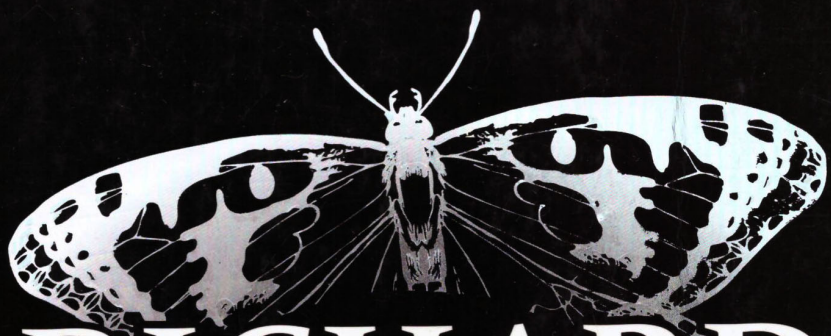
TANRI YANILGISI
KİTABININ BESTSELLER YAZARI



RICHARD DAWKINS

YERYÜZÜNDEKİ EN BÜYÜK GÖSTERİ



EVRİMİN KANITLARI

kuzey

RICHARD DAWKINS



YERYÜZÜNDEKİ
EN BÜYÜK GÖSTERİ
EVRİMİN KANITLARI

kuzey

Richard
DAWKINS

YERYÜZÜNDEKİ EN BÜYÜK GÖSTERİ

Evrimin Kanıtları

THE GREATEST SHOW ON EARTH

The Evidence For Evolution

Çevirenler

İstem Fer
Kahraman İpekdal
B. Duygu Özpolat
Uygar Polat

ISBN 978 - 9944 - 315 - 29 - 6



YAZAR HAKKINDA

Profesör Clinton Richard Dawkins dünyaca ünlü, kitapları dünya çapında milyonlarca satmış olan evrim biyoloğu ve yazardır. Nairobi'de 1941 yılında doğmuş olan Dawkins, Oxford Üniversitesi'nde biyoloji öğrenimi gördü. Ardından aynı yerde hayvan davranışları bilimi üzerine doktora tezini tamamladı. 1995 yılında bilimin halkça anlaşılması için oluşturulmuş Oxford Üniversitesi Charles Simonyi kürsüsünün başkanlığına getirildi. Britanya Kraliyet Bilim Topluluğu ve Kraliyet Edebiyat Topluluğu'nun da üyesidir.

Yazdığı ilk kitap olan *Gen Bencildir (1976)*, Richard Dawkins'i üne kavuşturan ve yayımlandığı anda bestseller olan kitabıdır. Modern evrimci çalışmanın bir klasiği haline gelen bu kitabın ardından bir dizi çok satan kitap gelmiştir. Toplam 8 kitabın arkasından yayınladığı Tanrı Yanılgısı isimli kitapla dünya çapında sansasyon yaratan Profesör Dawkins, aralarında 1987 Kraliyet Edebiyat Topluluğu ödülü, 1990 Kraliyet Topluluğu Micheal Faraday ödülü, 1997 İnsan Biliminin İlerlemesi İçin Uluslararası Kozmos Ödülü (International Cosmos Prize for Achievement in Human Science), 2001 Kistler Ödülü, 2001 Shakespeare ödülü ve 2007 Galaxy İngiliz Kitap Ödülleri Yılın Yazarı ödülünün de olduğu sayısız onurlandırma ve ödülün de sahibidir.

Yazarın Tanrı Yanılgısı isimli kitabı için Türkiye'de 2 kere dava açılmıştır. Ayrıca yazarın web sitesine Türkiye'den giriş mahkeme kararı ile yasaklanmıştır.

YAZARIN BÜTÜN KİTAPLARI

Gen Bencildir
(The Selfish Gene)

Genişletilmiş Fenotip
(The Extended Phenotype)

Kör Saatçi
(The Blind Watchmaker)

Cennetten Akan Irmak
(River Out of Eden)

Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak
(Climbing Mount Improbable)

Gökkuşağını Çözmek
(Unweaving the Rainbow)

Ataların Hikayesi
(The Ancestor's Tale)

Bir Şeytan'ın Papazı
(A Devil's Chaplain)

Tanrı Yanılgısı
(The God Delusion)

Yeryüzündeki En Büyük Gösteri
(The Greatest Show On Earth)

Copyright © by Richard Dawkins
All rights reserved.

Kitaptan tanıtım amacı ile yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının izni olmadan, hiçbir biçimde ve hiçbir yolla kitabın içeriğinin bir bölümü ya da tümü yeniden üretilemez ve dağıtılamaz.

Baskı - Cilt: İdil Matbaası
Davutpaşa cad. No:123 Kat 2 Topkapı - İSTANBUL
Tel 0212 482 36 01

Çevirenler
İstem Fer
Kahraman İpekdal
B. Duygu Özpolat
Uygar Polat

Editörler
Uygar Polat
Tunç Tuncay Bilgin

ISBN 978 - 9944 - 315 - 29 - 6

Baskı Mart 2010

Kuzey Yayınları
www.kuzeyyayinlari.com

kitapla ilgili her türlü durumda bizimle
kitap@kuzeyyayinlari.com adresinden iletişime geçebilirsiniz

Josh Timonen'e

İÇERİK

ÖNSÖZ		7
Bölüm 1	SADECE BİR TEORİ Mİ?	9
Bölüm 2	KÖPEKLER, İNEKLER ve LAHANALAR	25
Bölüm 3	MAKROEVRİME GİDEN SEFA YOLU	47
Bölüm 4	SESSİZLİK ve YAVAŞ ZAMAN	83
Bölüm 5	GÖZLERİMİZİN ÖNÜNDE	105
Bölüm 6	KAYIP HALKA MI? "KAYIP" DERKEN NEYİ KASTETTİNİZ?	133
Bölüm 7	KAYIP İNSANLAR MI? ARTIK KAYIP DEĞİLLER	169
Bölüm 8	SİZ KENDİNİZ DOKUZ AYDA BAŞARDINIZ	193
Bölüm 9	KITALARIN GEMİSİ	231
Bölüm 10	KUZENLİK AĞACI	261
Bölüm 11	GEÇMİŞ HER YERİMİZDE	305
Bölüm 12	SİLAHLANMA YARIŞI ve "EVRİMSEL TEODİSE"	337
Bölüm 13	BU YAŞAM GÖRÜŞÜNDE İHTİŞAM VAR	359
EK - TARİH İNKÂRCILARI		385
NOTLAR		395
KAYNAKÇA ve İLERİ OKUMALAR		403
KULLANILAN RESİMLER HAKKINDA BİLGİ		409

ÖNSÖZ

Evrimin kanıtları gün geçtikçe büyüyor ve daha önce hiç bu kadar güçlü olmamışlardı. Aynı zamanda, mantığa ters bir biçimde, yanlış bilgilendirilmiş muhalefet de hiç hatırlamadığım kadar güçlü. Bu kitap, evrim "teorisi"nin gerçek olduğuna yani bilimin herhangi bir gerçeği kadar su götürmez bir gerçek olduğuna dair kanıtların kişisel bir özeti.

Bu evrim hakkında yazdığım ilk kitap değil ve bunda neyin farklı olduğunu açıklamalıyım. Bu kitap için benim kayıp halkam denilebilir. *Gen Bencildir* ve *Genişletilmiş Fenotip*'te tanıdık doğal seçilim teorisine, tanıdık olmayan bir bakış sunulmuştu ama evrimin kendisinin kanıtları tartışılmamıştı. Daha sonraki üç kitabım, kendi farklı yöntemleriyle kavrayışın önündeki ana engelleri tanımlamayı ve yıkmayı amaçlıyorlardı. Bu kitaplar olan *Kör Saatçi*, *Cennetten Akan Irmak* ve (üçünün arasında en favori kitabım olan) *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak;* "Yarım bir gözün faydası nedir?", "Yarım bir kanadın faydası nedir?", "Çoğu mutasyonun olumsuz etkileri olduğunu düşünürsek, doğal seçilim nasıl işleyebilir?" gibi soruları cevaplamışlardı. Ne var ki bu üç kitap, engelleri ortadan kaldırdıysalar da, bir kez daha, evrimin bir gerçek olduğunun kanıtlarını sunmamışlardı. En uzun kitabım olan *Ataların Hikâyesi*, yaşam tarihinin tüm seyrini, atalarımızı arayan bir hac seyahati şeklinde zamanda geriye doğru ilerleyerek ortaya serdi ama bu kitap da yine evrimin gerçek olduğunu varsayıyordu.

O kitaplara dönüp baktığımda, evrime dair kanıtların kitaplarda net bir şekilde ifade edilmediğinin ve bunun kapatmam gereken ciddi bir boşluk olduğunun farkına vardım. Darwin'in 200. doğum yılı ve *Türlerin Kökeni Üzerine*'nin yayınlanışının 150. yılı olan 2009 bunu yapmak için iyi bir zaman gibi duruyordu. Şaşırtıcı olmayan bir şekilde, aynı fikir başkalarının da aklına geldi ve bu sene boyunca, (aralarından en dikkat çekicisinin Jerry Coyne'nin *Evrim Neden Doğrudur*'u olduğu) oldukça şahane kitaplar gördük. Bu kitapla ilgili *Times Literary Supplement*'te yayınlanan oldukça olumlu eleştiri yazımı http://richardawkins.net/article,3594,Heat-the-Hornet,Richard-Dawkins adresinde bulabilirsiniz.

