlu şekiller

repertuarı, büyük protein moleküllerinin repertuarı kadar büyük olmayabilir. Ama RNA'nın çok yönlü bir enzim kalkanı döşeyebileceği düşüncesini teşvik edecek kadar büyüktür. Kuşkusuz, ribozom denilen birçok RNA enzimi bulunmuştur. Sonuç olarak, RNA, DNA'nın çoğaltıcı erdemlerinden bazılarına ve proteinlerin enzim erdemlerinin bazılarına sahiptir. Belki baş çoğaltıcı DNA ve baş katalizör proteinler gelmeden önce, tek başına RNA'nın her ikisinin işini vekâleten yerine getirmesine yetecek kadar erdeme sahip olduğu bir dünya vardı. Belki bir RNA ateşi ilk dünyada kendi kendine tutuştu, sonra dönüp RNA ve ardından egemen çoğaltıcı olarak işi devralan DNA sentezlenmesine yardım eden proteinler yapmaya başladı. Bu, "RNA Dünyası" kuramının umududur. Bu kuram, Columbia Üniversitesi'nden Sol Spiegelman'ın başlattığı ve yıllar geçtikçe başkaları tarafından çeşitli biçimlerde tekrarlanan bir dizi deneyden dolaylı destek alır. Spiegelman'ın deneyleri, hileli olduğu düşünülebilecek bir protein enzimi kullanır; ama o kadar görkemli sonuçlar üretir, kuramda o kadar önemli bağları aydınlatır ki, buna değdiğini hissetmeden edemezsiniz.

Önce, arka plan. Qß denilen bir virüs vardır. Bir RNA virüsüdür; yani genleri, DNA yerine tamamen RNA'dan oluşmuştur. RNA'yı çoğaltmak için Qß replikaz denilen bir enzim kullanır. Yabanıl durumda Qß bir bakteriyofajdır –bir bakteri paraziti, özellikle de bağırsak bakterisi *Escherichia coli*'nin. Bakteriyel hücre Qß, RNA'yı kendi haberci RNA'sı "sanar" ve ribozomları onu tam olarak öyleymiş gibi işler; ama imal ettiği proteinler, konak bakteri yerine virüse iyi gelir. Bu tür dört protein vardır: Virüsü koruyan bir örtü protein; virüsü bakteriyel hücreye yapıştıran bir yapıştırıcı protein; biraz sonra tekrar değineceğim bir çoğalma faktörü; ve virüs çoğalma işini bitirdiğinde bakteri hücresini yok eden, böylece de her biri kendi protein örtüsü içinde başka bir bakteriyel hücreye toslayıp döngüyü yeniden başlatana kadar seyahat edecek on binlerce virüsü ortalığa salan bir bomba protein. Çoğalma faktörüne döneceğimi söyledim. Bunun Qß replikaz enzimi olması gerektiğini düşünebilirsiniz; ama daha küçük ve daha basittir. Küçük viral genin yaptığı tek şey, bakterinin kendisi için (tamamen farklı amaçlar için) yaptığı diğer üç proteini birbirine diken bir protein yapmaktır. Bu üç protein, virüsün küçük proteini tarafından birbirine yapıştırılınca oluşan bileşik Qß replikazdır.

Spiegelman yalnızca iki bileşeni, Qß replikaz ile Qß RNA'yı sistemden yalıtabildi. İkisini birlikte küçük-molekül hammaddeli –RNA

yapımını sağlayan yapıtaşları– suya koydu ve olanları izledi. RNA küçük molekülleri yakaladı ve Watson-Crick eşlenme kurallarını kullanarak kendi kopyalarını yaptı. Bu başarıya bakteriyel bir konak olmadan, protein örtü ya da virüsün başka bir parçası olmadan ulaştı. Yaban yaşamda bu RNA'nın normal eyleminin bir parçası olan protein sentezinin, ilmekten tamamen çıkarıldığına dikkat edin. Protein yapma zahmetine katlanmadan kendi kopyalarını yapan yalın bir RNA çoğalma sistemiyle karşı karşıyayız.

Sonra Spiegelman acayip bir şey yaptı. Tamamen yapay, hiçbir hücrenin bulunmadığı bu test tüpü dünyasında, bir evrim biçimini harekete geçirdi. Düzeneğini, her biri Qß replikaz ve ham yapıtaşları içeren, ama RNA içermeyen uzun bir test tüpleri dizisi olarak düşünün. İlk tüpe az miktarda Qß RNA ekti ve beklendiği gibi bunlar, kendilerinin bir sürü kopyasını yaptı. Sonra sıvıdan küçük bir örnek alıp, bir damlasını ikinci tüpe koydu. Ekilen bu RNA ikinci tüpte çoğalmaya koyuldu ve bu bir süre devam ederken, Spiegelman ikinci tüpten bir damla alıp, bakire olan üçüncü tüpe koydu. Böyle devam edip gitti. Bu, bir kıvılcımın kuru otlarda yeni bir yangının tohumunu atmasına, yeni yangından bir kıvılcımın da başka bir yangının tohumunu atmasına ve böyle devam edip gitmesine benzer. Ama sonuç çok farklıydı. Yangınlar niteliklerini tohum kıvılcımdan miras almazlar; oysa Spiegelman'ın RNA molekülleri alıyorlardı. Sonuç... En basit ve yalın biçiminde doğal seçilimle evrimdi.

Spiegelman, "kuşaklar" geçtikçe tüplerinden RNA örnekleri aldı ve bakterilere bulaşma gücü de dahil özniteliklerini izledi. Bulguları büyüleyiciydi. Evrilen RNA fiziksel olarak giderek küçülüyordu ve aynı zamanda giderek daha az bulaşıcı oluyordu. 74 kuşak* sonra tipik RNA molekülü, "yabanıl ata"sının küçük bir parçacığı kadar olmuştu. Yabanıl RNA yaklaşık 3.600 "boncuk" uzunluğunda bir kolyeydi. 74 kuşaklık bir doğal seçilimden sonra, bir test tüpünün ortalama sakini küçülüp yalnızca 550 boncukluk -bakterilere bulaşmakta değil, ama test tüplerine bulaşmakta başarılı- bir kolye olmuştu. Olanlar açıktı. RNA'da kendiliğinden mutasyonlar gerçekleşmişti ve hayatta kalan mutantlar, parazitlenmeyi bekleyen bakterilerin doğal dünyasına karşıt olarak, test-tüpü dünyasında yaşamaya çok uygundular. Herhalde ana farklılık, tüp dünyasındaki RNA'nın, çalışan bir bakteri paraziti olarak yabanıl virüsün

*Elbette tüp kuşakları: RNA kuşakları sayısı daha fazla olurdu, çünkü RNA molekülleri her tüp kuşağı içinde birçok kez çoğalıyorlar.

hayatta kalması bakımından gerekli örtü, bomba ve diğer gereçleri yapmak için ihtiyaç duyulan dört proteini yapmaya adanmış kodlamadan vazgeçebilmesiydi. Geriye kalan, Qß replikazla ve hammaddeyle dolu test tüplerinin kuştüyü yataklı dünyasında çoğalmak için gerekli minimumdu.

Yabanıl atanın onda biri büyüklüğünde olan ve hayatta kalan bu minimum, Spiegelman Ucubesi olarak bilinmektedir. Daha küçük olan elverişli varyant rakiplerinden daha hızlı ürer ve bu nedenle doğal seçilim, nüfus (virüslerden ya da organizmalardan değil, serbest yüzen moleküllerden söz etmemize karşın, nüfus doğru bir sözcüktür) içindeki temsilini giderek artırır.

Deney tekrarlanınca, neredeyse aynı Spiegelman Uubesi tekrar tekrar evrildi. Dahası, Spiegelman ve yaşamın kökeni araştırmalarında önde gelen bir şahsiyet olan Leslie Orgel, çözeltiye etidyum bromid gibi pis bir madde ekleyip başka deneyler yaptılar. Bu koşullarda farklı bir ucube, etidyum bromide dirençli bir ucube gelişir. Farklı kimyasal engel parkurları, evrimi farklı alanlarda uzman ucubelere doğru iter.

Spiegelman'ın deneyleri, başlangıç noktası olarak doğal "yabanıl tip" Qß RNA kullanmıştı. Manfred Eigen'in laboratuvarında çalışan M. Sumper ile R. Luce, sahiden afallatıcı bir sonuç elde ettiler. Bazı koşullarda, *içinde hiç RNA bulunmayan*, yalnızca RNA artı Qß replikaz enzimi yapımı için hammadde bulunan bir test tüpü, kendi kendini çoğaltan RNA'yı kendiliğinden üretebilir; üretilen bu RNA, doğru koşullarda evrilip Spiegelman Ucubesi'ne benzer. Birikimli doğal seçilimin basit gücü öyledir ki, Spiegelman Ucubesi'nin kendisini en başından inşa etmesi yalnızca birkaç gün alır.

Bunlar, yaşamın kökenine ilişkin RNA Dünyası hipotezinin doğrudan test edilmesine yönelik deneyler değildir. Özellikle, baştan sona var olan Qß replikaz "hile"miz var. "RNA Dünyası" varsayımı, umudunu RNA'nı kendi katalitik güçlerine bağlar. RNA, yaptığı bilindiği gibi, diğer tepkimeleri katalize edebiliyorsa, kendi sentezini katalize edemez mi? Sumper ve Luce'un deneyi RNA'yı da bir yana bıraktı, ama Qß, replikazı dahil etti. Qß replikazdan da vazgeçen yeni bir deneye ihtiyacımız var. Araştırmalar devam ediyor ve ben, heyecan verici sonuçlar bekliyorum. Ama şimdi, "RNA Dünyası"yla ve yaşamın kökenine ilişkin güncel birçok kuramla bağdaşan yeni moda bir düşünceye geçmek istiyorum. Yeni olan, kritik olayların ilk geçekleştiği yere ilişkin iddiadır. "Ilık küçük su birikintisi" değil, "sıcak derin kayaç" –şu anlama gelen heyecan verici bir

kuram: Hacılarımız yolculuklarını tamamlayıp Canterbury'lerini saptamak için, derin yeraltına, ilk kayaçlara inmek zorunda kalacaklar. Bu kuramın ana esin kaynağı, başlangıçta bir astronom olan, ama şimdi ender rastlanan "genel bilimci" nişanını hak edecek kadar çok yönlü ve hem Royal Society'ye hem Amerikan Ulusal Bilim Akademisi'ne seçilecek kadar saygın olan Thomas Gold'dur.

Gold, yaşamı harekete geçiren ilk enerji olarak güneşe yaptığımız vurgunun yanlış olabileceğine inanır. Belki yine tesadüfen bilinir olan bizi yanıltmıştır; yine şemada kendimize ve yaşam tarzımıza hak etmediğimiz bir merkezilik vermiş olabiliriz. Bir zamanlar ders kitapları tüm yaşamın eninde sonunda güneş ışığına bağlı olduğunu öne sürüyorlardı. Sonra 1977'de çarpıcı bir şey keşfedildi: Derin okyanus tabanındaki volkan bacaları, güneş ışığı olmadan yaşayan tuhaf bir yaratık topluluğunu beslemektedir. Kızgın lavların ısısı suyun sıcaklığını 100°C'nin üzerine yükseltir; bu ısı, o derinlikteki muazzam basınçta yine de kaynama noktasının epeyce altındadır. Etraftaki su çok soğuktur ve sıcaklık eğimi, bakteriyel metabolizmanın çeşitli türlerini harekete geçirir. Volkan bacalarından çıkan hidrojen sülfitten yararlanan sülfür bakterileri de dahil, sıcak-sever bu bakteriler, gelişkin bir besin zincirinin tabanını oluştururlar; bu besin zincirinin üst halkaları, boyları üç metreye varan kan-kırmızı boru solucanları, deniz salyangozlarını, midyeleri, denizyıldızlarını, beyaz yengeçleri, küçük karidesleri, balıkları ve 80°C'de yaşayabilen diğer halkalısolucanları kapsar. Gördüğümüz gibi, bu tür Hadean sıcaklarını sorun etmeyen bakteriler vardır; ama bunu yapan başka hayvanlar bilinmiyor ve bu çok-kıllı solucanlara, bu nedenle Pompeii solucanları denilmektedir. Bazı sülfür bakterilerine hayvanlar barınak sağlar; örneğin, kendi bakterilerine sülfid sağlamak için hemoglobin kullanıp (kan kırmızısı renkleri buradan gelir), özel biyokimyasal önlemler alan büyük boru solucanlar ve midyeler. Sıcak volkan bacalarından bakteriyel enerji çıkarmaya dayanan bu yaşam kolonileri önce bizzat varlıklarıyla, sonra türsel zenginlikleriyle herkesi şaşırttılar.

Ses getiren bu buluştan sonra bile, pek çok biyolog yaşamın güneş merkezli olduğuna inanmaya devam ediyor. Bu derin deniz yaratıkları, ne kadar büyüleyici olurlarsa olsunlar, pek çoğumuz tarafından ender ve temsil gücü olmayan bir sapma sayılır. Gold, aksine inanır. Sıcak, karanlık, yüksek basınçlı derinliklerin, yaşamın temelde ait olduğu ve kaynaklandığı yer olduğunu düşünür. Denizde olması zorunlu değil; bel-

ki kayaçlarda, belki yerin derinliklerinde. Yüzeyde, aydınlıkta, serin ve temiz havada yaşayan bizler, anormal sapmalarız! Bakteriyel hücre duvarlarında oluşan organik moleküllerin, "hopanoidler"in her yerde bulunduklarına işaret eder ve dünyadaki kayaçlarda 10 trilyon ile 100 trilyon ton arasında hopanoid bulunduğunu belirtir. Bu rakam, yüzey yaşamdaki trilyon tonluk organik karbon rahatlıkla aşar.

Gold, kayaçların, gözlerimize küçük görünmelerine karşın, bakteri ölçeğinde yaşama uygun milyar kere trilyon santimetrekareden fazla bir sıcak, ıslak mekân sağlayan çatlaklarla ve yarıklarla kaplı olduğunu belirtir. Isı enerjisi ve kayaç kimyasalları, çok sayıda bakteriyi beslemeye yeter. Gold, birçok bakterinin 110°C'de yaşabildiğini ve bu durumun, yerin 5 ila 10 kilometre altında yaşamalarına izin vereceğini belirtir. Bu tahmini doğrulamak olanaksızdır; ama sıcak, derin kayaçlardaki bakteri biyokütlesinin, bildiğimiz güneşe dayalı yüzey yaşamının biyokütlesini aşabileceğini düşünür.

Yaşamın kökeni sorununa dönersek, Gold ve diğerleri sıcak-severliğin, bakteriler ve arkeler arasında ender bir tuhaflık olmadığına dikkat çektiler. Sıcak-severlik yaygındır: O kadar yaygın ve bakteriyel aile ağaçlarına o kadar geniş dağılmıştır ki, bildiğimiz serin yaşam biçimlerinin kendisinden türediği ilkel durum bu olabilir. Hem kimya, hem sıcaklık bakımından, ilkel dünya –bazı bilim insanları buna "Hadean Üst-zaman" der– yüzeyindeki koşullar, bugünün yüzey koşullarından çok, Gold'un dikkat çektiği sıcak derin kayaçlardaki koşullara benziyordu. Kayaçlarda aşağı doğru kazı yapmanın, zaman içinde geriye gitmek, yaşamın kaynayan Canterbury'sinin koşullarına benzer bir şeyi yeniden keşfetmek anlamına geldiği, ikna edici bir biçimde savunulabilir.

Bu düşünce yakın zamanda Anglo-Avustralyalı fizikçi Paul Davies tarafından da savunuldu. Davies'in kitabı *The Fifth Miracle*, Gold'un 1992 tarihli yazısından bu yana keşfedilen yeni kanıtları özetler. Canlı ve yüzeyden kirlenmeye karşı sıkı önlemler arasında üreyen çok-sıcak-sever bakteriler içeren sondaj örnekleri bulunmuştur. Bu bakterilerden bazıları uygun koşullara uyarlanmış bir basınç fırınında... başarıyla üretilmiştir! Gold gibi Davies de yaşamın derin yeraltından başlamış olabileceğine ve hâlâ orada yaşayan bakterilerin uzak atalarımızın görece değişmemiş kalıntıları olabileceklerine inanır. Bu düşünce, hac yolculuğumuz bakımından özellikle çekicidir; çünkü ışığın, soğuğun ve oksijenin oluşturduğu modern koşullara uygun olarak değişmiş, daha tanıdık bakteriler yerine, en eski bakterilere benzer bir şeyle karşılaşma

umudunu bize verir. Yaşamın kökenine ilişkin başlangıca gülünen sıcak derin kayaç kuramı, şimdi olumlu anlamda moda olmanın eşiğindedir. Doğru olup olmadığının anlaşılması, daha çok sayıda araştırma yapılmasını beklemek zorunda; ama ben doğru çıkmasını umut ettiğimi itiraf ediyorum.

Ele almadığım başka kuramlar da var. Yaşamın kökeni konusunda bir tür kesin konsensüse belki bir gün ulaşırız. Ulaşsak da, doğrudan kanıtlarla destekleneceğinden kuşkuluyum; çünkü kanıtların silinmiş olmasından kuşkulanırım. Böyle bir konsensüse daha çok, birileri çok zarif bir kuram ürettiği için ulaşılacaktır; Amerikalı büyük fizikçi John Archibald Wheeler'ın başka bir bağlamda dediği gibi:

> Temel düşünceyi o kadar yalın, o kadar güzel, o kadar çekici kavrayacağız ki, birbirimize, "Başka türlü nasıl olabilirdi ki! Bu kadar süre nasıl bu kadar kör olabildik!" diyeceğiz.

Yaşamın kökeni bilmecesinin yanıtını bildiğimizi sonunda bu şekilde kavramazsak, başka türlü bileceğimizi sanmam.

HANCI'NIN DÖNÜŞÜ

Chaucer ve diğer hacıları Londra'dan Canterbury'ye götüren ve hikâyelerinin düzenlemelerini yapan güleç yüzlü hancı, geriye dönüp hepsini Londra'a geri götürmüştü. Bense şimdi, şimdiki zamana döneceksem bunu tek başıma gerçekleştirmem gerekir; zira evrimin aynı yolu bir kez de ileriye doğru izlemesini istemek, geriye doğru yolculuğumuzun gerekçesini inkâr etmek olur. Evrim hiçbir zaman belirli bir son noktayı amaçlamaz. Geriye doğru hac yolculuğumuz bir dizi kaynaşmayla geçerken, katılan her yeni grupla saflarımız kabardı: insaymunlar, primatlar, memeliler, omurgalılar, ikincil-ağızlılar, hayvanlar... ve tüm yaşamın ilk atası. Şimdi geriye dönüp ileriye doğru yürürsek, geldiğimiz yoldan gidemeyiz. Bu, evrim yeniden başlasa aynı yolu izler demeye gelirdi, birleşme noktalarımız bu kez tersine dönüp ayrılma noktaları olurdu. Yaşamın akışı "doğru" yerlerde kollara ayrılırdı. Fotosentez ve oksijene dayalı metabolizma yeniden keşfedilir, ökaryotik hücre yeniden oluşur, hücreler yeni çok-hücreli vücutlarda birleşirdi. Bir yanda bitkiler ve diğer yanda hayvanlar ve mantarlar arasında yeni bir bölünme, birincil-ağızlılar ile ikincil-ağızlılar arasında yeni bir bölünme olurdu: belkemikleri, gözler, kulaklar, kol ve bacaklar, sinir sistemleri yeniden keşfedilirdi... Sonunda ileri bakan gözlerin kılavuzluk ettiği becerikli elleri bulunan şiş beyinli bir iki-ayaklı ortaya çıkardı.

Tarihi geriye doğru yapma tercihimin altında, amaçlı evrimi kabul etmemem yatar. Yine de ilk satırlarımda, bir kulağımın uyakta olduğunu ve bu uyağın evrimde tekrarlanan örüntülerle, yasallıkla ve ileri yönlülükle dikkatli bir biçimde flört etmeme yol açacağını itiraf ettim. Bu yüzden hancı olarak geri dönüşüm aynı yoldan olmamasına karşın, aynı yoldan geri dönmeye benzer bir şeyin uygun olup olmayacağını açıkça merak ediyorum.

Evrim Tekrarı

Amerikalı kuramsal biyolog Stuart Kauffman, 1985 tarihli bir makalede sorunu çok iyi ifade etti:

> Şu andaki bilgisizliğimizin altını çizmenin bir yolu şu soruyu sormaktır: Evrim, ilk ökaryotik hücrelerin oluştuğu Prekambriyen Zaman'dan itibaren yeniden tekrarlansaydı, bir iki milyar yıl içinde organizmalar neye benzerdi? Deneyler binlerce kez tekrarlansaydı, organizmaların hangi öznitelikleri tekrar tekrar ortaya çıkar, hangi öznitelikleri ender olur, evrim için hangi

öznitelikleri bulmak kolay, hangilerini bulmak zor olurdu? Şu anda evrimle ilgili düşüncemizin temel başarısızlığı, bu tür sorular sormamıza yol açmamasıdır; oysa bu tür soruların yanıtları, organizmaların beklenen karakteriyle ilgili derin içgörülere yol açabilir.

Kauffman'ın istatistiksel koşulunu özellikle beğenirim. Tikel yaşamların yerel tezahürlerine karşıt olarak, yaşamın genel yasalarının aranmasında tek bir düşünce deneyini değil, düşünce deneylerinin istatistiksel bir örneklemini tasarlar. Kauffman'ın sorusu bir bilimkurgu sorusuna benzer: Diğer gezegenlerdeki yaşam neye benziyor olabilir? Elbette, diğer gezegenlerde başlangıç ve şimdiki koşullar farklı olmakla beraber. Büyük bir gezegende yerçekimi tamamen farklı bir seçilim baskısı dayatırdı. Örümcek büyüklüğünde hayvanların örümceğinkine benzer bacakları olamazdı (ağırlığın altında kırılırlardı), bizim fillerin üzerinde durduğu ağaç gövdesi gibi sağlam, dikey sütunların desteğine ihtiyaçları olurdu. Öte yandan küçük bir gezegende, fil büyüklüğünde ama hafif yapılı hayvanlar, örümcek gibi zıplayıp atlayabilirlerdi. Vücut yapısıyla ilgili bu beklentiler, yüksek yerçekimli ve düşük yerçekimli dünyaların istatistiksel örneklemleri için geçerlidir.

Yerçekimi bir gezegenin verili koşuludur, yaşam onu etkileyemez. Merkez yıldızdan uzaklığı da öyledir. Günün uzunluğunu belirleyen dönüş hızı da öyle. Daireye yakın bir yörüngesi olan bizimki gibi bir gezegende mevsimlerin ana belirleyeni olan eksen eğimi de. Pluton gibi daireden çok farklı bir yörüngesi olan bir gezegende, merkez yıldızdan uzaklığın dramatik ölçüde değişmesi, çok daha önemli bir mevsim belirleyeni olur. Bir ayın ya da ayların varlığı, uzaklığı, kütlesi ve yörüngesi, gelgitler aracılığıyla yaşamı etkiler. Bütün bu faktörler verilidir, yaşamdan etkilenmezler ve bu nedenle, Kauffman düşünce deneyinin ardışık tekrarında değişmez olarak ele alınmalıdırlar.

Eski kuşak bilim insanları hava durumunu ve atmosferin kimyasal bileşimini de verili kabul ederlerdi. Ama şimdi, atmosferi, özellikle de yüksek oksijen ve düşük karbon içeriğini, yaşamın koşulladığını biliyoruz. Bu yüzden düşünce deneyimiz, evrimin ardışık tekrarlarında evrilen yaşam biçimlerinin etkisiyle atmosferin değişme olasılığını hesaba katmalıdır. Yaşam hava durumunu, hata buz çağları ve kuraklıklar gibi büyük iklim olaylarını bile etkileyebilir. Merhum meslektaşım W. D. Hamilton, bulutların ve yağmurun, mikroorganizmaların yayılmak için imal ettikleri adaptasyonlar olduklarını öne sürmüştür.

Bildiğimiz kadarıyla, dünyanın en derindeki işleyişi, yüzeyindeki

yaşam köpüğünden etkilenmemiş duruyor. Ama evrimin tekrarlanmasıyla ilgili düşünce deneyleri tektonik olayların seyrinde, dolayısıyla kıtasal konumların tarihinde olası farklılıkları kabul etmelidir. Ardışık Kauffman tekrarlarında yanardağ ve deprem olaylarının uzaydan bombardımanlarla aynı sayımanın gerekip gerekmeyeceği ilginç bir sorudur. Eğer yeterince büyük bir istatistiksel tekrar örneklemi düşünüyorsak, tektonik hareketleri ve göksel çarpışmaları önemli değişkenler olarak ele almak akıllıca olur.

Kauffman'ın sorusuna yanıt vermeye nereden başlayalım? "Şerit" bir istatistik oluşturmaya elverecek sayıda tekrarlansaydı, yaşam nasıl olurdu? Bir cirpida, giderek zorlaşan bir Kauffman soruları ailesinin farkına varabiliriz. Kauffman saatini, ökaryotik hücrenin bakteriyel bileşenlerden meydana geldiği ana kurmayı tercih eder. Ama süreci iki ya da üç üst-zaman önce, bizzat yaşamın başlangıcıyla başlatmayı düşünebilirdik. Ya da saati çok daha sonra, sözgelişi Ortak Ata 1'de, şempanzelerden ayrıldığımız zamanda başlatıp, şu soruyu sorabiliriz: Yaşamın Ortak Ata 1'e ulaştığı göz önüne alınarak, istatistiksel açıdan anlamlı sayıda tekrarda insansılar iki ayaklılığı, beyin büyütmeyi, dili, uygarlığı ve beyzbolu geliştirirler miydi? Arada bir yerlerde, memelilerin, omurgalıların ve çok sayıdaki başkalarının kökeni için birer Kauffman sorusu bulunur.

Katışıksız kurgu dışında, fiilen gerçekleştiği şekliyle yaşamın tarihi, bize yol gösterecek doğal bir Kauffman deneyininkine yakın bir kavrayış sunar mı? Evet, sunar. Yolculuğumuz boyunca birçok doğal deneyle karşılaştık. Uzun süreli coğrafi yalıtılmışlıklarıyla Avustralya, Yeni Zelanda, Madagaskar, Güney Amerika, hatta Afrika büyük evrim olaylarının yaklaşık tekrarlarını bize sunuyor.

Bu kara kütleleri, dinozorların yok oluşundan sonra uzun bir süre, memeli gruplar evrimsel yaratıcılıklarını sergilerken, birbirlerinden ve dünyanın geri kalan kısmından yalıtıktılar. Yalıtıklık mutlak değildi; ama Madagaskar'da lemurların gelişmesine ve Afrika'da Afrika memelilerinin yayılmasına yetecek kadardı. Güney Amerika'da aradaki uzun yalıtıklık dönemleriyle üç ayrı memeli dayanağını ayırt ettik. Avustralyen bölge bu tür bir doğal deneyin en kusursuz koşullarını sunar --yalıtılmışlığı, söz konusu dönemin büyük bölümünde neredeyse kusursuzdu ve çok küçük, muhtemelen tek bir keseli aşısıyla başladı. Yeni Zelanda bir istisnadır; zira söz konusu dönem boyunca memelisizdi.

Bu doğal deneylere bakarken, iki kez tekrarlanmasına izin verildiğinde benzer evrimlerin ortaya çıkmasından etkilenirim. *Thylaci-*

nus'un bir köpeğe, *Notoryctes*'in bir köstebeğe, *Petaurus*'un uçan sincaplara, *Thylacosmilus*'un kılıçdişlilere ne kadar benzediklerini gördük. Farklılıklar da öğreticidir. Kangurular, hoplayan antilop ikameleridir. İki ayakla hoplamak, bir evrimsel ilerleme çizgisinin sonunda tamamlanınca, dört ayakla dörtnala gitmek kadar hızlı olabilir. Ama iki yürüyüş şekli, tüm anatomide önemli değişimlere neden olmaları bakımından birbirinden köklü bir biçimde farklıdır. Herhalde, atasal bir yol ayrımında iki "deneysel" soydan biri iki ayakla hoplamayı kusursuzlaştırma yolunu izlemiş, biri dörtnala gitmeyi kusursuzlaştırmış olabilir. Belki de başlangıçta tamamen tesadüfi nedenlerle kangurular bir yöne, antiloplar diğer yöne gitti. Şimdi son ürünler arasındaki ıraksamaya hayran kalıyoruz.

Memeliler farklı kara kütlelerinde birbirleriyle aşağı yukarı aynı zamanda kendi ayrı evrimsel ışımalarından geçtiler. Dinozorların bıraktığı boşluk, bunu yapmalarına olanak sağladı. Ama kendi zamanlarında dinozorların da kendi evrimsel ışımaları vardı, dikkate değer sıçramalara karşın –örneğin, neden dinozor "köstebek" yok gibi görünüyor sorusuna bir yanıt bulamıyorum. Dinozorlardan önce de, özellikle memeliye benzer sürüngenler arasında başka paralellikler vardı ve bunlar da, benzer tip yelpazeleriyle sonuçlandılar.

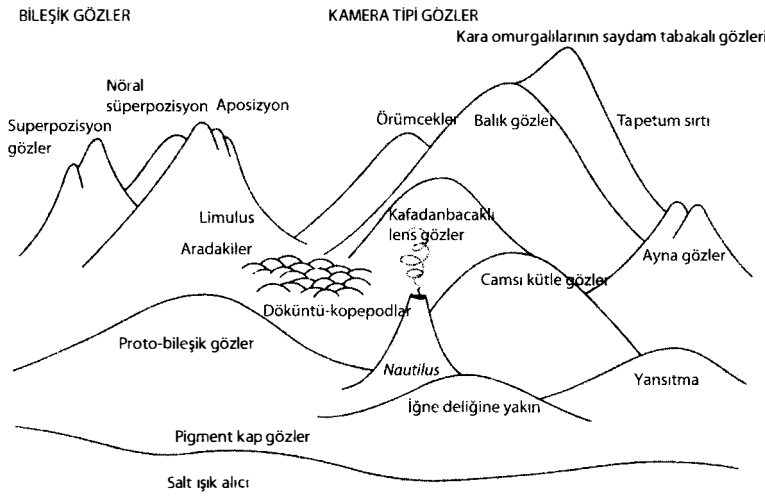
Halka açık konferans verirken, her zaman konuşma sonunda sorulara yanıt vermeye çalışırım. En sık sorulan soru şudur: "İnsanlar bundan sonra neye evrilebilir?" Muhataplarım her zaman sorunun özgün ve yeni olduğunu düşünmüş gibi görünürler ve her seferinde kalbim sıkışır. Çünkü her akıllı evrimcinin kaçacağı bir sorudur. İstatistiksel olarak türlerin büyük çoğunluğunun soyunun tükendiğini söylemek dışında, herhangi bir türün gelecekteki evrimini ayrıntılı olarak öngöremezsiniz. Herhangi bir türün geleceğini, sözün gelişi 20 milyon yıl sonrasını öngöremeyiz; ama var olacak genel ekolojik tipleri öngörebiliriz. Otçullar ve etçiller olacak, ot yiyenler, yaprak yiyenler, et yiyenler, balık yiyenler, böcek yiyenler olacak. Bu yemek öngörüleri, 20 milyon boyunca bu tanımlara uygun besinlerin bulunacağını varsayar. Yaprak yiyenler, ağaçların varlığının devamını gerektirir. Böcekçiller böcekleri ya da bir şekilde küçük, bacaklı omurgasızları –Afrika'dan yararlı bir teknik terimi kullanırsak duduları– gerektirir. Otçullar, etçiller ve benzeri her kategori içinde, bir büyüklük sırası olacak. Koşanlar, uçanlar, yüzenler, tırmananlar ve tünel kazanlar olacak. Türler bugün gördüklerimizin tıpatıp aynısı, Avustralya ya da Güney Amerika'da evrilen paralel türler,

dinozor eşdeğerler ya da memeliye benzer sürüngen eşdeğerler olmayacak. Ama benzer çeşitlilikte geçimini sağlayan benzer bir tip yelpazesi olacak.

Bundan sonraki 20 milyon yıl içinde büyük bir felaket ve dinozorların tükenmesine eş bir kitlesel yok oluş olursa, ekotip yelpazesinin yeni atasal başlangıç noktalarından türemesini bekleyebiliriz ve Randevu 10'da kemirgenlerle ilgili spekülasyonuma karşın, bugünün hayvanlarından hangilerinin başlangıç noktası olacağını tahmin etmek oldukça zor olabilir. Victoria Dönemi'ne ait bir karikatür [bkz. resim 49], uzak bir geçmişten kalma bir insan kafatasını anlatan Profesör İhtiyozor'u gösterir. Dinozorlar zamanında Profesör İhtiyozor feci sonlarını tartışmış olsaydı, o sırada küçük, önemsiz, gececi böcekçil olan memelilerin torunlarının dinozorların yerini alacağını öngörmek onun için oldukça zor olurdu.

Bütün bunlar, Kauffman'ın düşündüğü gibi uzun bir tekrarla değil, oldukça yakın zaman evrimiyle ilgilidir. Ama bu yakın zaman tekrarları, bize evrimin asli üreyebilirliğiyle ilgili bazı dersler öğretebilir. İlk evrim sonraki evrime benzer çizgiler izlemişse, bu dersler genel ilkelere ulaşabilir. Benim sezgime göre, dinozorların ölümünden bu yana gerçekleşen evrimden öğrendiğimiz ilkeler, en azından Kambriyen Dönem'e kadar, belki ökaryotik hücrenin başlangıcına kadar geçerlidir. Şöyle bir sezgim var: Avustralya, Madagaskar, Güney Amerika, Afrika ve Asya'da memeli yayılımındaki paralellik, Kauffman'ın ökaryotik hücrenin doğuşu gibi daha eski başlangıç noktalarına ilişkin sorularına yanıt vermek için bir tür kalıp olabilir. Bu dönüm noktası olaydan öncesi için güven buharlaşır. *Mendel's Demon*'da meslektaşım Mark Ridley, ökaryotik karmaşıklığın başlangıcının beklenmedik bir olay, hatta yaşamın başlangıcından bile daha beklenmedik bir olay olmasından kuşkulanır. Ridley'den etkilenerek, yaşamın başlangıcıyla başlayan pek çok düşünce deneyinin, ökaryokrasiye dönüşmeyeceğine bahse girerim.

Yakınlaşmayı incelemek için Avustralya doğal deneyinde olduğu gibi coğrafi ayrılığa yaslanmak zorunda değiliz. Farklı coğrafi alanlarda aynı başlangıç noktasından değil, farklı başlangıç noktalarından –çok büyük olasılıkla aynı coğrafi alanda– başlayan bir evrim deneyi düşünebiliriz: Hayvanlardaki yakınlık birbiriyle o kadar ilişkisizdir ki, bize anlattıkları şeyin coğrafi ayrılıkla bir ilgisi yoktur. "Göz"ün hayvanlar âleminde 40 ila 60 kez birbirinden bağımsız evrildiği tahmin edilmektedir. *Climbing Mount Improbable*'da "Aydınlanmanın Kırk Yolu" başlıklı bölümün esin



Aydınlanmanın Kırk Yolu. Michael Land'ın gözün evrimi manzarası.

kaynağı budur; bu yüzden, Sussex Üniversitesi'nde karşılaştırmalı göz zoolojisi uzmanı Profesör Michael Land'in, her biri birden fazla kez evrilmiş dokuz bağımsız optik mekanizma ilkesini kabul ettiğini söylemek dışında, burada kendimi tekrarlamayacağım. Land, kitabı için yukarıdaki manzarayı hazırlayacak kadar lütufkârdı. Manzaradaki ayrı doruklar, gözün bağımsız evrimlerini temsil eder.

Öyle görünüyor ki, en azından bu gezegende bildiğimiz şekliyle yaşam göz geliştirmeye neredeyse edepsizce heveslidir [bkz. resim 50]. Kauffman tekrarlarının istatistiksel bir örnekleminin gözlerle sonuçlanacağını güvenle öngörebiliriz. Salt göz de değil; bir böceğin, bir büyük karidesin ya da bir trilobitin gözleri gibi bileşik gözler; bizim ve bir mürekkepbalığının gözleri gibi, renkli gören ve ince-ayar odak mekanizması olan kamera gözler. Ve muhtemelen bir deniz salyangozunun gözleri gibi parabolik yansıtıcı gözler ve Randevu 26'da karşılaştığımız, yüzen kıvrımlı kabuğu içinde ammonite benzer modern yumuşakça *Nautilus*'un gözleri gibi iğne deliği gözler. Evrende başka gezegenlerde yaşam varsa, bu gezegende bildiğimiz şekliyle optik ilkelere dayanan gözlerin de olması olasıdır. Bir göz yapmanın bu kadar çok yolu vardır ve bildiğimiz şekliyle yaşam, hepsini bulmuş olabilir.