Kitabımın ismi üzerine çalışırken, öngörülü ve yorulmak bilmez yayıncı temsilcim John Brockman, kitabımı yayıncılara *Sadece Bir Teori* adıyla önerdi. Daha sonra Kenneth Miller'in önce davranıp, bilimsel müfredatların zaman zaman karara bağlandığı şu takdire şayan duruşmaların biri (kahramanca bir rol üstlendiği bir duruşma) için hazırladığı kitap uzunluğundaki yanıtta kullanmak üzere bu ismi ayırttığı ortaya çıktı. Her halükarda, bu başlığın benim kitabı-

ma uygunluğu konusunda her zaman şüphelerim vardı ve diğer bir rafta gizlenmekte olan mükemmel başlığı bulduğumda bu ismi rafa kaldırmaya hazırdım. Birkaç yıl önce isimsiz bir iyiliksever bana, üzerinde şu sloganı taşıyan bir t-shirt göndermişti: "Evrim, Yer Yüzündeki En Büyük Gösteri, Şehirdeki Tek Oyun." Bu t-shirt'ü zaman zaman, aynı ismi taşıyan bir konuşma yapmak üzere giyiyordum ve birden bu kitap için (tamamı çok uzun olsa da) çok ideal olduğunu fark ettim. Onu *Yeryüzündeki En Büyük Gösteri* olarak kısalttım. "Sadece bir Teori" ise, sonunda yaradılışçıların alıntı oyunlarına tedbir niteliğindeki bir soru işaretiyle Bölüm 1 için iyi iş gördü.

Çok sayıda insandan çeşitli yollardan yardım aldım: Michael Yudkin, Richard Lenski, George Oster, Caroline Pond, Henri D. Grissino-Mayer, Jonathan Hodgkin, Matt Ridley, Peter Holland, Walter Joyce, Yan Wong, Will Atkinson, Latha Menon, Christopher Graham, Paula Kirby, Lisa Bauer, Owen Selly, Victor Flynn, Karen Owens, John Endler, Iain Douglas-Hamilton, Sheila Lee, Phil Lord, Christine DeBlase ve Rand Russell. Sally Gaminara ve Hilary Redmon ve onların (sırasıyla) İngiltere ve Amerika'daki ekipleri bana çok iyi destek oldular ve çok yapıcıydılar. Bu kitabın hazırlığının son aşamalarındayken, heyecan verici üç yeni keşif bilim camiasına bildirildi. Her seferinde onlara, bunları kitaba dahil etmenin, basımın düzenli ve karmaşık süreçlerini bozup bozmayacağını çekinerek sordum. Her üç seferde de Sally ve Hilary, herhangi sıradan bir yayıncının yapacağı gibi bu son dakika değişikliklerine söylenmek şöyle dursun, önerilerimi neşeli bir hevesle karşılayarak, gerçekleşmeleri için dağları yerlerinden oynattılar. Kitabı baskıdan önce, eğitimli zekâsıyla ve duyarlılığıyla tahsis eden ve düzenleyen Gillian Somerscales de onlar kadar hevesli ve yardımseverdi.

Eşim Lalla Ward, tükenmeyen teşviki, faydalı biçimsel eleştirileri ve üslupla ilgili karakteristik önerileriyle bana bir kez daha güç verdi. Bu kitabı, Charles Simonyi'nin adını taşıyan kürsüdeki son aylarımda tasavvur edip yazmaya başlamıştım ve emekliliğimde de bitirdim. Tanışmamızdan bu yana geçen on dört yıl ve yedi kitabın ardından Simonyi Profesörü kürsüsünden ayrılırken, minnet dolu teşekkürlerimi bir kez daha Charles'e sunmak isterim. Lalla'yla birlikte, dostluğumuzun daim olacağını umuyoruz.

Bu kitap, Josh Timonen'e, kendisine ve RichardDawkins.net'i kurmak için kendini adayan küçük ekibine teşekkürlerimle ithaf edilmiştir. İnternet, Josh'u yaratıcı bir site tasarımcısı olarak bilir ancak bu harika buzdağının sadece görünen kısmıdır. Josh'un yaratıcılığı çok derinlere iner ama buzdağının görüntüsü, ne ortak maceramıza olan çok yönlü katkılarını, ne de bu katkıları yaparkenki sıcakkanlı mizacını yansıtır.

BÖLÜM 1

SADECE BİR TEORİ Mİ?

ROMA TARİHİ ve Latince öğretmeni olduğunuzu hayal edin. Antik dünyaya duyduğunuz heyecanı yaymak için can atıyorsunuz: Ovidius'un ağıtlarını ve Horatius'un kasidelerini, Cicero'nun hatipliğinde sergilenen Latince gramerinin ekonomik kullanımını, Pön Savaşlarının stratejik inceliklerini, Jül Sezar'ın generalliğini ve sonraki imparatorların aşırı zevk düşkünlüklerini... Bu büyük bir girişim ve zaman, yoğunlaşma ve adanmışlık gerektirir. Ama yine de güçlü siyasi ve özellikle de maddi destekleriyle, talihsiz öğrencilerinizi bıkıp usanmadan Romalıların asla var olmadığına ikna etmeye çabalayan gürültülü bir kara cahiller sürüsü tarafından sürekli olarak değerli vaktinizin çalındığını ve sınıfınızın dikkatinin dağıldığını görüyorsunuz. Roma İmparatorluğu hiç var olmamış. Dünyanın tamamı canlı hafızasının hemen öncesinde ortaya çıkmış. İspanyolca, İtalyanca, Fransızca, Portekizce, Katalanca, Oksitanca, Romansça: tüm bu diller ve onları oluşturan lehçeler kendiliğinden ve ayrı ayrı ortaya çıkmışlar ve Latince diye bir selefe herhangi bir şey borçlu değiller. Tüm dikkatinizi asil bir görev olan Latin kültürü âlimliği ve öğretmenliğine adamak yerine, zaman ve enerjinizi Romalıların aslında hiç var olmadığı önermesinin artçı savunusuna ayırmak zorunda bırakılıyorsunuz: öyle bir savunu ki, bu cahilce önyargı gösterisine karşı savaşmakla bu kadar meşgul olmasanız, oturup ağlayabilirsiniz.

Eğer benim Latince öğretmeni fantezim fazla uçuk gözüküyorsa, işte daha gerçekçi bir örnek. Daha yakın bir tarihin öğretmeni olduğunuzu ve yirminci yüzyıl Avrupa'sı hakkındaki derslerinizin, iyi organize edilmiş, iyi finanse edilmiş ve siyasi olarak kuvvetli Nazi soykırımı inkârcısı gruplar tarafından boykot edildiğini, rahatsız edildiğini veya başka şekillerde kesintiye uğratıldığını hayal edin. Varsayımsal Roma inkârcılarımın aksine, Nazi soykırımı inkârcıları gerçekten varlar. Sesleri yüksek çıkar. Yüzeysel olarak makuldürler ve bilgiliymiş gibi görünmekte ustadırlar. Hâlihazırda güçlü en az bir devletin başkanı tarafından desteklenirler ve aralarında en az bir Roma Katolik Kilisesi piskoposu bulunur. Bir Avrupa tarihi öğretmeni olarak "ortadaki anlaşmazlığın öğretilmesi" ve soykırımın asla gerçekleşme-

diği, bir avuç Siyonist sahtekâr tarafından uydurulduğu "alternatif teori"'sine "eşit zaman" verilmesi şeklindeki münakaşacı talepleriyle sürekli olarak karşı karşıya geldiğinizi düşünün. Modaya uygun bir şekilde görececi (rölâtivist) olan entelektüeller, mutlak bir doğru olmadığında ısrar etmek için söze karışırlar: "soykırımın gerçekleşip gerçekleşmediği kişisel bir inanç meselesidir. Tüm bakış açıları eşit oranda geçerlidir ve eşit oranda 'saygı görmelidir'."

Günümüzdeki pek çok bilim insanının içinde bulunduğu durum daha az vahim değildir. Biyolojinin merkezi ve temel ilkesini sunmaya kalkıştıklarında, canlılar dünyasını dürüstçe tarihsel bağlamına yerleştirdiklerinde (ki bunun anlamı evrimdir) ve hayatın ta kendisinin doğasını araştırıp açıkladıklarında; rahatsız edilip engellenirler, güçlük çıkarılıp zulmedilirler ve hatta işlerini kaybetmekle tehdit edilirler. En azından her seferinde vakitleri harcanır. Ebeveynlerden tehditkâr mektuplar almaları muhtemeldir ve beyni yıkanmış çocukların alaylı sırıtışlarına ve kavuşturulmuş kollarına katlanmak zorunda kalırlar. Kendilerine tedarik edilen devlet tarafından onaylanmış ders kitaplarından "evrim" kelimesi sistematik olarak çıkarılmış veya "zaman içinde değişim" olarak değiştirilmiştir. Bir zamanlar böylesi şeylere Amerika'ya özgü muziplikler diye gülüp geçerdik. Britanya ve Avrupa'daki öğretmenler şimdi aynı sorunlarla karşı karşıyalar. Kısmen Amerikan etkisinden, fakat daha önemlisi İslam'ın sınıflarda giderek artan (ve "çok kültürlülük"'e resmi bağlılık ve ırkçı olarak algılanma korkusundan destek alan) varlığından dolayı.