Diğer adaptasyonlar için de aynı hesabı yapabiliriz. Ses yankısıyla yer belirleme –ses dalgaları gönderip yankı zamanına göre yol alma düzeni– en az dört kez evrilmiş: yarasalarda, dişli balinalarda, yağkuşlarında ve

mağarasağanlarında. Gözler kadar sık değildir; ama koşullar uygun olduğunda evrilmelerinin olası olduğunu düşünmemize yetecek kadar sıktır. Çok büyük olasılıkla, evrim tekrarları aynı özgül ilkeleri, güçlüklere karşı koymak için aynı numaraları yeniden keşfedecekti. Yine daha önceki bir kitabımda söylediklerimi tekrarlamayacağım;* ama evrim tekrarları için öngörebileceklerimizi basitçe özetleyeceğim. Yankıyla yer belirleme, (pes çığlıklardan daha iyi ayrıntı çözünürlüğü için) çok tiz sesler kullanılarak tekrar tekrar evrilir. En azından bazı türlerde seslerin frekans-ayarlı olması, her ses çıkarışta tizlik ayarı yapılması olasıdır (algıda kesinlik bu ayarla gelişir; çünkü her yankının ilk bölümleri, sonraki bölümlerinden tizlikleriyle ayırt edilir). Yankıları çözümlemek için kullanılan bilgisayarlı aygıtlar, yankıların frekansında Doppler etkisine dayalı hesaplar da yapabilir; çünkü Doppler etkisi, sesin bulunduğu her gezegende evrensel olarak kesinlikle vardır ve yarasalar bundan ustaca yararlanırlar.

Göze ya da yankıyla yer belirlemeye benzer bir şeyin bağımsız evrildiğini nereden biliyoruz? Aile ağacına bakarak. Yağkuşlarının ve mağara sağanlarının akrabaları yankıyla yer belirlemezler. Yağkuşları ve mağara sağanları, birbirlerinden ayrı olarak, mağaralarda yaşamaya başlamışlardır. Bu teknolojiyi yarasalardan ve balinalardan bağımsız geliştirdiklerini biliyoruz; çünkü aile ağacı civarında başka hiç kimse bunu yapmıyor. Farklı yarasa grupları, yankıyla yer belirlemeyi birbirlerinden bağımsız birçok kez geliştirmiş olabilirler. Yankıyla yer belirlemenin kaç kez evrildiğini bilmiyoruz. Bazı sivrifareler ve foklar, bu becerini kaba bir biçimine sahiptirler (ve bazı kör insanlar da öğrenmiştir). Pterozorlar öğrendi mi? Gece uçmak iyi bir geçim yolu olduğu ve o günlerde ortalıkta yarasalar da bulunmadığı için, olasıdır. Aynı şey ihtiyozorlar için de geçerlidir. Yunuslara çok benziyorlardı ve herhalde hayatlarını benzer bir yolla sürdürüyorlardı. Yunuslar yankıyla yer belirlemeyi çok kullandıklarına göre, yunuslardan önce ihtiyozorların da aynı şeyi yapıp yapmadıklarını merak etmek akla uygundur. Doğrudan kanıtlar yoktur ama açık fikirli olmalıyız. Karşı bir nokta: İhtiyozorların olağanüstü büyük gözleri –en belirgin özelliklerinden biri– vardı; bu durum, yankıyla yer belirleme yerine görme gücüne güvendiklerinin işareti olabilir. Yunusların görece küçük gözleri vardır ve en belirgin özelliklerinden biri, burnun üzerindeki yuvarlak çıkıntı ya da "şapka"dır; sesi dar bir demet halinde bir ışıldak gibi hayvanın ön tarafına yansıtan

*_Kör Saatçi_'de.

akustik bir "lens" gibi davranır.

Herhangi bir zoolog gibi ben de, hayvanlar âlemine ilişkin zihinsel veritabanımı araştırıp, "X kaç kez birbirinden bağımsız evrilmiştir?" gibi sorulara tahmini bir yanıtla ortaya çıkabilirim. Hesapları daha sistematik hale getirmek, iyi bir araştırma projesi olurdu. Belki bazı X'ler gözlerde olduğu gibi "birçok kez" ya da yankıyla yer belirlemede olduğu gibi "birkaç kez" yanıtıyla çıkarlar. Bazıları "yalnızca bir kez" ya da "asla" yanıtı verir; ama bunların örneklerini bulmanın şaşırtıcı ölçüde güç olduğunu da söylemek zorundayım. Farklılıklar da ilginç olabilir. Yaşamın girmek "istediği" potansiyel evrim yolları bulacağımızdan kuşkuluyum. Bazı yolların "direnci" daha fazladır. *Climbing Mount Improbable*'da, birçok yere çıkan ve hem gerçek, hem olası evrimsel değişimi temsil eden koridorları bulunan, hem gerçek, hem olası yaşamları kapsayan büyük bir yaşam müzesi benzetmesini geliştirdim. Bazı koridorlar, neredeyse davet edercesine sonuna kadar açıktı. Bazıları aşılması zor, hatta olanaksız engellerle kapatılmıştı. Evrim sürekli kolay koridorlarda koşar; yalnızca ara sıra ve beklenmedik bir biçimde, zor engellerden birinin üzerinden atlar. "Evrilebilirliğin evrimi"ni tartıştığım zaman, evrilme "isteği" ve "isteksizliği" düşüncesine döneceğim.

Şimdi, X'in kaç kez evrildiğinin sistematik bir hesabını yapmaya değer başka örneklere hızla bakalım. Zehir sokmak (keskin uçlu bir tüple deri altına zehir enjekte etmek), birbirinden bağımsız olarak en az on kez evrilmiştir: denizanalarında ve akrabalarında, örümceklerde, akreplerde, kırkayaklarda, böceklerde,* yumuşakçalarda (koni kabuklular), yılanlarda, köpekbalıkları grubunda (vatozlar), kemikli balıklarda (kayabalığı), memelilerde (erkek ornitorenk) ve bitkilerde (ısırganlar). Zehrin, deri altına verilmesi de dahil, tekrar evrilmiş olması olasıdır.

Sosyal amaçlı ses çıkarma kuşlarda, cırcırböcekleri ve çekirgelerde, ağustosböceklerinde, balıklarda ve kurbağalarda birbirinden bağımsız evrilmiştir. Elektrikle yer belirleme, seyir için zayıf elektrik alanlarından yararlanma, Ördek-gagalı'nın Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi, birkaç kez evrilmiştir. Elektrik akımının silah olarak kullanılması da öyle –muhtemelen daha sonra. Elektrik fiziği tüm dünyalarda aynıdır ve hem seyir, hem savunma amacıyla elektrik kullanan yaratıkların tekrar tekrar evrimi konusunda, güvenle bahse girebiliriz.

Pasif süzülmeye ya da paraşüte karşıt olarak, kanat çırparak gerçek

*Arılarda, eşekarılarında ve karıncalarda, iğne değişime uğramış bir yumurtlama tüpüdür ve yalnızca dişiler sokar.

uçma, dört kez evrilmiş gibi görünüyor: böceklerde, pterozorlarda, yarasalarda ve kuşlarda. Çeşitli biçimlerde süzülme ve paraşütçülük, birbirinden bağımsız birçok kez, belki yüzlerce kez evrilmiştir ve gerçek uçmanın evrimsel öncüsü olmuş olabilir. Kertenkeleler, kurbağalar, yılanlar, "uçan" balıklar, mürekkepbalıkları, kolugolar, keseliler ve kemirgenler (ikişer kez) örnekler arasındadır. Kauffman tekrarlarında planörcülerin ortaya çıkacakları üzerine epeyce para sürebilirdim ortaya; hatırı sayılır miktarda da, kanat çırparak gerçekten uçanlar için.

Tepkili itme, iki kez evrilmiş olabilir. Mürekkepbalıkları yüksek hızda olmak üzere, kafadanbacaklı yumuşakçalar bunu yapıyor. Düşünebildiğim diğer örnek de bir yumuşakçadır, ama hızı yüksek değildir. Taraklar büyük ölçüde deniz dibinde yaşarlar, ama arada sırada da yüzerler. İki kabuklarını bir çift kastanyet gibi açıp kapatırlar. Bu hareketin onları, açıp kapamanın karşıt yönüne, "geriye doğru" iteceğini sanırsınız. Aslında "ileri doğru" giderler. Bu nasıl olabilir? Yanıtı şu: Açıp kapama hareketleri, suyu menteşenin *arkasındaki* iki aralıktan pompalar. Bu iki dışa akış, hayvanı "ileri doğru" iter.

Peki ya yalnızca bir kez evrilen ya da hiç evrilmeyen şeyler? *Rhizobium*'un Hikâyesi'nden öğrendiğimiz gibi, tekerlek, insan teknolojisinde icat edilmeden önce, yalnızca bir kez, bakterilerde evrilmiş gibi görünüyor. Dil de açıkça yalnız bizde evrilmiş, yani gözlerden 40 kez daha az. Yalnızca bir kez evrilmiş "iyi fikirler"i düşünmek şaşırtıcı ölçüde zordur.

Oxfordlu meslektaşım böcekbilimci ve doğacı George McGavin'e meydan okudum, o da zarif bir listeyle çıkıp geldi; ama yine de, birçok kez evrilmiş şeylerin listesiyle karşılaştırıldığında kısaydı. *Brachinus* cinsinden osurganböcekleri, bir patlama meydana getirmek için kimyasalları karıştırmada benzersizdirler. Kimyasal bileşenler (açıkça!) ayrı bezlerde yapılır ve tutulur. Tehlike yaklaşınca, böceğin gerisine yakın bir keseye boşaltılırlar; orada patlar ve zehirli sıvı bir boruyla yaklaşan düşmanın üzerine fışkırır. Yaratılışçılar bu olayı biliyorlar ve seviyorlar. Ara evrelerin tümü patlayacağı için, kademeli evrimin olanaksız olduğunu düşünüyorlar. 1991'de BBC televizyonunda gösterilen *Royal Institution Christmas Lectures for Children* (Çocuklar İçin Kraliyet Enstitüsü Noel Konferansları) programında bu muhakemenin yanlışlığını göstermekten keyif aldım. İkinci Dünya Savaşı'ndan kalma bir kaskı kafama geçirerek ve korkak izleyicileri dışarı davet ederek, osurgan böcek patlamasının iki bileşenini, hidrokinon ile hidrojen peroksidi bir-

birine karıştırdım. Bir şey olmadı. Karışım ısınmadı bile. Patlama bir katalizörü gerektirir. Katalizör konsantrasyonunu kademeli olarak artırdım; ısı da kademeli bir biçimde artı. Doğada, böcek de katalizörü sağlar ve evrimsel zaman içinde dozu kademeli ve güvenli bir biçimde artırmakta bir zorluk çekmez.

McGavin'in listesinde bir sonraki sırada, füze fırlatıp avı uzaktan vurmasıyla benzersiz olabilen okçu balıklar var –familya adı Toxotidae. Su yüzeyine çıkar, suyun üzerine tüneyen bir böceğe bir ağız dolusu su tükürür ve suyun içine devirip yer. Diğer olası "deviren" yırtıcı adayı, bir karıncaaslanı olabilir. Karıncaaslanları, Sinirkanatlılar (Neuroptera) takımının larvalarıdır. Birçok larva gibi, onlar da yetişkinlerine hiç benzemezler. Kocaman çeneleriyle, bir korku filmi için biçilmiş kaftandırlar. Her karıncaaslanı, kumda kazdığı koni şeklinde bir çukurun tabanında yüzeyin hemen altında, pusuya yatar. Merkezden dışarıya seri halde kum fırlatarak çukuru kazar –bu, çukurun kenarlarında minyatür toprak kaymalarına neden olur; gerisini fizik yasaları yapar: Düzgün şekilli bir koni oluşur. Genellikle karınca olan av, çukura girer ve dik yamaçlardan kayarak karıncaaslanının ağzına düşer. Okçu balığa olası benzerlik noktası, avın pasif bir biçimde düşmemesidir. Bazen kum taneleri tarafından çukura itilirler.

Familya adı Scytodidae olan tüküren örümcekler, biraz farklıdırlar. Kurt örümceğinin çevikliğinden ya da ağ örümceğinin ağından yoksun olan tüküren örümcek, zehirli bir yapışkanı uzaktan avına fırlatır; bu yapışkan, örümcek gelip ısırana kadar avı yere yapıştırır. Bu, okçu balığın avı yere serme tekniğinden farklıdır. Çeşitli hayvanlar, örneğin zehir tüküren kobralar, avı yakalamak için değil, savunma amacıyla tükürürler. Kementli örümcek, *Mastophora*, yine farklıdır ve muhtemelen benzersiz bir vakadır. Ava (güveye) bir füze attığı söylenebilir (örümcek, dişi güvenin sahte cinsel kokusunu çıkararak güveleri kendine çeker). Ama bir ipek damlası olan füze, örümceğin bir kement gibi çevirdiği ipek bir ipliğe bağlıdır. Bukalemunların ava tükürükle füze attığı söylenebilir. Füze, dilin ucundaki kalınlıktır; dilin gerisi (çok daha incedir) bir zıpkın ipi gibidir. Dilin ucu teknik olarak balistiktir, yani sizin dilinizden farklı olarak fırlatılabilir. Ama bukalemunlar bu konuda benzersiz değildirler. Semenderler de dilin ucunu ava fırlatırlar ve füzeleri, iskeletin bir parçasıdır. Parmakların arasına sıkıştırılmış bir karpuz çekirdeği gibi ateşlenir.

McGavin'in bir sonraki tekrarı olmayan evrimsel olay adayı, bir güzel-

liktir. Dalgıç örümcek *Argyroneta aquatica*'dır. Bu örümcek tamamen sualtında yaşar ve avlanır; ama yunuslar, dugonglar, kaplumbağalar, tatlı su salyangozları ve suya geri dönmüş diğer kara hayvanları gibi, hava solumaya ihtiyacı vardır. Ne var ki, diğer sürgünlerden farklı olarak *Argyroneta*, kendine bir dalgıç çanı yapar. Dalgıç çanını, sualtındaki bir bitkiye bağlanmış ağ ipliğinden yapar (ağ ipliği, her türlü örümcek sorununun evrensel çözümüdür). Birçok su böceğinin taşıdığı gibi, vücut kıllarıyla oluşturulmuş bir tabakanın içine hava toplamak için yüzeye çıkar. Ama havayı bir oksijen tüpü gibi gittikleri her yere götüren su böceklerinden farklı olarak, topladığı havayı dalgıç çanına götürüp boşaltır. Örümcek dalgıç çanının içinde oturup avını bekler; yakaladığı avları da orada saklar ve yer.

Ama George McGavin'in tekrarı olmayan olaya ilişkin baş örneği. *Tabanus* denilen bir Afrika atsineğinin larvasıdır. Bekleneceği gibi Afrika'da larvaların yaşadıkları ve beslendikleri gölcükler sonunda kurur. Her larva çamurun içine gömülür ve pupa olur. Yetişkin sinek kurumuş çamurdan çıkar ve kanla beslenmek üzere uçup gider; sonunda yağmurlar yağmaya başlayınca gölcüklere yumurta bırakarak döngüyü tamamlar. Gömülü larva öngörülebilir bir tehlikeye açıktır. Çamur kuruyunca çatlar ve çatlağın, larvanın sığınağının üzerinden geçme tehlikesi vardır. Kuramsal olarak larva, yaklaşan çatlağın yön değiştirmesini sağlayacak bir çare bularak kendini kurtarabilir. Sahiden harika ve muhtemelen benzersiz bir yolla bunu başarır. Pupa odasına gömülmeden önce, çamurda sarmal biçiminde kıvrılarak aşağı iner. Sonra karşıt yönde bir sarmalla aynı şekilde yüzeye çıkar. Sonunda çamura dalıp iki sarmal arasındaki merkeze yerleşir ve kötü zamanları orada geçirir. Bu ne demek, biliyor musunuz? Larva, çember sınırı sarmal kazıyla önceden zayıflatılmış bir çamur silindirin içine kapanır. Yani, kuruyan çamurda oluşan bir çatlak silindir sütunun kenarına çarparsa, silindiri ortadan yarmak yerine, bir eğri çizerek silindirin kenarından geçer ve larva kurtulur. Bir pulun etrafında bulunan ve koparılınca pulun yırtılmasını önleyen deliklere benzer. Dr. McGavin bu zekice numaranın, yalnızca bu atsineği cinsine özgü olduğuna inanır.*

Doğal seçilimin *hiç* geliştirmediği iyi bir fikir var mı? Bildiğim kadarıyla bu gezegende hiçbir hayvan, uzak mesafede iletişim için radyo dalgaları ileten ya da alan bir organ geliştirmemiş. Bir örnek de ateş kul-

* Bu alışkanlık ilk kez W. A. Lambourn tarafından tanımlandı [Bkz Kaynakça].

lanımıdır. İnsan deneyimi, ateş kullanımının ne kadar yararlı olduğunu gösterir. Tohumlarının çimlenmesi için ateşe ihtiyaç duyan bazı bitkiler vardır; ama örneğin elektrikli yılanbalığının elektriği kullanması gibi kullandıklarını sanmam. Bir örnek de, yapı iskeleti oluşturmak üzere metal kullanımıdır. Ateş olmadan bunu başarmak herhalde zordur.

Hangi şeylerin sık, hangilerinin seyrek evrildiğini hesaplayarak yapılan bu tür bir karşılaştırma alıştırması, daha önce tartışılan coğrafi karşılaştırmalarla birlikte yapıldığında, tekrarlayan evrim konusunda Kauffman tarzı düşünce deneylerinin olası sonuçlarını tahmin etmenin yanı sıra, bu gezegenin dışındaki yaşamla ilgili öngörülerde bulunmamıza da olanak sağlayabilir. Gözleri, kulakları, kanatları ve elektrikli organları bekleyebiliriz; ama herhalde osurganböceğinin bombardımanlarını ya da okçu balığın su mermilerini bekleyemeyiz.

Merhum Stephen Jay Gould'u rehber aldıkları söylenebilen biyologlar, Kambriyen Dönem sonrası evrim de dahil, tüm evrimi büyük ölçüde olumsal görürler –bir Kauffman tekrarındaki tekrarlanmadan farklı olarak, şans eseri. "Evrim şeridini başa sarmak" sözünü kullanan Gould, Kauffman'ın düşünce deneyini bağımsız olarak geliştirdi. İkinci bir tekrarda insanları uzaktan andıran bir şeyin ortaya çıkma şansı, yok denecek kadar az görülür ve Gould, *Wonderful Life*'ta bunu ikna edici bir biçimde açıkladı. Giriş bölümünün ihtiyatlı kendi kendini yadsıma buyruğuna yol açan; aslında geriye doğru hac yolculuğuna çıkmama ve hacı arkadaşlarımı Canterbury'de bırakıp tek başıma geri dönmeme yol açan işte bu ortodoksluktu. Yine de korkutucu olumsallık ortodoksluğunun çok ileri gitmiş olup olmayacağını uzun süredir merak etmekteyim. Gould'un *Full House*'una (*A Devil's Chaplain*'de yeniden yayımlanmıştır) ilişkin değerlendirmem, popüler olmayan bir nosyonu, evrimde ilerleme nosyonunu savunuyordu: İnsanlığa doğru ilerleme değil –Darwin esirgesin!-, en azından sözcüğü haklı çıkarmaya yetecek kadar öngörülebilir yönlerde ilerleme. Biraz sonra ileri süreceğim gibi, göz gibi karmaşık adaptasyonların birikimli oluşumu, ilerlemenin bir versiyonunun gösterir –özellikle imgelemde, yakınsak evrimin harika ürünleriyle birleştiğinde.

Yakınsak evrim Cambridgeli biyolog Simon Conway Morris'in de esin kaynağı oldu. Morris'in kışkırtıcı kitabı *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*, Gould'un "olumsallık"ının tam tersini sunar. Bir evrim tekrarının insanın ya da insana son derece yakın bir şeyin ikinci kez gelişiyle sonuçlanacağını gerçekten düşünür. Popüler olmayan

böyle bir tez için çok cesurca bir savunma yapar. Sürekli çağırdığı iki tanık, yakınsaklık ve kısıtlılıktır.

Bu bölüm de dahil, bu kitap boyunca yakınsaklıkla sürekli karşılaşmaktayız. Benzer sorunlar benzer çözümler doğurur; yalnızca iki üç kez değil, birçok kez, düzinelerce kez. Yakınsak evrime ilişkin coşkumda epeyce uçta olduğumu düşünürdüm; ama birçoğuyla daha önce karşılaşmadığım çok sayıda örnek sunan Conway Morris'te dengimi buldum. Ama ben genellikle benzer seçilim baskılarına başvurarak yakınsaklığı açıkladığım halde, Conway Morris ikinci tanığı kısıtlılığın tanıklığını da ekler. Yaşam malzemeleri ve embriyonik gelişim süreçleri tikel bir sorunun yalnızca sınırlı sayıda çözümüne izin verir. Verili herhangi bir tikel evrimsel başlangıç durumunda, kutudan çıkmanın sınırlı sayıda yolu vardır. Bu yüzden bir Kauffman deneyinin iki tekrarı benzer seçilim baskılarıyla karşılaşırsa, gelişimle ilgili kısıtlılıklar aynı çözüme ulaşma eğilimini güçlendirir.

Cüretkâr bir inancı –bir evrim tekrarının iki becerikli eli, ileri bakan kamera gözleri ve diğer insani özellikleri olan büyük beyinli bir iki-ayaklıda buluşmasının olası olduğu inancını- savunan becerikli bir avukatın bu iki tanığı nasıl kullandığını görebiliyorsunuz. Ne yazık ki, bu durum bu gezegende yalnızca bir kez gerçekleşmiş; ama sanırım her zaman bir ilk olmalıdır. Conway Morris'in böceklerin evriminin öngörülebilirliğine ilişkin paralel savunmasından etkilendiğimi kabul ederim.

Böceklerin savunma özelliklerinden bazıları: eklemli dış iskelet; bileşik gözler; karakteristik altı ayakla yürüme –yürüyen altı ayağın üçü her zaman yerdedir ve böylece hayvanı dengede tutan bir üçgen (ikisi bir tarafta, biri diğer tarafta) oluşur; yanlardaki özel deliklerden (spirakl) hayvanın içine oksijen taşamaya yarayan, trake olarak bilinen solunum tüpleri ve evrimsel kendine özgülükler listesini tamamlamak üzere, bal arılarında olduğu gibi karmaşık gerçek sosyal kolonilerin defalarca (birbirinden bağımsız 11 kez!) evrilmesi. Hepsi çok mu tuhaf? Büyük yaşam piyangosunda hepsi bir defalık mı? Aksine, hepsi yakınsaktır.

Conway Morris listesine devam edip her bir özelliğin, hayvanlar âleminin farklı parçalarında birden fazla kez, bazı durumlarda birkaç kez, bizzat böceklerin içinde birbirinden bağımsız birkaç kez evrildiğini gösterir. Doğa böcekliği oluşturan parçaları ayrı ayrı geliştirmeyi kolay bulsa, tümünün iki kez evrilmesi o kadar da akla aykırı olmaz. Conway Morris'in inancı, yakınsak evrimi, rastlandığında hayran kalınan renkli

gösterir. Doğa böcekliği oluşturan parçaları ayrı ayrı geliştirmeyi kolay bulsa, tümünün iki kez evrilmesi o kadar da akla aykırı olmaz. Conway Morris'in inancı, yakınsak evrimi, rastlandığında hayran kalınan renkli bir enderlik olarak görmekten vazgeçmemiz gerektiğine ilişkin inancı beni çekiyor. Belki de artık bir norm olarak görmemiz, istisnalarını sürpriz saymamız gerekiyor. Örneğin, sözdizimsel dil bir türe, bize özgü görünüyor. Kim bilir, yeniden evrilen beyinli bir iki-ayaklının yoksun olacağı tek şey bu olur?

Geri Görüş Kibri başlıklı giriş bölümünde, evrimde örüntü, uyak ya da neden aramaya karşı uyarılara kulak verdim; ama bunlarla dikkatli bir biçimde flört edeceğimi de söyledim. Hancı'nın Dönüşü, ileri yönde evrimin seyrini taramak ve hangi örüntüleri keşfedebileceğimizi görmek için bir fırsat oldu. Tüm evriminin *Homo sapiens*'i üretmeyi amaçladığı düşüncesi kesin bir biçimde reddedilmiştir ve geriye doğru yolculuğumuzda, bunu geri getiren bir şey görmedik. Conway Morris bile, evrimin tekrarlanması durumunda *bizim gibi* bir hayvana *yaklaşık olarak* benzeyen bir şeyin birkaç sonuçtan biri –örneğin bir sonuç da böcekler– olacağını iddia eder.

Değer-Yüksüz Ve Değer-Yüklü İlerleme

Uzun hac yolculuğumuza bakarsak, başka hangi örüntüleri ya da uyakları ayırt ederiz? Evrim ilerleme midir? Savunacağım en az bir ilerleme tanımı vardır. Buraya gelmeliyim. İlk olarak, ilerleme değer yargısız, zayıf, minimalist bir anlamda, ana eğilimlerin geçmişten geleceğe öngörülebilir sürekliliği olarak tanımlanabilir. Ağırlık, boy ve diğer ölçülerde bir yıl içinde gözlemlediğimiz eğilimlerin ertesi yıl da devam etmesi anlamında, bir çocuğun büyümesi ilerlemedir. Bu zayıf ilerleme tanımında değer yargısı yoktur. Bir kanserin büyümesi, aynı zayıf anlamında bir ilerlemedir. Bir kanserin tedaviyle küçülmesi de, ilerlemedir. Peki bu zayıf anlamında ne ilerleme *olmaz*? Rasgele, amaçsız dalgalanma: Tümör biraz büyür, biraz küçülür, epeyce büyür, birazcık küçülür, biraz büyür, epeyce küçülür vd. Bir ilerleme eğilimi, tersine dönüşlerin olmadığı eğilimdir; ya da tersine dönüşler varsa bile, ağırlık ve sayı olarak baskın yönde hareketin gerisinde kalırlar. Tarihlenmiş bir fosiller dizisinde, bu nötr-değer anlamında ilerleme şu anlama gelir: Başlangıçtan ara kuşaklara giderken gördüğünüz anatomik eğilim, ara kuşaklardan son kuşaklara doğru bir eğilim olarak devam eder.

lanan kemoterapiye yanıt veren tümörün küçüldüğünü anlatan doktor, memnuniyetle "İlerleme kaydediyoruz" der. Genel olarak doktorlar şişen bir tümörün filmine bakıp, tümörün ilerleme kaydettiğini söylemez; rahatlıkla böyle söyleyebilecek olmalarına karşı. Bu, değer-yüklü olur, ama olumsuz değerli. İnsani siyasal ya da toplumsal işlerde "ilerleme", genellikle konuşanın istenir saydığı yönde bir eğilime işaret eder. İnsan tarihine bakıp, aşağıdaki eğilimleri ilerleme sayarız: köleliğin kaldırılması, oy hakkının genişletilmesi, cinsiyet ya da ırk ayrımcılığının azalması, hastalıkların ve yoksulluğun azalması, kamu sağlığında iyileşme, atmosfer kirliliğinde azalma, eğitim düzeyinde artış. Belli siyasal görüşleri olan bir kişi bu eğilimlerden en azından bazılarını olumsuz değer-yüklü görür ve kadınların oy hakkına sahip olmadıkları ve kulüp yemek odalarına girmelerine izin verilmediği günlere özlem duyar. Ama bu eğilimler, ilk tanımladığımız zayıf, minimalist, nötr-değer anlamından daha fazla ilerlemedirler. Sizin ve benim paylaştığımız bir sistem olmasa da, saptanmış bir değer sistemine göre ilerlemedirler.

Şaşırtıcıdır; Wright kardeşlerin havadan daha ağır bir makineyle uçmayı başarmalarından bu yana yalnızca yüz yıl geçti. 1903'ten beri havacılık tarihi yanılgıya yer bırakmayacak ölçüde ilerlemeli ve şaşırtıcı ölçüde hızlı olmuştur. Yalnızca 42 yıl sonra, 1945'te, Luftwaffe'den Hans Guido Mutke, bir Messerschmitt savaş uçağında ses duvarını aştı.* 24 yıl sonra da insanlar ayda yürüdü. Artık aya çıkılmaması ve süpersonik yolcu uçaklarının hizmet vermemesi, tartışmasız ilerleme olan bütünsel bir eğilimde ekonominin emrettiği geçici tersine dönmelerdir. Savaş uçakları gittikçe hızlanıyorlar ve her bakımdan ilerliyorlar. Bu ilerlemenin çoğu, herkesin değerlerine uymaz –örneğin bir uçuş rotasının altında yaşayacak kadar şanssız olanların. Havacılıktaki ilerlemenin büyük çoğunluğu, askeri ihtiyaçlardan güç alır. Ama avcı uçakların, bombardıman uçaklarının ve güdümlü füzelerin, Wright kardeşlerden bu yana ileriye doğru bir iyileşme olduğunu söyleyen ve en azından aklı başında bazı insanların savunduğu, tutarlı bir biçimde ifade edilebilir bir değerler kümesinin varlığını hiç kimse yadsımaz. Aynı şey diğer ulaşım biçimleri, aslında bilgisayarlar da dahil diğer teknoloji biçimleri için de söylenebilir.

Tekrarlamalıyım: Buna değer-yüklü ilerleme derken, değerlerin

*Mutke'nin iddiası tartışmalıdır. Öyle olmasa bile, bunu yapan ilk kişi, yurtsever Amerikalıların sandığı gibi, 1947'de ABD hava kuvvetlerinden Binbaşı Chuck Yeager değildi. Amerikalı bir sivil, George Welch ondan iki hafta önce bu işi yaptı.

zorunlu olarak sizin ya da benim için olumlu bir göstergeye sahip olduklarını söylemiyorum. Biraz önce de söylediğim gibi, bugün sözünü ettiğimiz teknolojik ilerlemenin çoğu askeri amaçlara katkıda bulunur ve askeri amaçlardan güç alır. Bu tür icatlar olmadan önceki dünyanın daha iyi bir yer olduğunu söyleyebiliriz. Bu anlamda "ilerleme", olumsuz bir göstergeyle değer-yüklenmiştir. Ama yine de önemli bir anlamda, değer-yüksüz minimalist tanımımın, geçmişten geleceğe devam eden bir eğilim olarak ilerleme tanımımın üzerinde ve ötesinde, değer-yüklüdür. Taştan mızrağa, mızraktan oka, çakmaklı tüfeğe, misket tüfeğine, yivli tüfeğe, makineli tüfeğe, topa, atom bombasına ve megatonajı sürekli artan hidrojen bombalarına silahların gelişimi, sizin ya da benim olmasa bile *birilerinin* değer sistemine göre ilerlemeyi temsil eder; yoksa bunların üretimi için araştırma ve geliştirme olmazdı.

Evrim yalnızca zayıf, değer-yüksüz anlamda ilerleme sergilemez. En azından bazı makul değer sistemlerine göre değer-yüklü olan ilerleme olayları vardır. Silahlanmadan söz etmişken, en bilinen örneklerin yırtıcılar ile av arasındaki silahlanma yarışından geldiğini belirtmenin zamanıdır.

Oxford English Dictionary'de belirtildiğine göre "silahlanma yarışı" ifadesi ilk kez 1936'da *Hansard*'da (Avam Kamarası'nın yazılı tutanakları) kullanıldı:

> Bu meclis, güvenliği yalnızca ulusal silahlanmada arayan ve uluslar arasında, kaçınılmaz olarak savaşa yol açan yıkıcı silahlanma yarışını yoğunlaştıran bir politikayı kabul edemez.

1937'de *Daily Express*, "Silahlanma Yarışı Telaşı" manşeti altında, "Herkes silahlanma yarışı derdindeydi" diyordu. Bu temanın evrim biyolojisi literatüründe de yer bulması uzun sürmedi. İkinci Dünya Savaşı sırasında, 1940'ta yayımlanan klasik kitabı *Adaptive Coloration in Animals*'ta Hugh Cott şöyle yazıyordu:

> Bir çekirgenin ya da kelebeğin aldatıcı görüntüsünün gereksiz derecede ayrıntılı olduğunu iddia etmeden önce, böceklerin doğal düşmanlarının algılama ve ayırma güçlerinin ne olduğunu anlamalıyız. Bunu yapmamak, düşmanın silah gücünün mahiyetini ve etkinliğini araştırmadan, bir savaş gemisinin zırhının çok ağır ya da topların menzilinin çok fazla olduğunu iddia etmeye benzer. Gerçek şu ki, uygar savaşların gelişiminde olduğu gibi, ilkel cangıl mücadelesinde de ilerleme halinde büyük bir evrimsel silahlanma yarışı görüyoruz; bu yarışın savunma bakımından sonuçları hız, uyanıklık, zırh, dikenlilik, tünel kazma alışkanlığı, gece yaşamı alışkanlığı, zehirli salgılar, mide bulandırıcı tat, koruyucu, uyarıcı ve taklitçi renklenme gibi

düzeneklerde; saldırı bakımından sonuçları ise, hız, şaşırtma, pusu, büyüleme, görme keskinliği, pençe, diş, iğne, zehirli diş, çevreye uyumlu ve büyüleyici renklenme gibi düzeneklerde kendini gösterir. İzlenendeki hız artışı, izleyendeki hız artışıyla ilişki içinde, ya da savunma zırhı, saldırı silahlarıyla ilişki içinde gelişmiştir; aynı şekilde gizlenme düzeneklerinin kusursuzlaşması, artan algılama gücüne yanıt olarak evrilmiştir.

Oxford'lu meslektaşım John Krebs'le birlikte, 1979'da Royal Society'de sunulan bir tebliğde evrimsel silahlanma yarışı konusunu ele aldık. Bir hayvan silahlanma yarışında görülen iyileşmelerin, kendi başına hayatta kalma konusunda iyileşmeler değil, ilginç bir nedenden ötürü hayatta kalma donanımında iyileşmeler olduklarına işaret ettik. Saldırı ile savunma arasında bir silahlanma yarışında, taraflardan birinin geçici olarak önde olduğu dönemler olabilir. Ama genel olarak, bir taraftaki iyileşmeler diğer taraftaki iyileşmeleri dengeler. Silahlanma yarışında bir parça paradoks bile var. Ekonomik olarak her iki taraf için de pahalıdır, ama her iki tarafa net getirisi yoktur; çünkü bir taraftaki potansiyel kazanımlar, diğer tarafın kazanımlarıyla etkisizleşir. Ekonomik açıdan, silahlanma yarışına son vermek konusunda anlaşmak, her iki taraf için daha iyi olur. Gülünç bir uç örnek olarak, av olan tür geri kalanların güven içinde ve sorunsuz otlaması karşılığında üyelerinin onda birini feda edebilir. Böylece ne avcının ne de avın, hızlı koşmak için değerli kaynaklarını kaslara, düşmanı saptamak için duyum sistemlerine, her iki taraf için zaman tüketici ve stresli olan, teyakkuz halinde ve uzun süreli avlanmaya yöneltmesine gerek kalmaz. Böyle bir sendikal anlaşmaya varılması, her iki tarafın da yararına olurdu.

Ne yazık ki, Darvinci kuram, bunun bir yolunu bilmiyor. Her iki taraf anlaşmak yerine, kaynakları diğer tarafı geride bırakmaya akıtır ve her iki tarafın bireyleri, kendi vücut ekonomileri içinde zor ekonomik ödünlere zorlanırlar. Yırtıcılar olmasaydı, tavşanlar tüm ekonomik kaynaklarını ve değerli zamanlarını daha fazla tavşan beslemeye ve üretmeye ayırabilirlerdi. Ama bunun yerine, zamanlarının önemli bir kısmını yırtıcıları gözetlemeye ve ekonomik kaynaklarının önemli bir kısmını kaçış donamını kurmaya ayırmak zorunda kalırlar. Bu durum, yırtıcıları ekonomik yatırım dengesini üreme işinden av yakalama silahlarını geliştirme işine kaydırmaya zorlar. Hem hayvan evriminde, hem insan teknolojisinde silahlanma yarışı kendisini iyileşmiş performansta değil, ekonomik yatırımın giderek daha fazla yaşamın alternatif boyutlarından alınıp bizzat silahlanma yarışının hizmetine sokulmasında gösterir.