Sıklıkla ve doğru olarak, üst düzey din görevlilerinin ve ilahiyatçıların evrimle herhangi bir sorunlarının olmadığı ve çoğu kez bu bağlamda bilim insanlarını aktif olarak destekledikleri söylenir. Bu çoğu zaman doğrudur. Ben de dönemin Oxford piskoposu Lord Harries ile iki farklı seferde yaptığım işbirliğindeki hoş deneyimlerimden bunu biliyorum. 2004 yılında *Sunday Times* için, kapanış cümleleri şunlar olan ortak bir makale yazdık: "Günümüzde ortada tartışacak bir şey yok. Evrim bir gerçektir ve Hıristiyan bakış açısına göre Tanrı'nın en görkemli çalışmalarından birisidir." Son cümle Richard Harries tarafından yazılmıştı ama makalemizin geri kalanında neredeyse tamamen hemfikirdik. Bundan iki yıl önce de Piskopos Harries ve ben, dönemin Başbakanı Tony Blair'e şu ortak mektubu organize etmiştik:

Sayın Başbakan,

Gatehead'da bulunan Emmanuel Şehri Teknoloji Koleji'ndeki *(Emmanuel City Technology College)* bilim eğitimi hakkında duyduğumuz kaygıları belirtmek için bir grup bilim insanı ve Piskopos olarak yazıyoruz.

Evrim, muazzam açıklayıcı gücü olan bilimsel bir teoridir. Pek çok disiplinde geniş bir olgular yelpazesini açıklamaktadır. Kanıtlar uyarınca düzeltilebilir, doğrulanabilir ve hatta radikal olarak değiştirilebilir. Evrim, Kolej sözcüsünün iddia ettiği gibi, yaradılışa İncil tarafından getirilen açıklama ile aynı kategoride olan, ama farklı bir fonksiyonu ve amacı olan bir "inanç meselesi" değildir.

Sorun, tek bir kolejde şu anda ne öğretildiğinden çok daha derinlere iniyor. Önerilen inanç okullarında yeni nesillere neyin nasıl öğretileceğine dair giderek büyüyen bir endişe söz konusu. Bizler, hem bilim hem de din çalışmalarına layıkıyla saygı duyulması için, Emmanuel Şehri Teknoloji Koleji de dahil olmak üzere böylesi okulların müfredatının katı bir şekilde denetlenmesi gerektiğine inanıyoruz.

Saygılarımızla,

Richard Harries, Oxford Piskoposu; Sör David Attenborough, Kraliyet Cemiyeti Üyesi (kısaca KCÜ); Christopher Herbert, St Albans Piskoposu; Lord May, Oxford, Kraliyet Cemiyeti Başkanı; Profesör John Enderby, KCÜ, Kraliyet Cemiyeti Fiziksel Sekreteri; John Oliver, Hereford Piskoposu; Mark Santer, Birmingham Piskoposu; Sör Neil Chalmers, Doğa Tarihi Müzesi Müdürü; Thomas Butler, Southwark Piskoposu; Sör Martin Rees, KCÜ, Kraliyet Astronomu; Kenneth Stevenson, Portsmouth Piskoposu; Profesör Patrick Bateson, KCÜ, Kraliyet Cemiyeti Biyolojik Sekreteri; Crispian Hollis, Portsmouth Roma Katolik Piskoposu; Sör Richard Southwood, KCÜ; Sör Francis Graham-Smith, KCÜ, Kraliyet Cemiyeti Eski Fiziksel Sekreteri; Profesör Richard Dawkins, KCÜ

Piskopos Harries ve ben bu mektubu aceleyle organize etmiştik. Hatırladığım kadarıyla, mektubu imzalayanlar, temasta bulunduklarımızın yüzde 100'ünü oluşturuyordu. Ne bilim insanlarında ne de piskoposlarda herhangi bir fikir ayrılığı yoktu.

Canterbury Başpiskoposu'nun[1] evrimle herhangi bir sorunu yok. Papa'nın da yok (insan ruhunun enjekte edildiği kesin taşılbilimsel nokta hakkındaki garip tereddüdünü bir kenara bırakırsak). Eğitimli rahiplerin ve ilahiyat profesörlerinin de yok. Bu, evrimin bir gerçek olduğunun pozitif kanıtları hakkında bir kitap. Bunun din karşıtı bir kitap olması amaçlanmadı. Onu daha önce yaptım. O farklı bir t-shirt ve burası tekrar giymenin yeri değil. Evrimin kanıtlarına kulak kabartan piskopos ve ilahiyatçılar, onun karşısında mücadele etmekten vazgeçtiler. Bazıları bunu isteksizce, bazıları ise, örneğin Richard Harries, hevesle yapabilir, ama kederli derecede bilgisiz olanlar hariç herkes evrim gerçeğini kabul etmek zorunda kalır. Onlar Tanrı'nın süreci başlatmakta bir rol oynadığını ve belki sürecin ileriki gelişimini yönlendirmede rolüne devam etmediğini düşünürler. Muhtemelen, başlangıçta Tanrı'nın evrenin marşına bastığını ve nihayetinde bizim bir rol oynayacağımız esrarlı bir amacı yerine getirmek için hesaplanmış uyumlu bir kanun ve fiziksel sabitler kümesiyle açılışını yaptığını düşünürler. Ama kimileri için gönülsüzce, başkaları içinse mutlulukla, düşünceli ve akılcı din adamı ve kadınları evrimin kanıtlarını kabul ederler.

Yapmamamız gereken şey, sırf piskoposlar ve eğitimli din görevlileri evrimi kabul ediyorlar diye cemaatlerinin de kabul ettiğini varsaymaktır. Maalesef Ek bölümünde de belgelediğim üzere, anketlerden gelen aksi yönde bolca kanıt var. Amerikalıların yüzde 40'ından fazlası insanların diğer hayvanlardan evrildiğini reddediyorlar



"Hala diyorum ki, bu sadece bir teori."

1- Anglikan Kilisesinin başı. -*çev.n.*

ve bizim (ve dolayısıyla tüm yaşamın) Tanrı tarafından son 10.000 yıl içinde yaratıldığını düşünüyorlar. Oranlar Britanya'da bu kadar yüksek değil ama endişe verecek kadar yüksek. Ve bu bilim insanları için olduğu kadar kiliseler için de endişe verici olmalıdır. Bu kitap gerekli. Evrimi reddeden insanlar için "tarih inkârcıları" ismini kullanacağım: dünyanın yaşının milyarlarla değil binlerle ölçüldüğüne, insanların dinozorlarla aynı dönemde yaşadığına inanan insanlar için. Ve onlar Amerikan nüfusunun yüzde 40'ından fazlasını oluşturuyorlar. Eşdeğer oranlar bazı ülkelerde daha yüksek, bazılarında daha düşük ama yüzde 40 iyi bir ortalama ve zaman zaman tarih inkârcılarına "yüzde 40'cılar" olarak atıfta bulunacağım.

Aydınlanmış piskopos ve ilahiyatçılara geri dönersek, tasvip etmedikleri bilim karşıtı saçmalıklarla savaşa biraz daha fazla çaba harcasalardı güzel olurdu. Pek çok vaiz, evrimin doğru olduğunu ve Âdem ile Havva'nın hiç var olmadığını kabul ederken, daha sonra pürneşe minbere çıkıp, Âdem ile Havva'nın tabii ki aslında hiç var olmadığından bir kez bile bahsetmeden, vaazlarında Âdem ile Havva hakkında kimi ahlaki ve ilahiyatsal vurgular yapıyorlar! Üzerlerine gidildiğinde ise, sadece "sembolik" bir anlam kastettiklerini söyleyerek itiraz ediyorlar yani belki "ilk günah"'la veya masumiyetin erdemleriyle ilgili bir şeyler. Tepeden bakan bir tonda, elbette hiç kimsenin sözlerini gerçek anlamlarıyla kabul edecek kadar aptal olamayacağını da ekleyebilirler. Ama cemaattekiler bunu biliyor mu? Kilise sırasındaki veya seccadedeki insan, kutsal metinlerdeki hangi kısımları harfi harfine, hangilerini ise sembolik olarak kabul etmesi gerektiğini nasıl bilebilir? Kiliseye gelen eğitimsiz kişiler için bu gerçekten o kadar kolay mı? Pek çok durumda cevap hayırdır ve kafası karıştığı için herkes affedilebilir. Bana inanmıyorsanız Ek'e bakın.

İyi düşün Piskopos! Dikkatli ol Papaz! Dinamitle oynuyorsun. Gerçekleşmesi an meselesi olan bir yanlış anlamayla dans ediyorsun (önüne geçilmezse gerçekleşmesi kaçınılmaz bile denebilir). Toplumda konuşurken sözlerini daha dikkatli seçmen gerekmez mi? İkiyüzlü olarak anılmamak adına, hâlihazırda zaten yeterince popüler olan bu yanlış anlaşılmanın önüne geçmek için elinden gelen her şeyi yapıp bilim insanlarına ve öğretmenlerine aktif ve hevesli bir destek vermen gerekmez mi?

Tarih inkârcılarının kendileri bu kitapta ulaşmaya çalıştıklarımın arasındalar. Ama belki daha da önemlisi, tarih inkârcısı olmayan ama

böylelerini tanıyanların (belki kendi ailelerinin veya kiliselerinin üyeleri) ve kendilerini evrimi savunmakta yeterli görmeyenlerin ellerini güçlendirmeyi amaçlıyorum.

Evrim bir gerçektir. Makul şüphenin ötesinde, ciddi şüphenin ötesinde, aklı başında, bilgili, zeki şüphenin ötesinde, her türlü şüphenin ötesinde evrim bir gerçektir. Evrimin kanıtları, en az Soykırımın kanıtları kadar kuvvetlidir, hem de Soykırımın görgü tanıkları olduğunu dikkate alsak bile. Şempanzelerin kuzenleri olduğumuz, maymunların biraz daha uzak kuzenleri olduğumuz, yer domuzlarının ve denizineklerinin daha da uzak kuzenleri olduğumuz, muzların ve şalgamların çok daha uzak kuzenleri olduğumuz (listeyi dilediğiniz kadar uzatın) yalın gerçektir. Bu doğru olmak zorunda değildi. Bu aşikâr, totolojik ve bariz olarak doğru değildir ve bir zamanlar çoğu insan, eğitimli olanlar bile, bunun doğru olmadığını düşünüyordu. Doğru olmak zorunda değildi, ama doğru. Bunu biliyoruz çünkü yükselen bir sel gibi akan kanıtlar evrimi destekliyor. Evrim bir gerçek ve bu kitap bunu ortaya koyacak. Hiçbir saygın bilim insanı bunu reddetmiyor ve hiçbir tarafsız okuyucu kitabı şüphe duyarak kapamayacak.

Peki öyleyse neden "Darwin'in evrim *teorisi*" diyerek, (görünen o ki) "teori" kelimesinin bir ödün olduğunu düşünen yaradılışçılık taraftarlarına (tarih inkarcıları, yüzde 40'cılar) suni bir teselli, bir tür ödül veya zafer veriyoruz?

TEORİ NEDİR? GERÇEK NEDİR?

Sadece bir teori mi? Gelin "teori"'nin ne anlama geldiğine bakalım. *Oxford İngilizce Sözlüğü* iki anlam veriyor (aslında daha fazla, ama burada önem arz eden bu ikisi.)

> **Teori, Anlam 1:** Bir olgu veya gerçekler grubunun açıklaması veya izahatı olarak kabul edilen, bir fikir veya ifadeler sistemi veya taslağı; gözlem veya deneylerle doğrulanmış veya yerleşmiş ve bilinen gerçekleri açıkladığı ileri sürülmüş veya kabul edilmiş bir hipotez; genel yasalar, ilkeler veya bilinen veya gözlemlenen bir şeyin nedeni olarak kabul gören şeylerin ifadesi.
>
> **Teori, Anlam 2:** Bir açıklama olarak ileri sürülmüş olan hipotez; dolayısıyla sadece bir hipotez, spekülasyon, varsayım; bir şey hakkında fikir veya fikirler kümesi; kişisel bir görüş veya kanı.

İki anlamın birbirinden epey farklı olduğu açıkça belli. Ve evrim teorisi hakkındaki sorumun kısa cevabı, bilim insanlarının Anlam 1'i kullandığı, yaradılışçıların ise (belki kötü niyetle belki samimiyetle) Anlam 2'ye tav olduklarıdır. Anlam 1'e iyi bir örnek Güneş Sistemi'nin Güneşmerkezli Teorisi'dir yani Dünya ve diğer gezegenlerin güneşin etrafında döndüğü teorisi. Evrim, Anlam 1'e kusursuzca uyar. Darwin'in evrim teorisi gerçekten de "bir fikir veya ifadeler sistemi veya taslağı"dır. Devasa "bir olgu veya gerçekler grubunu" açıklar. "Gözlem ve deneylerle doğrulanmış veya yerleşmiş bir hipotez"dir ve bilgili kişilerin genel kabulü uyarınca, "genel yasalar, ilkeler veya bilinen veya gözlemlenen bir şeyin nedeni olarak kabul gören şeylerin ifadesi"dir. "Sadece bir hipotez, spekülasyon, sanı" olmaktan kesinlikle çok uzaktadır. Bilim insanları ve yaradılışçılar "teori" kelimesini iki farklı anlamda anlarlar. Evrim, güneşmerkezli teoriyle aynı anlamda bir teoridir. Her iki durumda da "sadece" kelimesi kullanılmamalıdır, örneğin "sadece bir teori" gibi.

Evrimin hiç "ispatlanmadığı" iddiasına gelince, ispat bilim insanlarının şüpheyle yaklaştıkları bir kavramdır. Etki sahibi filozoflar bize, bilimde herhangi bir şeyi ispatlayamayacağımızı söylerler. İspatı matematikçiler yapabilirler (kati bir bakış açısına göre, bir tek onlar yapabilirler). Bilim insanlarının yapabileceklerinin en iyisi, ne kadar çok uğraştıklarına işaret ederken, olguların *aksini* ispatlamakta başarısız olmaktır. Ayın güneşten küçük olduğu şeklindeki tartışmasız teori bile, belli bir tür filozofu tatmin edecek şekilde, örneğin Pisagor Teoreminin ispatlandığı gibi ispatlanamaz. Ama devasa kanıt yığınları onu o kadar kuvvetlice destekler ki, ona "gerçek" statüsünü layık görmemek ukalalar hariç herkese gülünç gözükür. Aynı şey evrim için de doğrudur. Evrim, Paris'in Kuzey Yarımküre'de olması gerçeğiyle aynı anlamda bir gerçektir. Mantık-biçerler kasabaya reis olsa da[1], bazı teoriler makul şüphenin ötesindedirler ve biz onlara gerçekler deriz. Bir teoriyi ne kadar enerjik ve detaylı şekilde yanlışlamaya çalışırsanız, eğer teoriniz bu saldırılardan sağ çıkarsa, sağduyunun memnuniyetle gerçek dediği şeye o kadar yakınsar.

"Teori Anlam 1" ve "Teori Anlam 2"yi kullanmaya devam edebilirim ama rakamlar akılda zor kalır. Yerlerine geçecek kelimelere ihtiyacım var. "Teori Anlam 2" için zaten güzel bir kelimemiz var: "Hipotez". Herkes bir hipotezin, onay (veya yanlışlama) bekleyen tereddütlü bir

1- Favori Yeats dizem değil ama buraya uyuyor.

fikir olduğunu anlar ve evrim artık tam da bu tereddütlülük durumunu (her ne kadar Darwin'in zamanında onun ağırlığını hala hissediyorduysa da) üzerinden atmıştır. "Anlam 2" hiç yokmuşçasına basitçe "teori"'yi kullanmaya devam etmek güzel olurdu. Hatta elimizde "hipotez" kelimesi olduğundan, kafa karıştırıcı ve gereksiz olduğu için Anlam 2'nin var olmaması gerektiğinin lehinde iyi bir sav ileri sürülebilir. Ne yazık ki "teori"'nin Anlam 2'si yaygınca kullanılıyor ve bizler emrederek onu yasaklayamayız. Bu sebeple Anlam 1 için, matematikteki "teorem" (theorem) kelimesini ödünç alma hatırı sayılır (ama kıl payı bağışlanabilir) cüretini göstereceğim. Bu aslında (göreceğimiz üzere) hatalı bir ödünç alış ama faydalarının kafa karışıklığı riskine ağır bastığını düşünüyorum. Gücenen matematikçileri yatıştırma jesti olarak da yazımımı "teorum" (theorum) olarak değiştireceğim. Öncelikle, teoremin kati matematiksel kullanımını açıklarken, aynı zamanda daha önceki yani herhangi bir şey *ispatlamaya* sadece matematikçilerin yetki sahibi olduğu (dolgun ücretlerine karşın, avukatlar değildir) şeklindeki ifademi netleştirmeme izin verin.