Krebs'le birlikte, silahlanma yarışında bir tarafın diğer taraftan daha fazla ekonomik kaynağı silahlanmaya kaydırabildiği asimetrileri kabul ettik. Böyle bir dengesizliğe "Yaşam/Akşam Yemeği İlkesi" dedik. Adını, Ezop'un bir fablından alır; bu fablda tavşan tilkiden daha hızlı koşar, çünkü tavşan yaşamı için, tilki akşam yemeği için koşar. Başarısızlığın maliyetinde de bir asimetri vardır. Guguklar ile yuva sahipleri arasındaki silahlanma yarışında her bireysel guguk güvenle geriye bakıp, hiçbir atasının üvey ebeveynini kandırma konusunda hiç başarısız olmadığını görebilir. Diğer yanda yuva sahibi türün bireyi de geriye bakıp, atalarından birçoğunun bir gugukla hiç karşılaşmadığını, birçoğunun bir kez karşılaştığını ve kandırıldığını görebilir. Yuva sahibi türde, guguğu saptayıp öldürmeyi başaramayan bol miktarda gen, kuşaktan kuşağa geçmiştir. Ama gugukların yuva sahiplerini kandırmayı başaramamalarına neden olan genlerin yolu çok daha tehlikelidir. Bu risk asimetrisi başka bir asimetriyi besler: Yaşam ekonomisinin diğer bölümlerine karşıt olarak silahlanma yarışına ayrılan kaynaklarda asimetri. Bu önemli noktayı tekrarlarsak, guguklarda başarısızlığın maliyeti daha ağırdır. Bu durum, iki tarafın kaynak tahsisatında asimetrilere yol açar.

Silahlanma yarışı bir bakıma kaçınılmaz olarak ilerlemecidir; ama, örneğin hava durumuna evrimsel uyum öyle değildir. Yırtıcılar ve parazitler, herhangi bir kuşaktan bir bireyin yaşamını, kötü hava koşulları kadar zorlaştırır. Ama evrimsel zaman içinde can alıcı bir farklılık vardır. Amaçsızca dalgalanan hava durumundan farklı olarak yırtıcıların ve parazitlerin (avlar ve konaklar) kendileri sistematik bir yönde evrilir, kurbanın bakış açısından sistematik olarak daha kötüleşirler. Evrimsel buz çağları ve kuraklıklar dizisinden farklı olarak, geçmişten gelen silahlanma yarışı eğilimleri gelecekte de kestirilebilir ve bu eğilimler, uçak ve silahlardaki teknolojik iyileşmelerle aynı şekilde değer-yüklüdürler. Yırtıcıların gözleri keskinleşir; ama daha etkili hale gelemezler, çünkü av kendini daha zor görülür bir kılığa sokar. Her iki tarafta da koşma hızları artar; ama yine bunun yararları, diğer taraftaki paralel iyileşmelerle genel olarak dengelenir. Deri kalınlaştıkça, kılıç dişler keskinleşir ve uzar. Zehirleri etkisizleştirmeye yönelik biyokimyasal hileler geliştikçe, zehirler de ağırlaşır.

Evrimsel zaman geçtikçe silahlanma yarışı da ilerler. İnsan bir mühendisin karmaşıklığına ve zarafetine hayran kalacağı tüm yaşam özellikleri daha karmaşık, daha zarif olur ve tasarım yanılsamasına daha

açık hale gelir.* *Climbing Mount Improbable*'da tasarımlanmışı "tasarımsı"dan ayırt ettim. Bir şahinin gözü, bir yarasanın kulağı, bir çitanın ya da ceylanın kas-iskelet aygıtı gibi görkemli tasarımsı mühendislik harikaları, av ile avcı arasındaki evrimsel silahlanma yarışının son ürünleridirler. Parazit/konak silahlanma yarışı daha incelikli örülmüş, birbirine uyarlanmış tasarımsı harikalarla sonuçlanır.

Şimdi sıra önemli bir konuda. Bir silahlanma yarışında herhangi bir karmaşık tasarımsı organın evrimi, ilerlemeli evrimin çok sayıda adımıyla gerçekleşmiş olmalıdır. Böyle bir evrim, tanımımız gereği ilerlemeci sayılır; çünkü her değişim kendi öncellerinin yönünde devam etme eğilimindedir. Bir iki adım değil de, birçok adım olduğunu nereden biliyoruz? Temel olasılık kuramıyla. Yarasanın kulağı gibi karmaşık bir makinenin parçaları, mükemmele yakın işitebilecek başka bir düzenleme buluncaya kadar, rasgele bir milyon şekilde yeniden düzenlenebilir. Bu istatistiksel olarak olası değildir; yalnızca parçaların tikel bir düzenlenmesinin geriye dönülüp bakıldığında başka herhangi bir düzenleme kadar olası olmaması anlamında değil. Çok az atom permutasyonu, hassas işitme aletidir. Gerçek bir yarasa kulağının ortaya çıkma olasılığı, bir milyonda birdir. İşe yarar. İstatistiksel olarak olası olmayan bir şey, şans eseri olarak açıklanamaz. Felsefeci Daniel Dennett'in "vinç" dediği ("gökte asılı bir çengel"e karşıt olarak) şeyle yoğunlaştırılmış bir tür olasısızlık-üretme süreciyle yeniden inşa edilmelidir. Bilimin bildiği biricik vinçler (ve bahse girerim, evrende şimdiye kadar var olan ve bundan sonra da var olacak biricik vinçler) tasarım ve seçilimdir. Tasarım, mikrofonların karmaşıklığını açıklar. Doğal seçilim, yarasa kulaklarının karmaşıklığını açıklar. Nihayetinde seçilim mikrofonları ve tasarımlanmış her şeyi de açıklar; zira mikrofonların tasarımcıları da, doğal seçilimin ürettiği evrilmiş mühendislerdir. Sonuçta tasarım hiçbir şeyi açıklayamaz; çünkü tasarımcının kökeni sorununa doğru kaçınılmaz bir gerileme vardır.

Tasarım ve doğal seçilim, kademeli, adım adım, ilerlemeli iyileşme süreçleridir. En azından doğal seçilim, başka bir şey olamaz. Tasarımda bu durum, bir ilke sorunu olabilir ya da olmayabilir; ama gözlemlenen bir olgudur. Wright kardeşler insanın gözünü kör eden ani bir esin kıvılcımıyla harekete geçip bir *Concorde* ya da *Stealth* bombardıman uçağı yapmadılar. Zar zor havalanan ve yalpalayarak yandaki tarlaya ko-

*Hume şöyle diyordu: "Tüm bu çeşitli makineler ve hatta en küçük parçaları, bunları düşünen insanlarda hayranlık uyandıran bir doğrulukla birbirlerine uyarlar."

nan gıcırtılı, derme çatma bir düldül yaptılar. Kitty Hawk'tan Cape Canaveral'a giden yolun her adımı, kendisinden öncekiler üzerine inşa edildi. İyileşme sürekli aynı yönde kademelidir, adım adımdır. Zeusvari, uzun favorili kafasının içinde tam oluşturduğu bir Sidewinder füzesinin tasarımını yapan bir Victoria dönemi dâhisini zorlukla tasavvur edebiliriz. Fikir tüm sağduyuya ve tüm tarihe kafa tutar; ama uçan, yankıyla yer belirleyen modern bir yarasanın kendiliğinden evrimi için söyleyebileceğimiz şekilde olasılık yasalarına ters düşmez.

Yerde yaşayan ata sivrifareden uçan, yankıyla yer belirleyen yarasaya tek bir makro-mutasyonal sıçrama, bir sihirbaz karıştırılan bir deste kağıdın tam sırasını tahmin edince şans faktörünü ne kadar güvenle devre dışı bırakabiliyorsak, o kadar güvenle devre dışıdır. Her iki durumda da şans olanaksız değildir. Ama iyi bir bilim insanı, böylesine müthiş bir şansı bir açıklama olarak öne sürmez. Kart tahmin etme yiğitliği, bir hile olmalı –bilmeyenlere zor görünen hileleri hepimiz görmüşüzdür. Doğa, sihirbazın yaptığı gibi, bizi kandırmaya kalkışmaz. Yine de şansı eleyebiliriz ve doğanın hokkabazlığını anlayan, Darwin'in dehasıydı. Yankı mesafesi ölçen yarasa, evrimsel eğilimi aynı yöne sürüklerken kendilerinden öncekilere eklenen küçük iyileşmeler dizisinin sonucudur. Bu, tanımı gereği ilerlemedir. Bu muhakeme, tasarım yanılsamasını yansıtan ve bu nedenle saptanmış bir yönde istatistiksel olarak olası olmayan tüm karmaşık biyolojik nesneler için geçerlidir.

Geri dönmekte olan ve şimdi evrimdeki büyük temalara duyarlı olan hancı, bu temalardan biri olarak ilerlemeden söz ediyor. Ama bu tür bir ilerleme, evrimin başlangıcından şimdiye uzanan tek tip, değiştirilemez bir eğilim değildir. Daha çok, başlangıçta Mark Twain'den yaptığımız alıntıyı anımsarsak, uyak düşürür. Bir silahlanma yarışının seyrinde bir ilerleme olayını fark ettik. Ama bu tikel silahlanma yarışı son bulur. Belki bir taraf, diğer tarafı yok olmaya iter. Ya da belki dinozorların başına gelene benzer kitlesel bir felaketin seyri içinde iki taraf birden yok olur. Sonra tüm süreç, en başından değil, silahlanma yarışının erken bir aşamasından itibaren yeniden başlar. Evrimde ilerleme yukarıya tek bir tırmanış değildir; daha çok bir testerenin dişleri gibi uyaklı bir güzergâhı vardır. Kretase Dönem'in sonunda, son dinozor yerini memelilerin yeni ve görkemli evrim tırmanışına bırakınca, bir testere dişi düştü. Ama dinozorların uzun süren egemenliği sırasında bir sürü küçük testere dişi vardı. Dinozorlardan hemen sonra yükselişe geçen memelilerin de silahlanma yarışları oldu; bu yarışları yok oluşlar, yok oluşları yeni

silahlanma yarışları izledi. Silahlanma yarışları, çok adımlı evrimin periyodik hamlelerinde önceki silahlanma yarışlarıyla uyak oluşturur.

Evrilebilirlik

İlerlemenin itici gücü olarak silahlanma yarışıyla ilgili söylemek istediklerim bu kadar. Geri dönen hancı geçmişten bugüne başka hangi mesajlar getirdi? Makro-evrim ile mikro-evrim sözde ayrımından söz etmeliyim. "Sözde" diyorum; çünkü benim görüşüme göre makro-evrim (milyon yıl ölçeğinde evrim), mikro-evrimin (bireysel yaşam süreleri ölçeğinde evrim) milyonlarca yıl devam etmesine izin verilince elde edilen şeydir. Karşıt görüşe göre ise, makro-evrim, mikro-evrimden nitelik olarak farklı bir şeydir. Her iki görüş de aptalca değil. Birbirleriyle çelişme zorunluluğu da yok. Çoğu kez olduğu gibi, bu ne anlatmak istediğinize bağlıdır.

Yine bir çocuğun büyüme paralelini kullanabiliriz. Makro-büyüme ile mikro-büyüme sözde ayrımıyla ilgili bir muhakeme düşünün. Makro-büyümeyi incelemek için, her birkaç ayda bir çocuğu tartarız. Her doğum gününde beyaz bir kapı dikmesine yanaştırır, kurşunkalemle bir çizgi çekerek boyunu kaydederiz. Daha bilimsel olarak, vücudunun çeşitli bölümlerini, örneğin baş çevresini, omuz genişliğini, kol ve bacak kemiklerinin uzunluklarını ölçebilir, birbirleriyle karşılaştırabilir, belki Becerikli'nin Hikâyesi'nde verilen nedenlerden ötürü logaritmik olarak dönüştürebiliriz. Gelişimde, ilk kasık tüylerinin görülmesi ya da kızlarda memelerin belirmesi ve âdet kanaması, erkeklerde yüz kıllarının çıkması gibi önemli olayları da not ederiz. Bunlar makro-büyümeyi oluşturan değişimlerdir ve bunları yıllık ya da aylık bir zaman ölçeğinde ölçeriz. Araçlarımız, aylık sürelerle toplandığında makro-büyümeyi oluşturan günlük ve saatlik vücut değişimlerini –mikro-büyüme– toplayacak kadar duyarlı değildir. Ya da tuhaf bir biçimde çok duyarlı olabilirler. Çok hassas bir tartı aleti saatlik büyümeyi kuramsal olarak elde edebilir; ama hassas işaret, her yemekle birlikte ağırlık artışı ve her çıkarma eylemiyle birlikte ağırlık azalışıyla boğulur. Tümü hücre bölünmesinden ibaret olan mikro-büyüme eylemleri ağırlığı derhal etkilemez ve brüt vücut ölçüleri üzerinde de fark edilmeyecek etkilerde bulunur.

O halde, makro-büyüme, küçük mikro-büyüme olaylarının toplamı mıdır? Evet. Ama farklı zaman ölçeklerinin, tamamen farklı inceleme yöntemleri ve düşünce alışkanlıkları dayattığı da doğrudur. Hücrelere

bakan mikroskoplar, tüm vücut düzeyinde çocuk gelişimini incelemeye uygun değildir. Tartı makineleri ve uzunluk ölçme bantları, hücre çoğalmasını incelemeye uygun değildir. İki zaman ölçeği pratikte kökten farklı inceleme yöntemlerini ve düşünce alışkanlıklarını gerektirir. Aynı şey makro-evrim ve mikro-evrim için de söylenebilir. Terimler, en iyi inceleme yoluyla ilgili farklılıkları göstermek için kullanılırsa, mikro-evrim ve makro-evrim ayrımıyla çalışmaya itirazım olmaz. Bu oldukça dünyevi pratik ayrımı yüceltip, neredeyse –neredeyseden de fazla– mistik bir anlam ayrımına dönüştürenlerle kavgalıyım. Darwin'in doğal seçilimle evrim kuramının mikro-evrimi açıkladığını, ama fazladan bir bileşene –uç örneklerde *ilahi* bir fazladan bileşene!– ihtiyacı olan makro-evrimi açıklamaya ilke olarak gücünün yetmediğini düşünenler var.

Ne yazık ki, niyetleri bu olmayan gerçek bilim insanları, bu gökte asılı çengel arzusuna yardım ve yataklık etmektedirler. "Aralıklı denge" kuramını daha önce tartıştım ve bu kitapta gereğinden fazla kendimi tekrarladım; bu yüzden yalnızca şunu ekleyeceğim: Bunu savunanlar, makro-evrim ile mikro-evrim arasında temel bir "bağlaşımsızlık" olduğunu ileri sürerler. Bu, haksız bir müdahaledir. Makro düzeyi açıklamak için mikro düzeye ekstra bir bileşen eklemeye gerek yoktur. Aksine, akıl almaz zaman aralıklarıyla kestirimi yapılan mikro düzeyde olayların bir *sonucu olarak*, makro düzeyde ekstra bir açıklama düzeyi *ortaya çıkar*.

Mikro ve makro-evrim arasında işleyen ayrım, başka birçok durumda karşılaştığımız ayrıma benzer. Jeolojik zaman içinde dünya haritasındaki değişikliklerin nedeni, saniyelik, günlük ve yıllık bir zaman ölçeğinde gerçekleşen levha tektoniği olaylarının milyonlarca yıl içinde birikmiş sonuçlarıdır. Ama bir çocuğun büyümesinde olduğu gibi, iki zaman ölçeğine hizmet eden inceleme yöntemleri arasında bir örtüşme pratik olarak yoktur. Voltaj dalgalanmalarının dili, Microsoft Excel gibi büyük bir bilgisayar programının çalışma şeklini tartışmaya uygun değildir. Ne kadar karmaşık olurlarsa olsunlar bilgisayar programlarının, iki voltaj arasındaki zamansal ve mekânsal değişim örüntüleriyle çalıştıklarını aklı başında hiç kimse inkâr etmez. Ama aklı başında hiç kimse, yazı yazarken ya da büyük bir bilgisayar programı kullanırken bu olguya aldırmaz.

Aşağıdaki önermeden kuşkulanmak için hiçbir zaman iyi bir neden görmedim: Makro-evrim, mikro-evrimin jeolojik zaman içinde uç uca eklenmiş ve genetik örneklemeyle değil, fosillerle saptanan küçük

parçalarıdır. Bununla birlikte, evrim tarihinde bizzat evrimin doğasını değiştiren büyük olaylar olabilir –ve olduğuna inanıyorum. Evrimin kendisinin evrildiği söylenebilir. Bu bölümde buraya kadar ilerleme, bireysel organizmaların yapmakta oldukları şeyi, yani hayatta kalma ve üreme işini evrimsel zaman içinde daha iyi yapar duruma gelmeleri anlamına geldi. Ama bizzat evrim görüngüsünde meydana gelen değişikliklere de onay verebiliriz. Evrimin kendisi zaman ilerledikçe bir şeyi –yapmakta olduğu şeyi– daha iyi yapar duruma gelmiş olabilir mi? Geç evrim, erken evrimin bir tür ilerlemiş hali midir? Yaratıklar yalnızca hayatta kalma ve üreme kapasitelerini değil, soyun evrilme kapasitesini de iyileştirecek şekilde mi evrilirler? Evrilebilirliğin evrimi var mıdır?

"Evrilebilirliğin Evrimi" ifadesini, *Proceedings of the 1987 Inaugural Conference on Artificial Life*'ta (1987 Yapay Yaşam Açılış Konferansının Tutanakları) yayımlanan bir tebliğde uydurdum. Yapay yaşam, *Proceedings*'i yayına hazırlayan ileri görüşlü fizikçi Christopher Langton'ın kurduğu, diğer disiplinlerin, en başta biyoloji, fizik ve bilgisayar biliminin yeni icat edilen bir kaynaşmasıydı. Benim tebliğimden bu yana –ama herhalde o tebliğ yüzünden değil– evrilebilirliğin evrimi, hem biyoloji hem yapay yaşam araştırmacıları arasında çok tartışılan bir konu haline geldi. Ben bu ifadeyi kullanmadan çok önce, başkaları içerdiği düşünceyi ortaya koymuştu. Örneğin Amerikalı balıkbilimci Karel F. Liem 1973'te, sihlid balıkların büyük Afrika göllerinde yüzlerce tür geliştirmelerini olanaklı kılan devrimci çene aygıtları için "ileriye dönük adaptasyon" ifadesini kullandı. Liem'in önerisi, ön-adaptasyon düşüncesinin ötesine geçer. Ön-adaptasyon, başlangıçta bir amaç için evrilen ve başka bir amaç için tercih edilen bir şeydir. Liem'in ileriye dönük adaptasyonu ve benim evrilebilirliğin evrimi ifadem, yalnızca yeni bir işlev için tercih edilme anlamını değil, yeni bir ıraksak evrim patlamasının zincirden boşanması anlamını taşır. Evrilme konusunda daha iyi olmaya doğru sürekli ve hatta ilerlemeli bir eğilimden söz ediyorum.

1987'de evrilebilirliğin evrimi düşüncesi bir bakıma sapkınlıktı; özellikle de sözde "ultra-Darvinci" olarak benim için. Tuhaf bir duruma düştüm: Bir düşünceyi savunurken, aynı zamanda özrün neden gerekli olduğunu göremeyen insanlara özür beyan ediyordum. Bu artık çokça tartışılmış bir konudur ve başkaları, benim düşündüğümün ötesine taşıdı; örneğin hücre biyologları Marc Kirschner ve John Gerhart, *Developmental Plasticity and Evolution* kitabında evrimsel böcekbilimci Mary

Jane West-Eberhard.

Bir organizmayı hayatta kalma ve üreme konusunda iyi olmanın üstünde ve ötesinde, evrilme konusunda iyi yapan nedir? Önce bir örnek. Takımadaların türleşme atölyeleri oldukları düşüncesiyle daha önce tanıştık. Eğer adalar ara sıra göçe izin verecek kadar birbirlerine yakın, ama göçmenler arasında evrimsel ayrılmaya izin verecek kadar birbirlerinden uzaksa, evrimsel ışımaya doğru ilk adım olan türleşme reçetemiz var demektir. Ama yakınlığın ne kadarı yeterince yakındır? Uzaklığın ne kadarı yeterince uzaktır? Bu, hayvanların hareket gücüne bağlıdır. Ağaç bitleri için birkaç metrelik bir ayrılık, uçan bir kuş ya da yarasa için kilometrelerce ayrılığa eşdeğerdir. Galapagos Adaları arasındaki mesafe genel olarak ıraksak evrime değil, Darwin ispinozları gibi küçük kuşların ıraksak evrimine uygundur. Bu amaçla adaların ayrılığı mutlak birimlerle değil, sözünü ettiğimiz hayvan türüne ayarlı gezebilirlik birimleriyle ölçülmelidir –babam Büyük Blasket Adası'nın ne kadar uzak olduğunu sorunca, "İyi havada üç mil kadar," yanıtını veren İrlandalı kayıkçının örneklediği gibi.

Demek ki, uçuş mesafesini düşüren *ya da artıran* bir Galapagos ispinozu evrilebilirliğini *azaltabilir*. Kısalan mesafe, başka bir adada yeni bir torun soy başlatma şansını düşürür. Bunun anlaşılması kolay. Mesafenin uzaması da aynı yönde bir etki yaratır. Torunlar yeni adalara o kadar sık bırakılır ki, bir sonraki göçmenler gelmeden ayrı evrilmeye zaman kalmaz. Dahası, uçuş mesafesi adalar arasındaki uzaklığı önemsizleştirecek kadar uzun olan kuşlar, adaları ayrı gibi görmezler. Gen akışı söz konusu olduğu ölçüde, tüm takımada tek bir kıta sayılır. Bu yüzden yine türleşme desteklenmez. Evrilebilirliği türleşme oranı olarak ölçmeyi tercih edersek, yüksek evrilebilirlik, orta hareket mesafesinin elde olmayan bir sonucudur; burada, çok kısa ya da çok uzuna karşıt olarak orta sayılan şey, söz konusu adalar arasındaki mesafeye bağlıdır. Elbette bu tür bir muhakemede "ada", suyla çevrili kara parçası anlamına gelmek zorunda değil. Sihlid'in Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi, göller sucul hayvanlar için adadır ve resifler de, göllerin içinde ada olabilirler. Dağ tepeleri, alçaklara katlanamayan kara hayvanları için adadır. Bir ağaç, menzili kısa bir hayvan için bir ada olabilir. AIDS virüsü için her insan bir adadır.

Gezi mesafesinde bir artış ya da düşüş evrilebilirlikte bir artışla sonuçlanırsa, buna evrilmiş bir "iyileşme" demek ister miyiz? Ultra-Darvinci tüylerim bu noktada diken diken olmaya, sapmayı gösteren tur-

nusolüm kızarmaya başlar. Bu, rahatsız edici ölçüde, evrimsel bir öngörü girişimi gibi görünür. Kuşlar, doğal seçilimden ötürü, birey olarak hayatta kalmak için uçuş mesafelerini artırır ya da azaltırlar. Bunun Gelecekteki evrim üzerindeki etkilerini düşünmek, yersiz sonuçlar çıkarmak olur. Yine de geriye dönüp baktığımızda, dünyayı dolduran türlerin, evrilme yeteneğine sahip ata türlerden türeme eğiliminde olduklarını görebiliriz. Bu nedenle, evrilebilirlikten yana bir tür yüksek-düzey, ara-soy seçilimi –büyük Amerikalı evrimci George C. Williams'ın klad seçilimi dediği şeyin bir örneği– vardır diyebilirsiniz. Geleneksel Darvinci seçilim bireysel organizmaların hayatta kalma makinelerine uyumlu olmalarına yol açar. Klad seçiliminin bir sonucu olarak, bizzat yaşamın kendisi giderek daha fazla uyumlu bir evrilme makinesi haline gelmiş olabilir mi? Öyleyse, Kauffmancı evrim tekrarlarında, evrilebilirlikte aynı ilerlemeli iyileşmelerin yeniden keşfedilmesini bekleyebiliriz.

Evrilebilirliğin evrimiyle ilgili ilk yazımı yazdığımda, evrimde, ardından evrilebilirliğin aniden iyileştiği birkaç "dönüm noktası olay" öne sürdüm. Aklıma gelen en umut vaat eden dönüm noktası olay, bölütlenmeydi. Bölütlenme, vücudun trene benzer biçimde boğumlanmasıdır; bölümler ve sistemler, vücut boyunca dizi halinde tekrarlanır. Tam biçimiyle eklembacaklılarda, omurgalılarda ve halkalısolucanlarda birbirinden bağımsız icat edilmiş gibi görünüyor (Hox genlerinin evrenselliğine, bir öncel olarak bir tür dizi halinde ön ve arka düzenlemesinden yana olmasına karşın). Bölütlenmenin başlangıcı, tedrici olması olanaklı olmayan evrim olaylarından biridir. Kemikli balıkların tipik olarak yaklaşık 50 omuru vardır; ama yılanbalıklarında bu sayı 200 kadardır. Kertenkelemsigillerinki (Caecilidae –solucana benzer amfibyumlar) 95 ile 185 omur arasında değişir. Yılanlar, omur sayısı bakımından büyük farklılık gösterirler: Bildiğim rekor, 565 omurla soyu tükenmiş bir yılana aittir.

Bir yılanın her omuru, kendine ait iki kaburgası, kendine ait kas blokları, omurilikten çıkan kendine ait sinirleri olan bir bölütü temsil eder. Kesirli bölüt sayısı olamaz ve değişken bölüt sayılarının evrimi, mutant bir yılanın bölüt sayısı bakımından ebeveyninden farklı olduğu –bir çırpıda en az birinin, muhtemelen daha da fazlasının– sayısız durumu da kapsamalıdır. Aynı şekilde, bölütlenme ortaya çıktığında, bölütsüz ebeveynlerden doğrudan iki bölütlü (en az) bir çocuğa mutasyonal bir geçiş olmalıdır. Böyle bir garabetin eş bulup üremesi bir yana, hayatta

kalmasını düşünmek bile zordur; ama bunlar olmuştur, zira etrafımız bölütlü hayvanlarla doludur. Çok büyük olasılıkla mutasyon, Meyvesineği'nin Hikâyesi'ndekiler gibi, Hox genlerini kapsıyordu. 1987'deki evrilebilirlik tebliğimde şu tahminde bulundum:

> [İ]lk bölütlü hayvanın ömrü süresince bireysel başarısı ya da başarısızlığı görece önemsizdir. Kuşkusuz başka birçok yeni mutant, birey olarak başarılı olmuştur. İlk bölütlü hayvanla ilgili önemli olan, sonraki soylarının şampiyon *evrimciler* olmuş olmalarıdır. Türediler, türleştiler, tamamen yeni bir filum meydana getirdiler. İlk bölütlü hayvanın bireysel ömrü süresince bölütlenme yararlı bir adaptasyon olsun ya da olmasın, bölütlenme embriyolojide, devrimci potansiyele gebe bir değişimi temsil etti.

Bölütlerin vücuda eklenme ya da vücuttan çıkarılma kolaylığı, güçlenen evrilebilirliğe katkıda bulunan bir şeydir. Bölütler arasında farklılaşma da öyledir. Çıyanlar ve yersolucanları gibi hayvanlarda, bölütlerin çok büyük çoğunluğu birbirinin aynısıdır. Ama tekrarlayan bir eğilim vardır; özellikle eklembacaklılar ve omurgalılar arasında, tikel bölütlerin tikel amaçlar için uzmanlaşma ve dolayısıyla diğer bölütlerden farklılaşma eğilimi (ıstakozu kırkayakla karşılaştırın). Bölütlü bir vücut planı geliştirmeyi başaran bir soy, vücut boyunca bölüt birimlerin yerini değiştirerek yeni hayvanlar da geliştirebilir.

Bölütlenme, bir birimsellik (*İng.* modularity) örneğidir ve genel olarak birimsellik, evrilebilirliğin evrimi konusunda yakın zaman yazarlarının düşünüşünde ana bileşendir. Birimin (İng. module), *Oxford İngilizce Sözlük*'te listelenen birçok anlamından biri şudur:

> Montajı ya da yer değiştirmeyi kolaylaştırmak üzere standartlaştırılmış ve genellikle birbirinden ayrı yapılar halinde önceden hazır edilmiş bir dizi üretim ünitesinden ya da oluşturucu parçadan biri.

Birimsel, birimlerin bir araya getirilişini anlatan bir sıfattır ve birimsellik de, buna uygun soyut isimdir, birimsel olma niteliğidir. Birimsel yapının diğer örnekleri, birçok bitkiyi kapsar (yapraklar ve çiçekler birimdir). Ama herhalde birimselliğin en iyi örneklerine, hücre ve biyokimya düzeyinde rastlanır. Hücreler *dört başı mamur* birimlerdir; hücrelerin içinde de protein molekülleri ve DNA öyledir.

Bu yüzden çok-hücreliliğin icadı, evrilebilirliği neredeyse kesin bir biçimde güçlendiren diğer önemli dönüm noktası olayıdır. Bölümlenmeden yüz milyonlarca yıl önce gerçekleşmiştir ve bölütlenmenin kendisi, çok-hücreliliğin bir tür büyük ölçekli yeniden sahnelenmesidir, birimsellikte başka bir sıçramadır. Diğer dönüm noktası olaylar nelerdi? Bu

kitabın ithaf edildiği John Maynard Smith, *The Major Transitions in Evolution*'da Macar meslektaşı Eörs Szathmáry'yle birlikte çalıştı. "Büyük geçişler"inin büyük çoğunluğu, benim "dönüm noktası olaylar" başlığıma uyar –evrilebilirlikte büyük iyileşmeler. Bu, açıkça, çoğalan moleküllerin başlangıcını da kapsar; zira onlar olmasa evrim olmaz. Cairns-Smith ve diğerlerinin öne sürdüğü gibi, DNA, çoğaltıcı başrolünü, ara evrelerle birbirine bağlanan daha az yetenekli öncellerden gasp etseydi, bu evrelerden her biri evrilebilirlikte ileriye bir sıçrayış olurdu.

"RNA Dünyası" kuramını kabul edersek, hem çoğaltıcı hem enzim görevi yapan bir RNA dünyası, çoğaltıcı rolünde DNA ve enzim rolünde proteinler ayrımına yol verince, büyük bir geçiş ya da dönüm noktası olurdu. Sonra çoğalan kendililikler ("genler"), gen ürünlerinin dışarıya sızmasını önleyen ve onları hücre kimyasında işbirliği yapabilecekleri diğer genlerin ürünleriyle bir arada tutan duvarları bulunan hücrelerde bir araya geldiler. Birkaç prokaryotik hücrenin kaynaşmasıyla ökaryotik hücrenin doğuşu, çok büyük bir geçişti ve belki de evrilebilirliğin dönüm noktasıydı. Bizzat türün başlangıcıyla çakışan eşeyli üremenin başlangıcı da öyleydi. Maynard Smith ile Szathmáry devamla çok-hücreliliğin, karınca ve akkarınca yuvaları gibi kolonilerin ve dilli insan toplumlarının başlangıcını sıralarlar. Bu büyük geçişlerin en azından birkaçının arasında uyaklı bir benzerlik vardır: Çoğu kez, daha önce bağımsız olan birimlerin daha yüksek bir düzeyde daha büyük bir gruplaşma biçiminde bir araya gelmelerini ve elbette bunun doğal sonucu olarak alt düzeyde bağımsızlığın yitirilmesini gerektirir.

Onların listesine bölütlenmeyi zaten ekledim ve şimdi başka birini, darboğazlaşma dediğim şeyi vurgulayacağım. Yine tam olarak açıklamak, önceki kitaplarımdan (özellikle *The Extended Phenotype*'ın son bölümü "Rediscovering the Organism"den) bir tekrar olacak. Darboğazlaşma, çok-hücreli organizmalarda bir yaşamöyküsü tipine işaret eder. Darboğazlaşmada yaşam döngüsü, tek bir hücreye düzenli olarak geri döner ve o tek hücreden çok-hücreli bir vücut yeniden gelişir. Darboğazlı yaşam döngüsünün alternatifi, varsayımsal dağınık bir su bitkisi, kendisinden kopararak suya bıraktığı küçük, çok-hücreli parçaların suda sürüklenip büyümesi ve tekrar parça salmasıyla üreyen bir su bitkisi olabilir. Darboğazlaşmanın üç önemli sonucu vardır ve üçü de, evrilebilirlikte iyileşme adayıdır.

Birincisi, evrimsel yenilikler, var olan yapıların yeniden yoğrulması –kılıçları dövüp saban demirine çevirmenin eşdeğeri– yerine, baştan

sona yeniden icat edilmiş olabilirler. Sözün gelişi kalpte bir iyileşmenin, genetik değişiklikler gelişmenin tüm seyrini tek bir hücre üzerinden değiştirebilirse, temiz bir iyileşme olma şansı daha fazla olur. Alternatifini düşünün: Var olan bir kalbi alın ve o sürekli çarparken kademeli doku büyümeleriyle yapısında değişiklik yapın. Art arda gelen değişiklikler kalbin çalışmasını bozar ve olası iyileşmeyi tehlikeye atar.

İkincisi, darboğazlaşma, devirli bir yaşam döngüsünde kalıcı bir başlangıç noktasına sürekli dönmekle, embriyolojik olayların tarihlenebilmesine yarayan bir "takvim" sağlar. Genler büyüme döngüsündeki kilit noktalarda açık ya da kapalı olabilirler. Varsayımsal dağınık su bitkimiz, bu tür açma ve kapamaları düzenlemek için bir zaman cetvelinden yoksundur.

Üçüncüsü, darboğazlaşma olmasa farklı mutasyonlar, dağınık parça bırakan bitkinin farklı bölümlerinde birikir. Hücreler arasında işbirliği güdüsü zayıflar. Alt hücre popülasyonları kanser gibi davranmaya, atılan parçalara gen katkısında bulunma şanslarını artırmaya yönelirler. Darboğazlaşmayla birlikte, her kuşak tek bir hücre olarak başladığı için, bütün vücudun, tümü tek hücreden türemiş, işbirliği yapan hücrelerden oluşan tek tip bir genetik popülasyondan oluşma şansı artar. Darboğazlaşma olmasa, vücut hücrelerinin, genetik bakış açısıyla, "bölünmüş sadakatler"i olabilirdi.

Darboğazlaşmayla bağlantılı, evrimde önemli bir kilometre taşı olan, evrilebilirliğe katkıda bulunabilen ve Kauffman tekrarlarında yeniden keşfedilebilir olan bir olay daha vardır. Bu, germ hattının somadan ayrılmasıdır ve ilk kez büyük Alman biyolog August Weismann tarafından açıkça anlaşılmıştır. Randevu 31'de gördüğümüz gibi, gelişmekte olan embriyonda hücrelerin bir kısmı (germ hattı hücreleri) üreme için bir tarafa ayrılırken, geri kalanlar (somatik hücreler) vücudu yapmaya mahkûm olurlar. Germ hattı genleri potansiyel olarak ölümsüzdürler; gelecekte milyonlarca yıl boyunca doğrudan torunları olma olasılığı vardır. Somatik genler, her zaman öngörülebilir olmasa da, vücut dokularını yapmak için sınırlı sayıda hücre bölünmesine mahkûmdurlar; ondan sonra da soyları son bulur ve organizma ölür. Bitkiler bu ayrımı sıkça ihlal eder; en açık biçimde vejetatif üremeyi uyguladıkları zaman. Bu, bitkilerin ve hayvanların evrilme tarzları arasında önemli bir farklılığı oluşturabilir. Ayrı somanın evrimsel icadından önce, tüm canlı hücreler, sünger hücrelerinin hâlâ oldukları gibi, potansiyel olarak sonsuz bir torunlar soyunun atalarıydılar.

Eşeyin icadı, yüzeysel olarak hem darboğazlaşmayla, hem germ hattının ayrılmasıyla karıştırılabilen, ama mantıksal olarak ikisinden de ayrı olan önemli bir dönüm noktasıdır. En genel biçimiyle eşey, genomların kısmi karışımıdır. Tikel, oldukça denetimli bir versiyonunu tanıyoruz; bu versiyonda her birey, iki ebeveynin her birinden genomunun yüzde 50'sini alır. Biri dişi, diğeri erkek olmak üzere iki tür ebeveyn olduğu düşüncesine alışığız; ama bu eşeyli üremenin zorunlu bir parçası değildir. İzogami, dişi ve erkek olarak ayrılmamış iki bireyin genlerinin yarısını birleştirip yeni bir birey meydana getirdikleri bir sistemdir. Dişi/erkek bölünmesi, en fazla, eşeyin başlangıcından sonra gelen başka bir dönüm noktası olay olarak görülebilir. Bu türden denetimli eşeye, her kuşakta, her bireyin her evlada genomunun yüzde 50'sini bağışladığı bir "indirim bölümü" eşlik eder. Bu indirim olmasa, genomlar her kuşakla birlikte iki kat büyür.