Bir matematikçi için kanıt, bir hükmün, varsayılan aksiyomların zorunlu bir sonucu olarak doğru olmasının mantıksal bir gösterimidir. Paralel doğruların asla kesişmeyeceği aksiyomu gibi Öklid aksiyomlarını kullanmamız şartı altında, Pisagor teoremi zorunlu olarak doğrudur. Pisagor teoremini yanlışlayan bir tanesini bulmaya çalışarak binlerce dik üçgeni ölçmekle zamanınızı harcarsınız. Pisagorcular onu ispatlamıştır. Dileyen ispatı tekrar inceleyebilir. Bu teorem basitçe doğrudur, o kadar. Matematikçiler ispat fikrini, *Oxford İngilizce Sözlüğü*'nün "teori"'nin iki anlamı arasındaki ayrımına yüzeysel bir benzerlik taşıyan, "sanı (varsayım)" ile "teorem" arasında ayrım yapmakta kullanırlar. Bir sanı, doğru gibi gözüken ama asla ispatlanmamış bir önermedir. İspatlandığında bir teorem olacaktır. Meşhur bir örnek, tüm tamsayıların iki asal sayının toplamı şeklinde yazılabileceğini ifade eden Goldbach Sanısıdır. Matematikçiler, ilk 300 sekstilyon (300×10^{21}) çift sayı için bu sanının yanlış olduğunu ispatlamakta başarısız oldular ve sağduyu gönül rahatlığıyla ona Goldbach Gerçeği der. Ne var ki, başarıya önerilen kazançlı ödüllere rağmen, Goldbach Sanısı asla ispatlanamadı ve matematikçiler onu haklı olarak teoremler için ayrılmış kaideye yerleştirmeyi reddediyorlar. Eğer bir gün birileri bir kanıt bulursa, Goldbach Sanısından Goldbach Teoremine terfi edecek, (veya, X ispatı bulan zeki matematikçi olmak üzere, X Teoremine).

Carl Sagan Goldbach Sanısını, uzaylılar tarafından kaçırıldığını iddia eden insanlara verdiği hazırcevapta alaylı biçimde kullanmıştı.

> Arada sırada uzaylılarla "temas" halinde olan birinden bir mektup alırım. Onlara "dilediğim herhangi bir şeyi sormaya" davet edilirim. Bu yüzden zaman içinde küçük bir soru listesi hazırladım. Unutmayın, uzaylılar çok gelişmişler. Ben de onlara "Lütfen Fermat'ın Son Teoreminin kısa bir kanıtını sununuz" türünden şeyler soruyorum. Veya Goldbach Sanısının... Asla yanıt alamıyorum. Öte yandan eğer "İyi olmalı mıyız?" gibi bir şey sorarsam neredeyse her zaman bir yanıt alıyorum. Müphem olan herhangi bir şeyde, özellikle geleneksel ahlaki yargılar söz konusu olduğunda, bu uzaylılar cevap vermek konusunda son derece mutlular. Ama spesifik herhangi bir şeyde, çoğu insanın bildiğinin ötesinde bir şey bilip bilmediklerini öğrenme şansı olduğunda, sadece sessizlik var.

Goldbach Sanısı gibi Fermat'ın Son Teoremi de, hakkında kimsenin bir istisna bulamadığı, sayılarla ilgili bir önermedir. İspatı, 1637'de Pierre de Fermat, eski bir matematik kitabının kenarlıklarına "Gerçekten harikulade bir ispatım var . . . fakat bu kenarlık onu ihtiva etmek için fazla dar" yazdığından beri matematikçiler için adeta bir kutsal kase haline gelmişti. Nihayet 1995'te İngiliz matematikçi Andrew Wiles tarafından ispatlandı. Wiles'in başarılı ispatının uzunluğu, karmaşıklığı ve ileri yirminci yüzyıl yöntem ve bilgilerine olan bağlılığı göz önüne alındığında, çoğu matematikçi Fermat'ın ispat iddiasında (dürüstçe) yanıldığını düşünüyor. Bu hikayeyi sadece sanı ile teorem arasındaki farkı göstermek için anlatıyorum.

Söylediğim gibi, matematikçilerin "teorem" terimini ödünç alacağım, fakat adaba uygun davranmak ve onu matematiksel teoremden ayırmak adına "teorum" olarak yazacağım. Evrim veya güneşmerkezlilik gibi bilimsel bir teorum, Oxford sözlüğünün "Anlam 1"'inin şartlarına uyan bir teoridir.

> Gözlem veya deneylerle doğrulanmış veya yerleşmiş ve bilinen gerçekleri açıkladığı ileri sürülmüş veya kabul edilmiş bir hipotezdir; genel yasalar, ilkeler veya bilinen veya gözlemlenen bir şeyin nedeni olarak kabul gören şeylerin ifadesidir.

Bilimsel bir teorum, matematiksel bir teoremin ispatlandığı gibi ispatlanmamıştır (ispatlanamaz). Ama sağduyu ona, Dünya'nın düz değil yuvarlak olduğu ve yeşil bitkilerin enerjilerini güneşten elde ettikleri teorilerinin gerçek olmasına ettiğiyle aynı anlamda gerçek olarak muamele eder. Hepsi bilimsel birer teorumdur: devasa miktarda kanıtlarla desteklenirler, bilgili tüm gözlemciler tarafından kabul edilirler, kelimenin sıradan anlamıyla tartışmasız gerçeklerdir. Bütün gerçeklerde olduğu gibi, eğer bilgiçlik taslayacaksak, ölçüm aletlerimizin ve onları okuduğumuz duyu organlarımızın, devasa bir dolandırıcılığın kurbanı oldukları inkâr edilemeyecek şekilde olasıdır. Bertrand Russell'ın söylediği gibi "Hepimiz var olmaya, kullanıma hazır hafızalarla donatılmış olarak, çoraplarımızda delikler ve tıraşa ihtiyaç duyan saçlarla beş dakika önce başlamış olabiliriz." Şu anda eldeki kanıtlar göz önüne alınınca, evrimin bir gerçekten herhangi başka bir şey olması, yaratıcı tarafından yapılacak benzer bir dolandırıcılığa gerek duyar, ki buna çok az teist itimat etmek isteyecektir.

Şimdi bir "gerçek"'in sözlük tanımını incelemenin zamanı geldi. *Oxford İngilizce Sözlüğü* şöyle söylüyor (tekrar etmek gerekirse, pek çok tanım var, ama alakalı olanı bu):

> **Gerçek (Fact):** Gerçekten vuku bulmuş veya bilfiil o durum olan bir şey; bu karakterde olduğu kesin olarak bilinen bir şey; dolayısıyla, sırf çıkarsanmış olanın veya bir sanının veya kurgunun aksine, fiili gözlem veya hakiki şahitlik aracılığıyla bilinen belli bir hakikat; üzerine inşa edilmiş olabilen sonuçlarıyla ayırt edilen bir deneyim verisi.

Bu anlamda bir gerçeğin, tıpkı bir teorum gibi, varsayılmış bir aksiyomlar kümesinin kaçınılmaz bir sonucu olarak doğru olan ispatlanmış bir matematiksel teoremin kati statüsüne sahip olmadığına dikkat edin. Dahası, "fiili gözlem veya hakiki şahitlik" feci derecede yanıltıcı olabilir ve mahkemelerde gereğinden fazla abartılır. Psikolojik deneyler bize, "görgü tanığı" kanıtlarına öncelikli önem veren tüm hukukçuları endişelendirmesi gereken bazı çarpıcı kanıtlar sunmuştur. Ünlü bir örnek Illinois Üniversitesinden Daniel J. Simons tarafından hazırlanmıştı. Daire şeklinde ayakta dizilmiş yarım düzine genç insan bir çift basketbol topunu aralarında paslaşırken 25 saniye boyunca kaydedilmişlerdi ve biz denekler de filmi izlemiştik. Oyun-

cular dairenin içine girip çıkıyor, paslaştıkça ve topları sektirdikçe yer değiştiriyorlardı, yani sahne oldukça karmaşıktı. Filmi izlemeye başlamadan önce bize, gözlem gücümüzü ölçmek için yerine getirmemiz gereken bir görevimiz olduğu söylenmişti. Topların kişiden kişiye toplamda kaç kez paslaşıldığını saymamız gerekiyordu. Testin sonunda paslar layıkıyla yazılmıştı ama (izleyiciler nereden bilecekti ki) gerçek test bu değildi!

Filmi izlettikten ve sayımları aldıktan sonra deneyi yapan kişi bombayı patlatır. "Peki ya kaçınız gorili gördü?" İzleyenlerin çoğu şaşkına dönmüştür. Deneyi yapan kişi filmi tekrar oynatır ama bu sefer izleyenlere, herhangi bir şeyi saymaya çalışmadan rahat bir şekilde izlemelerini söyler. İnanılmaz bir şekilde, filmin başlamasından dokuz saniye sonra, goril kostümü giymiş bir adam umursamazca izleyici çemberinin merkezine doğru yürür, kameraya dönmek için duraksar, görgü tanığı kanıtlarını kızgınca aşağılarcasına göğsünü yumruklar ve aynı ilgisizlikle yürüyüp gider. Goril tam dokuz saniye boyunca (filmin üçte birinden fazla) ekrandadır ve yine de tanıkların çoğu onu görmez. Bu kişiler mahkemede, goril kostümü giymiş bir adamın filmde mevcut olmadığına ve filmi, tam da pasları sayıyor oldukları için, normalden daha keskin bir konsantrasyonla izlediklerine yemin ederlerdi. Buna benzer sonuçları veren ve nihayetinde gerçek açıklandığında benzer afallamış şüpheci tepkiler alan pek çok deney yapılmıştır. Görgü tanığı ifadesi, "fiili gözlem", "bir deneyim verisi"; tüm bunlar ümitsiz bir şekilde güvenilmezdir (veya en azından güvenilmez olabilir). Elbette kasıtlı dikkat dağıtma yöntemleriyle sihirbazların istismar ettiği, tam olarak gözlemcilerdeki bu güvenilmezliktir.