Bakteriler eşeysel bağışın rasgele bir biçimini uygularlar. Bu, bazen eşey olarak tarif edilir, ama aslında çok farklıdır; daha çok bir bilgisayar programının kes-yapıştır ya da kopyala-yapıştır işleviyle ortak yanları vardır. Bir genomun parçaları bir bakteriden kopyalanıp ya da kesilip, aynı "tür"ün (bakteriler için türün anlamı kuşkulu olsa da) bir üyesi olmaması gereken başka bir bakteriye yapıştırılır. Genler, hücresel işlemleri gerçekleştiren altyordam yazılımları oldukları için, "yapıştırılan" bir gen yeni ortamında hemen işe başlayıp, daha önce yaptığı işin aynısını yapar.*

Bağışçı bakteriyi bekleyen nedir? Bu soru yanlış olabilir. Doğru soru şöyle olabilir: Bağış alan geni bekleyen nedir? Yanıt: Bağışlarını başarıyla gerçekleştiren ve ardından alıcı bakterinin hayatta kalıp kendilerini aktarmasına başarıyla yardım eden genler, bu yolla dünyadaki kopyalarının sayısını artırırlar. Denetimli ökaryotik eşeyimizin bakteriyel "kes-yapıştır" eşeyinden mi evrildiği, yoksa tamamen yeni bir dönüm noktası olayı mı olduğu belli değildir. Her ikisi de sonraki evrimi çok etkilemiş olmalıdır ve evrilebilirliğin evrimi başlığı altında tartışılmaya adaydır. Denetimli eşeyin, Rotator'un Hikâyesi'nde gördüğümüz gibi, gelecekteki evrim üzerinde dramatik bir etkisi vardır; çünkü gen havuzlarıyla türlerinin varlığını olanaklı kılarlar.

*Modern tarımda transgenik manipülasyonun işe yaramasının nedeni budur; örneğin, kutup balıklarından "antifriz" genlerin patatese aktarılması. Nasıl ki, bir programdan başka birine kopyalanan bir bilgisayar altyordamı aynı sonucu verebiliyorsa, aynı nedenle bu yöntem de işe yarar. Genetiği değiştirilmiş ürünler olayı, bu kadar yalın değil. Ama bu örnek, sözün gelişi balık genlerini patatese aktarmanın "doğadışılığı"na -sanki balıksı bir "tat" patatese geçiyormuş gibi- ilişkin korkuları azaltmaya yarar. Altyordam, altyordamdır ve DNA'nın programlama dili, balıkta ve patateste aynıdır.

Hacılar Yolu'nda yaşamlarına değindiğimiz milyonlarca –belki de milyarlarca– bireysel atadan, tekil bir kahraman, Wagnerci bir ana motif gibi, sürekli tekrarlandı: DNA. Havva'nın Hikâyesi, genlerin de bireyler kadar atalara sahip olduklarını gösterdi. Neanderthal'in Hikâyesi bu dersi, kaderi hakkında feci şeyler anlatılan bu türün darbeyi yumuşatacak bir miras bırakmadan yok olup olmadığı sorusuna uyguladı. Gibon'un Hikâyesi, ata tarihine ilişkin farklı görüşlerini kabul ettirmek için yaygara koparan genler arasında "çoğunluk oyu" temasına yakınlık duydu. Taşemen'in Hikâyesi, gen çoğalması ile türleşme arasındaki benzerliği saptadı –o kadar yakın bir benzerlik ki, genler için, filogeninin geleneksel aile ağaçlarına paralel, ama onlarla örtüşmeyen ayrı aile ağaçları çizilebilir. Taksonomi alanındaki ana motif, doğal seçilimi anlamadaki büyük "bencil gen" temasını anımsatır, ama ondan ayrıdır.

Hancı'nın Vedası

Geri dönen hancı olarak, minnettar bir parçası olduğum hac yolculuğunun tamamını düşünsem, en güçlü tepkim şaşkınlık olur. Yalnızca gördüğümüz ayrıntıların görkemi karşısında değil, aynı zamanda herhangi bir gezegende bu kadar çok ayrıntının olması gerçeği karşısında duyulan bir şaşkınlık bu. Evren yaşamsız ve yalın kalabilirdi –yalnızca fizik ve kimya, yalnızca zamanı ve mekânı doğuran kozmik patlamanın dağınık tozları olabilirdi. Öyle olmaması –evren fiilen hiçlikten evrildikten 10 milyar yıl kadar sonra, yaşamın neredeyse hiçlikten evrilmiş olması– o kadar afallatıcı bir olgudur ki, sözcüklerle hakkını vermeye kalkışsaydım çıldırırdım. Mesele burada bitmiyor. Yalnızca evrim gerçekleşmekle kalmadı: Sonunda süreci kavrayabilen, hatta kavrama sürecini kavrayabilen varlıklara da yol açtı.

Bu hac yolculuğu bir esrime hali oldu; yalnızca edebi anlamda değil, 1960'larda Kaliforniya'da gençken karşılaştığım karşı-kültürel anlamda da. Haight, Ashbury ya da Telegraph Bulvarı'nda satılan en güçlü halüsinojen, yanında hafif kalır. İstediğiniz hayretse, gerçek dünyada var. Bu kitabın dışına çıkmadan, Venüs kemerini, göç eden denizanalarını ve minik zıpkınları düşünün; ornitorenkin radarını ve elektrikli balığı düşünün; çamurdaki çatlakları öngörüp önlem alan atsineği larvasını düşünün; sekoyayı düşünün; tavuskuşunu düşünün; hidrolik enerjili denizyıldızını düşünün, Victoria Gölü'ndeki sihlidleri düşünün, *Lingula*, *Limulus* ya da *Latimeria*'dan daha hızlı evrilen kaç takım var? Beni bunları söylemeye teşvik eden, kitabımın onuru değil, yaşama saygıdır; eğer

bir gerekçe istiyorsanız, kitabın bir yerini rasgele açın. Ve şu gerçeği düşünün: Bu kitap bir insan bakış açısıyla yazıldı, ama ilk 10 milyon hacıdan herhangi biri için paralel başka bir kitap yazılabilirdi. Bu gezegendeki yaşam yalnızca şaşırtıcı olmakla kalmaz, duyuları alışkanlıklarla körelmemiş olanlar için doyurucudur da: Evrimsel kökenimizi anlamak için beyin gücünü geliştirmiş olmamız şaşkınlığı ve doyumu iki katına çıkarır.

"Hac yolculuğu", dindarlığı ve hürmeti ima eder. Geleneksel dindarlığa tahammülsüzlüğümden ve mesele doğaüstü bir şey olduğunda gösterilen hürmete duyduğum küçümsemeden söz etme fırsatım olmadı. Ama gizlemiyorum. Hürmeti sınırlamak ya da kısmak istediğim için ya da gereğince anladığımızda evreni kutlamak için bizi harekete geçiren gerçek hürmeti azaltmak ya da değersizleştirmek istediğim için değil. Doğaüstü inançlara itirazım, gerçek dünyanın yüceliğinin hakkını verememeleridir. Gerçekten bir uzaklaşmayı, gerçek dünyanın sunabileceklerinin yoksullaştırılmasını temsil ederler.

Sanırım, kendisine dindar diyen birçok kişi kendisini benimle hemfikir bulur. Onlara bilimsel bir konferansta kulağıma çalınan sevdiğim bir sözü aktarabilirim ancak. Saygın devlet adamı, bir meslektaşla uzun bir tartışmaya girmişti. Atışmaları sona erince, gözlerini kırpıp, "Biliyorsun, aslında hemfikiriz. Yalnızca sen yanlış *söylüyorsun*, o kadar!" dedi.

Kendimi gerçek bir hacdan dönmüş gibi hissediyorum.

Filogenilere ve Canlandırımlara İlişkin Notlar

Yan Wong

Filogeni Şemaları*

Aşağıdaki notlar, bu kitaptaki filogenilerin bilimsel temelinin ana hatlarını çizer. İyi, görece yeni bir filogenetik inceleme, Colin Tudge'ın *The Variety of Life*'ında [Tudge] veriliyor.

RANDEVU 0. Amerikalar atlanmıştır; çünkü kanıtlar, insanların yakın zamanda Asya'dan buraya geldiklerini gösteriyor. Ortak Ata 0, mantıksal olarak en az herhangi bir EYOA geni ("Y-kromozom Âdemi gibi") kadar yakın olmalıdır ve düşük melezleşme düzeyleri bile, tüm insanların çok yakın zamana ait bir EYOA'sıyla sonuçlanmasına yeter, bu nedenle burada yakın tarih kullanılmıştır.

RANDEVU 1 ve 2. Filogeni (diğer ağaçlara gelince, genler arasında çoğunluk "oyu" –bkz. Gibon'un Hikâyesi) morfoloji [Gibbs] ve moleküllerce [Begun] destekleniyor. Iraklaşma tarihleri, moleküler saate dayanmaktadır.

RANDEVU 3. Filogeni ve ıraklaşma tarihleri, morfolojik, fosil ve moleküler verilere dayanıyor [Gibbs; Stewart]

RANDEVU 4. Gibon filogenisi kesin değil: Bu ağaç mtDNA verilerine [Roos] dayanır, Ortak Ata ve *Symphalangus/Hylobates* boğumları için moleküler saat tarihleriyle desteklenir.

RANDEVU 5. Geleneksel filogeni. Iraklaşma tarihleri moleküler saat ve fosil verilere göre verilir [Goodman].

RANDEVU 6. Filogeni ve tarihler doğrudan [Goodman]'dan alınmış ve yorumlanmıştır. Aotinae'nin konumu çok kesin değil, gelecekte değişebilir.

RANDEVU 7. Cadı Makiler familyasının yeri ve tarihi, moleküler [Schmidt] ve morfolojik verilere uyar.

RANDEVU 8. Kıvrıkburunlularda, ay-ay çoğu kez temel kabul edilmesine karşın, lemurların iç ilişkileri tartışmalıdır. Diğer dört familyanın sırası ve tarihi, temel primat ıraklaşmayı 63 milyon yıl önceye yerleştirmeye ayarlı [Goodman; Murphy] moleküllerden [Yoder] alınmıştır. Bunun-

* Köşeli parantez içindeki yazar adı, ilgili çalışmanın kaynakçadaki yeri için referans olarak kullanıldı. Birden çok yazara ait çalışmalarda, kaynakçadaki sıralamada adı ilk geçen yazarın adı kullanıldı. Aynı yazar adının birden çok geçmesi durumunda ayrım, ilgili çalışmanın tarihine yer verilerek sağlandı [e.n.].

la birlikte başka hesaplamalar, bu ıraklaşmayı 80 milyon yıl önceye yerleştirip, Randevu 9, 10 ve 11'i 15 milyon yıl kadar geriye götürür.

RANDEVU 9. Kolugoların ve ağaç sivrifarelerinin yeri oldukça tartışmalıdır ve burada son moleküler veriler [Murphy] temel alınıyor.

RANDEVU 10. Yediuyuklayangillerin (Glires) yeri sağlam moleküler kanıtlara dayanır [Murphy]. Randevu 11'in moleküler saat tarihi, Randevu 10'un tarihini sıkıştırır [Murphy; Huchon], ama 1 milyon yıl önce ya da sonra olabilir. Tavşanımsıların (Lagomorpha) yeri tartışmalıdır [Huchon; Murphy]. Kemirgen filogenisi anlaşmazlık konusudur. Oklu kemirgenler (Hystricidae. Phiomorpha, Caviomorpha) genel olarak kabul edilir. Moleküler araştırmalarda [örneğin Huchon; Montgelard] çoğu kez dört grup bulunur: Muridae+Dipodidae, Aplodontidae + Sciuridae + Gliridae, Ctenodactylidae + hystricognaths, Heteromyidae+Geomyidae. Bu dört grubun dallanma sırası ve kaba tarihi, mtDNA ve rDNA'ya dayanır, ama tarih sağlam değil.

RANDEVU 11 ve 12. Filogeni ve tarihleme, son devrimci moleküler araştırmalara dayanır [Murphy; Springer]

RANDEVU 13. Filogeni ve tarih, moleküler verilere dayanır [Murphy; Springer]. Morfoloji [Liu] ve bazı moleküller [Murata], fil/dugong ve manati (denizinekleri)/kırsıçanı ayrılması konusunda hemfikirdir. Ne var ki, yerdomuzunun yerinde belirsizlik vardır [Murata,; Springer] ve morfolojik veriler, tenreklerin ve altın köstebeklerin konumuyla çelişebilir [Liu].

RANDEVU 14. Randevu, eski ve yeni verilerle destekleniyor [Musser]. 140 myö eteneli-keseli ayrılığı, fosillerle ve son moleküler tarihlerle tutarlıdır. Moleküler incelemeler, Amerikan opossumlarını ve gerçek opossumları (Didelphimorphia), sonra sivrifare opossumları (Paucituberculata) diğer keselilerle kardeş sayar ve morfolojiyle tutarlıdır [Sanchez-Viilagra]. Diğer dallar, moleküler verilerle desteklenmektedir [Nillson; Springer]: Monito del monte'nin konumu özellikle belirsizdir, burada Diptrodonta'nın (İki-öndişliler) kardeşi olarak yorumlanmıştır. Iraklaşma tarihleri moleküler saat verilerine dayanır, ama Gondwana biyocoğrafyasıyla da daralır [Nillson].

RANDEVU 15. Filogeni ve tarihler son moleküler, morfolojik ve fosil verilere dayanır [Musser].

RANDEVU 16. Randevu 16'nın tarihine ilişkin tahminler ortalama 310 milyon yıl önce civarındadır, diğer erken dallanma tarihleri fosil verilere dayanır [Carroll]. Yılanlar ve kertenkeleler içindeki dallanma artık ge-

lenekselleşmiştir [Pough]. Kuşların dallanma sırası genetik incelemelere [van Tuinen], tarihler DNA melezleşmesine [Sibley] dayanır: Birçok takım, kesin olmayan ilişkilerden ötürü Yeni kuşlar (Neoaves) olarak gruplandırıldı.

RANDEVU 17. Bazı paleontologlar karşı çıksalar da [Carroll], moleküler ve morfolojik veriler amfibyum monofilisini destekler ve burada gösterilen dallanma sırasını ima eder [Zardoya]. Temel tarih paleontolojik kanıtlara, diğerleri en fazla olası mtDNA ağaçlarına dayanır.

RANDEVU 18 ve 19. filogeni ve tarih moleküler [Venkatesh] ve morfolojik/paleontolojik [Zhu] araştırmalara dayanır.

RANDEVU 20. Randevu tarihi genel olarak kabul edilir. Işınsalyüzgeçli balık filogenisi, burada benimsenen geleneksel görüş geniş destek görmesine karşın, şu anda tartışılmaktadır ve sürekli değişmektedir [Ji; Miyo]. Iraklaşma tarihleri fosil verilere dayanır [Carroll]. Bazı gruplar, yalınlık olsun diye, bilerek atlanmıştır.

RANDEVU 21. Filogeni morfolojik verilere dayanır [de Carvalho]. Iraklaşma tarihleri fosil verilere dayanır [Nelson; Sansom].

RANDEVU 22. Çenesiz balıklar grubu, fosillere dayalı pek çok filogeniyle çelişen genetik verilere dayanır [Furlong; Takezaki] (ama bu uzman gruplar ikinci derecede karakter kaybı gösterip, morfolojik verileri kullanmayı zorlaştırırlar). Randevu tarihini fosil veriler [Shu] zorlamaktadır. Taşemen-miksin ıraklaşma tarihini, moleküler azami olasılık ağaçları göstermektedir [Takezaki].

RANDEVU 23. Moleküler saat verileri batrağın ayrılmasını, buradaki temel ikincil-ağızlılar ıraklaşmasına yakın koyar (bkz. Kadife Kurtçuğun Hikâyesi) [Winchell] .

RANDEVU 24. Randevu tarihini, civar boğumlar zorlar. Olasılıkla batraklardan çok, tüpayaklılara yakın.

RANDEVU 25. Tüpayaklılar gruplaşması ve temel ıraklaşmalar, son genetik verilere [Bronham, Furlong] dayanır. Genetik incelemeler, tam yeri sağlam olmasa da, derin dallanma *Xenoturbellida*'yı [Bourlat] gösterir. Derisidikenliler filogenisi ve tarihi, genetik, morfolojik ve fosil verilere dayanır [Littlewood; Wada].

RANDEVU 26. Randevu tarihi (yaklaşık 590 myö) son moleküler saat incelemelerine [Aris-Bosou; Ayala] dayanır ve fosil verilere [Valentine] büyük ölçüde uyar. Birincil-ağızlılar filogenisi yakın zamanda gözden geçirildi [Aguinaldo]: Burada genetiğe ve morfolojiye dayalı tek bir geniş

şemaya uyuldu [Giribet]. Üç dal, birlikte gruplandırılan birkaç filumdan oluşur: Cephalorhyncha (sefalorink kurtlar) [Giribet], Gnathifera [Kristensen] (rotatorlar vb., Acanthocephala ve Myzostomida da dahil), Brachiozoa (kolsuayaklılar ve çanaksı-solucanlar). Edysozoa (yuvarlak-solucanlar, böcekler, çıyanlar, örümceğimsiler, kabuklular vb.) filogenisi görece sağlamdır [Giribet]. Deri değiştirenlerin tarihlerini, çoğu kez, "küçük-kabuklu" onikofor fosilleri zorlamaktadır (bkz. Kadife Kurtçuk'un Hikâyesi). Lofotrokozoa dallanma sırası çok daha fazla belirsizdir: Halkalısolucanlar/yumuşakçalar/bölütsüz halkalısolucanlar (sipunculids) grubu sağlamdır [Peterson], hortumlusolucanlar olasılıkla bu grubun kardeşidir [Turbeville], diğerlerinin dallanma sırası kesin değil.

RANDEVU 27. Filogeni moleküler verilere dayanıyor [Ruiz-Trillo, Telford]. Bu veriler parafiletik Sölomsuzları zayıf bir biçimde destekler, ama morfolojik veriler sölomsuz yassı-solucanlar monofilisini güçlü bir biçimde destekler; bu yüzden ıraklaşma tarihi keyfidir. Randevu tarihi, birincil-ağızlılar/ikincil-ağızlılar ayrılığını 590 myö ve ikitaraflılar/knidliler ayrılığını 700 myö varsayan genetik uzaklık hesaplarına dayanır.

RANDEVU 28 ve 29. Knidliler ile taraklıların dallanma sırası hâlâ belirsizdir [Brooke]. Bazı moleküler veriler burada kullanılan sırayı zayıf bir biçimde destekler [Medina]. Artık gelenekselleşen knidliler filogenisi içinde tarihler, burada kullanılan zaman ölçeklerine ayarlı genetik incelemelere dayanır [Collins].

RANDEVU 30. *Trichoplax*'ın yeri kesin değil [Brooke], ama olasılıkla Çok-hücreliler tabanına yakındır.

RANDEVU 31. Bazen moleküler veriler parafiletik olabileceklerini ima etse de [Medina], süngerler genellikle bazal çokhücreliler olarak yorumlanırlar. Randevu tarihi 800 myö, 590 myö birincil-ağızlı/ikicil-ağızlı ayrılığı kullanılarak yeniden ayarlanan moleküler saat verilerine dayanır.

RANDEVU 32 ve 33. Randevu tarihleri, Randevu 31'i 800 myö, Randevu 34'ü 1100 myö olarak kabul eden moleküler ağaçlara [Lang; Medina] dayanır. Mesomycetozoa'nın (Ichthyosporea) [Ragan] konumu, rRNA'dan [Medina] çok mtDNA dizilişine [Lang] dayanır.

RANDEVU 34. Randevu tarihi, kabaca 1 milyar 100 milyon yıl önce, genellikle savunulur [Feng, Rodriguz-Trelles] (ama sağlam olmayabilir). Yeniden gözden geçirilen moleküler incelemeler, Mikrosporidiyaları, Mantarların içine [Keeling], olasılıkla temele [Baldauf] yerleştirir. Mor-

foloji ve genetik, Askılımantarları ve Bazitlimantarları en yakın akraba olarak yerleştirir; rDNA, Arbiskül mikorizalı mantarları ikisinin kardeş grubu olarak tanımlar. Iraklaşma tarihleri, burada kullanılan randevu tarihine uyacak şekilde yeniden ölçeklendirilen moleküler saate [Heckman] dayanır.

RANDEVU 35. Pek çok amibin ve cıvık küfün, Çok-hücreliler + Mantarların kardeşi olarak gruplandırmanın önemli moleküler desteği vardır; ama ökaryotik ağacın geleneksel olmayan kökü, Randevu 34, 35, 36 ve 37'yi tek bir randevu haline getirebilir [Cavalier-Smith-2003]. Iraklaşma tarihi, keyfi olarak iki komşu boğumun arasına konmuştur.

RANDEVU 36. Bitkileri hayvanlarla ve mantarlarla birlikte gruplandıran ribozomal RNA verileri şimdi yanlış kabul ediliyor [Baldauf, Gribaldo]. Randevu 37'nin metninde açıklandığı gibi, ökaryotik filogenide bitkilerin konumu kesin değildir ve burada benimsenen şema, bir bakıma keyfidir. Randevu tarihini, 1 milyar 200 milyon yıl öncesinin fosilleri zorluyor [Butterfield, ama bkz. Cavalier-Smith-2002]: 1 milyar 300 milyon yıl önce, moleküler saat araştırmalarına uyar. Bitkiler içinde filogeni ve akraba tarihleri, kırmızı alglerin dahil edilmesi tartışmalı olsa da [Nozaki], moleküler verilere dayanır [Moreira].

RANDEVU 37. Büyük ökaryot gruplarının dallanma sırası ve ıraklaşma tarihleri kesin değil [Baldauf].

RANDEVU 38. Randevu tarihi kesin değil; moleküler saat verileri kabaca 2 milyar yıl önceyi gösteriyor. Iraklaşma tarihleri ve filogeni, rRNA araştırmalarından tahminen hesaplanmıştır [Barns].

RANDEVU 39. Ağacın kök sahibi olması aslen zordur; çünkü dış grup yoktur ve farklı soyların mutasyon oranındaki değişimler, ağacın "merkez"ini muğlaklaştırır. Çoğu kez Arkeler ile Öbakteriler arasına yerleştirilir (çarpı işareti A), ama başka olasılıklar da var (çarpı işareti B), bu yüzden köksüz olarak sunuluyor. Kökte değişiklikler bütünsel dal uzunluklarını etkiler, bu yüzen sahiden zamanı temsil edemezler ve bir bakıma keyfidirler. Öbakterilerin filogenisi sağlam biyokimyasal karakteristiklere (örneğin hücre duvarı glikoproteinleri) ve ender genom olaylarına (örneğin indellere) dayanır [Cavalier-Smith-2002, Gupta]; rRNA ağaçlarının uzun dal çekiciliği sorunları olabilir; ama bakteriler içindeki ıraklaşmaların derin olduğunu gösteriyor [Gribaldo].

Ortak Ata Canlandırımları

Ortak Ata çizgi-canlandırımlarını yapan Malcolm Godwin

Canlandırımların amacı, var olan bilimsel bilgi temelinde her ortak atanın olası görünüşüne ve habitatına ilişkin genel bir izlenim vermektir. İskelet dışı özellikler (deri ya da kürk rengi gibi), kaçınılmaz olarak tahmin ürünüdür. Henry Bennett-Clark, Tom Cavalier-Smith, Hugh Dickinson, William Hawthorne, Peter Holland, Tom Kemp, Anna Nekaris, Marcello Ruta, Mark Sutton ve Keith Thomson, canlandırımlar için çeşitli öğütlerde bulundular. Bununla birlikte nihai resimlerde bir sorumlulukları yoktur; yorum yanlışları bana aittir.

Ortak Ata 3. Büyük olasılıkla Asya'da [Stewart] ağaçlarda yaşayan büyük dört ayaklı insaymun [Begun]. Yüz orangutanlardakinden daha az öne çıkıktır, daha yuvarlak ve geniş gözçukurları vardır (Miyosen insaymun *Ankarapithecus*'tan hareketle). Ön ayaklar, orangutanlardakinden daha az da olsa, askıdadır; hareket, hortumlu maymun *Nasalis*'e benzer. Ayrıca kaş yükseltileri, belirgin kaş arası, görece yüksek beyin büyüme düzeyi, meyve ağırlıklı yeme alışkanlığı, görece büyük meme bezleri dikkat çeker [Groves].

Ortak Ata 18. Alt-devoniyen Dönem'e ait *Styloichthys*'ten [Zhu] (Rhipidistia takımından) alınan bilgi. Yüzgeç lobuna, kafaya, yanal çizgiye ve heterosek kuyruk yüzgecine dikkat edin.

Ortak Ata 23. Batrağa benzer, ama sırt ipliği rostruma kadar ulaşmaz ve uzmanlaşmış tekerlek organ yoktur. Gözlere, solungaç ipliklerine, sırt ipliğine, kas bölütlerine (V şeklinde kas blokları) ve kulakçığa dikkat edin.

Ortak Ata 31. Dışarı doğru bakan koanosit hücrelerden oluşan [Ruppert] içi oyuk bir küre olduğunu sanılıyor. Hareket etmek ve besin parçacıkları yakalamak için kirpikler kullanılır. Hücre uzmanlaşmasına da dikkat edin: Eşeyli üreme, yumurta hücreleri ve serbest yüzen spermlerle olur.

Ortak Ata 36. Tipik tek hücreli ökaryot: Yaygın mikrotübüler sitoskelet, (ökaryotik flagella); düzenleyici merkez olarak iş gören bir sentriyolle (bazal gövdeyle) ilişkili kirpikler; sitozol haline gelecek eğreti, delinmiş endoplazmatik retikulum tabakalarıyla kuşatılmış, gözenekli yapısıyla bir çekirdek ve minik ribozomların oluşturduğu kumlu görünüm. Tübüler kabartısıyla mitokondriye, diğer hücresel kese-

ciklerle birlikte peroksisoma ve kirpikler ve kısa ayaklar aracılığıyla hareket edişe dikkat edin. Ata, burada bir yiyecek parçasını yutarken canlandırılmış (sitoskeletteki genişleyen bölgeden anlaşılıyor).

Görsellere İlişkin Bilgi

Emeği geçenlere minnettarlıkla

Resimler

1 Uluslararası Katmanbilgisi Komisyonu'nun izniyle yayımlandı.

2 LASCAUX'DA PALEOLİTİK MAĞARA RESİMLERİ, © Archivo Iconografico, S.A./Corbis.

3 LAETOLİ AYAK İZLERİ, John Reader/Sicence Photo Library

4 PALAEOSCOLEX SINENSIS, Chengjiang fosil yatakları. Fotoğraf, Dr. Derek J. Siveter'in izniyle, Oxford Üniversitesi Doğal Tarih Müzesi.

5 ORTAK ATA 3, © Moonrunner Design.

6 BAOBAB AĞAÇLARI, © Thomas Pakenham.

7 KUZEY AMERİKA KUNDUZU, © John Shaw/NHPA.

8 HIPPOPOTAMUS, © Kevin Schafer/NHPA.

9 AĞAÇ, E. Haeckel'den [119].

10 ÇİFTLEŞEN DENİZFİLLERİ, © B. ve C. Alexander/NHPA.

11 FİL FARESİ, © Anthony Bannister/NHPA.

12 AMEBELODON, KÜREK DİŞ, © Michael Long/NHMPL.

13 DUYUSAL MİNYATÜR İNSAN, © Doğal Tarih Müzesi, Londra.

14 PLATYPUNCULUS, J. D. Pettigrew, P. R. Manger ve S. L. B Fine.

15 KAŞIK AĞIZLI MERSİNBALIĞI, © Norbert Wu/Minden Pictures.

16 MEMELİYE BENZER SÜRÜNGENLER ŞEMASI, T. Kemp.

17 MISIR YAĞI GRAFİĞİ, M. Ridley.

18 WILSON'IN CENNETKUŞU, Richard Kirby/naturepl.com.

19 PALEOGRAFİK HARİTA, Christopher R. Scotese, © 2003 PALEOMAP Project (www.scotese.com).

20 PALEOGRAFİK HARİTA, Christopher R. Scotese, © 2003 PALEOMAP Project (www.scotese.com).

21 ENSATINA, FOTOGRAFLAR © Chuck Brown; HARİTA, Robert C. Stebbins, A Field Guide to Western Reptiles and Amphibians'tan.

22 ORTAK ATA 18, © Moonrunner Design

23 KOELAKANT BALIK, Peter Scoones/Science Photo Library

24 YAPRAKLI DENİZEJDERİ, Paul Zahl/Science Photo Library

25 ÇULLUK YILANBALIĞI, Peter Parks/imagequestmarine.com; KARA YUTAK, Peter Parks/imagequestmarine.com; YILDIZLI PİSİBALIĞI, © Linda Piktin/NHPA; GÜNEŞ BALIĞI, Masa Ushioda/imagequestmarine.com; PELİKAN BALIĞI, © Norbert Wu/Minden Pictures.

26 KÖKSÜZ HAPLOTİP AĞ, Verheyen vd.

27 BİR YASSIBALIK OLMANIN İKİ YOLU, L. Ward.

28 BÜYÜK ÇEKİÇBALIĞI, James D. Watt/imagequestmarine.com; TATLI SU TESTERE BALIĞI, © Yves Lanceau/NHPA.

29 HAYALET KÖPEKBALIĞI, © ANT Photo Library/NHPA.

30 ORTAK ATA 23, © Moonrunner Design.

31 DENİZFISKİYELERİ, © B. Jones ve M. Shimlock/NHPA.

32 YAPRAKKESEN KARINCALAR, © Michael ve Patricia Fogden/Minden Pictures.

33 CONDOLEEZZA RICE, COLIN POWELL, BAŞKAN BUSH VE DONALD H. RUMS FELD'İN FOTOĞRAFI, Associated Press.

34 DROSOPHILA MELANOGASTER, P. A. Lawrence, The Making of a Fly'dan.

35 BİR ROTATORUN IŞIKLI MİKRO RESMİ, John Walsh/Science Photo Library.

36 KADİFE KURTÇUK, Dr. Morley Read/Science Photo Library

37 HALKIERIA, Simon Conway-Morris'in izniyle.

38 DICKINSONIA COSTATA, J. G. Gehling, South Australian Museum.

39 PORPITA PORPITA, Peter Parks/imagequestmarine.com.

40 SU YÜZEYİNE TOPLANMIŞ MASTIGAS DENİZANALARI, PALAU, BATI PASİFİK ADALARI. Michael Pitts/naturepl.com.

41 HERON ADASI'NIN (MERCANADA) HAVADAN GÖRÜNÜŞÜ, BÜYÜK SET RESİFİ DENİZ PARKI, QUEENSLAND, AVUSTRALYA, © Gerry Ellis/Minden Pictures.

42 KIRMIZI KEÇİBALIĞINI TEMİZLEYEN TEMİZLİKÇİ LAPİNA, Georgette Douwma/naturepl.com.

43 VENÜS KEMERİ, BİR TARAKLI DENİZANASI TİPİ, Sinclair Stammers/Science Photo Library.

44 CAM SÜNGER, © Doğal Tarih Müzesi, Londra.

45 ARSIZ BOYNUZ MANTARLARI, Vaughan Fleming/Science Photo Library.

46 ORTAK ATA 36, © Moonrunner Design

47 SEKOYA AĞACI, SEKOYA ULUSAL PARKI, Tony Craddock/Science Photo Library.

48 TAŞIYICI RNA MOLEKÜLÜ, BİLGİYASAR ESERİ, Alfred Pasieka/Science Photo Library.

49 KORKUNÇ DEĞİŞİMLER, © National Museum of Wales, Jeoloji Bölümü.

50 Saat yönünde: NAUTILUS POMPILIUS'UN YANDAN FOTOĞRAFI, © Doğal Tarih Müzesi, Londra; TRILOBIT GÖZ FOSİLİNİN RENKLİ TARAMA ELEKTRON MİKRO FOTOĞRAFI, VVG/Science Photo Library; SIMILIUM CİNSİ KARASİNEĞİN BİLEŞİK GÖZÜNÜ GÖSTEREN ELEKTRON MİKROSKOP GÖRÜNTÜSÜ, © Doğal Tarih Müzesi, Londra; İSKAROZ GÖZÜ, © B. Jones ve M. Shimlock/NHPA; BÜYÜK BOYNUZLU BAŞKUŞUN GÖZÜ, Simon Fraser/Science Photo Library.

Tablo ve Şekiller

39 KALABALIK, Profesör Robert Winston'ın izniyle.

50 VICTORIA AİLE AĞACI, Yang Wong.

61 YENİ BİR İNSAN EVRİMİ MODELİ, A. R. Templeton.

81 LOG VÜCUT AĞIRLIĞINA GÖRE LOG BEYİN AĞIRLIĞININ DAĞILIM GRAFİĞİ, R. D. Martin, Nature Publishing Group'un izniyle.

88 EQ YA DA "BEYİN" ENDEKSİ, Yan Wong.

100 TOUMAI KAFATASI, © MPFT (Mission Paléoanthropologique Franco-Tchadienne).

121 DAR BURUNLU PRİMAT EVRİMİNE İLİŞKİN SENTETİK BİR HİPOTEZ, C. B. Stewart ve T. R. Disotell, Elsevier'in izniyle.

129, 130 KÖKSÜZ AĞAÇLAR, Yan Wong; KÖKLÜ KLODOGRAMLAR, Yan Wong.

135, 136, 138 CHAUCER ŞEMALARI, Yan Wong.

140 "İLETİŞİMSİZ" VERİ DAĞILIMI, T. Geissmann, Wiley-Liss, Inc.'in izniyle.

141 KÖKSÜZ AZAMİ OLABİLİRLİK AĞACI, C. Roos ve T. Geissmann, Elsevier'in izniyle.

165 CADI MAKİ İSKELETİ, Stephen D. Nash.

213 GRAFİK, R. D. Alexander'dan alınan verilere dayanarak.

217 VÜCUT KÜTLESİNE ORANLA TESTİS KÜTLESİ, P. H. Harvey ve M. D. Pagel.

241 HENKELOTHERIUM, Elke Gröning.

244 Penfield beyin şeması.

246 ORNİTORENK'İN ELEKTRİKSEL DUYU ÇİZGİLERİ, P. R. Manger ve J. D. Pettigrew.

250 TEPELİ KÖSTEBEK, Rod Planck/Science Photo Library

252 MİNYATÜR KÖSTEBEK, K. C. Catania ve J. H. Kaas, Wiley-Liss, Inc.'in izniyle.

256 YOK OLUŞ ORANLARI ŞEMASI, J. J. Sepkoski.

288 İNGİLİZ ZOOLOG RICHARD OWEN BİR DEV MOA İLE BİRLİKTE, George Bernard/Science Photo Library.

300 DENİZ TABANI YAYILMASI ŞEMASI, Ken Wilson.

316 ÇAN EĞRİSİ ŞEMASI VE DAĞILIM ŞEMASI, Richard Dawkins.

333 KERTENKELEMSİGİLLERİN FİLOGENETİK KONUMU, R. Zardoya ve A. Meyer.

395 KOLSUAYAKLI, © Doğal Tarih Müzesi, Londra.

403 TERS YÜZEN ÇÖPÇÜ BALIĞI, © Slip Nicklin/Minden Pictures; AY KRATERLERİ NİN APOLLO 11 GÖRÜNTÜSÜ, NASA/DvR/Science Photo Library.

411 COLIN POWEL İLE BAŞKAN DANIEL ARAP MOI'NİN FOTOĞRAFI, Associated Press.

448 THAUMATOXENA ANDREINI SILVESTRI, R. H. L. Disney ve D. H. Kistner.

449 MEGASELIA SCALARIS, Arthur Smith, © Doğal Tarih Müzesi, Londra.

451 HALLUCIGENIA'NIN ÇİZİMLİ CANLANDIRIM, Dr. Derek J. Siveter'in izniyle, Oxford Üniversitesi Doğal Tarih Müzesi.

452 ANOMALOCARIS'İN CANLANDIRIMI, Dr. Derek J. Siveter'in izniyle, Oxford Üniversitesi Doğal Tarih Müzesi.

454 MYLLOKUNMINGIA, ÖRNEK VE ŞEMA, D-G Shu.

478 KİNİDLİ ZIPKINI, BIODIDAC'ın izniyle (biodidac.bio.uottawa.ca.).

501 SÜNGER DUVARI KESİTİ, R. C. Brusca ve G. J. Brusca.

502 SAPLI YAKALIKAMÇILI TÜRÜ, J. N. Farmer.

521 DEEP GREEN ŞEMASI, Brent Mishler'ın izniyle, Kaliforniya Üniversitesi, Bütünsel Biyoloji Bölümü.

523 KLEIBER YASASI GRAFİĞİ, West, Brown ve Enquist.

524 KARNABAHAR KESİTİ, Yan Wong.

540 ÖKARYOTLARIN ORTAK GÖRÜŞE DAYANAN FİLOGENİSİ, © S. L. Baldauf.

547 MIXOTRICHA ŞEMASI, L. R. Cleveland ve A. V. Grimstone.

561 BAKTERİYEL KAMÇILI MOTOR, D. Voet ve J. G. Voet.

569 MODERN YAŞAM AĞACI GÖRÜŞÜ, S. Gribaldo ve H. Philippe, Elsevier'in izniyle.

602 GÖZ MANZARASI, L. Ward.

Kaynakça

Adams, D.; Dirk Gently's *Holistic Detective Agency, Heinemann*, Londra, 1987

Adams, D. ve Carwardine, M.; *Last Chance to See*, Pan Books, Londra, 1987

Aguinaldo, A. M. A., Turbeville, J. M., Linford, L. S., vd.; "Evidence for a Glade of nematodes, arthropods and other moulting animals", *Nature* sayı: 387. 1997, s. 489-493

Ahlberg, P. E. ve Milner, A. R. "The origin and early diversification of tetrapods", *Shaking the Tree: Readings from Nature in the History of Life* içinde, der. Gee, H., University of Chicago Press, 2000 (ilk yayımlanışı: Nature sayı: 368, 1994, s. 507-514)

Alexander, R. D., Hoogland, J. L., Howard, R. D., vd.; "Sexual dimorphisms and breeding systems in pinnipeds, ungulates, prim and humans", *Evolutionary Biology and Human Social Behavior Anthropological Perspective* içinde, der. Chagnon, N. A. ve Irons, W., Duxbury Press, North Scituate, Mass., 1979, s. 402-435

Arabian Nights, The, çev. Burton, R. F., The Kamasha Society, Benares, 1885 [Türkçede: *Binbir Gece Masalları*, çev. Âlim Şerif Onaran, Yapı Kredi Yay., İstanbul, 2004]

Archibald, J. D.; "Timing and biogeography of the euthei radiation: Fossils and molecules compared", *Molecular Phylogene and Evolution*, sayı: 28, 2003, s. 350-359

Aris-Brosou, S. ve Yang, Z.; "Bayesian models of episodic evolution support a late Precambrian explosive diversification of the Metazoa", *Molecular Biology and Evolution*, sayı: 20, 2003, s. 1947-1954

Arrese, C, A., Hart, N. S., Thomas, N., vd.; "Trichromacy Australian marsupials", *Current Biology*, sayı: 12, 2002, s. 657-660

Ayala, F. J., Rzhetsky, A. ve Ayala, F. J.; "Origin of the metazophyla: Molecular clocks confirm paleontological estimates", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 95, 1998, s. 606-611

Bada, J. L. ve Lazcano, A.; "Prebiotic soup -revisiting the Mili experiment", *Science*, sayı: 300, 2003, s. 745-746

Bakker, R.; *The Dinosaur Heresies: A Revolutionary View Dinosaurs*, Longman Scientific and Technical, Harlow, 1986

Baldauf, S. L.; "The deep roots of eukaryotes", *Science*, sayı: 300, 2003, s. 1703-1706.

Baldwin, J. M.; "A new factor in evolution", *American Naturalist*, sayı: 30, 1896, s. 441-451

Barlow, G. W.; *The Cichlid Fishes: Nature's Grand Experiment in Evolution*, Perseus Publishing, Cambridge, Mass., 2002

Barns, S. M.; Delwiche, C. F.; Palmer, J. D., ve Pace, N. R.; "Perspectives on archaeal diversity, thermophily and monophyly from environmental rRNA sequences", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 93, 1996, s. 9188-9193

Bateson, P. P. G.; "Specificity and the origins of behavior", *Advances in the Study of Behavior* içinde, der. Rosenblatt, J., Hinde, R. A., ve Beer, C., cilt: 6, Academic Press, New York, 1996, s. 1-20

Bateson, W.; *Materials for the Study of Variation Treated with Especial Regard to Discontinuity in the Origin of Species*, Macmillan and Co., Londra, 1894

Bauer, M. ve von Halversen, O.; "Separate localization of sound recognizing and sound producing neural mechanisms in a grasshopper", *Journal of Comparative Physiology*, sayı: 161, 1987, s. 95-101

Begun, D. R.; "Hominid family values: Morphological and molecu¬lar data on relations

among the great apes and humans", *The Mentalities of Gorillas and Orangutans* içinde, der. Parker, S. T., Mitchell, R. W., ve Miles, H. L., Cambridge University Press, Cambridge, 1999, 1. Bölüm, s. 3-42

Bell, G.; *The Masterpiece of Nature: The Evolution and Genetics of Sexuality*, Croom Helm, Londra, 1982

Belloc, H.; *Complete Verse*, Random House Children's Books, Londra, 1999

Betzig, L; "Medieval monogamy", *Journal of Family History*, sayı: 20, 1995, s.181-216

Blackmore, S.; *The Meme Machine*, Oxford University Press, Oxford, 1999

Blair, W. F.; "Mating call and stage of speciation in the Microhylaolivacea - M. carolinensis complex", *Evolution*, sayı: 9, 1955, s. 469-480

Bloch, J. I. ve Boyer, D. M.; "Grasping primate origins", *Science*, sayı: 298, 2002, s.1606-1610.

Bonner, J. T.; *Life Cycles: Reflections of an Evolutionary Biologist*, Princeton University Press, Princeton, 1993.

Bourlat, S. J., Nielsen, C., Lockyer, A. E., vd.; "Xenoturbella is a deuterostome that eats molluscs", *Nature*, sayı: 424, 2003, s. 925-928.

Brasier, M. D., Green, O. R., Jephcoat, A. P., vd.; "Questioning the evidence for earth's oldest fossils", *Nature*, sayı: 416, 2002, s. 76-81

Briggs, D., Erwin, D., ve Collier, F.; *The Fossils of the Burgess Shale*, Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 1994

Briggs, D. E. G. ve Fortey, R. A.; "Wonderful strife-sys¬tematics, system groups and the phylogenetic signal of the Cambrian radiation", *Paleobiology*, sayı: 31., 2005

Bromham, L. ve Degnan, B. M.; "Hemichordates and deuteros¬tome evolution: Robust molecular phylogenetic support for a hemichordate + echinoderm clade" *Evolution and Development*, sayı: 1, 1999, s. 166-171

Bromham, L. ve Penny, D.; "The modern molecular clock", *Nature Reviews Genetics*, sayı: 4, 2003, s. 216-224.

Bromham, L., Woolfit, M., Lee, M. S. Y., ve Rambaut, A.; "Testing the relationship between morphological and molecular rates of change along phylogenies", *Evolution*, sayı: 56, 2002, s. 1921-1930

Brooke, N. M. ve Holland, P. W. H.; "The evolution of multi¬cellularity and early animal genomes", *Current Opinion in Genetics* ve *Development*, sayı: 13, 2003, s. 599-603

Brunet, M., Guy, F., Pilbeam, D., vd.; "A new hominid from the Upper Miocene of Chad, central Africa", *Nature* sayı: 418, 2002, s. 145-151

Buchsbaum, R; *Animals Without Backbones*, University of Chi¬cago Press, Chicago, 1987

Butterfield, N. J.; "Paleobiology of the late Mesoproterozoic (ca. 1200 Ma) Hunting Formation, Somerset İsland, Arctic Canada", *Precambrian Research*, sayı: III, 2002, s. 235-256.

Cairns-Smith, A. G.; *Seven Clues to the Origin of Life*, Cambridge University Press, Cambridge, 1985

Carroll, R. L.; *Vertebrate Paleontology and Evolution*. W. H. Freeman, New York, 1988

Catania, K. C. ve Kaas, J. H.; "Somatosensory fovea in the star¬nosed mole: Behavioral use of the star in relation to innervation patterns and cortical representation", *Journal of Comparative Neurology*, sayı: 387, 1997, s. 215-233

Cavalier-Smith, T.; "The neomuran origin of archaebacteria, the negibacterial root of the universal tree and bacterial megaclassification", *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, sayı: 387, 2002, s. 52:76

Cavalier-Smith, T. ve Chao, E. E. Y.; "Phylogeny of Choanozoa, Apusozoa, and other Protozoa and early eukaryote megaevolution", *Journal of Molecular Evolution*, sayı: 56, 2003, s. 540-563

Censky, E. J., Hodge, K., ve Dudley, J.; "Overwater dispersal of lizards due to hurricanes", *Nature*, sayı: 395, 1998

Chang, J. T.; "Recent common ancestors of all present-day individuals", *Advances in Applied Probability*, sayı: 31, 1999, s. 1002-1026

Chaucer, G.; *Chaucer: The General Prologue on CD-ROM, der. Solopova*, E., Cambridge University Press, Cambridge, 2000

Clack, J.; *Gaining Ground: The Origin and Evolution of Tetrapods*, Indiana University Press, Bloomington, 2002

Clarke, R. J.; "First ever discovery of a well-preserved skull and associated skeleton of Australopithecus", *South African Journal of Science*, sayı: 94, 1998, s. 460-463

Cleveland, L. R. ve Grimstone, A. V.; "The fine structure of the flagellate Mixotricha paradoxa and its associated micro-organisms", *Proceedings of the Royal Society of London*, B 159 dizisi, 1964, s. 668-686

Collins, A. G.; "Phylogeny of medusozoa and the evolution of cnidarian life cycles", *Journal of Evolutionary Biology*, sayı: 15, 2002, s. 418-432

Conway-Morris, S.; *The Crucible of Creation: The Burgess Shale and the Rise of Animals*, Oxford University Press, Oxford, 1998

Conway-Morris, S.; *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*, Cambridge University Press, Cambridge, 2003

Cooper, A. ve Fortey, R.; "Evolutionary explosions and the phylogenetic fuse", *Trends in Ecology and Evolution*, sayı: 13, 1998, s. 151-156

Coppens, Y.; "East side story: The origin of humankind", *Scientific American*, sayı: 271 (Mayıs), 1994, s. 88-95

Cott, H. B.; *Adaptive Coloration in Animals*, Methuen, Londra, 1940

Crick, F. H. C.; *Life Itself Its Origin and Nature*, Macdonald, Londra, 1981

Crockford, S.; *Dog Evolution: A Role for Thyroid Hormone Physiology in Domestication Changes*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2002

Cronin, H.; *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today*, Cambridge University Press, Cambridge, 1991

Darwin, C.; *İnsanın Türeyişi*, Gün Yayınları, İstanbul, 2002

Darwin, C.; *The Geology of the Voyage of HMS Beagle: The Structure and Distribution of Coral Reefs*, New York University Press, New York 1987 (1842)

Darwin, C.; *The Voyage of the Beagle*, Dover Publications, New York. 2002 (1839)

Darwin, C.; *Türlerin Kökeni*, Onur Yayınları, Ankara, 1996

Darwin, F.; *The Life And Letters of Charles Darwin*, John Murray, Londra, 1888

Daubin, V., Gouy, M., ve Perriere, G.; "A phylogenomic approach to bacterial phylogeny: evidence for a core of genes sharing common history", *Genome Research*, sayı: 12, 2002, s. 1080-1090

Davits, P.; *The Fifth Miracle: The Search for the Origin of Life*, Allen Lane, The Penguin Press, Londra, 1998

Dawkins, R. ve Krebs, J. R.; "Arms races between and within species", *Proceedings of the*

Royal Society of London, Series B, sayı: 205, 1979, s. 489-511, 1979

Dawkins, R.; "The evolution of evolvability", *Artificial Life* içinde, der. Langton, C., Addison-Wesley, New York, 1989, s. 201-220

Dawkins, R.; *Gen Bencildir*, çev.Asuman Müftüoğlu, Tübitak Yay., Ankara, 1995

Dawkins, R.; *Climbing Mount Improbable*, Viking, Londra. 1996

Dawkins, R.; *Kör Saatçi*, çev. Feryal Halatçı, Tübitak Yay., Ankara, 1998

Dawkins, R.; *Unweaving the Rainbow*. Penguin, Londra. 1998

Dawkins, R. *Cennetten Akan Irmak*, çev. Sinem Gül, Varlık Yay., İstanbul, 1999

Dawkins, R.; A *Devil's Chaplain*. Weidenfeld and Nicolson, Londra, 2003

de Carvalho, M. R.; "Higher-level elasmobranch phylogeny, basal squaleans, and paraphyly" *Interrelationships of Fishes* içinde, der. Stiassny, M. L. J., Parenti, L. R., ve Johnsson, G. D., Academic Press, San Diego, 1996, s. 35-62

de Morgan, A.; *A Budget of Paradoxes*, The Thoemmes Library, Poole, Dorset, 2003 (1866)

de Waal, F.; "Bonobo sex and society", *Scientific American*, sayı: 272 , Mart, 1995, s. 82-88

de Waal, F.; Bonobo: *The Forgotten Ape*, University of California Press, Berkeley, 1997

Dennett, D.; *Consciousness Explained*, Little Brown, Boston, 1991

Dennett, D.; *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meaning of Life*, Simon ve Schuster, New York, 1995

Deutsch, D.; *The Fabric of Reality*, Allen Lane, The Penguin Press, Londra, 1997

Diamond, J.; *The Rise and Fall of the Third Chimpanzee*, Radius, Londra, 1991

Dixon, D.; *After Man: A Zoology of the Future*, Granada, Londra.

Drayton, M.; *The Works of Michael Drayton (1931-1941)*, Blackwell, Oxford, 1981

Dudley, J. W. ve Lambert, R. J.; "Ninety generations of selection for oil and protein in maize", *Maydica* sayı: 37, 1992, s. 96-119

Dulai, K. S., von Dornum, M., Mollon, J. D., ve Hunt, D. M.; "The evolution of trichromatic color vision by opsin gene duplication in New World and Old World primates", *Genome Research*, sayı: 9, 1999, s. 629-638

Durham, W. H.; *Coevolution: Genes, Culture and Human diver¬sity*, Stanford University Press, Stanford, 1991

Dyson, F. J.; *Origins of Life*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999

Edwards, A. W. F.; "Human genetic diversity: Lewontin's fallacy", *BioEssays* sayı: 25, 2003, s. 798-801

Eigen, M.; *Steps Towards Life: A Perspective on Evolution*, Oxford University Press, Oxford, 1992

Feng, D. F., Cho, G. ve Doolittle, R. F.; "Determining divergence times with a protein clock: Update and reevaluation", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 94, 1997, s.13028-13033

Ferrier, D. E. K. ve Holland. P. W. H.; "Ancient origin of the Hex gene cluster", *Nature Reviews Genetics*, sayı: 2, s. 33-38, 2003

Ferrier, D. E. K., Minguillon, C., Holland, P. W. H., ve Garcia¬Fernandez, J.; "The amphioxus Hox cluster: Deuterostome posterior flexibility and Hox14", *Evolution and Development*, sayı: 2, 2000, s. 284-293

Fisher, R. A.; *The Genetical Theory of Natural Selection: A Complete Variorum Edition*, Ox-

ford University Press, Oxford, 1999 (1930)

Fogle, B.; *101 Questions Your Dog Would Ask Its Vet*, Michael Joseph, Londra, 1993

Fortey, R; *Life: An Unauthorised Biography: A Natural History of the First Four Thousand Million Years of Life on Earth*, HarperCollins, Londra, 1997

Furlong, R. F. ve Holland, P. W. H.; "Bayesian phylogenetic analysis supports Monophyly of Ambulacraria and of cyclostomes", *Zoological Science* sayı: 19, 2002, s. 593-599.

Furnes, H., Banerjee, N. R., Muehlenbachs, K., vd.; "Early life recorded in Archean pillow larvas", *Science* sayı: 304, 2004, s. 578-581

Garstang, W.; *Larval forms and other zoological verses by the late Walter Garstang*, der. Hardy, A. C. Blackwell, Oxford, 1951

Geissmann, T.; "Taxonomy and evolution of gibbons", *Evolutionary Anthropology* sayı:II ek: 1, 2002, s. 28-31.

Georgy, S. T., Widdicombe, J. G., ve Young, V.; "The pyrophysiology and sexuality of dragons", *Respiratory Physiology ve Neurobiology*, sayı: 133, 2002, s. 3-10.

Gibbs, S., Collard, M., ve Wood, B.; "Soft-tissue anatomy of the extant hominoids: a review and phylogenetic analysis", *Journal of Anatomy*, sayı: 200, 2002, s. 3-49

Giribet, G.; "Current advances in the phylogenetic reconstruction of metazoan evolution. A new paradigm for the Cambrian explosion?", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, sayı: 24, 2002, s. 345-357

Gold, T.; "The deep, hot biosphere", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 89, 1992, s. 6045-6049

Goodman, M., Porter, C. A., Czelusniak, J., vd.; "Toward a phylogenetic classification of primates based on DNA evidence com¬plemented by fossil evidence", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, sayı: 9, 1998, s. 583-598

Gould, S. J.; *Ontogeny and Phylogeny*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1977

Gould, S. J.; *The Flamingo's Smile: Reflections in Natural History*, Norton, New York, 1985

Gould, S. J.; *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*, Hutchinson Radius, Londra, 1989

Gould, S. J. ve Calloway, C. B.; "Clams and brachiopods: ships that pass in the night", *Paleobiology*, sayı: 6, 1980, s. 383-396

Grafen, A.; "Sexual selection unhandicapped by the Fisher pro¬cess", *Journal of Theoretical Biology*, sayı: 144, 1990, s. 473-516.

Grant, P, R.; *Ecology and Evolution of Darwin's Finches*, Princeton University Press, Princeton, N.J., 1999 (1986).

Graur, D. ve Martin, W.; "Reading the entrails of chickens: Molecular timescales of evolution and the illusion of precision", *Trends in Genetics*, sayı: 20, 2004, s. 80-86

Gribaldo, S. ve Philippe, H.; "Ancient phylogenetic relationships", *Theoretical Population Biology*, sayı: 61, 2002, s. 391-408

Gribbin, J. ve Cherfas, J.; *The Monkey Puzzle*, The Bodley Head, Londra, 1982

Gribbin, J. ve Cherfas, J.; *The First Chimpanzee: In Search of Human Origins*, Penguin, Londra, 2001

Groves, C. P.; "Systematics of the great apes. In Systematics, Evolution, and Anatomy", *Comparative Primate Biology* içinde, cilt: 1, der. Swindler, D. R. ve Erwin, J., Alan R. Liss, New York, 1986, s. 186-217

Gupta, R. S. ve Griffiths, E.; "Critical issues in bacterial phylogeny", *Theoretical Population Biology*, sayı: 61, 2002, s. 423-434

Hadzi, J.; *The Evolution of the Metazoa*, Pergamon Press, Oxford, 1963

Haeckel, E.; *Generelle Morphologic der Organismen*, Georg Reimer, Berlin, 1866

Haeckel, E., *Kunstformen der Natur*, (1899-1904)

Haig, D.; "Genetic conflicts in human pregnancy", *The Quarterly Review of Biology*, sayı: 68, 1993, s. 495-532

Haldane, J. B. S.; "Introducing Douglas Spalding", *British Journal for Animal Behaviour*, sayı: 2, 1952

Haldane, J. B. S.; *On Being the Right Size and Other Essays*, der. Maynard Smith, J., Oxford University Press, Oxford, 1985

Halder, G., Callaerts, P., ve Gehring, W. J.; "Induction of ectopic eyes by targeted expression of the eyeless gene in Drosophila", *Science*, sayı: 267, 1995, s. 1788-1792

Hallam, A. ve Wignall, P. B.; *Mass Extinctions and their After¬math*, Oxford University Press, Oxford, 1997

Hamilton, W. D.; *Narrow Roads of Gene Land*, cilt: 2, Oxford University Press, Oxford, 2001

Hamilton, W. D.; *Narrow Roads of Gene Land*, cilt: 3, Oxford University Press, Oxford, 2005

Hamrick, M. W.; "Primate origins: Evolutionary change in digital ray patterning and segmentation", *Journal of Human Evolution*, sayı: 40, 2001, s. 339-351

Harcourt, A. H., Harvey, P. H., Larson, S. G., ve Short, R. V.; "Testis weight, body weight and breeding system in primates", *Nature* sayı: 293, 1981, s. 55-57

Hardy, A.; *The Living Stream*, Collins, Londra, 1965

Hardy, A. C.; "The escape from specialization", *Evolution as a Process* içinde (der. Huxley, J., Hardy, A. C., ve Ford, E. B.), Allen and Unwin, Londra, 1954

Harvey, P. H. ve Pagel, M. D.; *The Comparative Method in Evolutionary Biology*, Oxford University Press, Oxford, 1991

Heckman, D. S., Geiser, D. M., Eidell, B. R., vd.; "Molecular evidence for the early colonization of land by fungi and plants", *Science*, sayı: 293, 2001, s. 1129-1133

Heesy, C. P. ve Ross, C. F.; Evolution of activity patterns and chromatic vision in primates: Morphometrics, genetics and cladistics. *Journal of Human Evolution* 40:111-149. 2001

Home, E.; "A description of the anatomy of the Ornithorhynchus paradoxus", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, sayı: 92, 1802, s. 67-84

Hou, X.-G., Aldridge, R. J., Bergstrom, J., vd.; *The Cambrian Fossils of Chengjiang, China: The Flowering of Early Animal Life*, Blackwell Science, Oxford, 2004

Huchon, D., Madsen, O, Sibbald, M. J. J. B., vd.; "Rodent phylogeny and a timescale for the evolution of Glires: Evidence from an extensive taxon sampling using three nuclear genes", *Molecular Biology and Evolution*, sayı: 19, 2002, s. 1053-1065

Hume, D.; The *Natural History of Religion* (Root, H. E., der.). Stanford University Press, Stanford, 1957 (1757)

Huxley, A.; *After Many a Summer, Chatto and Windus*, Londra, 1939

Huxley, T. H.; *Man's Place in Nature*, Random House USA, New York, 2001 (1836)

Inoue, J. G., Masaki, M., Tsukamoto, K., ve Nishida, M.; "Basal actinopterygian relationships: A mitogenomic perspective on the phy¬logeny of the 'ancient fish'", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, sayı: 26, 2003, s. 110-120

Jeffery, W. R. ve Martasian, D. P.; "Evolution of eye regression in the cavefish Astyanax: Apoptosis and the Pax-6 gene", *American Zoology*, sayı: 38, 1998, s.685-696

Jerison, H. J.; *Evolution of the Brain and Intelligence. Academic Press*, New York, 1973

Ji, Q., Luo, Z.-X., Yuan, C.-X., vd.; "The earliest known euthe¬rian mammal", *Nature* sayı: 416, 2002, s. 816-822

Johanson, D. C. ve Edey, M. A.; *Lucy: The Beginnings of Humankind*, Grenada, Londra, 1981

Jones, S.; *The Language of the Genes: Biology, History. and the Evolutionary Future*, Harper-Collins, Londra, 1993

Judson, O.; *Dr. Tatiana's Sex Advice to all Creation.* Metropolitan Books, New York, 2002

Kauffman, S. A.; "Self-organization, selective adaptation, and its limits", *Evolution at a Crossroads* içinde, der. Depew, D. J. ve Weber, B. H., MIT Press, Cambridge, Mass. 1985, s. 169-207

Keeling, P. J. ve Fast, N. M.; "Microsporidia: Biology and evolution of highly reduced intracellular parasites", *Annual Review of Microbiology*, sayı: 56, 2002, s.93-116

Kemp, T. S.; *Mammal-like reptiles and the origin mammals*, Academic Press, Londra, 1982

Kemp, T. S.; "The reptiles that became mammals", *New Science* , sayı: 93, 1982, s. 581-584

Kimura, M.; *Population Genetics, Molecular Evolution and Neutral Theory*, der. Takahata, N., University of Chicago Press, Chicago, 1994

Kingdon, J.; *Island Africa*, Collins, Londra, 1990

Kingdon, J.; *Lowly Origin: Where, When and Why our Ancestcor First Stood Up*, Princeton University Press, Princeton/Oxford, 2003

Kingsley, C.; *The Water Babies*, Puffin, Londra, 1995 (1863)

Kipling, R; *Puck of Pook's Hill*, Penguin, Londra, 1995 (1906)

Kirschner, M. ve Gerhart, J.; "Evolvability", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 95, 1998, s. 8420-8427

Kittler, R., Kayser, M., ve Stoneking, M.; "Molecular evolution of Pediculus humanus and the origin of clothing", *Current Biology*, sayı: 13, 2003, s.1414¬-1417

Klein, R. G.; *The Human Career: Human Biological and Cultural Origins*, Chicago University Press, Chicago/Londra, 1999

Kortlandt, A.; *New Perspectives on Ape and Human Evolution*, Stichting voor Psychobiologie, Amsterdam, 1972

Krings, M., Stone, A., Schmitz, R. W., vd.; "Neanderthal DNA sequences and the origin of modern humans", *Cell*, sayı: 90, 1997, s. 19-30

Kristensen, R. M.; "An Introduction to Loricifera, Cycliophora, and Micrognathozoa", *Integrative and Comparative Biology*, sayı: 42, 2002, s. 641-651.

Kruuk, H.; *Niko's Nature*, Oxford University Press, Oxford, 2003.

Lack, D.; *Darwin's Finches*, Cambridge University Press, Cam¬bridge, 1947

Lambourn, W. A.; "The remarkable adaptation by which a dipter¬ous pupa (Tabanidae) is preserved from the dangers of fissures in drying mud", *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, sayı: 106, 1930, s. 83-87

Lang, B. F., O'Kelly, C., Nerad, T., vd.; "The closest unicellular relatives of animals", *Current Biology*, sayı: 12, 2002, s. 1773-1778

Laskey, R. A. ve Gurdon, J. B.; "Genetic content of adult somatic cells tested by nuclear transplantation from cultured cells", *Nature*, sayı: 228, 1970, s. 1332-1334

Leakey, M.; "The hominid footprints: Introduction", *Laetoli: A Pliocene Site in Northern Tan-*

zania içinde, der. Leakey, M. D. ve Harris, J. M., Clarendon Press, Oxford, 1987, s. 490-496

Leakey, M., Feibel, C., McDougall, L, ve Walker, A.; "New four-million-year-old hominid species from Kanapoi and Allia Bay, Kenya", *Nature* sayı: 376, 1995, 565-571

Leakey, R; *The Origin of Humankind*, Basic Books, New York. 1994

Leakey, R. ve Lewin, R.; Origins Reconsidered: In Search of What Makes us Human,. Little Brown, Londra, 1992

Leakey, R. ve Lewin, R; *The Sixth Extinction: Biodiversity and its Survival*, Weidenfeld and Nicolson, Londra. 1996

Lewis-Williams, D.; *The Mind in the Cave.* Thames and Hudson, Londra. 2002

Lewontin, R. C.; "The apportionment of human diversity", *Evolutionary Biology*, sayı: 6, 1972, s. 381-398

Liem, K. E; "Evolutionary strategies and morphological innovations: cichlid pharyngeal jaws", *Systematic Zoology* , sayı: 22, 1973, s. 425-441

Littlewood. D. T. J., Smith, A. B., Clough, K. A., ve Emson, R. H.; "The interrelationships of the echinoderm classes: Morphological and molecular evidence", *Biological Journal of the Linnean Society*, sayı: 61, 1997, s. 409-438

Liu, F. G. R., Miyamoto, M. M., Freire, N. P., vd.; "Molecular and morphological supertrees for eutherian (placental) mammals", *Science*, sayı: 291, 2001, s. 1786-1789

Lorenz, K.; *Man Meets Dog*, Routledge Classics, Routledge, Londra, 2002

Lovejoy, C. O.; "The origin of man", *Science*, sayı: 211, 1981, s. 341-350

Luo, Z.-X., Cifelli, R. L., ve Kielan-Jaworowska, Z.; "Dual origin of tribosphenic mammals", *Nature*, sayı:409, 2001, s. 53-57

Manger, P. R. ve Pettigrew, J. D.; "Electroreception and feeding behaviour of the platypus (Ornithorhychus anatinus: Monotrema: Mammalia)", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*, sayı: 347, 1995, s. 359-381

Marcus, G. F. ve Fisher, S. E.; "FOXP2 in focus: what can genes tell us about speech and language?", *Trends in Cognitive Sciences*, sayı: 7, 2003, s. 257-262

Margulis, L.; *Symbiosis in Cell Evolution*, W. H. Freeman, San Francisco, 1981

Mark Welch, D. ve Meselson, M.; "Evidence for the evolution of bdelloid rotifers without sexual reproduction or genetic exchange", *Science*, sayı: 288, 2000, s. 1211-1219

Martin, R. D.; "Relative brain size and basal metabolic rate in terrestrial vertebrates", *Nature*, sayı: 293, 1981, s. 57-60

Mash, R. *How to Keep Dinosaurs*, Weidenfeld and Nicholson, Londra, 2003 (1983)

Maynard Smith, J.; *The Evolution of Sex*, Cambridge University Press, Cambridge, 1978

Maynard Smith, J.; "Evolution -contemplating life without sex", *Nature*, sayı: 324, 1986, s. 300-301

Maynard Smith, J. ve Szathmary, E.; *The Major Transitions in Evolution*, Oxford University Press, Oxford, 1995

Mayr, E; *The Growth of Biological Thought*, Harvard Uni¬versity Press, Cambridge, Mass., 1985 (1982)

Medina, M., Collins, A. G., Silberman, J. D., ve Sogin, M. L.; "Evaluating hypotheses of basal animal phylogeny using complete sequences of large and small subunit rRNA." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı 98, 2001, s. 9707-9712

Menotti-Raymond, M. ve O'Brien, S. J.; "Dating the genetic bottleneck of the African chee-

tahı", *Proceedings of the National Academy Sciences of the USA*, sayı: 90, s. 3172-3176, 1993

Milius, S.; "Bdelloids: No sex for over 40 million years", *Science* News, sayı: 157, 2000, s. 326

Miller, G.; *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature*, Heinemann, Londra, 2000

Miller, K. R.; *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground Between God and Evolution*, Cliff Street Books (HarperCollins), New York, 1999

Miller, K. R.; "The flagellum unspun: the collapse of irreducible complexity", *Debating Design: From Darwin to DNA* içinde, der. Ruse, M. ve Dembski, W., Cambridge University Press, Cambridge, 2004

Mills, D. R., Peterson, R. L., ve Spiegelman, S.; "An extracellular Darwinian experiment with a self-duplicating nucleic acid molecule", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 58, 1967, s. 217-224

Milner, A. R. ve Sequeira, S. E. K.; "The temnospondyl amphi¬bians from the Visean of East Kirkton", *Transactions of the Royal Society Edinburgh, Earth Sciences*, sayı: 84, 1994, s. 331-361

Miya, M., Takeshima, H., Endo, H., vd.; "Major patterns of higher teleostean phylogenies: A new perspective based on 100 complete mitochondrial DNA sequences", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, sayı: 26, 2003, s. 121-138

Mollon, J. D., Bowmaker, J. K., ve Jacobs, G. H.; "Variations of colour vision in a New World primate can be explained by polymorphism of retinal photopigments", *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, sayı: 222, 1984, s. 373-399

Monod, J.; Chance and Necessity: *Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*, Collins, Londra, 1972

Montgelard, C., Bentz, S., Tirard, C., vd.; "Molecular systematics of Sciurognathi (Rodentia): The mitochondrial cytochrome b and 12S rRNA genes support the Anomaluroidea (Pedetidae and Anomaluridae)", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, sayı: 22, 2002, s. 220-233

Moreira, D., Le Guyader, H., ve Philippe, H.; "The origin of red algae and the evolution of chloroplasts", *Nature*, sayı: 405, 2000, s. 32-33

Morgan, E.; *The Aquatic Ape Hypothesis*, Souvenir Press, Londra, 1997

Murata, Y., Nikaido, M., Sasaki, T., vd.; "Afrotherian phylogeny as inferred from complete mitochondrial genomes", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, sayı: 28, 2003, s. 253-260

Murdock, G. P.; *Ethnographic Atlas*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, 1967

Murphy, W. J., Eizirik, E., O'Brien, S. J., vd.; "Resolution of the early placental mammal radiation using Bayesian phylogenetics", *Science*, sayı: 294, 2001, s. 2348-2351

Musser, A. M.; "Review of the monotreme fossil record and comparison of palaeontological and molecular data", *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, sayı: 136, 2003, s. 927-942

Nelson, J. S.; *Fishes of the World*, John Wiley, New York, 1994

Nesse, R. M. ve Williams, G. C.; *The Science of Darwinian Medicine*, Orion, Londra, 1994

Nikoh, N., Iwabe, N., Kuma, K.-L, vd.; "An estimate of divergence time of Parazoa and Eumetazoa and that of Cephalochor¬data and Vertebrata by aldolase and triose phosphate isomerase clocks", *Journal of Molecular Evolution*, sayı: 45, 1997, s. 97-106

Nilsson, M. A., Gullberg, A., Spotorno, A. E., vd.; "Radiation of extant marsupials after the K/T boundary: Evidence from complete mitochondrial genomes", *Journal of Molecular Evolution*, sayı: 57, 2003, s. 3-12

Norman, D.; *Dinosaur! Boxtree*, Londra, 1991

Nozaki, H., Matsuzaki, M., Takahara, M., vd.; "The phylogenetic position of red algae revealed by multiple nuclear genes from mitochondria-containing eukaryotes and an alternative hypothesis on the origin of plastids", *Journal of Molecular Evolution*, sayı: 56, 2003, s. 485-97

Ohta, T.; "The nearly neutral theory of molecular evolution", *Annual Review of Ecology and Systematics*, sayı: 23, 1992, s. 263-286

Oparin, A. I.; *The Origin of Life*, Macmillan, New York, 1938

Orgel, L. E.; "The origin of life - a review of facts and speculations", *Trends in Biochemical Sciences*, sayı: 23, 1998, s. 491-495

Pagel, M. ve Bodmer, W.; "A naked ape would have fewer parasites", *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences (Suppl.)*, sayı: 270, 2003, s. 117-119

Panchen, A. L.; Etienne Geoffrey St.-Hilaire: "Father of 'evo-devo'?" *Evolution and Development* sayı: 3, 2001, s. 41-46

Parker, A.; *In the Blink of an Eye: The Cause of the Most Dramatic Event in the History of Life*, Free Press, Londra, 2003

Partridge, T. C., Granger, D. E., Caffee, M. W. ve Clarke, R. J.; "Lower Pliocene hominid remains from Sterkfontein", *Science*, sayı: 300, 2003, s. 607-612

Penfield, W. ve Rasmussen, T.; *The Cerebral Cortex of Man: A Clinical Study of Localization of Function*, Macmillan, New York, 1950

Perdeck, A. C.; "The isolating value of specific song patterns in two sibling species of grasshoppers", *Behaviour*, sayı: 12, 1957, s. 1-75

Peterson, K. J. ve Eernisse, D. J.; "Animal phylogeny and the ancestry of bilaterians: Inferences from morphology and 18S rDNA gene sequences", *Evolution and Development*, sayı: 3, s. 170-205

Pettigrew, J. D., Manger, P. R., ve Fine, S. L. B.; "The sensory world of the platypus", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*, sayı 353, 1998, s. 1199-1210

Pinker, S.; *The Language Instinct: The New Science of Language and Mind*, Allen Lane, The Penguin Press, Londra, 1994

Pinker, S.; *How the Mind Works*, Norton, New York, 1997

Pough, F. H., Andrews, R. M., Cadle, J. E. ve Crump, M.; *Herpetology, Prentice Hall, Upper Saddle River*, N.J., 2001

Pullman, P.; *His Dark Materials Trilogy*, Scholastic Press, Londra, 2001

Purvis, A.; A composite estimate of primate phylogeny, *Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences*, sayı: 348, 1995, s. 405-421