Gerçeğin sözlük tanımı, "*sırf çıkarsanmış* olanın aksine, *fiili gözlem* veya hakiki şahitlik"ten bahseder (vurgular eklenmiştir). Oradaki "sırf" ile ima edilen küçümseme aslında biraz arsızcadır. Sezgilerimiz kabul etmekte ne kadar direnirse direnşin, dikkatli bir çıkarsama, "*fiili gözlem*"den daha güvenilir olabilir. Şahsen ben Simons'un gorilini göremediğim için şaşkına dönmüştüm ve açıkçası gerçekten orada olduğundan kuşku duymuştum. Filmi ikinci izleyişimden sonra üzülmüş ve akıllanmış biri olarak, bir daha asla görgü tanığı ifadelerini dolaylı bilimsel çıkarsamanın otomatik olarak önünde tercih etmeyeceğim. Belki de goril filmi veya bir benzeri, kararlarını vermek üzere toplanmalarından önce tüm jürilere gösterilmelidir. Hâkimlere de.

Kabul etmek gerekir ki çıkarsama, nihayetinde duyu organlarımızın gözlemlerine dayanmalıdır. Örneğin, bir DNA dizileme cihazı veya Büyük Hadron Çarpıştırıcısının çıktılarını gözlemlemek için gözlerimizi kullanırız. Ama (tüm sezgilerimizin aksine) iddia edilen bir olayın (örneğin bir cinayetin) cereyan ettiği anda yapılan doğrudan gözlem, o olayın sonuçlarının (örneğin kan lekesindeki DNA) dolaylı gözlemlerinin, iyi düzenlenmiş bir çıkarsama motoruna girilmesinden daha güvenilir değildir. Hatalı kimlik tespiti, DNA kanıtlarıyla sağlanan dolaylı çıkarsamaya kıyasla, doğrudan görgü tanığı ifadesinde çok daha olasıdır. Ve yeri gelmişken, görgü tanığı ifadesiyle mahkûm edilmiş ve sonrasında yeni DNA kanıtları sebebiyle (kimi zaman seneler sonra) serbest bırakılmış insanların listesi endişe verecek kadar uzundur. Sadece Teksas'da, DNA kanıtları mahkemelerde geçerli olmaya başladığından beri otuz beş hükümlü aklanmıştır. Ve bunlar sadece hayatta olanlar. Teksas Eyaletinin ölüm cezasını uygulamaktan duyduğu haz düşünüldüğünde (vali olduğu altı yılda George W. Bush ortalama her iki haftada bir ölüm fermanı imzalamıştır), DNA kanıtları onlar için zamanında yetişmiş olsaydı, infaz edilen insanların önemli bir bölümünün aklanacağını varsaymak zorundayız.

Bu kitap çıkarsamayı ciddiye alacak; *sırf* çıkarsamayı değil, düzgün bilimsel çıkarsamayı. Ve ben evrimin bir gerçek olduğu çıkarsamasının inkâr edilemez gücünü göstereceğim. Elbette evrimsel değişimin çok büyük bölümü doğrudan görgü tanığı gözlemine görünmezdir. Bu değişimin çoğu biz doğmadan önce gerçekleşti ve her halükarda değişim genelde bir bireyin ömründe gözlemlenemeyecek kadar yavaştır. Aynısı, Bölüm 9'da da göreceğimiz üzere, farkına varamayacağımız kadar yavaş gerçekleşen Afrika ve Güney Amerika'nın birbirlerinden amansızca ayrılmaları için de doğrudur. Evrimde (kıtaların kaymasında olduğu gibi) olayın ardından yapılan çıkarsama, bizim olayın sonrasına değin var olmamamız bariz nedeninden ötürü, elimizde olan tek şeydir. Ama sakın bir nanosaniye için bile böylesi çıkarsamanın gücünü hafife almayın. Güney Amerika ve Afrika'nın yavaşça birbirlerinden ayrılıyor olduğu ve oklukirpilerle ve narlarla ortak atalarımızın olduğu, "gerçek""in sıradan anlamıyla, artık yerleşmiş bir gerçektir.

Bizler işlenen bir cinayetin ardından olay mahalline gelen dedektifler gibiyiz. Katilin davranışları çoktan tarihe karışmıştır. Dedektifin cinayete kendi gözleriyle tanık olma şansı yoktur. Ve zaten goril kos-

tümü deneyi ve o türden diğer deneyler bize gözlerimize güvenmememiz gerektiğini öğretmiştir. Dedektifin elinde olan, geride kalan izlerdir ve orada güvenilecek çokça şey vardır. Ayak izleri, parmak izleri (ve günümüzde DNA parmak izleri), kan lekeleri, mektuplar ve günlükler vardır. Dünya, eğer bu ve bu geçmiş değil de şu ve şu geçmiş günümüzü oluşturduysa olması gerektiği gibidir.

Pek çok tarihsel örneğin de gösterdiği üzere, "teori"nin iki sözlük anlamı arasındaki ayrım, aralarında köprü kurulamayacak bir uçurum değildir. Bilim tarihinde teorumlar sıklıkla "*sırf*" hipotezler olarak başlarlar. Kıtaların kayması teorisinde olduğu gibi bir fikir, acı dolu adımlarla ilerleyip teorum veya tartışmasız gerçek statüsüne erişene kadar, kariyerine alaya alınarak başlayabilir. Bu felsefi açıdan zor bir nokta değil. Geçmişte genel kabul gören bazı inançlarımızın hatalı olduklarının kesin olarak gösterildiği gerçeği, gelecekteki kanıtların her zaman mevcut inançlarımızın yanlış olduğunu göstereceğinden korkmamız gerektiği anlamına gelmez. Mevcut inançlarımızın ne kadar zayıf olduğu, diğer şeylerle birlikte, onların lehindeki kanıtların ne kadar güçlü olduğuna bağlıdır. Eskiden insanlar, yetersiz kanıtları olduğu için güneşin dünyadan küçük olduğunu düşünüyorlardı. Şimdi daha önce elimizde olmayan ve güneşin çok daha büyük olduğunu kesin olarak gösteren kanıtlarımız var ve bizler bu kanıtların yerlerini asla daha iyilerine bırakmayacağından emin olabiliriz. Bu şimdiye kadar çürütülmeye karşı koymuş geçici bir hipotez değil. Pek çok şey hakkındaki mevcut inançlarımız çürütülebilir ama büyük bir güvenle asla çürütülmeyecek bazı gerçeklerin listesini yapabiliriz. Evrim ve güneşmerkezli teori her zaman bunların arasında değildi, ama artık öyleler.

Biyologlar sıklıkla evrim *gerçeği* (tüm canlılar kuzendir) ile evrimin mekanizmasının *teorisi* (kastettikleri genelde doğal seçilimdir ve onu, Lamarck'ın "kullanma ve kullanmama" ile "edinilmiş karakteristiklerin kalıtımı" teorileri gibi rakip teorilerle karşılaştırabilirler) arasında ayrıma giderler. Ama Darwin her ikisini de tereddütlü, varsayımsal, tahmini teoriler olarak tasavvur etmişti. Bunun sebebi o günlerde eldeki kanıtların daha az ikna edici olması ve saygın bilim insanlarının hem evrimi hem de doğal seçilimi reddetmesinin hala mümkün olmasıydı. Günümüzde evrim gerçeğinin kendisini reddetmek artık mümkün değil (o bir teorum veya açıkça desteklenmiş bir gerçek olmaya hak kazandı) ama evrimin ana mekanizmasının doğal seçilim olduğundan hala (güç bela) şüphe duyulabilir.

Darwin otobiyografisinde, "eğlenmek için" 1838'de Malthus'un *Popülasyon Üzerine*'sini *(On Population)* okurken (Matt Ridley, Darwin'in bu kitabı, kardeşi Erasmus'un korkutucu derecede zeki arkadaşı Harriet Martineau'nun etkisiyle okuduğundan şüpheleniyor) doğal seçilim için ilhamın nasıl geldiğinden bahseder: "İşte burada nihayet üzerinde çalışabileceğim bir teori vardı." Darwin için doğal seçilim, doğru veya yanlış olabilecek bir hipotezdi. Evrimin kendisi için de aynı şeyi düşünüyordu. Şu an bizim evrim gerçeği dediğimiz şey, 1838'de, kanıtların toplanmasına ihtiyaç duyan bir hipotezdi. Darwin 1859'da *Türlerin Kökeni Üzerine'yi* yayınladığında yeterince kanıt biriktirmiş, evrimin kendisini (ama henüz doğal seçilimi değil) gerçek statüsüne getirmek için önemli bir yol kat etmişti. Gerçekten de harika kitabının çoğunda Darwin'i meşgul eden, hipotezden gerçeğe doğru giden bu yükselişti. Yükseliş günümüze kadar artık herhangi ciddi bir zihinde şüphe kalmayana kadar sürdü ve artık bilim insanları, en azından gayrı resmi olarak, evrim *gerçeği*nden bahsediyorlar. Tüm saygın biyologlar doğal seçilimin, evrimin (bazı biyologların diğerlerinden daha fazla ısrar ettiği üzere) tek değil ama en önemli mekanizmalarından biri olduğunu kabul ediyor. Tek mekanizması değilse bile, *uyarlamalı* (adaptif) evrimin (olumlu ilerlemeye doğru evrimin) mekanizması olarak doğal seçilime bir alternatife işaret edebilecek ciddi bir biyologla şu ana kadar karşılaşmadım.