Ragan, M. A., Goggin, C. L., Cawthorn, R. J., vd.; "A novel clade of protistan parasites near the animal-fungal divergence", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 93, 1996, s. 11907-11912

Reader, J.; *Man on Earth*, Collins, Londra, 1988

Reader, J.; *Africa: A Biography of the Continent*, Penguin, Londra, 1998

Rebek, J.; "Synthetic self-replicating molecules", *Scientific American*, sayı: 271 (Temmuz), 1994, s. 48-55

Rees, M.; *Just Six Numbers*, Science Masters/Weidenfeld and Nicolson, Londra, 1999

Reno, P. L., Meindl, R. S., McCollum, M. A., ve Lovejoy, C. O.; "Sexual dimorphism in Australopithecus afarensis was similar to that of modern humans", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 100, 2003, s. 9404-9409

Richardson, M. K. ve Keuck, G.; "Haeckel's ABC of evolution and development", *Biological Reviews*, sayı: 77, 2002, s. 495-528

Richmond, B. G., Begun, D. R., ve Strait, D. S.; "Origin of human bipedalism: The knuckle-walking hypothesis revisited", *Yearbook of Physical Anthropology* sayı: 44, 2001, s. 70-105

Ridley, Mark; *The Explanation of Organic Diversity - The Comparative Method and Adaptations for Mating*, Clarendon Press/Oxford University Press, Oxford, 1983

Ridley, Mark; "Embryology and classical zoology in Great Britain", *A History of Embryology: The Eighth Symposium of the British Society for Developmental Biology* içinde, der. Horder, T. J., Witkowski, J. ve Wylie, C. C., Cambridge University Press, Cambridge, 1986, s. 35-67

Ridley, Mark; *Mendel's Demon: Gene Justice and the Complexity of Life*, Weidenfeld and Nicolson, Londra, 2000

Ridley, Matt; *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature*, Viking, Londra. 1993

Ridley, Matt; *Nature Via Nurture: Genes, Experience and What Makes Us Human, Fourth Estate*, Londra, 2003

Rodriguez-Trelles, F., Tarrio, R., ve Ayala, F. J.; "A methodolog¬ical bias toward overestimation of molecular evolutionary time scales", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 99, 2002, s. 8112-8115

Rokas, A. ve Holland, P. W. H.; "Rare genomic changes as a tool for phylogenetics", *Trends in Ecology and Evolution*, sayı: 15, 2000, s. 454-459

Roos, C. ve Geissmann, T.; "Molecular phylogeny of the major hylobatid divisions", *Molecular Phylogenetics and Evolution*, sayı: 19, 2001, s. 486-494

Ruiz-Trillo, I., Paps, J., Loukota, M., vd.; "A phylogenetic analysis of myosin heavy chain type II sequences corroborates that Acoela and Nemertodermatida are basal bilaterians", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 99, 2002, s. 11246-11251

Ruppert, E. E. ve Barnes, R. D.; *Invertebrate Zoology*, Saunders College Publishing, Fort Worth, 1994

Sacks, O.; *The Island of the Colour-blind and Cycad Island*, Picador, Londra, 1996

Saffhill, R., Schneider-Bernloer, H., Orgel, L. E., ve Spiegelman, S.; "In vitro selection of bacteriophage Q ribonucleic acid variants resistant to ethidium bromide", Journal of *Molecular Biology* sayı: 51, 1970, s. 531-539

Sanchez-Villagra, M. R.; "The phylogenetic relationships of ar¬gyrolagid marsupials", *Zoological Journal of the Linnean Society*, sayı: 131, 2001, s.: 481-496

Sansom, I. J., Smith, M. M. ve Smith, M. P.; "The Ordovician radiation of vertebrates", *Major Events in Early Vertebrate Evolution* içinde, 10. Bölüm, der. Ahlberg, P. E , Taylor and Francis, Londra, 2001

Schluter, D.; *The Ecology of Adaptive Radiation*, Oxford University Press, Oxford, 2000

Schmitz, J., Ohme, M., ve Zischler, H.; SINE insertions in cladistic analyses and the phylogenetic affiliations of Tarsius bancanus to other primates. *Genetics* i57: 777-784. 2001

Schopf, J. W.; Cradle of Life - *The Discovery of Earth's Earliest Fossils*, Princeton University Press, Princeton, N.J., 1999

Schussler, D., Schwarzott, C., ve Walker, A.; "A new phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution", *Mycological Research*, sayı: 105, 2001, s. 1413-1421

Scotese, C. R.; *Atlas of Earth History*, cilt: I, Palaeography, PALEOMAP Project, Arlington, Texas, 2001

Seehausen, O. ve van Alphen, J. J. M.; "The effect of male col oration on female mate choice

in closely related Lake Victoria cichlids (Haplochromis nyererei complex)" *Behavioral Ecology and Sociobiology*, sayı: 42, 1998, s. 1-8

Senut, B., Pickford, M., Gommery, D., vd.; "First hominid from the Miocene (Lukeino Formation, Kenya)" *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*. Series IIA - *Earth and Planetary Science*, sayı: 332, 2001, s. 137-144

Sepkoski, J. J.; "Patterns of Phanerozoic extinction: A perspective from global databases", *In Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic* içinde, der. Walliser, O. H., 1996, Springer-Verlag, Berlin, 1996, s. 35-51

Shapiro, B., Sibthorpe, D., Rambaut, A., vd.; "Flight of the dodo", *Science*, sayı: 295, 2002, s. 1683

Sheets-Johnstone, M.; *The Roots of Thinking*, Temple University Press, Philadelphia, 1990

Shirai, S.; "Phylogenetic interrelationships of neoselachians (Chondrichthyes: Euselachii)", *Interrelationships of Fishes* içinde, der. Stiassny, M. L. J., Parenti, L. R., ve Johnsson, G. D., Academic Press, San Diego, 1996, s. 9-34

Shu, D.-G., Luo, H.-L., Conway-Morris, S., vd.; "Lower Cambrian vertebrates from south China", *Nature*, sayı: 402, 1999, s. 42-46

Sibley, C. G. ve Monroe, B. L.; *Distribution and Taxonomy of Birds of the World*, Yale University Press, New Haven, 1990

Simpson, G. G.; *Splendid Isolation: The Curious History of South American Mammals*, Yale University Press, New Haven, 1980

Slack, J. M. W., Holland, P. W. H., ve Graham, C. R; "The zootype and the phylotypic stage", *Nature*, sayı: 361, 1993, s. 490-492

Smith, D. C.; "From extracellular to intracellular: The establishment of a symbiosis", The Cell as a Habitat içinde, der. Richmond, M. H. ve Smith, D. C., *Royal Society of London*, Londra, 1979

Smolin, L.; *The Life of the Cosmos*, Weidenfeld and Nicolson, Londra, 1997

Southwood, T. R. E.; *The Story of Life*, Oxford University Press, Oxford, 2003

Springer, M. S., Murphy, W. J., Eizirik, E., ve O'Brien, S. J.; "Placental mammal diversification and the Cretaceous-Tertiary boundary", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 100, 2003, s. 1056-1061

Springer, M. S., Westerman, M., Kavanagh, J. R., vd.; "The origin of the Australasian marsupial fauna and the phylogenetic affinities of the enigmatic monito del monte and marsupial mole", *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, sayı: 265, 1998, s. 2381-2386

Stewart, C. B. ve Disotell, T. R.; "Primate evolution -in and out of Africa." *Current Biology*, sayı: 8, 1998, s. 582-588,

Stringer, C.; "Human evolution -out of Ethiopia", *Nature*, sayı: 423, 2003, s. 692-695

Sumper, M. ve Luce, R.; "Evidence for de novo production of self-replicating and environmentally adapted RNA structures by bacteriophage Qß3 replicase", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 72, 1975, s. 162-166

Sutherland, J. L.; "Protozoa from Australian termites", *Quarterly Journal of Microscopic Science*, sayı 76, 1933, 145-173. 1933

Swift, J.; *Poetry*, A Rhapsody, 1733

Syed, T. ve Schierwater, B.; "Trichoplax adhaerens: discovered as a missing link, forgotten as a hydrozoan, rediscovered as a key to metazoan evolution", *Vie et Milieu*, sayı: 52, 2002, s. 177-187

Takezaki, N., Figueroa, F., Zaleska-Rutczynska, Z., ve Klein, J.; "Molecular phylogeny of early vertebrates: Monophyly of the agnathans as revealed by sequences of 35 genes", *Molecular Biology and Evolution*, sayı: 20, 2003, s. 287-292

Tamm, S. L.; "Flagellated endosymbiotic bacteria propel a eukaryotic cell", *Journal of Cell Biology*, sayı 94, 1982, s. 697-709

Tavare, S., Marshall, C. R., Will, 0., vd.; "Using the fossil record to estimate the age of the last common ancestor of extant primates", *Nature*, sayı: 416, 2002, s. 726-729

Taylor, C. R. ve Rowntree, V. J.; "Running on two or four legs: which consumes more energy?", *Science*, sayı: 179, 1973, s. 186-187

Telford, M. J., Lockyer, A. E., Cartwright-Finch, C., ve Littlewood, D. T. J.; "Combined large and small subunit ribosomal RNA phylogenies support a basal position of the acoelomorph flatworms", *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences*, sayı: 270, 2003, s. 1077-1083

Templeton, A. R.; "Out of Africa again and again", *Nature*, sayı: 416, 2002, s. 45-51

Thomson, K. S.; *Living Fossil: The Story of the Coelacanth, Hutchinson Radius*, Londra, 1991

Trivers, R. L.; "Parental investment and sexual selection", *Sexual Selection and the Descent of Man* içinde, der. Campbell, B., Aldine, Chicago, 1972, s. 136-179

Trut, L. N.; "Early canid domestication: The farm-fox experiment", *American Scientist*, sayı: 87, 199, s. 160-169

Tudge, C.; Neanderthals, Bandits and Farmers: *How Agriculture Really Began*, Weidenfeld and Nicolson. Londra, 1998

Tudge, C.; *The Variety of Life*, Oxford University Press, Oxford, 2000

Turbeville, J. M.; "Progress in nemertean biology: Development and phylogeny", *Integrative and Comparative Biology*, sayı: 42, 2002, s. 692-703

Valentine, J. W.; "Prelude to the Cambrian explosion", *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, sayı: 30, 2002, s. 285-306

van Schaik, C. P., Ancrenaz, M., Borgen, G., vd.; "Orangutan cultures and the evolution of material culture", *Science*, sayı: 299, 2003, s. 102-105

van Tuinen, M., Sibley, C. G., ve Hedges, S. B.; "The early history of modern birds inferred from DNA sequences of nuclear and mitochondrial genomes", *Molecular Biology and Evolution*, sayı: 17, 2000, s. 451-457

Venkatesh, B., Erdmann, M. V., ve Brenner, S.; "Molecular synapomorphies resolve evolutionary relationships of extant jawed vertebrates", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 98, 2001, s. 11382-11387

Verheyen, E., Salzburger, W., Snoeks, J., ve Meyer, A.; "Origin of the superflock of cichlid fishes from Lake Victoria, East Africa", *Science*, sayı: 300, 2003, s. 325-329

Vine, F. J. ve Matthews, D. H.: "Magnetic anomalies over oceanic ridges", *Nature*, sayı:199, 1963, s. 947-949

Wada, H. ve Satoh, N.; "Phylogentic relationships among extant classes of echinoderms, as inferred from sequences of 18S rDNA, coincide with relationships deduced from the fossil record", *Journal of Molecular Evolution*, sayı: 38, 1994, s. 41-49

Wake, D. B.; "Incipient species formation in salamanders of the Ensatina complex", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 94, 1997, s. 7761-7767

Walker, G.; Snowball Earth: *The Story of the Great Global Catastrophe That Spawned Life As We Know It*, Bloomsbury, Londra, 2003

Ward, C. V., Walker, A., ve Teaford, M. F.; "Proconsul did not have a tail", *Journal of Human Evolution*, sayı: 21, 1991, s. 215-220

Weinberg, S.; *Dreams of a Final Theory, Hutchinson Radius*, Londra, 1993

Weiner, J.; *The Beak of the Finch*, Jonathan Cape, Londra, 1994

Wesenberg-Lund, C.; "Contributions to the biology of the Rotifera. Part IL The periodicity and sexual periods", *Det Kongelige Danske Videnskabers Selskabs Skrifter*, sayı: 9, 1930

West, G. B., Brown, J. H., ve Enquist, B. J.; "The origin of universal scaling laws in biology" *Scaling in Biology* içinde, der. Brown, J. H. ve West, G. B, Oxford University Press, Oxford, 2000

West-Eberhard, M. J.; *Developmental Plasticity and Evolution*, Oxford University Press, New York, 2003

Westoll, T. S.; "On the evolution of the Dipnoi", *Genetics, Paleontology and Evolution* içinde, der. Jepsen, G. L., Mayr, E., ve Simpson, G. G., Princeton University Press, Princeton, N.J., 1949, s. 121-188

Wheeler, J. A.;" Information, physics, quantum: The search for links", *Complexity, Entropy, and the Physics of Information* içinde, der. Zurek, W. H., s. 3-28, Addison-Wesley, New York, 1990

White, T. D., Asfaw, B., DeGusta, D., vd.; "Pleistocene Homo sapiens from Middle Awash, Ethiopia", *Nature*, sayı: 423, 2003, s. 742-747

White, T. D., Suwa, G., ve Asfaw, B.; "Australopithecus ramidus, a new species of early hominid from Aramis, Ethiopia", *Nature*, sayı: 371, 1994, s. 306-312

Whiten, A., Goodall, J., McGrew, W. C., vd.; "Cultures in chimpanzees", *Nature*, sayı: 399, 1999, s. 682-685.

Williams, G. C.; *Sex and Evolution*, Princeton University Press, Princeton, N.J., 1975

Williams, G. C.; *Natural Selection: Domains, Levels and Challenges*, Oxford University Press, Oxford, 1992

Wilson, E. O.; *The Diversity of Life*, Harvard University Press, Cambridge, Mass, 1992

Wilson, H. V.; "On some phenomena of coalescence and regeneration in sponges", *Journal of Experimental Zoology*, sayı: 5, 1907, s. 245-258

Winchell, C. J., Sullivan, J., Cameron, C. B., vd.; "Evaluating hypotheses of deuterostome phylogeny and chordate evolution with new LSU and SSU ribosomal DNA data", *Molecular Biology and Evolution*, sayı: 19, 2002, s. 762-776

Woese, C. R., Kandler, O. ve Wheelis, M. L., "Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 87, 2002, s. 4576-4579

Wolpert, L.; *The Triumph of the Embryo*, Oxford University Press, Oxford, 1991

Wolpert, L., Beddington, R., Brockes, J., vd.; *Principles of Development*, Current Biology/Oxford University Press, Londra/ Oxford, 1998

Wray, G. A., Levinton, J. S., ve Shapiro, L. H.; "Molecular evidence for deep Precambrian divergences among metazoan phyla", *Science*, sayı: 274, 1996, s. 568-573

Xiao, S. H., Yuan, X. L., ve Knoll, A. H.; "Eumetazoan fossils in terminal Proterozoic phosphorites?", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 97, 2000, s. 13684-13689

Yeats, W. B.; *The Poems*, der. Finneran, R. J., Macmillan, Londra, 1984

Yoder, A. D. ve Yang, Z.; "Divergence dates for Malagasy lemurs estimated from multiple

gene loci: Geological and evolutionary context", *Molecular Ecology*, sayı: 13, 2004, s. 757-773

Zahavi, A. ve Zahavi, A.; *The Handicap Principle*, Oxford University Press, Oxford, 1997

Zardoya, R. ve Meyer, A.; "Mitochondrial evidence on the phylogenetic position of caecilians (Amphibia: Gymnophiona)", *Genetics*, sayı: 155, 2000, s. 765-775

Zardoya, R. ve Meyer, A.; "On the origin of and phylogenetic relationships among living amphibians", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, sayı: 98, 2001, s. 7380-7383

Zhu, M. ve Yu, X.; "A primitive fish close to the common ancestor of tetrapods and lungfish", *Nature*, sayı: 418, 2002, s. 767-770

Zuckerkandl, E. ve Pauling, L.; "Evolutionary divergence and convergence in proteins", *Evolving genes and proteins* içinde (der. Bryson, V. ve Vogels, H. J.), Academic Press, New York, 1965, s. 97-166

DİZİN

Abdominal-A 421, 438
Abdominal-B 421
Acanthostega 307, 338, 652
Adatavşanı 191
Adams, Douglas 176, 285
Adaptasyon 105, 201, 356, 539, 581, 585, 591, 602, 605
Adzebill (Aptornis) 287-288
Aegyptopithecus 149
Afrika 55-56, 58, 68-71, 77, 87, 98, 118, 121-123, 124, 126-130, 149, 153. 176-177, 223, 228-233, 292-293
Afrika memelileri 228-233
Afropithecus 124
Agutiler 134, 192,
Ağaç halkaları 27, 300, 513-515
Ağız 384
Ahtapot 380, 388, 439
Akciğer 329
Akciğerli-balık 329-333
Akdeniz 73, 292, 475-476
Aksolotl 110, 322-328
Alel 58, 62, 199-200
Alexander, Richard D. 216
Algler 471, 473, 474, 507, 526-527
Alkol toleransı 45
Alpaka 226
Alu 165, 167
Alveolata (Alveolatlar) 527
Amfibyumlar 260, 303-328
Aminoasit 30, 31, 81-82, 138, 565, 568-569, 572, 573
Amipler 502-504
Ammonitler 388, 585
Amniyonlular 303-304
Ananasgiller 305
Andrewsarchus 203
Anka kuşu 288-290, 297
Anomalocaris 442, 443
Antarktika 237, 292-293, 295-296
Antennapedia Kompleksi 421, 424
Antibiyotik 500
Anti-kodon 569
Antilop 205, 206, 240, 583
Arap tavşanı 177-240
Arbiskül mantarlar 499
Ardipithecus 101, 107, 108
Arkaik *Homo sapiens* 74-75, 118
Arkeler 539-541, 552, 555. 578
Arkozor 264
Armadillo 223-227
Arrese, Catherine 158
Ashmole, Elias 284
Aslan 36, 554
Astyanax mexicanus 352, 353
At 554
Ateş 79, 560-561
Atol 473, 475
Atsineği 590
Avcı-toplayıcı 32-33, 45
A vitamini 161
Avustralopitesin 16, 95, 98-99, 110, 111, 219, 277
Avustralya 179, 187, 223, 227, 234, 236-242, 292, 293, 295, 582-584
Avustralyen bölge 236-237, 239, 582
Axelrod, Robert 104
Ay-ay 175-179, 227
Azami olabilirlik 144, 146-147

Babun 102, 115, 128
Bach ailesi282
Bağırsak oluşumu 382
Bakker, Robert 266
Bakteri 456, 525, 539-557
Bakteriyofaj 574
Baldwin Etkisi 210, 282, 395
Baly, E. C. C. 564
Bannister, Roger 411
Baobab 177
Barlow, George 339, 349, 476
Barnard, K. H. 334
Barrell, Joseph 308
Basilosaurus 209
Başkalaşım 324
Bateson, Patrick 418

Bateson, William 417, 422
Batrak 371-373
Baykuşmaymunu 156, 162, 170
Bazalt 299, 547
Beadle, George W. 500
Bell, Graham 435
Belloc, Hilaire 523
Belyaev, D. K. 40
Beowulf 33
Berberi makakı 128, 134
Bergson, Henri 550, 551
Beringe, Robert von 122
Besin zinciri 505, 521, 577
Betzig, Laura 219
Bicoid 419
Birincil-ağızlılar 382-390 (382-460)
Bit 275-277
Bithorax Kompleksi 421-424
Bitkiler 505-522
Biyokütle 505, 528, 578
Blackmore, Susan 280-281, 282
Blair, W. F. 321
Blastaea 491
Blastula 381, 491-492
Bodmer, Walter 275-276
Bonner, J. T. 502-504
Bonobo 116-117
Bontius, Jacob 121
Boreosfenidan 242, 244
Böcekçil 203, 206, 228
Böcekler 416, 422, 428, 429
Bölüt 420-423, 604
Bölütlenme 604-606
Brachiosaurus 266
Brasier, Martin 20
Bromham, Lindell 332,333
Brown, James 510
Brunet, Michel 107-108
Buchsbaum, Ralph 387
Buğday 44-45
Bukalemun 177, 265, 388, 589
Bunyan, John 22
Burgess Shale 86, 442-443, 445
Bush, George W. 279, 404
Buz Adam 24
Buzul Çağı 38, 71,73, 409
Buzullaşma 461
Büyük Amerikan Mübadelesi 192, 225-226
Büyük Rift Vadisi 107, 115-116, 228, 312, 346
Büyük Set Resifi 466, 473

Cadı maki 168-171
Cain, Arthur 253
Cairns-Smith, Graham 551, 565-566, 606
Carroll, Lewis 284
Cartwright, William 259
Carwardine, Mark 176
Catania, Kenneth 255-256
Cavalier-Smith, Tom 539, 552, 615
Cennetkuşu 273-274
Censky, Ellen J. 155-156
Ceratodus 329
Chain, Ernst 400, 500
Chang Bir 53, 54
Chang İki 53, 54
Chang, Joseph T. 53-56
Chaucer, Geoffrey 22-23, 27, 33, 35, 54, 140-142, 145, 145, 254, 272, 322, 355, 509, 552, 580,
Chengjiang 86, 442, 444, 445, 449
Cherfas, Jeremy 110-111
Cırcırböceği 402
Cıvık küf 503, 526
Cinsel iki-biçimlilik 216-221
Cinsel seçilim 97, 103, 272-275, 277, 282-283, 415, 474
Clarke, Ronald 100
Cleveland, L. R. 530-533
Coğrafi yalıtıklık 347-350
Conway Morris, Simon 441, 443, 592-593
Cooper, Alan 284, 294, 196-197
Cott, Hugh 595
Courtenay-Latimer, Marjorie 334
Crick, Francis 548

Çakal 40, 41, 205, 278, 279
Çalı bebekleri 172-175
Çamur zıpzıpı 343-345

Çanaksı-solucanlar 389
Çardakkuşu 544
Çekinik 59, 62, 406
Çekirge 401-408
Çene-ağızlılar 360, 602
Çevre 39, 194, 197, 284, 290
Çevreye uyumlu renklenme 596
Çıplaklık 275-276
Çıyan383
Çift-hörgüçlü deve 226
Çifttoynaklılar 207, 212, 213
Çift-toynaklılar ve balinalar 207
Çita 71, 409, 598
Çocuk-biçimli 325-327
Çoğaltıcı 56-562
Çok-hücreliler480, 484, 486, 487, 489
Çok-hücrelilik 488-489, 504, 527, 605
Çok-karılılık 215-216
Çok-kocalılık 217
Çulluk yılanbalığı 340

Dalgıç örümcek 590
Darboğaz 68, 71, 409, 606-608
Dar-burunlular 128, 152
Darvinci(lik) 13, 15, 115, 269, 434, 544, 545, 560, 561, 596
Darwin, Charles 120, 127, 197, 209-210, 269-275, 282, 376-377, 474-475, 508, 528, 550, 558
Davies, Paul 578
Dawkins, Juliet 339-340
De Morgan, Augustus 533
De Ruiter, Leen 399
De Waal, Frans 116
Deep Green 507-508
Dekkan kapanları 180
Dendrokronoloji 300, 513, 514
Denizakrepleri 363, 386
Denizaslanı 215-216
Denizfıskiyesi 374-377
Denizfili 215, 219
Denizhıyarı 322, 378, 379, 381
Denizkestanesi 322, 378, 381, 424, 425
Deniz tabanı açılması 298-299, 301, 302, 322, 471, 475
Denizanası 466-478
Denizgülü 454, 468, 469, 473, 491
Denizlaleleri 378, 379
Denizyıldızı 378-381, 391, 425-426, 454-455,
Dennett, Daniel 281-282, 551, 598
Dentikül 359-360
Deri değiştirenler 385-387
Derisidikenliler 378-380, 394, 424-425, 444, 464
Dev-boylu kuş 288-296, 297
Dev panda 203
Deve 225-226, 231
Devekuşu 288-297, 307, 327, 332, 376
Devoniyen Dönem 17, 26, 307-309, 318, 329, 343, 361, 363
Dışderi (ektoderm) 464
Dış-iskelet 361, 592
Diamond, Jared 38, 39, 46, 415
Dickinsonia 450
Dikromatik görme 157, 159-164, 166
Dil 29, 33, 46-47, 54, 81, 588, 593
Din 407, 415, 417, 437, 556
Dingo 237, 240
Dinozor 88, 180-183, 185, 208, 210, 239, 259, 262, 263, 264-266, 583-584, 599
Diplodocus 266
Diploit 431
Disotell, Todd R. 126-129
Diyatom 524-527
DNA 30-35, 62-70, 80, 81, 138-143, 146-147, 165, 167, 196, 208, 332, 540, 552-556, 565, 566, 568, 569, 571, 572, 573-574, 605, 606,
Dodo 283-288
Doğal seçilim 32, 43, 56, 71, 78, 82-82, 102, 118, 127, 134, 139, 147, 155, 175, 197, 199, 200, 201, 209, 210, 214, 215, 216, 226, 230, 271, 280, 282, 286, 321, 323, 327, 347, 354, 394, 395, 396, 414, 431, 434, 436, 437, 449, 453, 454, 457, 458, 544, 560, 563, 575-576, 590, 598, 601, 604
Dokunaç 254-256, 380, 441, 468-471, 479
Dollo Yasası 110-354-355
Domuz 207, 208, 499-500, 548
Doushantou fosiller i450

DRIP 494-496, 499
Drosophila 267-268, 392, 417-428, 497
Dryopithecus 124, 128-129
Dugong 207, 209, 213, 228, 229, 232-234, 303
Düşüm 353, 397-399, 419, 421, 423, 426,
D vitamini 414

Ediacara dönemi 450
Ediacara faunası 445, 450
Edwards, A. W. F. 410, 412
Eigen, Manfred 565, 571, 572, 576
Eimer organları 255
Ekidne 243-245
Eklembacaklı 251, 384, 387, 420, 438, 439, 441-443, 604, 605
Ekliceler 377
Eko-mekân 474
Ekosistem 346, 572
Eski Dünya maymunları 149-152
Eksonlar 31, 82
Elektrikle yer belirleme 248, 544, 587
Elektrikli yılanbalığı251-252, 591
Elton, Charles 297
Embriyon 64, 201, 305, 308, 313, 319, 365, 366, 367, 382, 393, 418-420, 486, 491, 592, 607
Embriyoloji 138 ,194, 198, 200, 307, 323, 325, 382, 384-385, 396, 418, 438, 464, 486, 487, 605, 607
En yakın ortak ata (EYOA) 18, 21, 47, 51, 58, 61-66
Enquist, Brian 510
Ensatina 310-311
Entropi 354-355
Enzim 42, 500, 552, 562, 566-574, 606
Eosen Devre 165, 291
Ergastlar 78-86, 87, 318-319, 560
Ericsson, Leif 71
Escherichia coli 502, 574
Eski balinalar (Archaeocete) 208
Eşeyli üreme 431-437, 478, 606-608
Eşeysiz üreme 428-431, 433-434, 437, 536, 540
Eşoylum eğrisi 299, 301
Etçil 203-206, 477, 556
Eteneli memeli 205, 225, 228, 234, 458
Etik 123, 312
Euglena 525
Eusthenopteron 308
Evcilleş(tir)me 42-45, 267, 400, 561
Evrilebilirlik 600-609
Evrim 13-18, 20, 23-25, 30, 32, 35, 37, 77-78, 82, 93, 109-110, 131, 135, 141-143, 144, 145, 147, 200, 209, 266-272, 273-274, 280, 285, 286, 320, 343, 354-356, 371, 399, 546,-548, 561, 580-610
Evrim ağacı 113, 140, 147, 213, 332, 366, 429, 525

Falanus 177
Fanaloka 177
Fanerozoyik Üstzaman 260, 440
Fare 193-196
Felsenstein alanı 143
Felsenstein, Joe 143
Fenotip 196-200, 202, 281, 501
Feromon 276
Feynman, Richard 428
Fil 93, 215, 230-231, 457
Filfaresi 228
Filogeni 136, 146, 491
Fisher, R. A. 214-215, 274, 275, 279, 280, 447-448
Fleming, Alexander 500
Florey, Howard 400, 500
Fogle, Bruce 254
Fok 120, 207, 213-222, 271, 272, 586
Folas 388
Foraminiferler 181, 527
Fortey, Richard 451
Fosil yakıtlar 124, 563
Fosiller 24-27, 96, 513,
Fotosentez 505, 536, 537, 565, 580,
FOXP2 81-82

Galapagos Adaları 269, 270, 603
Galapagos ispinozu 269-272, 603
Garstang, Walter 327-328, 371, 376-377
Gastraea 491
Gehring, Walter 393

Geissmann, Thomas 146-147
Gelincik 205
Gen 31, 43, 56-64, 66-72, 77, 81, 161-167, 193-202, 281-282, 348-352, 365-368, 415-417, 417-428, 431, 432, 433, 434, 435-436, 456, 476-478, 500-501, 606, 608
Gen parlamentosu 64, 69
Genetik anormallik 417, 422
Genetik kayma 455
Genetik kod 19, 31, 34, 569
Genişlemiş fenotip 198
Genom 31, 44, 48, 69, 139, 165, 167, 193-196, 366-368, 435, 573, 608
Genotip 197, 419
Geospiza 265, 270-272
Gerbil
Gerçek çok-hücreliler 480, 484, 486, 546
Gerhart, John 602
Geriye değişim 352, 353, 378
Geviş getirenler 208, 210, 478, 529
Gevrek yılanyıldızı 278, 279, 381, 425
Gibon 102, 105, 127, 128, 131-137, 140, 145-148, 156, 157, 218, 220, 221
Gigantopithecus 118, 124, 131
Ginko 245
Glaukofit 506, 526
Globin zincirleri 365-267
Glyptodon 225
Gold, Thomas 577-578
Gondvana 176-179, 229, 234, 242, 262, 291-298
Goodall, Jane 114-115
Goril 118-123, 221, 277,
Gould, Stephen J. 13, 27, 269, 442, 491, 591
Göbelek 497-500
Göç 55, 68-71, 77, 127-130, 177, 431, 471
Gömlekliler 328
Göz 159, 353, 356, 392-393, 426-427, 584-586, 591
Grafen, A. 277
Grant, Peter ve Rosemary 269-272
Grassé, P. P. 483
Gribbin, John 110, 111
Grimstone, A. V. 530, 531, 532, 533
Guanako 226, 478
Guenon 128, 149, 150
Guguk 202, 597
Gundiler 192
Gurdon, John 323
Gümüş martı 311-313
Gümüş tilki 40, 43
Güney Amerika 118, 153-156, 179, 192, 223-227, 234-238, 242, 292-299, 582-584
Güve
Güvercin 138, 286-287
Gymnarchus 252
Gymnotidae 251-252

Hadobacteria 552
Hadrozor 264
Hadzi, Jovan 492-497
Haeckel, Ernst 209, 213
Haikouichthys 364, 443
Haldane, J. B. S. 437, 452, 563-565
Halkalısolucanlar 384-388, 441-443, 577, 604
Halkieria 443
Hallucigenia 440-442
Hamilton, W. D. 231, 275, 277, 428, 431, 434, 435, 581
Haplochromine 346, 350, 352
Haplotip 63, 69, 70, 351
Hardy, Alister 104, 210, 327, 377
Harvey, Paul 220, 221
Hearst, William Randolph 110
Hecin devesi 226
Helmintler 389
Hemofili 59-62, 69
Hemoglobin 70, 365-366, 368, 427, 537, 577
Heron Adası 473
Herp 260
Herto 74
Heterokontlar 525, 526, 527
Heterokroni 325-326
HIV 71
Hidralar 467, 469, 470, 491
Hindistan 176-178, 180, 227, 230, 234, 292-297

Hint-Avurpa 33-34
Hiper-döngü 571-572
Hipopotam 176, 207-213, 232, 282, 491
Hitler, Adolf 408, 409
Hodgkin, Alan 550
Holland, Peter 365, 377, 424, 428, 464
Homo antecessor 75
Homo erectus 68, 69, 74, 76, 78, 95,
Homo habilis 118, 309
Homo heidelbergensis 75
Homo neanderthalensis 75
Homo rhodesiensis 75
Homo rudolfensis 87
Homo sapiens 13, 17, 20, 42, 46, 74-78, 82, 89, 94, 95, 109, 118, 259, 312, 318, 319, 350, 593
Hooker, Joseph 508, 558, 559
Hopanoid 578
Hoppius 121
Hormon 40, 110, 196, 198, 325, 326, 411
Hortumlu maymun 18, 128
Hortumlu memeliler 231
Hou Xian-guang 442
Hox genleri 420-428, 438, 447, 483, 604, 605
Hurst, Lawrence 431, 515
Huxley, Aldous 110, 376
Huxley, Andrew 550
Huxley, Julian 110, 111, 326
Huxley, T. H. 120,121, 122, 277, 425
Hydra 424, 469
Hylobates 131-147
Hyman, Libbie Henrietta 483

Ichthyostega 307
Iguanodon 264
Irk 321, 403, 407, 411
Irkçılık 71, 123
Irksal çeşitlilik 48
Istakoz 387
Işınlılar 527
Işınsal simetrililer 380, 391, 394, 424, 425, 464, 466, 479, 492

İç-deri (endoderm) 464
İguana 155-156, 264, 294
İhtiyozor 207, 258, 261, 264, 266, 303, 584, 586
İki ayaklı 101-111, 135, 273, 277-280, 283, 582, 583, 593
İkincil-ağızlılar 382-385, 387, 389, 390, 393-395, 462, 463, 580, 613, 614
İkinci Dünya Savaşı 163, 400, 470, 588, 595
İki-taraflılar 464-465, 466, 492
İklim 149, 180, 234, 303, 414, 475, 514, 581
İleriye Büyük Sıçrayış 37, 45-47, 80, 281, 553
İlk-ağız 382-284
İndri 172, 178
İnsan Genomu Projesi 48
İnsangil 83, 85, 87, 88, 98-100, 107, 109-111, 128, 219, 258, 272, 318, 328
İnsaymun18, 87, 94, 95, 98, 102-106, 109-112, 115, 118, 120-121, 123, 124-137, 148-152, 157-158, 170, 278, 279, 328
İntron 31, 82
İribaş 110, 306-306, 323-324, 327, 328, 374-377, 450
İskelet 79, 80, 83, 100, 134, 359, 361, 592, 598,
İzotop 517-521

Jaguar 225
Jamoytius 364
Java insanı 78
Jeolojik zaman 26, 27, 46, 72, 266, 436, 601
Jerison, Harry 95
Johanson, Donald 83, 99, 116
Jones, Steve 60
Judson, Olivia 254, 430
Jura Dönemi 85, 242, 245, 258, 259, 331

K/T sınırı 180-184
Kaas, John 255, 256
Kabuklular 386, 443, 449
Kadife kurtçuk 441
Kalıtım 64, 71, 72, 76, 279, 560-566, 570
Kalkan balığı 356
Kambriyen Dönem 86, 361, 363-364, 365,

368, 380, 440-452, 460, 462, 542, 584, 590
Kambriyen Patlama 440-449
Kambursinekler439
Kamçı 484, 488-492, 527, 530, 531, 533, 545-551
Kamçılılar 504, 527, 531
Kanat solungaçlılar 379
Kanguru 134, 234, 236, 240-241, 583
Kaos 461
Kaplan 36, 403
Kaplumbağa 265
Kara bitkileri 176, 507
Kara delik 15
Kara köprüsü 52, 70, 127, 296, 297
Kara martı 312
Karbonifer Dönem 258, 263, 264, 303, 329, 360, 386
Karıncaaslanı 589
Karıncayiyen 224
Karides 225, 339, 424, 437, 476, 577, 585
Karinasız kuşlar 288, 290-296, 324
Karnabahar 94, 509, 511
Kartezyen dalgıç 341-342
Kas blokları 252, 364, 269, 4222, 604
Kaşık-ağızlı mersinbalığı 249-251
Katalizör 562, 564, 570, 572, 589
Kauffman, Stuart 580, 582, 584, 588, 591, 592, 604, 607
Kayamidyeleri 437-440
Kayabalığı 476, 587
Kayıp halka 112
Kaynaşık 68
Ke ailesi 81, 82
Kedi 203, 204, 206, 535
Kel turnabalığı 338, 339, 442
Kelebek 42, 322-324
Keliserliler 386
Kementli örümcek 589
Kemikli balıklar 250, 251, 309, 337, 340-343, 360, 361, 367, 470, 604
Kemirgenler 36, 153, 155, 177, 185, 190-202, 203, 206, 456, 458, 584
Kenyapithecus 88, 128, 129
Kerguelen Platosu 296
Kertenkelemsiller 303, 304, 332
Keseliköstebek 238-241
Keseliler 158, 234-241
Kıkırdak 359, 365, 424
Kıkırdaklı balıklar 357-360
Kılsızlık 273, 275-277
Kırsıçanları 228, 232
Kırkayak 138, 139, 386-388, 605
Kıtaların kayması 127, 291, 297
Kıvrık-burunlular 172,174, 178
Kimeu, Kimoya 83
Kimura, Motoo 453
King Kong 121
Kingdon, Jonathan 74, 104, 105, 106, 114, 133, 134, 277, 289, 349
Kingsley, Charles 232
Kipling, Rudyard 64
Kireçtaşı 83, 84, 85, 353, 473, 564
Kirpi 134, 178, 191, 203, 204
Kirpik 479, 481, 484, 492, 530-532, 554
Kirpikliler 504, 524, 526-527, 531, 532, 554
Kirschner, Marc 602
Kivu Gölü 350, 351, 352
Klad 203, 211, 212, 260, 261, 539, 604
Kleiber Yasası 509, 510, 512
Klein, Richard G. 129
Kloak 244
Klon 469
Kloroplast 478, 535-538, 542, 543
Knida 468
Knidliler 333, 424, 464, 465, 466-470, 479, 491, 544
KNM-ER 1470 87
Koala 134, 135, 235, 556
Koanosit 484, 488-489, 492
Kodon 31, 569
Koelakant 261, 308, 329-332, 334-336, 452
Koful 502
Kollajen 487
Kolobus maymunu 128, 149, 150, 529
Koloni 400, 469-471, 489-492, 501, 529, 557, 577, 592, 606
Kolsuayaklılar 331, 389,
Kolugo 185-189, 239, 588

Koni hücreler 157-162, 166, 255
Kordalılar 364-365, 369, 374, 378, 443, 450
Kortlandt, Adriaan 116
Korunmuş dizi 426
Koruyucu renklenme 595
Koşucu devekuşu 290-295
Koyun 43, 134, 316-317
Köksüz ağaç 136-137
Kömür 263, 264, 563, 564
Köpek 40-42, 44, 203-206, 240, 317, 561
Köpekbalığı 250, 264, 357-360, 361, 587
Köpekdişliler 262
Kör mağarabalığı 352-353
Köstebek 203, 206, 238-239
Krakatoa 178
Krebs, John 596-597
Kretase Dönemi 172, 180-184, 208, 234, 259, 293, 295, 299, 300, 360, 458, 599
Kristal 83, 314, 359, 487, 520, 526, 527, 566
Kromozom 58-70, 161-167, 194, 195, 366-367, 420-424, 431-433, 535
Krumbach, Thilo 481
Kum kurdu 382, 390
Kumkazan 190
Kunduz 134, 190-192, 196-202, 501, 544
Kurbağa 303-307, 320-322
Kurt 41, 42, 44, 134, 205
Kuskus237
Kutup 71, 192, 514-515
Kuyruk 133-135, 156, 479
Kuyruk kemiği 133
Kuyruksuz maymun 134
Küçük karides 577
Kükenthal, W. 481
Kültür 37, 115, 133, 404, 406, 407, 412, 415, (404-417)

Lack, David 270
Laetoli ayak izleri 85, 99
Laktoz toleransı 42-45
Lama 210, 226
Lambourn, W. A. 590
Land, Michael 585
Langton, Christopher 602
Langur 128, 149, 150
Lapina 476
Larva 110, 303, 322-328, 374; 376-377, 385, 400, 416, 420-421, 425, 482, 483, 589-590
Lascaux mağarası 46
Laufberger, Vilém 110, 326
Lavrasya 203, 236, 242, 292
Lavrasya memelileri 203-222, 231, 242, 254
Leakey, Louis 88
Leakey, Mary 99
Leakey, Meave 99
Leakey, Richard 83, 87, 88, 259
Lemming 191
Lemur 172-179, 185, 582
Leopar 103, 373, 409,
Levha tektoniği 21, 176, 291, 297-299, 302, 475, 601
Levha-derililer 361, 363
Levinton, J. S. 444
Lewin, Roger 259
Lewis-Williams, David 46
Lewontin, R. C. 410-413
Liem, Karel F. 602
Lignin 528, 529
Likenler 500, 501
Limulus 331, 386, 424, 585, 609
Lingula 331, 388, 609
Linnaeus, Carolus 121, 284, 485
Lithornis 291
Lofoforlar 384, 89
Lofotrokozoa 384, 385, 387-389, 463
Logaritma 53, 55, 89-93
Lokus 58, 63, 70, 162, 409, 454
Lopayaklılar 443, 459
Lop-yüzgeçli balıklar 329-331, 335, 337, 339, 343, 557
Lorenz, Konrad 40, 41, 250, 327, 416
Lorisler 173-174
Lovejoy, Owen 104
Luce, R. 576
Lucy 83, 99, 106, 110
Lufengpithecus 126, 128
Lyell, Charles 475

Madagaskar 149, 175-179, 223, 225, 227, 288, 292-293, 295-296, 582, 584
MADS box genleri 426
Makak 121, 128, 134, 135, 149, 150
Makro-evrim 600-601
Makro-mutasyon 446, 447, 448, 599
Malavi Gölü 228, 346, 347, 349
Mamut 32, 79, 230, 299
Man kedisi 134
Manatiler 209, 213, 228-229, 232-233
Manger, Paul 248
Manta vatozu 357, 358, 360
Mantarlar 400, 426, 427, 460, 492, 494, 496, 497-501, 553, 580
Manyetik polarite 301
Manyetik şeritler 301, 515
Mara 471
Margulis, Lynn 530, 531, 538
Marmoset 154, 157, 220
Marmot 191, 192
Martı 168, 311-313, 317
Martin, Robert 89, 95
Mastodonlar 230
Mauritius 283, 384, 285, 287, 349
May, Robert 384
Maya 497, 499
Mayıs sineği 322
Maynard Smith, John 423, 434, 435, 572, 606
Mayoz 432
Mayr, Ernst 317
McGavin, George 590
Mead, Margaret 117
Medüz 467, 469, 470
Melezleşme 50, 113, 261, 310-320, 347-348, 402-404, 407-408, 414
Memeliler 18, 94-95, 101, 139, 157-158, 179-185, 187-190, 203-222, 232-234, 237-239, 242-246, 253-255, 262-265, 393, 445, 458-459, 512, 583, 599
Memeli benzeri sürüngenler 258-263, 583, 583
Mendel, Gregor 406
Mercan 462, 464, 466-470, 472-478
Mercan resifi 466, 473-478
Mersinbalığı 249-251, 338,339, 361
Meselson, Matthew 431, 433, 435
Mesomycetozoea 494, 495, 499
Metabolizma 536, 562-563, 577, 580
Meyer, Axel 332, 350
Meyvesineği 393, 396, 417-428, 438, 447, 456-458, 605
Mezoderm (orta-deri) 464, 465
Mezonikidler 210
Mezozoik Zaman 207
Mısır 44, 45, 71, 268, 398, 412
Midye 378, 388, 438, 577
Mikoriza 498, 500
Mikroorganizmalar 20, 478, 501, 505, 509, 529, 530, 564, 581
Miksin 360-368, 443
Miller, Geoffrey 97, 274, 280
Miller, Kenneth 549-550, 564
Miselyum 497, 499, 500
Mitokondri 64-70, 428, 525, 537-538, 555
Mitoz 431, 432
Mixotricha 528-534
Miyosen Devre 124-127, 130-131, 238, 272, 357, 360
Moa 290-295
Molefe, Nkwane 100
Moleküler makine 548
Moleküler saat 35, 66-69, 333, 444,445, 449, 450, 452-460
Moleküler taksonomi 41, 86, 211, 304, 389, 485, 499
Mollon, John 164
Mongos 177, 205
Monito del monte 226
Monod, Jacques 549
Monofiletik klad 203
Morgan, Elaine 104
Morganucodon 245
Morris, Desmond 135, 275, 279
Mors 204, 205, 206
Mosazor 266
Motsumi, Stephen 100
Murdock, G. P. 218
Muridae 36, 191
Mutasyon 15, 45, 60-61, 64, 81, 134, 139, 143, 157, 164, 166, 193, 268, 351, 392,

417, 421, 422, 426, 431, 432, 446, 447-448, 454-460, 571, 573, 575, 599, 604, 605, 607
Mutke, Hans Guido 592, 594
Mürekkepbalığı 380, 388, 544, 585,
Myllokunmingia 364, 443, 444

Nal-yengeç 331
Nanoteknoloji 548, 549
Nautilus 388, 585
Neanderthal 32, 37, 38, 74-77, 80
Nemertodermatida (Hortumlusolucan-derililer) 462-463
Neojen Dönem 149
Neomura (yeniduvarlılar) 539, 543
Neoteni 110, 325, 376
Nesomyinae 177
Nesse, Randolph 486
Nyerere, Julius 348

Obdurodon 244
Ohta, Tomoko 453, 457, 458
Okçu balıklar 589, 591
Oklu kemirgenler 153
Oksijen 102, 313, 343, 365, 472, 510, 518, 521, 536-537, 560, 563, 564, 565, 578, 580, 581, 590, 592
Olabilirlik çözümlemesi 144, 146, 147
Oligosen Devre 149
Omurgalılar 17, 33, 35, 86, 94-95, 158, 167, 206, 111, 253, 258, 261, 265, 303, 328, 32, 358, 360-371, 376, 378, 386, 396, 422-425, 443, 444, 450, 459, 460, 580, 582, 604, 605
Omurgasızlar364-365, 378, 389, 583
Onikoforlar383, 386, 441,
Opabinia 443
Oparin, A. I. 563, 564, 565
Opsinler 161-167
Orak hücre anemisi 163
Orangutan 124-130, 221, 328
Ordovisyen Dönem 37, 357, 443
Oreopithecus 126, 128
Orgel, Leslie 549, 565, 576
Orman 472, 474, 477, 505
Ornitorenk 249-257, 332, 587, 609
Orta Atlantik Sırtı 299-300
Osteolepis 308
Otokatalitik tepkime 562
Otozom 161, 162, 167
Ouranopithecus 124, 126, 128, 129

Öbakteri 539, 542-557,
Ökaryot 493, 503, 506, 524-525, 527, 530, 535-540, 542, ,546, 553, 555-557, 580, 582, 584, 606, 608
Örümcek 203, 343, 386, 589-590
Örümcekmaymunu 134, 135, 154, 156
Özcülük 317, 318

Pagel, Mark 221, 275-277
Pakicetus 208, 211
Palamut kurdu 378, 379, 394, 424
Paleojen Dönem 149, 180, 259, 299
Paleosen Devre 168, 183, 291
Paleozoyik Zaman 360, 383, 386, 388
Panama Kıstağı 70, 192, 225, 353
Pangaea 242, 303
Pangolin 156, 203-206, 223, 454,455
Papağan 287
Parabasalia 531
Parazit 38, 139, 165, 167, 202, 275,-277, 323, 363, 389, 435, 438, 494-496, 497, 527, 532, 574, 575, 597, 698
Parazoa 484
Parenkima 461
Parker, Andrew 446-448
Pasteur, Louis 100, 559
Patagium 187
Pax6 393, 426, 427
Pax genleri 426, 427
Pedisel 381
Pekariler 225
Pelikan yılanbalığı 340
Pelikozor 181, 263
Penfield beyin haritası 248-255
Penguen 434, 478
Permiyen Dönem 27, 181, 182, 258, 259, 262, 263, 329
Pettigrew, Jack 248-250
Pickford, Martin 107, 108

Pigmeler 37, 122
Pika 190-191
Pikaia 364, 443
Pinker, Steven 17, 47, 80, 104
Pisibalığı 338, 339, 356
Placozoa 465, 481-483
Plankton 209, 251, 322, 346, 377, 425, 470, 471, 474
Platizoa 385, 389
Plinius, Genç 29
Plinius, Yaşlı 121
Pliyosen Devre 85, 112, 114, 278, 299
Polimeraz zincir tepkime 552
Polip 469
Polipifer 472, 473
Polo, Marco 288
Porpita 470
Potto 174
Powell, Colin 404-406
Prekambriyen 380, 395, 444, 445, 449-451, 459, 460, 580
Progenezis 325
Prosimianlar 525, 538, 539, 542, 606
Protein 30, 31, 34, 81, 82, 161, 199, 365, 366, 409, 419, 453, 455, 546, 549, 555, 559, 562, 564, 568: 571, 572,-576, 605, 606
Protokordalılar 364
Pterozor 266, 586, 588
Pullu-kuyruklu sincap 187, 191, 239
Pullman, Philip 547
Pusey, Harold 175, 261

Q, virüsü 574-576

Rackham, Arthur 175
Radyometrik tarihleme 108, 299, 300, 459
Ramapithecus 124
Reader, John 28, 104
Reagan, Ronald 513
Rebek, Julius 570
Renkkörlüğü 158, 162-166
Rhizobium 542, 549, 551, 588
Ribozom 55, 568, 569, 574
Ridley, Mark 221, 571, 584
Ridley, Matt 194, 221, 435
RNA 55, 566, 569-576, 606
Rodriguez soliteri (Pezophaps solitaria) 285
Romer, Alfred Sherwood 308, 309, 343
Roos, Christian 146
Rotatorlar 382, 283, 389, 428-437
Rowntree, V. J. 102
Rumsfeld, Donald 404
Russell, Bertrand 550

Salyangoz 105, 269, 382, 437, 441, 449
Salzburger, Walter 350
Sapan balığı 357
Sauropsidler 258, 261, 264; 265, 459, (264-302)
Savage, Dr. Thomas 121, 122
Schierwater, B. 481
Schuster, Peter 572
Seehausen, Ole 348
Sekoya 511, 609 (512-522)
Selüloz 478, 504, 528, 529
Semender 110, 303, 304, 307, 309, 313, 315, 317, (309-320)
Senut, Brigitte 107, 108
Serotonin 40, 41
"Sevgili çocuk" 99, 110, 112
Shapiro, L. H. 444
Short, Roger 220
Sıcak kanlı organizma 18, 456
Sıcak-sever 539, 552, 578
Sıçrayan fare 190-192, 240, 307
Sırt ipliği 363-365, 369, 374, 375
Sırt-karın ekseni 391, 396, 419, 424
Sırtlan 24, 84, 203-205, 471
Sihlid 179, 345-352, 602, 609
Silahlanma yarışı 435, 595-600
Silüriyen Dönem 329, 330, 337, 364, 389
Simbiyoz 535, 547
Simetri/simetrik 138, 380, 390-394, 424, 425, 463-465, 466, 479, 481, 492
Simpson, G. G. 225, 226
Sinbad 288
Sincap 134, 185, 190-192, 239
Sindirim 44, 45, 226, 340, 461; 463, 497,

499, 500, 529, 530
Sinir düğümü 377, 381, 387, 466
Sinir sistemi 160, 167, 374, 376, 381, 484
Sinsityum 419, 492, 497
Sirius Passet 442, 443, 449
Sivapithecus 124, 126, 128, 129
Sivrifare 180, 183, 185-189, 203-206, 210, 228, 230, 253, 258, 262, 586, 599
Siyanobakteriler 500, 506, 536, 542, 543, 554
Skink 156, 265, 332
Slack, Jonathan 428
Smith, David 535
Smith, J. L. B. 334, 336
Smolin, Lee 15, 16
Snoeks, Jos 350
Soğuk kanlı organizma 509, 510, 512
Solucan 303, 360, 374, 378, 380-396, 424, 425, 441, 443, 449-452, 461-466, 473, 479, 556, 557, 577, 605
Solungaç 324-326, 329, 343, 344, 357, 360, 363-365, 369, 463, 476, 491, 496, 511
Solungaç boşluğu 343-344
Solunum 342, 344, 463, 592
Somon 338, 496
Sosyobiyolog 58
Southwood, Richard 474
Sölenterler 479
Sölom 461
Sölomsuz yassısolucanlar 461-465, 492
Spiegelman, Sol 574-576
Stebbins, Robert 310, 311
Stewart, Caro-Beth 126-129
Stringer, Christopher 74
Sukeleri 303, 307, 325, 326, 496
Sukobayı 192
Sutherland, J. L. 530-532
Sümüklüböcek 206, 388, 468, 504
Süreksiz akıl 309, 313-315
Sürüngenler 94, 158, 239, 244, 245, 253, 260-265, 303, 306, 307, 367, 583
Swift, Jonathan 533
Syed, T. 481

Şempanze 20, 72, 81, 101, 104, 109, 110, 112-120, 218, 220, 221
Şinşilya 192

Tak 552, 553, 555, 557
Taksonomi 41, 144, 189, 205, 206, 284, 304, 372, 385, 403, 499, 531, 552, 609
Tamarin 154, 155, 162
Tamın, S. L 533
Tanganika Gölü 346, 347, 349, 350
Tapetum lacidum 168, 170, 585
Tarak 366, 424, 426, 427, 438,
Taraklılar 424-427, 464, 465, 467, 479, 480, 492,
Tardigradlar 172, 382, 283, 386, 559
Tarım Devrimi 37-40, 42, 44, 45, 190, 399
Tarlafaresi 190
Tasmanya kurdu 239-240
Taşemen 188, 360-368, 374, 443, 609
Tatlı su ıstakozu 352, 496, 605
Tatlı su levreği 331, 338, 339
Tatum, E. L. 500
Tavşanımsılar (Lagomorpha) 190
Tavşanlar 36, 153, 176, 190, 232, 237, 317, 596, 597
Tavuskuşu 263, 265, 272-277, 279-282, 609 (272-283)
Taylor, C. R. 102
Tek parmaklılar 205, 207, 223, 225
Tekerlek 389, 542, 544-548, 588,
Tekeşlilik 120, 133, 217-221
Tek-hücreliler 489-496, 527, 530, 531-533, 535, 537, 546, 553
Telicomys 192
Tembelhayvan 134, 135, 223-225, 234
Temizlikçi balık 347, 476
Templeton, Alan 69-71, 77, 431
Tenrek 50, 134, 177, 178, 203, 228, 229, 233, 253
Tepeli devekuşu 290, 291, 295
Tepeli köstebek 254-257
Teredo 388
Termit 192, 223, 226, 244, 278, 400
Ters yüzen çöpçübalığı 394-399
Testis 120, 220, 221, 234, 386, 529
Teuber, H. L. 414

Thermus aquaticus 542, 552, 557
Thomson, Keith 334
Tırpana balığ 356, 358, 359
Tırtıl 42, 322-324, 399,
Tifüs 190, 276, 538
Tinamu 265, 291
Tinbergen, Niko 399
Tinman 427
Tip Üç Salgı Sistemi (TTSS) 549, 550
Tokmakçık 420, 422
Toksodon 227
Tortul kayaç 219, 515, 520
Toumai 107-109, 111, 116, 280
Triyas Dönemi 258, 259, 262, 263
Trilobit 22, 251, 259, 386, 392, 443, 585
Triceratops 264
Trichomonas 527
Trichoplax 465, 481-485
Truganinni 52, 66
Tuatara 264, 265
Tudge, Colin 38, 188
Tulerpeton 307
Turkana Çocuğu 80, 83, 112
Turkana Gölü 80, 99
Turnabalığı 338, 339, 341-343
Turvey, Sam 251, 285, 306, 392
Tutumluluk 127-130, 141-146, 351
Tuzlu-karides 394-396, 399
Tüm-başlılar 359, 360
Tüpayaklılar 378-381, 425
Türbelarlar 389, 463
Türleşme 320, 345-347, 249, 350, 366, 367, 403, 415-417, 427, 435, 603, 605, 609
Twain, Mark 13, 599

Uçan sincap 187, 189, 192, 239, 307, 583
Uluyanmaymun 79, 154-165, 167
Urey, H. C. 564
Uyarıcı renklenme 595
Uyumlu bütün yanılsaması 477
Uyumsal yayılma 346
Uzun dal çekiciliği 142, 143, 146, 555

Üçgenleme 24, 33-35, 82
Üreme.33, 40, 56, 57, 64, 65, 104, 120, 165, 182, 187, 197, 215, 218, 220, 221, 232, 234, 244, 271, 286, 303, 305, 312, 321, 322, 324-328, 348, 349, 352, 374, 376, 377, 420, 428, 430-438, 448, 453, 456, 469, 486, 501, 528, 529, 536, 545, 561, 596, 602-608,

Valabi 158, 240
Vatoz 251, 252, 357-360
Velella 469, 470
Venter, Craig 48, 554
Venüs kemeri 479, 609
Verheyen, Erik 350, 351
Victoria Gölü 107, 149, 345-352, 609
Victoriapithecus 128, 149
Vikunya 226
Virüs 165, 280, 281, 314, 500, 508, 561, 562, 573-376, 603
Volkan bacası 577
Volkanik adalar 285
Volkanik kayaç 299, 300, 515, 520, 521
Voltaire 152
Volvokslar 491, 492, 506
Vücut kütlesi 89, 90, 93, 96, 220, 221, 509,

Wake, David 310
Wallace, Alfred Russel 275
Watson, James 572, 573, 575
Weber kemikleri 342
Wegener, Alfred 29, 298
Weismann, August 607
Wells, H. G. 408
West, Geoffrey 510
West-Eberhard, Mary Jane 603
Westoll, T. S. 329
White, Tim 74, 101
Williams, George C. 428, 434, 435, 486, 604
Woese, Carl 541-555
Wolfe, Tom 279
Wolpert, Lewis 382
Wong, Yan 22
Wray, G. A. 444
Wright kardeşler 594, 598

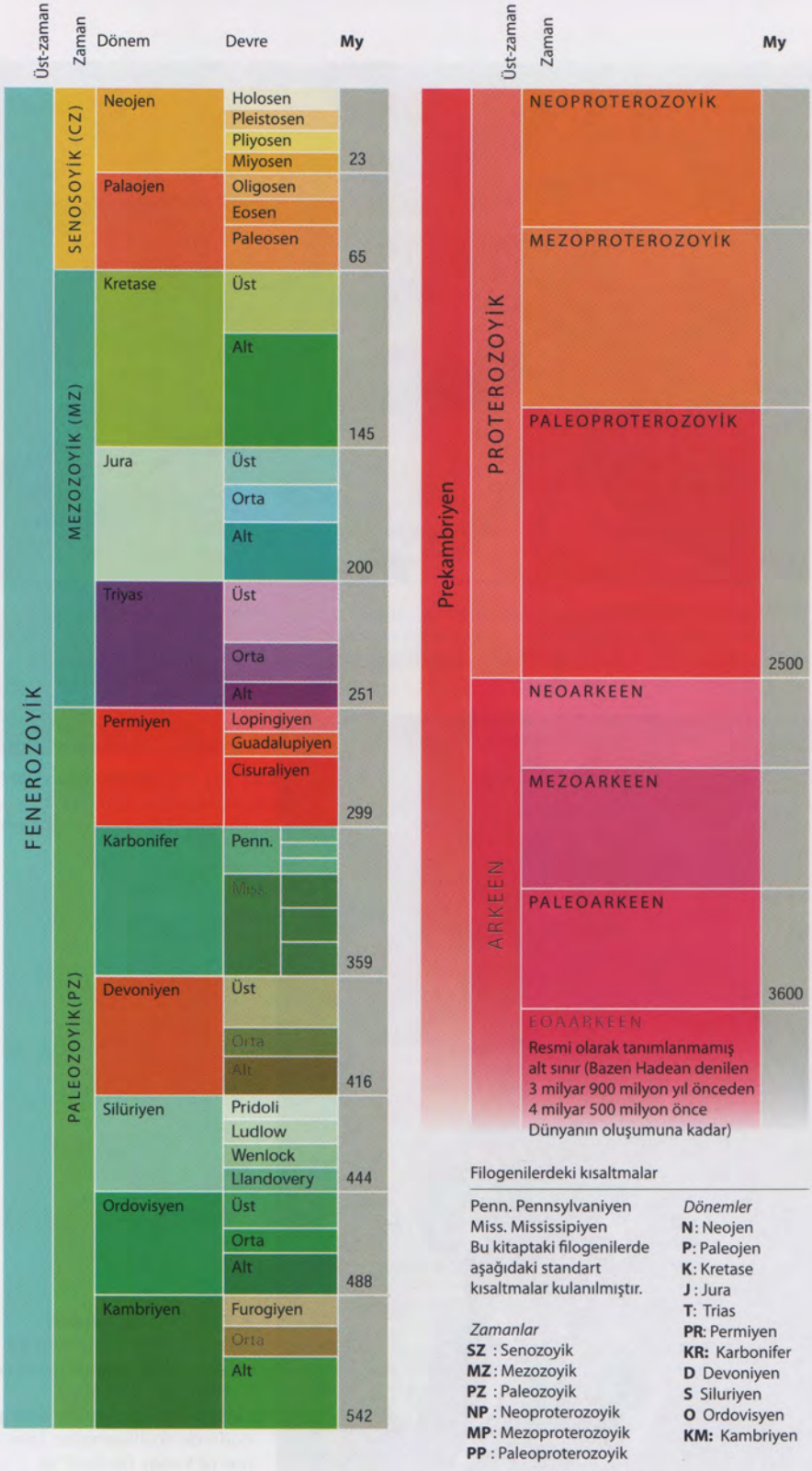
X-kromozomu 59-61, 161-167
Xenoturbella 378-380

Yağkuşları 585, 586
Yakalıkamçılılar 489-493, 495, 525
Yakınsak evrim 129, 239, 241, 346, 387, 591-593
Yaklaşık nötr kuramı 453, 455, 457
Yalancı genler 139, 147, 366, 367
Yapay seçilim 39, 40, 267
Yaprakarısı 417
Yaprakbiti 40, 401
Yaprakkesen 382, 399-401
Yapraklı denizejderi 337, 339, 527
Yarasa 134, 176, 185, 203-206, 234, 237, 240, 256, 257, 272, 360, 429, 544, 548, 585, 586, 588, 598, 599, 603
Yaratılışçılar 25, 65, 85, 189, 319, 440, 448, 547, 548, 588
Yarı-ömür 519-522
Yaşam Ağacı Projesi 261
Yaşayan fosil 331, 388, 529
Yeats, W. B. 357
Yediuyuklayanlar 190
Yengeç 41, 42, 322, 387, 392, 438, 577
Yeni Dünya maymunları 21, 151-156, 158, 161-164 (153-167)
Yeni Gine 38, 175, 187, 236, 237, 239, 241, 242, 286, 287, 290, 292, 412
Yeni Zelanda 236, 287, 290, 292-296, 362, 582
Yerdomuzu 228, 229
Yersolucanları 385, 388, 605
Yeşil algler 464, 506, 507, 537, 553
Yetenekliler 87 (87-97)
Yılan 139, 159, 253, 264-266, 340, 466, 544, 545, 604
Yılanbalığı 340-604
Yıldız şema (köksüz ağaç) 136, 525, 526
Y-kromozomu 64-70
Yosun 328, 329 340, 377, 506, 507, 527
Yosun hayvanları 382-384, 389
Yumuşakçalar 32, 364, 374, 376, 378, 380; 384-389, 396, 424, 443, 444, 4448, 468, 473, 585, 587, 588
Yunus 33, 89, 207, 209, 212, 233, 258, 261, 354, 355, 586, 596
Yüzme kesesi 341-343, 359

Zahavi, A. 275, 277
Zalim kuşlar 289, 290
Zardoya, Rafael 332
Zargana 338, 339, 342
Zebra 176, 230
Zırh 298, 339, 361, 363, 449, 595, 596
Zırhlı balıklar 361, 363
Zincirleme tepkime 274, 562
Zürafa 176, 231

RİCHARD DAWKINS

Clinton Richard Dawkins, 1941'de Nairobi'de doğdu. Oxford Üniversitesi'nde biyoloji öğrenimi gördükten sonra, doktora tezini aynı üniversitede etoloji (hayvan davranışları bilimi) dalında tamamladı (1966). 1960'ların sonunda Kaliforniya Üniversitesi'nde geçirdiği birkaç yıl dışında hep Oxford'da kaldı. 1976'da yayımladığı *Gen Bencildir*'le başlayan, bilimi kamuoyuna anlaşılır bir dille sunma çabası ona 1995'te Charles Simonyi Kamu Bilim Anlayışı Kürsüsü Başkanlığı'nı getirdi. Richard Dawkins, Britanya Kraliyet Bilim Topluluğu'nun yanı sıra, Kraliyet Edebiyat Topluluğu'nun da üyesidir.



1. Uluslararası Katmanbilgisi Komisyonu'nun yayınladığı zaman ölçeğinin basitleştirilmiş versiyonu (www.stratigraphy.org). Zaman ölçeği üst-zamanlara, zamanlara, dönemlere ve devrelere ayrılıyor. Zaman "milyon yıl"la ölçülüyor.



2. Çok özel bir şey olmaya başladı... Bu boğa resmi, Fransa'da Dordogne'da Lascaux Mağaraları'ndan alınmıştır. 1940'ta keşfedilen resimler, 16.000 yıl yaşındadır. Hayvan biçimleri ve hareketleriyle ilgili derin bir bilgiyi ve zarif sanat duygusunu gösterirler.



3. El ele mi tutuştular? Tanzanya'da, Laetoli'de 3,6 milyon yıllık insangil ayak izleri, 1978'de Mary Leakey tarafından keşfedildi. Volkanik küllerde fosilleşmişler. İzler, 70 metre kadar ilerliyor ve muhtemelen *Australopithecus afarensis*'in izleriydi.



4. Fosillerimiz olduğu için çok şanslıyız. Chengjiang fosil yataklarından, yumuşak vücut parçalarını ayrıntılı bir biçimde gösteren bir fosil solucan, Palaeoscolex sinensis. Chengjiang fosilleri Alt-kambriyen Dönem'e, 525 milyon yıl önceye kadar gider.





6. Bir Marslı Madagaskar'da kendini yabancı hisseder mi? Madagaskar'da, Morondava'daki baobab ağaçları bulvarı. Bu baobab türü, *Adansonia grandidieri*, yalnızca Madagaskar'a özgü olan altı türden biridir.

5. [Karşı sayfada] **Ortak Ata 3.** Muhtemelen zamanının çoğunu ağaçlarda geçiren büyük bir dörtayaklı insaymun olan Ortak Ata 3'ün hayali bir canlandırımı. Tüm büyük insaymunlar gibi, epeyce zeka sergilemiştir. Resim, Malcolm Godwin tarafından çizilmiştir.



7. Geniş fenotipinde yüzüyor. Avrupa kunduzu (*Castor fiber*).



8. Sürpriz bir balina. *Hippopotamus amphibius.* Bugün Afrika'da iki hipopotam türü yaşıyor (diğer cüce hipopotamdır, *Hexaprotodon liberiensis*), ama fosil kalıntılar, Holosen Devreye kadar Madagaskar'da üç hipopotam türünün yaşadığını gösteriyor.



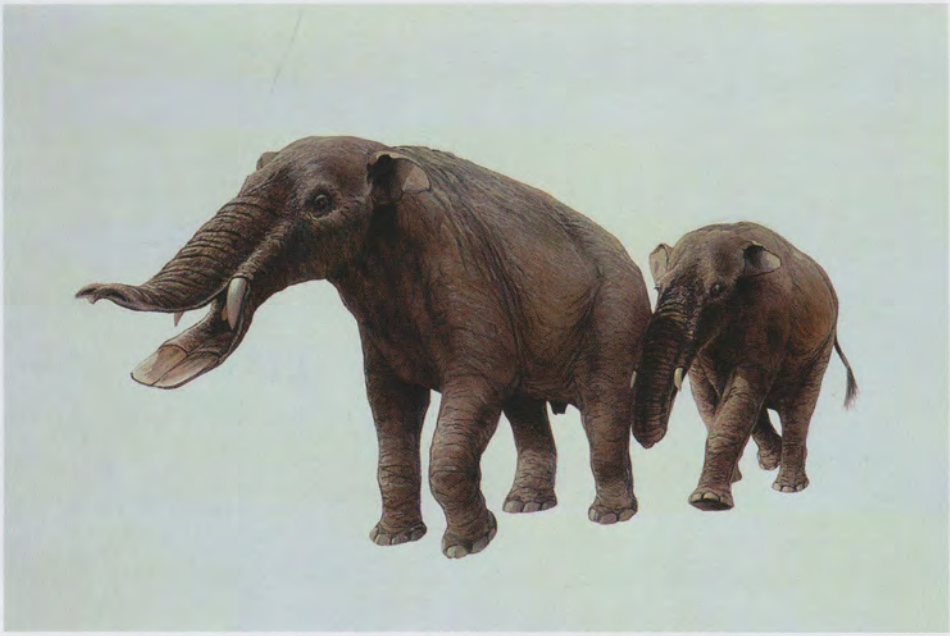
9. Güneşin altında yeni bir şey yok. Ernst Haeckel'in 1866'da yayınlanan ve hipopotamları balinalara yakın akraba gösteren memelilerin evrim ağacından ayrıntı.



10. Cüsse rağbet görür. Erkek ve dişi deniz fili (Mirounga leonina).



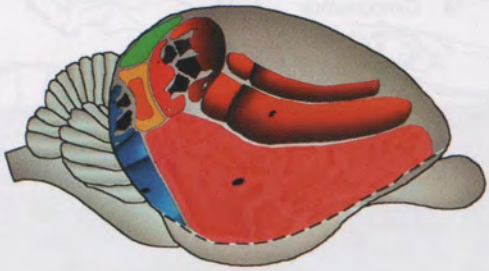
11. Beş küçükten biri. Cape fil faresi (*Elephantulus edwardii*).



12. Bir küreğin öncülüğünde. Sanatçının bir "kürek diş" ya da *Amebelodon* izlenimi.



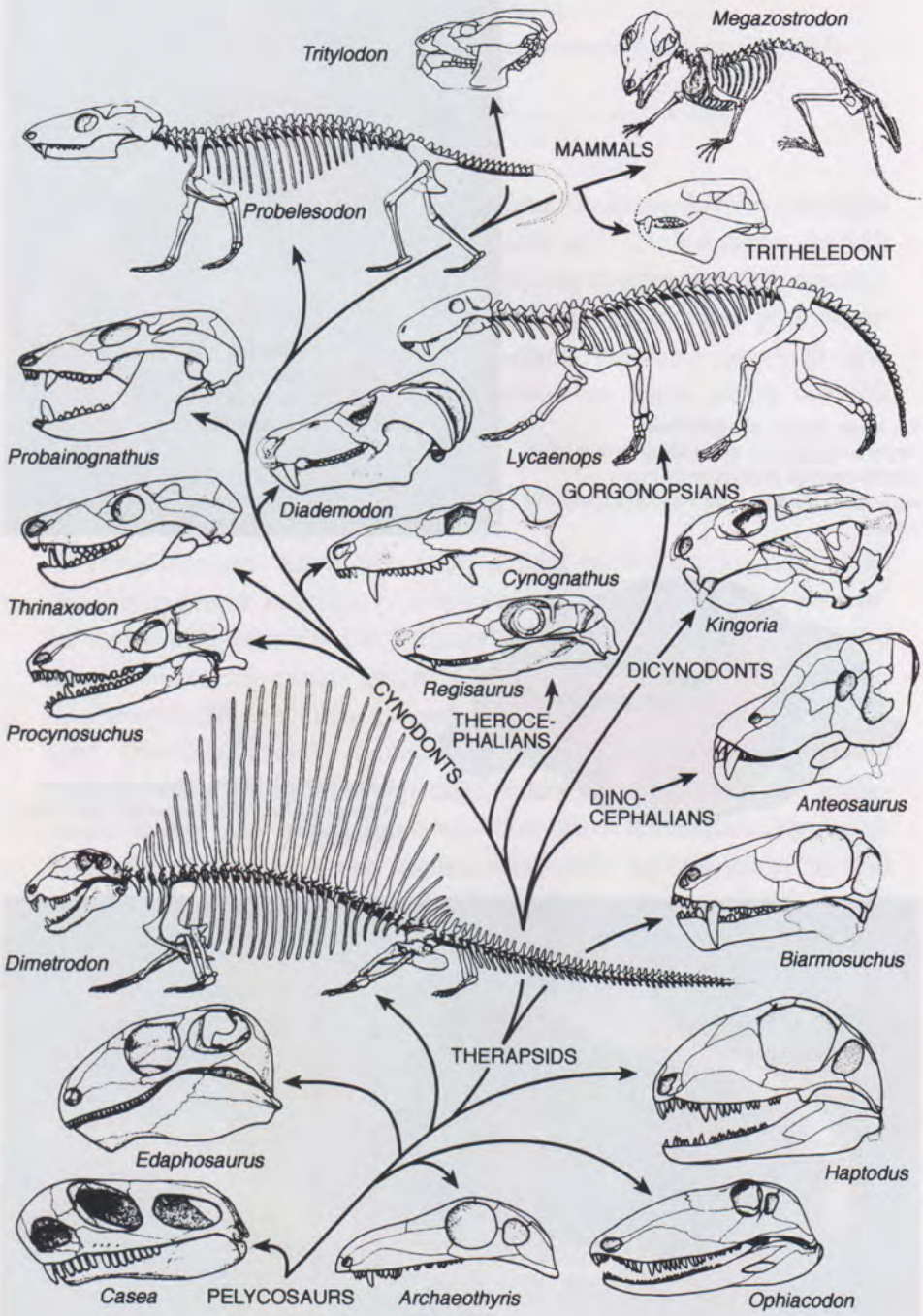
13. İnsan beyni, el ağırlıklıdır.
Beyin korteksinde duyu algılarına ayrılan alanla orantılı büyütülmüş insan vücudunu gösteren bir Penfield minyatür insanı.