Kitabın geri kalanında evrimin kaçınılmaz bir gerçek olduğunu gösterip, onun muazzam gücünü, basitliğini ve güzelliğini kutlayacağım. Evrim içimizde, çevremizde, aramızda ve onun işleyişi ebedi geçmişin kayalarında gömülü. Evrimin gözlerimizin önünde gerçekleştiğini izleyecek kadar uzun yaşamadığımızı düşünürsek[1], cinayet mahalline olayın ardından gelip çıkarsamalar yapan dedektif benzetmesini yeniden değerlendireceğiz. Bilim insanlarını evrim gerçeğine götüren çıkarsama aletleri, herhangi bir yüzyılda, herhangi bir mahkemede; herhangi bir suçu kanıtlamak için kullanılmış herhangi bir görgü tanığı tutanağından çok daha fazla sayıda, çok daha ikna edici ve çok daha yadsınamazdır. Makul şüphenin ötesinde kanıt mı? *Makul* şüphe mi? Tüm zamanların en yetersiz ifadesi bu. Ve, göreceğimiz üzere, tüm zamanlar gerçekten de çok uzun.

1- Daha doğrusu, genelde yaşamayız; bkz Bölüm 5.

BÖLÜM 2

KÖPEKLER, İNEKLER ve LAHANALAR

BİR DARWIN'İN çıkagelmesi neden bu kadar uzun sürdü? İnsanoğlunun, kavranması görünüşte iki yüzyıl önce Newton tarafından sunulan matematiksel fikirlerden (hatta iki milenyum önce Arşimet tarafından sunulanlardan) çok daha kolay olan bu oldukça basit fikri idrak etmesini ne geciktirdi? Buna pek çok cevap önerilmiştir. Belki zihinler, büyük değişimlerin gerçekleşmesi için geçmesi gereken devasa zaman dilimlerince, bizim şimdi yerbilimsel derin zaman dediğimiz şeyle, onu anlamaya çalışan insanın yaşam süresi ve idrakı arasındaki asimetriyle yıldırılmıştı. Belki bizi engelleyen dini beyin yıkamaydı. Veya belki (göz gibi) canlı bir organın, usta bir mühendisin tasarımıymış gibi duran cezbedici yanılsamayla donanmış göz korkutucu karmaşıklığı idi. Muhtemelen bunların tamamı rol oynamıştır. Ama 2005'de 100 yaşında ölen, Yeni Darwinci sentezin ulu çınarı Ernst Mayr, devamlı olarak farklı bir şüpheyi dile getirirdi. Mayr'a göre suçlu, eski bir felsefi öğreti olan (modern adıyla anmak gerekirse) *esasicilik* (essentialism) idi. Evrimin keşfi, Eflatun'un ölü eli tarafından engellenmişti.[1]

EFLATUN'UN ÖLÜ ELİ

Eflatun için, gördüğümüzü sandığımız "gerçeklik", sadece kamp ateşinin titrek ışığından mağaramızın duvarına yansıyan gölgelerdi. Diğer klasik dönem Yunan düşünürleri gibi Eflatun da özünde bir geometriciydi. Kuma çizilen her üçgen, üçgenin gerçek *özünün* kusurlu bir gölgesinden başka bir şey değildi. Öz üçgenin doğruları, uzunlukları olan ama genişlikleri olmayan, sonsuz darlıkta ve paralel oldukları zaman asla kesişmeyecek şekilde tanımlanmış saf Öklidci doğrulardı. Öz üçgenin iç açıları toplamı gerçekten de iki dik açıya eşitti; yayın bir pikosaniye azına ya da fazlasına değil. Bu, kuma çizilen bir üçgen için doğru değildi, çünkü Eflatun'a göre kumdaki üçgen, ideal, öz üçgenin yalnızca kararsız bir gölgesiydi.

1- Bu Mayr'ın deyişi değil ama onun fikirlerini ifade ediyor.

Mayr'a göre biyoloji de kendisine has bir esasicilik türünden muzdaripti. Biyolojik esasicilik tapir ve tavşanlara, pangolin ve tek hörgüçlü develere, onlar sanki üçgen, eşkenar dörtgen, parabol veya on iki yüzlüymüş gibi yaklaşır. Gördüğümüz tavşanlar, mükemmel tavşan "ide"'sinin, geometrinin diğer mükemmel biçimleriyle birlikte kavramsal uzayın bir yerlerinde takılan ideal, öz, Eflatuncu tavşanın solgun birer gölgeleridir. Etten yapılma tavşanlar çeşitlilik arz edebilirler ama bu çeşitlilik her zaman ideal tavşan özünden hatalı sapmalar olarak görülmelidir.

Bu resim nasıl da umutsuzca evrim karşıtı! Bir Eflatuncu, tavşandaki herhangi bir değişikliği, öz tavşandan darmadağınık farklılaşmalar olarak görür ve sanki tüm gerçek tavşanlar görünmez bir elastik kordonla Gökyüzündeki Öz Tavşan'a bağlıymış gibi, değişime daima direnç olacağını düşünür. Yaşama evrimsel bakış ise taban tabana zıttır. Yeni nesiller atasal biçimlerden sınırsızca farklılaşabilirler ve her farklılaşma ileriki varyantlar (başka biçimler) için potansiyel atalar oluşturur. Gerçekten de, doğal seçilimle evrimi, Darwin'le aynı anda (ondan bağımsız olarak) keşfeden Alfred Russel Wallace, makalesine tam da "Varyetelerin (başka biçimlerin) orijinal tipten sınırsızca farklılaşma meyilleri üzerine" adını vermiştir.

Eğer bir "standart tavşan" varsa, bu paye, gerçek, etrafta koşuşturup zıplayan değişken tavşanların çan şeklindeki dağılımının merkezinden daha fazlasını ifade etmez. Ve bu dağılım zamanla değişir. Nesiller geçtikçe kademeli olarak, bizim tavşan dediğimiz şeyin normunun, farklı bir ismi hak edecek kadar farklılaştığı bir an gelebilir. Daimi bir tavşanlık yani gökyüzünde asılı tavşanlık özü yoktur. Sadece tüylü, uzun kulaklı, dışkı yiyen, bıyıkları seyiren bireylerden oluşan; boyut, şekil, renk ve yatkınlık çeşitliliğinin istatistiksel dağılımını taşıyan popülasyonlar vardır. Bir zamanlar eski dağılımın uzun kulaklı kısmını oluşturan kesim, yerbilimsel zamanın ilerlemesiyle kendisini yeni bir dağılımın merkezinde bulabilir. Yeterli sayıda neslin ardından da, ata ve torun dağılımları arasında herhangi bir çakışma kalmayabilir: atalardaki en uzun kulaklar, torunlardaki en kısa kulaklardan daha kısa olabilir. Diğer bir Yunan filozof Herakleitos'un dediği gibi, her şey değişkendir; hiçbir şey sabit değildir. Yüz milyon yılın ardından, torunların herhangi bir zamanda bir tavşan ataya sahip olduklarına inanmak güç olabilir. Ancak evrimsel süreç boyunca hiçbir nesilde popülasyondaki baskın tip, bir önceki veya bir sonraki

neslin tipik tipinden uzak olmamıştır. Bu düşünce tarzına Mayr *popülasyon düşüncesi* adını vermişti. Ona göre popülasyon düşüncesi esasiciliğin antiteziydi. Mayr'a göre Darwin'in çıkagelmekte bu kadar gecikmesinin sebebi, hepimizin (Yunan etkisi veya başka bir sebepten ötürü) zihinsel DNA'sına esasiciliğin kazınmış olmasıydı.

Eflatuncu at gözlükleriyle örtülmüş bir zihin için, bir tavşan bir tavşandır. Tavşanlığın değişken bir istatistiksel ortalamalar bulutu teşkil ettiğini veya günümüz tipik tavşanının bir milyon yıl önceki (veya bir milyon yıl sonraki) tipik tavşandan farklı olabileceğini öne sürmek, içsel bir tabuyu ihlal ediyormuş gibi gözüküyor. Gerçekten de dilin gelişimini inceleyen psikologlar bize çocukların doğal esasiciler olduklarını söylüyorlar. Gelişen zihinleri, nesneleri her biri kendine özgü bir isme sahip olan ayrık kategorilere ayırırken, akıl sağlıklarını korumak için belki de öyle olmak zorundalar. Yaratılış efsanesinde Adem'in ilk işinin tüm hayvanlara isim vermek olduğuna şaşmamak gerek.