14. Ornitorenk beyni, gaga ağırlıklıdır.
"Platypunculus," Pettigrew vd.'den [bkz. Kaynakça].



15. Aynı zekice hile mi? Kaşık ağızlı mersinbalığı (Polyodon spathula).



16.. Dinozorlardan önce. Memeliye benzer sürüngenlerin filogenetik ilişkileri. Tom Kemp'ten uyarlandı [bkz. Kaynakça]..



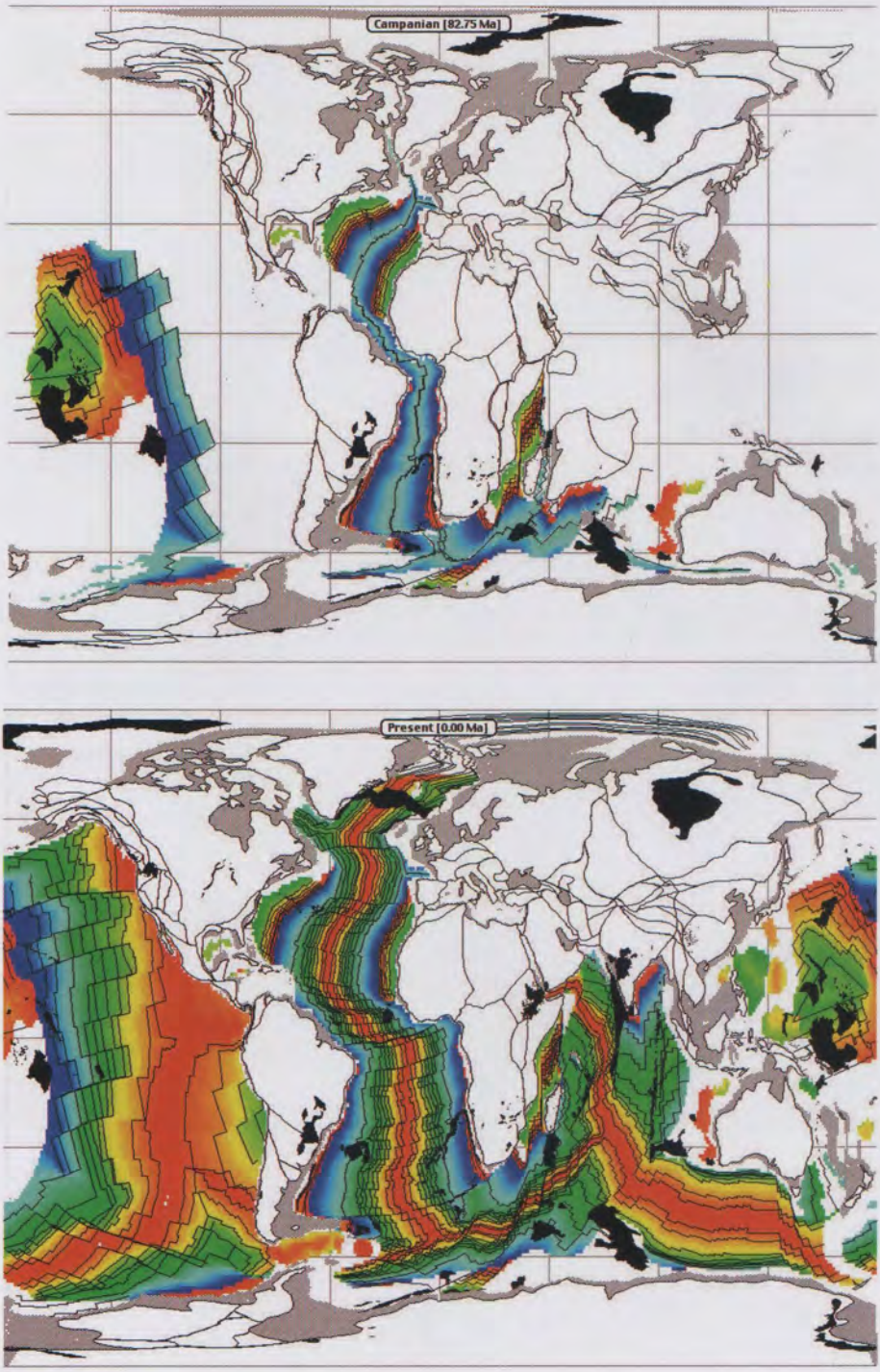
17. Seçilimin gücü. 90 kuşak boyunca mısır tohumlarındaki yağ içeriği bakımından seçilimin etkisi. Dudley ve Lambert'den uyarlandı [bkz. Kaynakça].



17.. Seçilimin gücü. 18. Garip, kaprisli evrim. Wilson'ın cennet kuşu (Diphyllodes respublica).



19.. Üst Jura Döneminde, yaklaşık 150 milyon yıl önce dünya . Süper-kıta Pangea Lavrasya (kuzeyde) ve Gondwana (güneyde) olarak ayrılmıştı ve Atlantik Okyanusu oluşmaya başlıyordu. Gondwana da parçalara ayrılmak üzereydi. İklim çok ılımandı.
[haritayla ilgili yazıların türkçesi numara sırasına göre şöyledir: 1) Geç Jura Dönemi, 2) Myö, 3) dalma-batma bölgesi (üçgenler, dalma yönünü gösteriyor), 4) deniz tabanı, yayma sırtı, 5) modern kara kütleleri, 6) eski kara kütleleri]



20. Bu iki harita deniz tabandaki kayaçların kalıntı manyetizmalarına dayalı yaşlarını temsil eder. Üstteki harita, 68 milyon yıl önceki dünyayı gösterir. Alttaki harita, bugünkü dünyayı gösterir. Renkli kuşaklar, Kretase Dönemi'nden kalma, yeni bir deniz tabanı oluşurken geri itilen deniz tabı kayaçlarını gösterir.



21. Süreksiz zihne bir darbe indiriyor. Kaliforniya'daki Büyük Vadi civarında Ensatina popülasyonu. Noktalı alanlar geçiş bölgelerini gösterir. Harita, Stebbins'ten (2003) uyarlandı.

22. [Karşı sayfada] **Ortak Ata 18.** Kara omurgalıları, burada canlandırılanlar gibi lop-yüzgeçli balıklardan evrildiler. Adı, heteroserkal (asimetrik) kuyruk ve sırt yüzgeci hariç, tüm yüzgeçlerde bulunan loplardan gelir. Resim, Malcolm Godwin tarafından çizilmiştir.

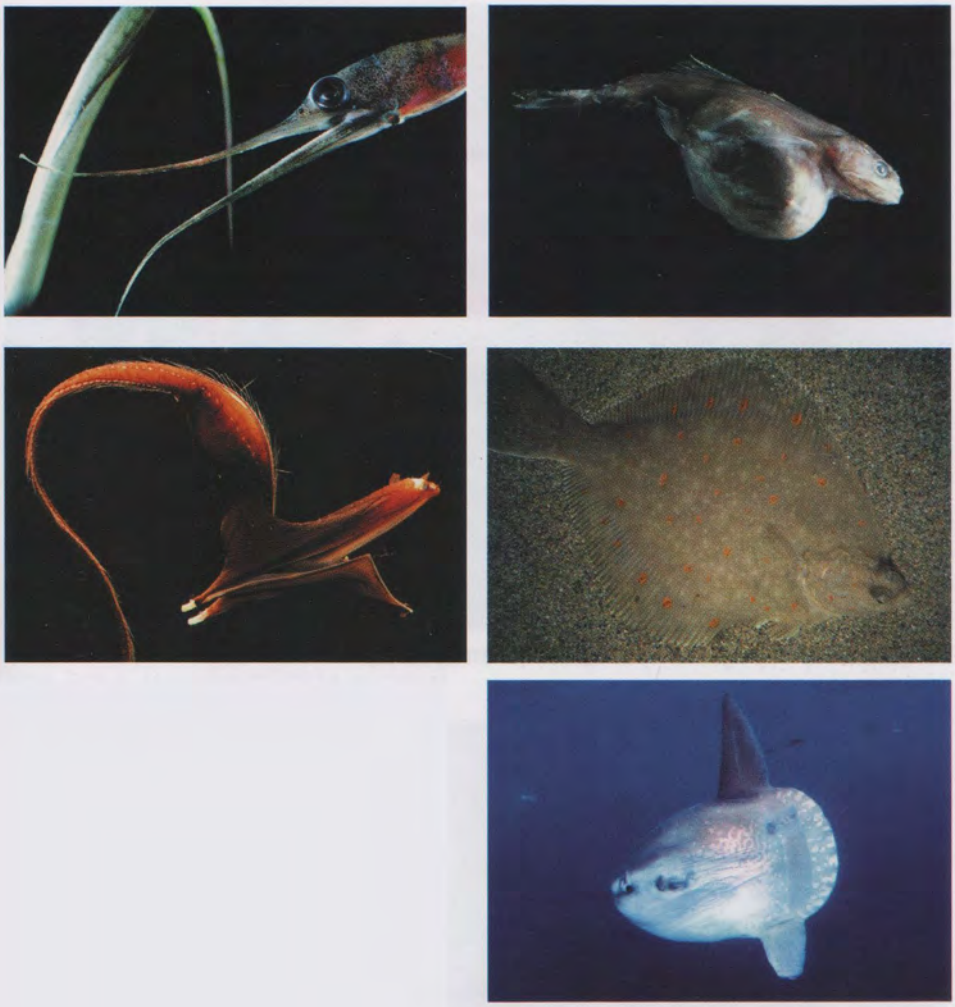




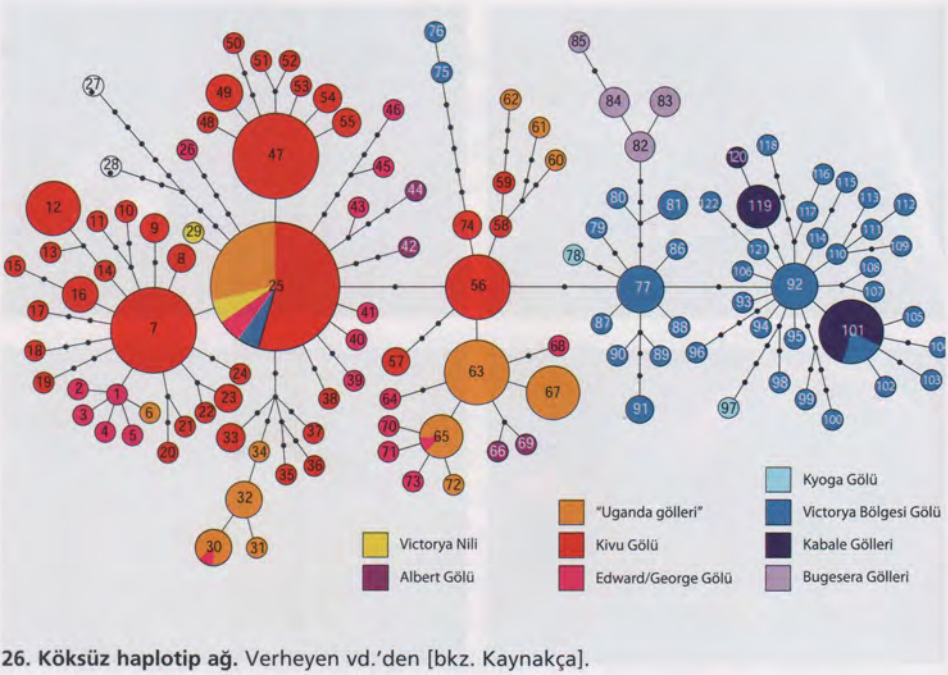
23. Sokakta yürüyen bir dinozor görseydim, bu kadar şaşırmazdım. Hint Okyanusu'nda Komor Adaları açıklarında fotoğraflanan koelakant (Latimeria chalumnae)



24. Deniz yosunu değil. Yapraklı Deniz Ejderi (Phycodurus equus).



25. Hayvan şekilleri, oyun hamuru gibi şekillenebilir. Çeşitli kemikli balık biçimleri. Sol üstten saat yönünde: Çulluk yılanbalığı (*Avocettina infans*); kara yutak (*Chiasmodon negri*) yemekten sonra; yıldızlı pisibalığı (*Pleuronectes platessa*); güneş balığı (*Mola mola*); pelikan yılanbalığı (*Eurypharynx pelecanoides*).



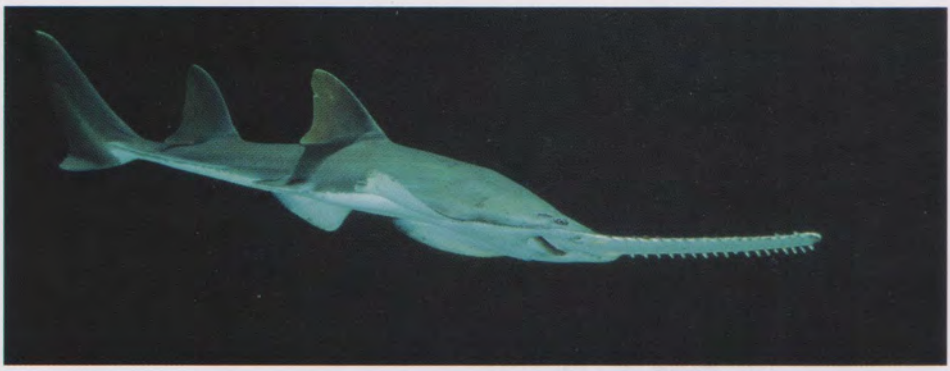
26. Köksüz haplotip ağ. Verheyen vd.'den [bkz. Kaynakça].



27. Picasso onları severdi. Tırpana (*Raja batis*, üstte), karnına yaslanır; köpekdili (*Bothus lunatus*) sağ tarafına. Bu taraftaki göz zamanla sol (üst) tarafa göç etmiş. Çizen: Lalla Ward.

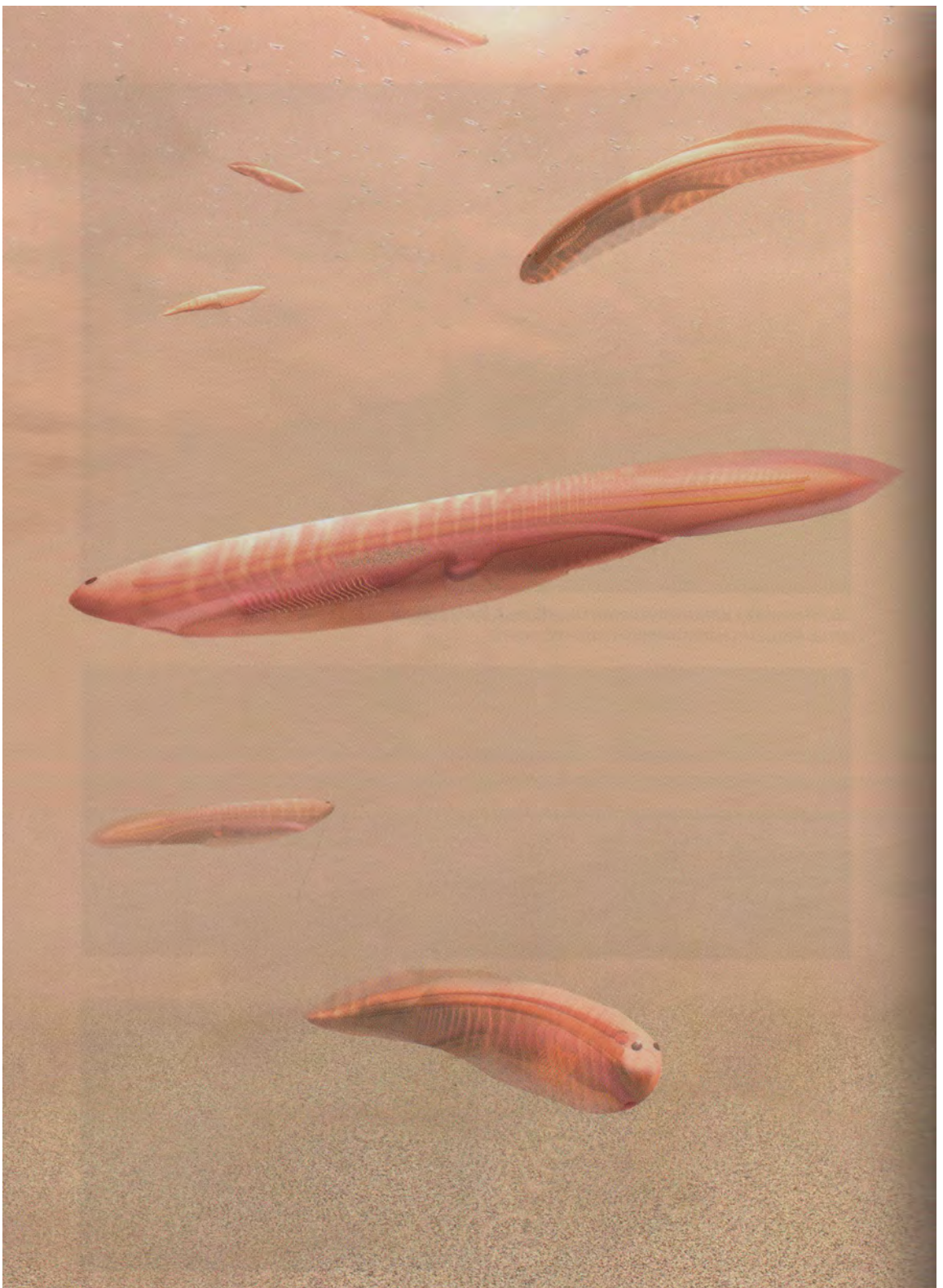


28. Bir sanatçı kafası iyiyken mi tasarlamış? Üstte: Büyük çekiç balığı (*Sphirna mokarran*); altta: Tatlı su testerebalığı (*Pristis microdon*).





29. Hayaletsi görüntü. Tümbaşlıların karakteristik büyük kafalarını ve kanat gibi göğüs yüzgeçlerini gösteren hayalet köpekbalığı (Callorhynchus milii).



30. Ortak Ata 23. Bu ortak atanın, basit beynin altından vücut boyunca uzanan bir sırt ipliği (sert kıkırdak bir çubuk) olduğu sanılıyor. Modern batrak gibi miyomerleri (V şeklinde kas blokları) vardı ve suyu solungaçlarından süzüyordu. Resim Malcolm Godwin tarafından çizilmiştir.).



31. Kadro hakkı kazanan bir doçent gibi? Yetişkin mavi deniz fıskiyesi (*Rhopalaea crassa*).



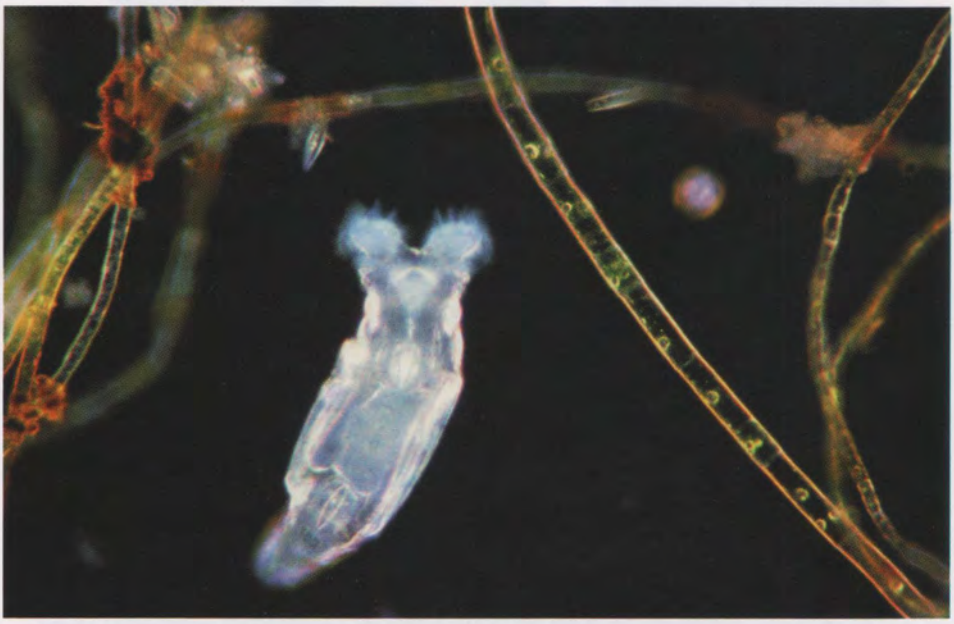
32. İşçilerin kesip taşıdığı, hışırdayan geniş, yeşil ırmaklar. Yuvaya yaprak parçaları taşıyan yaprakkesen karıncalar (*Atta*).Yaprağa binen küçük işçiye dikkat edin.



33. Bir Marslı bunları bire karşı üç olarak ayırmaz mıydı?



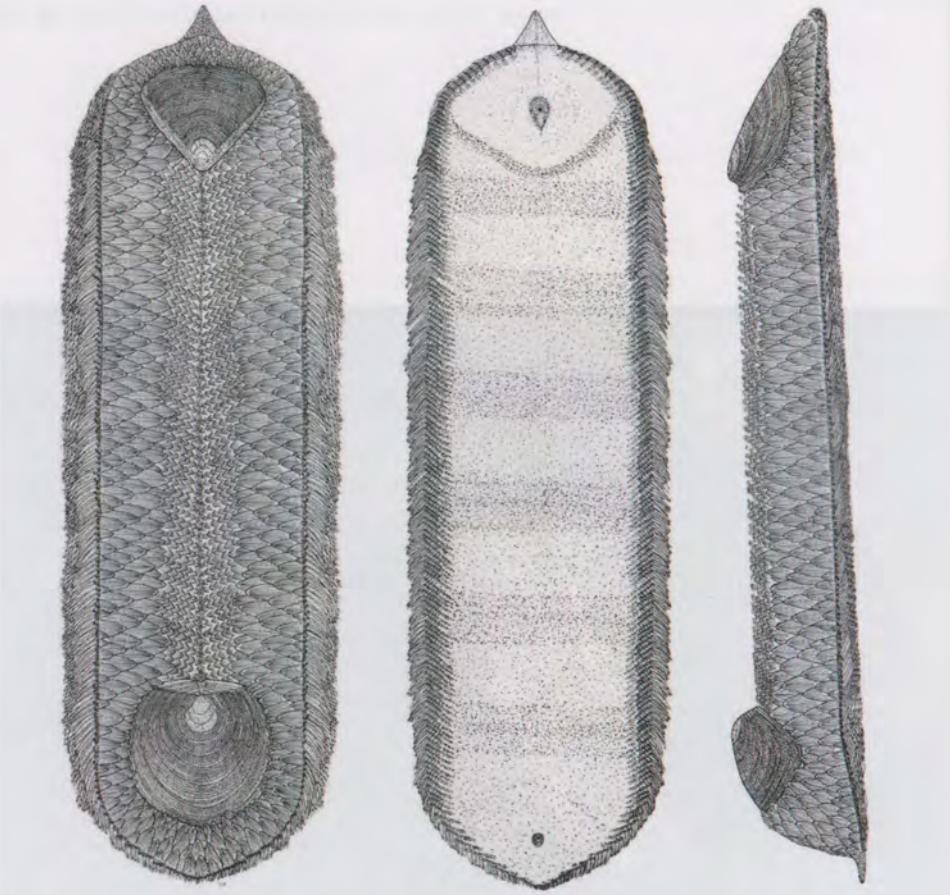
34. Hücreler yanlış bölütte olduklarını "sanarlar." Homeotik mutant meyve sineği.



35. Bir evrim skandalı. Antarktika'da bulunan bir sülüksü rotatorun ışıklı mikroskobik resmi.



36. Kadife kurtçuk. Modern onikofor *Peripatopsis moseleyi*



37. Büyük filumlara gösterilen mistik saygıyı kırıyor. Grönland'daki Sirius Passet'ten, Alt-kambriyen Dönem'e tarihlenen *Halkieria evangelista*. Çizim: Simon Conway Morris.



38. Bunu ne yapalım? Ediacara faunasının bir parçası, *Dickinsonia costata*.



39. Rüzgârla yol alır. Mavi düğme ya da mavi deniz yıldızı *Porpita*'nın, ortada etrafı dokunaçlarla çevrili ve gazla dolu bir yüzdürücüsü vardır. Yakın akrabası Velella gibi Porpita'nın da, bir koloniden çok oldukça değişmiş bir polip olduğu sanılıyor.



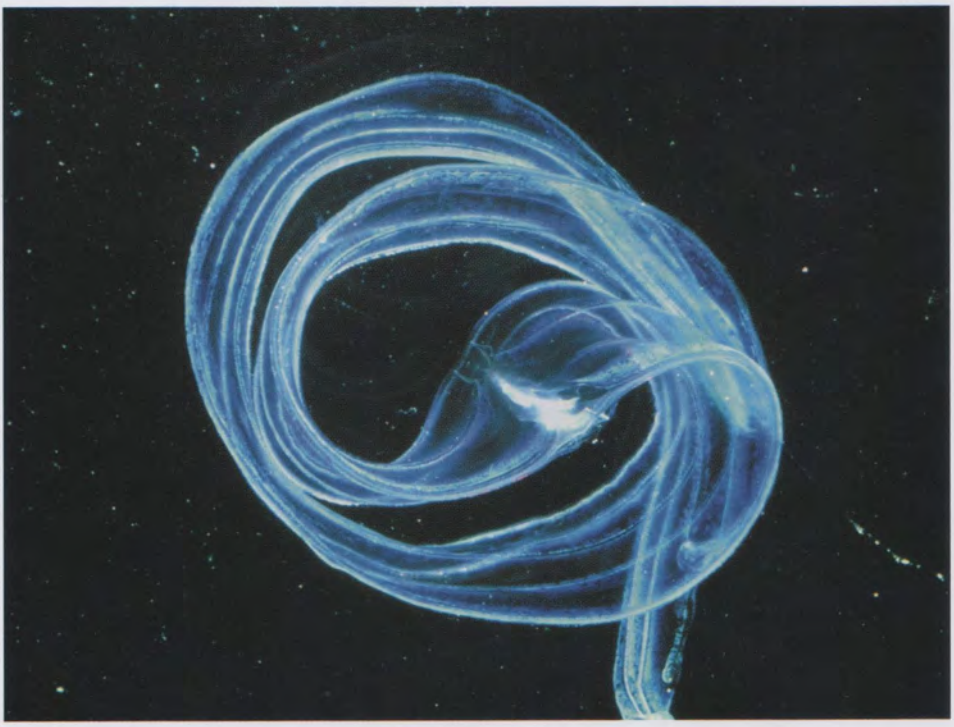
40. Denizanası filosu. Su yüzeyine toplanmış *Mastigias* denizanaları; Palau, batı Pasifik.



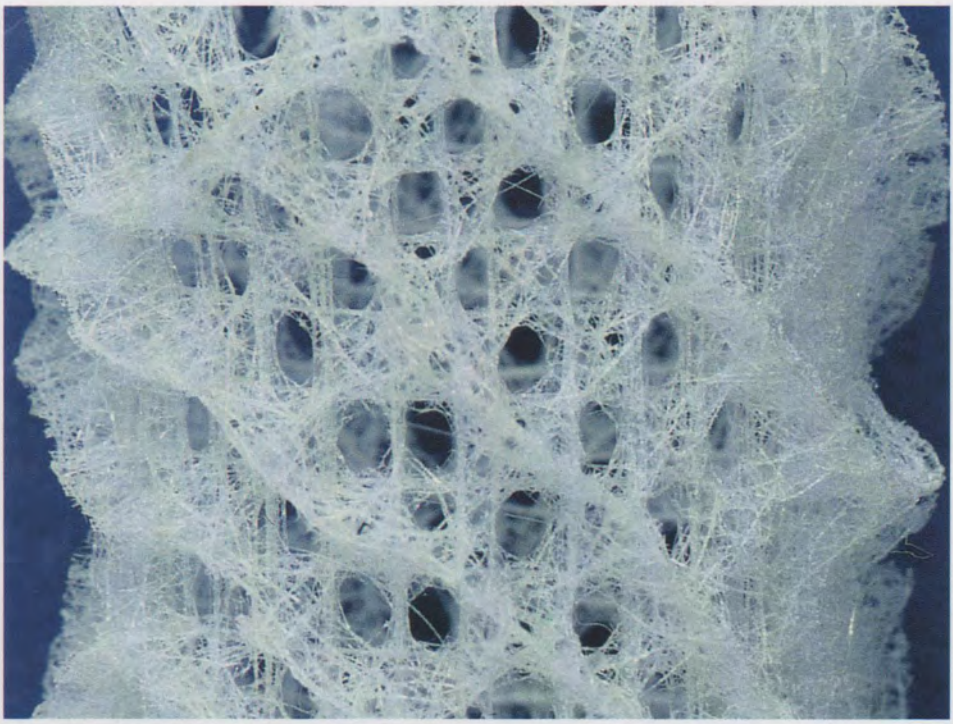
41. Dünyanın haritasını yeniden çizdiğini iddia edebilecek hayvan sayısı fazla değil. Büyük Set Resifi'nde Heron Adası.



42. Denizdeki berberde güven. Kırmızı keçibalığı (*Parupeneus rubescens*) üzerinde çalışan temizlikçi balık (*Labroides dimidiatus*), Kızıldeniz.



43. Bir tanrıçaya yakışır. Venüs kemeri (*Cestum veneris*)



44. Venüs'ün çiçek sepeti. Cam sünger *Euplectella aspergillum*'un iskeletinden ayrıntı.



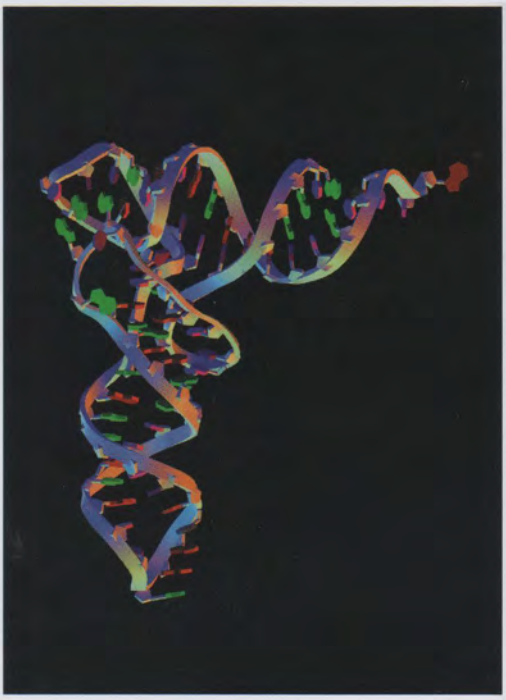
45. Göbeleklerin âlemi. Bazitli bir mantar olan arsız boynuz *Phallus impudicus*.



46. Ortak Ata 36. Tek hücreli ökaryot, sağ altta hücre içi ağıyla çevrili bir çekirdek sergiliyor. Hücre yapısı, bir hücre iskeletiyle (sitoiskelet; beyaz iplik ağı) sürdürülür. Ortak ata, olasılıkla hem kamçısını kullanarak, hem vücut parçaların uzatarak hareket ederdi. Resmi Malcolm Godwin çizmiştir.



47. Birini görmüşseniz... *Sequoiadendron giganteum*, Sequoia Ulusal Parkı, Kaliforniya.



48. İstediği düğüme bağlanır. Minyatür bir ikili sarmal yapmak üzere kendisiyle eşlenen taşıyıcı RNA'nın bilgisayar grafiği.



49. İhtiyozorun yeniden ortaya çıkışı. Henry de la Beche'nin bu karikatürü, dünyadaki periyodik iklim değişimlerinin ve bununla bağlantılı yaban yaşam değişiminin, *Iguanodon*'un yeniden ormanlarda kükrediği ve ihtiyozorların denizde yeniden ortaya çıktığı bir geleceğe yol açabileceğini savunan Charles Lyell'in görüşünü yeriyordu.



50. Göz geliştirmeye neredeyse arsızca hevesli. Bazı göz örnekleri. Sol üstten saat yönünde: *Nautilus pompilius* (iğne deliği göz); *fosil tribolit* (Phacops, calsit lenslerden oluşan bileşik göz); *Similium* cinsi karasinek (Similium damnosum, bileşik göz); papağan balığı, iskaroz (*Sparisoma viride*, balık gözü); büyük boynuzlu baykuş (*Bubo virginianus*, kornealı göz).

Milyar Yılda Devr-i Hayat!

Gen Bencildir, Kör Saatçi ve **Tanrı Yanılgısı**'nın yazarından, evrim hakkında bugüne dek yayımlanmış en anlaşılır, en sürükleyici kitap...

Yazmaktaki yeteneği, İngiliz kültürünün zamanımızdaki en büyük ustalarına verilen Shakepeare Ödülü'yle taçlandırılan, çağımızın dünyada ve Türkiye'de en çok okunan biliminsanı Richard Dawkins, **Ataların Hikâyesi'**nde yaşamın dört milyar yıla yayılan evrimini anlatıyor. Hayatın büyük hikâyesi, günümüz insanından ve türlerin zamanımızdaki muazzam çeşitliliğinden başlayıp geriye doğru ilerleyen, her birini ayrı bir türün dillendirdiği elliden fazla ara hikâyeyle yeryüzünün ilk canlısına uzanıyor.

"Günümüzde, konusunu, uzmanlık alanının dışında kalan okura bu derece berrak ve ışıltılı biçimde açıklayan başka bir biliminsanı yok."
John Corwell, Sunday Times

"**Ataların Hikâyesi**, okuyanda dünyayı taptaze, coşkulu bir gözle gördüğü duygusunu uyandırıyor."
Robert Hanks, Daily Telegraph

"Darwin'in yapamadığını, Bay Dawkins yapıyor... Muhteşem bir hikâye anlatıcısı!"
New York Times

"Dawkins eşsiz. Kimse bilimi böyle heyecan verici, böyle ilginç, böyle anlaşılır kılamaz. Daha önce böylesinin yapılabildiğini sanmıyorum. Keşke Stephen Hawking, onun anlaşılırlığının onda birine sahip olsaydı."
Jonathan Gathorne-Hardy, Spectator

"Dawkins'in yazdıkları, tam bilimin dramasını yakalayan türden. Metaforlar, tutkulu tartışmalar, iğneleyici bir mizah, renkli örnekler ve kurduğu beklenmedik bağlantılarla, yazım tarzı büyüleyici olabiliyor."
John Cleese, San Fransisco Cronicle

"Daha önce okuduğum hiçbir kitap, evrimin sonsuzca uzun çağları boyunca meydana gelen değişimler hakkında, bende böyle başdöndürücü, dolaysız bir enginlik ve yabancılık duygusu uyandırmamış ya da yaşamın bütün öğelerinin birbirleriyle bu kadar derinden bağlı olduğunu bana hissetirmemişti."
Robert Hanks, Daily Telegraph

"Dünyayı keşfetmeye yeni başlayan tüm genç insanlara verilmesi gereken bir kitap. Onlarda merak ve hayranlık uyandıracak ve onlara tüm büyüsü içinde dünyanın tükenmez olduğunu gösterecektir."
Anthony Daniels, Sunday Telegraph

HİL YAYIN
978-975-7638-34-6
9 789757 638346

KİTAP
SKB 0962102 VKV