Mayr'ın görüşüne göre, biz insanlığın Darwin'imiz için on dokuzuncu yüzyılın ortalarına kadar beklemek zorunda kalmamıza da şaşmamak gerek. Evrimin ne kadar esasicilik karşıtı olduğunu dramatize etmek için şöyle düşünün. "Popülasyon düşünce"'li evrimsel bakışta, her hayvan diğer tüm hayvanlarla (örneğin tavşan leoparla), her biri bir sonrakine, prensipte zincirdeki komşusuyla çiftleşip, doğurgan yavrular üretecek kadar benzer olan ara tür zincirleriyle bağlıdır. Esasicilik tabusu bundan daha kapsamlı bir şekilde ihlal edilemez. Ve bu hayal gücüne mahkûm edilmiş müphem bir düşünce deneyi değil. Evrimsel bakış açısında, her biri yaşamış ve nefes almış, her biri uzun ve hareketli sürekliliğin her iki yanındaki komşularıyla tam olarak aynı türe yerleştirilecek olan bir tavşanı bir leopara bağlayan bir hayvan ara türleri serisi gerçekten de vardır. Hatta serideki herkes bir taraftaki komşusunun çocuğu, diğer taraftakininse ebeveyniydi. Ancak yine de serinin tamamı, tavşandan leopara giden kesintisiz bir köprü oluşturur (tabi, daha sonra göreceğimiz üzere, bir "tavpar" [tavşan+leopar] asla var olmamıştır). Tavşanlarla vombatlar arasında, leoparlarla ıstakozlar arasında ve her hayvan veya bitkiden diğer her birine benzer köprüler kurulabilir. Bu şaşırtıcı sonucun, evrimsel bakış açısının neden kaçınılmaz bir sonucu olduğunu kendi kendinize çözmüş olabilirsiniz, ama yine de açıklamama izin verin. Buna viraj düşünce deneyi adını vereceğim.

Bir tavşanı, herhangi bir dişi tavşanı alın (kolaylık olsun diye keyfi olarak dişileri seçin, argüman açısından bir fark yaratmaz). Tavşanın annesini tavşanın yanına koyun. Şimdi anneannesini annesinin yanına koyun ve böylece geçmişe doğru gidin, gidin, gidin. Her biri kızı ve annesi arasında sıkışmış, görünüşte sonsuz bir dişi tavşanlar hattında, zamanda geriye doğru megayıllar boyunca gidin. Zamanda geriye doğru, saflarını teftiş eden bir general gibi dikkatle tavşanları inceleyerek tavşan hattı boyunca yürüyoruz. Hattı arşınladıkça er geç, geçtiğimiz eski tavşanların bizim alışkın olduğumuz modern tavşanlardan azıcık daha farklı olduklarını fark edeceğiz. Ama değişim hızı o kadar yavaş olacak ki nesilden nesile geçerkenki trendleri gözlemleyemeyeceğiz, tıpkı saatlerimizdeki akrebin hareketini göremediğimiz ve bir çocuğun büyüdüğünü fark edemediğimiz, sadece sonraları bir delikanlı, daha sonraları da yetişkin olduğunu gördüğümüz gibi. Nesilden nesile geçerken tavşanlardaki değişimi görmememizin ilave bir sebebi de herhangi bir yüzyılda, mevcut popülasyondaki çeşitliliğin anneler ve kızları arasındaki çeşitlilikten normal olarak fazla olacak olmasıdır. Dolayısıyla eğer "akrep"'in hareketini, anneler ve kızlarını veya aslında anneanneler ve torunlarını karşılaştırarak ayırt etmeye çalışırsak, görebileceğimiz böylesi küçük farklar, tavşanların çalılıklarda hoplayıp zıplayan arkadaşları ve akrabaları arasındaki farklar tarafından bastırılacaktır.

Yine de, zamanda geriye doğru ilerledikçe, düzgünce ve belli belirsiz, giderek daha az tavşana ve daha çok kır faresine benzeyen (fakat çok da benzemeyen) atalara ulaşacağız. Bu yaratıklardan birine, netleşecek sebeplerden ötürü keskin viraj diyeceğim. Bu hayvan tavşanların leoparlarla (dişi hattı boyunca, ama bu önemli değil) paylaştıkları en yakın ortak ata. Bunun tam olarak neye benzediğini bilmiyoruz, ama evrimsel bakış açısına göre bu hayvan kesinlikle var olmuş olmalı. Tüm hayvanlar gibi o da kızı ve annesiyle aynı türün üyesiydi. Şimdi yürüyüşümüze devam ediyoruz. Tek fark virajdan u dönüşüyle döndük ve artık zamanda ileriye doğru, virajın çok sayıda ve çok çeşitli torunlarının arasından (zira hat üzerinde sürekli olarak çatallarla karşılaşacağız ve kararlı bir şekilde bizi nihayetinde leoparlara götürecek olan çatalı seçeceğiz) leoparları hedef alarak yürüyoruz. Artık yürüyüşümüzdeki kır faresi benzeri her hayvanın ardından o hayvanın kızı geliyor. Yavaşça, belli belirsiz aşamalarla, kır faresi benzeri hayvan, herhangi bir modern hayvanı pek andırmayan ama

birbirlerini fazlasıyla andıran ara kademelerden, belki hafifçe kakım benzeri ara kademelerden geçip değişecek ve nihayetinde, herhangi ani bir değişiklikle hiç karşılaşmadan, karşımıza bir leopar çıkacak.

Bu düşünce deneyiyle ilgili birçok şey söylemek gerekir. İlk olarak, biz tesadüfen tavşanlardan leoparlara doğru yürümeyi seçtik ama oklukirpilerden yunuslara, valabilerden zürafalara veya insanlardan mezgitlere yürümeyi de seçebileceğimizi tekrar ediyorum. Vurgulamak istediğim nokta, herhangi iki hayvan için, onları birbirine bağlayan virajlı bir yol var olmak zorundadır. Bunun sebebi de basitçe, tüm türlerin diğer her türle ortak bir atayı paylaşmasıdır: tek yapmamız gereken bir türden ortak ataya doğru geri geri gittikten sonra u dönüşüyle dönüp ileriye doğru diğer türe yürümek.

İkinci olarak, bizim sadece modern bir hayvanı diğer bir modern hayvana bağlayan hayvan zincirini belirlemekten bahsettiğimize dikkat edin. Kesinlikle bir tavşanı bir leopara *evrimleştirmiyoruz*. Sanırım viraja doğru *geri*-evrildiğimizi ve sonra oradan leopara ileriye doğru evrildiğimizi söylemek mümkün. İlerleyen bir bölümde de göreceğimiz üzere, ne yazık ki modern türlerin diğer modern türlere evrilmediklerini, sadece ortak atalarının olduğunu (kuzen olduklarını) tekrar tekrar vurgulamak şart. Göreceğimiz üzere bu aynı zamanda, rahatız edici şekilde yaygın şu sorunun da yanıtıdır: "Eğer insanlar şempanzelerden evrildilerse, neden etrafta hala şempanzeler var?"

Üçüncü olarak, viraj hayvanından ileriye doğru olan marşımızda leoparlara giden yolu keyfi olarak seçtik. Bu evrimsel geçmişteki gerçek bir yol ama (bu önemli noktayı tekrarlamak gerekirse) evrimi sayısız diğer hedef noktalarına kadar takip edebileceğimiz (çünkü viraj hayvanı yalnızca tavşan ve leoparların değil, aynı zamanda modern memelilerin önemli bir bölümünün de büyük atasıdır) pek çok dallanma noktasını görmezden gelmeyi seçtik.

Dördüncü nokta, ki bunu daha önce de vurguladım, virajın uç noktalarındaki (örneğin tavşan ve leoparlardaki) farklılıklar ne kadar radikal ve kapsamlı olursa olsun, onların birleştiren zincir üzerindeki her adım çok çok küçüktür. Zincir üzerindeki her birey zincirdeki komşusuna, anne ve kızların birbirlerine benzemelerinin beklenebileceği kadar benzerdir. Ve daha önce de değindiğim gibi, zincirdeki komşularına, etraftaki popülasyonun tipik üyelerine olduklarından *daha* benzerdirler.

Bu düşünce deneyinin, Eflatuncu ideal biçimlerden oluşan zarif Yunan tapınağını nasıl yerle bir ettiğini görüyorsunuz. Ve eğer Mayr insanların derinlemesine esasicilik önyargılarıyla dolu olduğunu düşünmekte haklıysa, evrimi hazmetmeyi tarihsel olarak neden bu kadar zor bulduğumuzda da pekâlâ haklı olabileceğini görüyorsunuz.

"Esasicilik" kelimesinin kendisi 1945'e kadar icat edilmemişti ve dolayısıyla Darwin'in onu kullanması mümkün değildi. Ama onun "türlerin değişmezliği" biçimindeki biyolojik versiyonuna fazlasıyla aşinaydı ve çabalarının önemli bir bölümü onunla bu isim altında savaşmaya yönlendirilmişti. Gerçekten de Darwin'in pek çok kitabında (başka kitaplarında *Türlerin Kökeni Üzerine*'den daha fazla) neden bahsettiğini sadece, eğer evrimle ilgili modern kabulleri bir kenara bırakıp, okuyucularından çoğunun türlerin değişmezliğinden asla şüphe etmeyen esasiciler olduğunu hatırlarsanız layıkıyla anlarsınız. Bu sözde değişmezliğin karşısında dururken Darwin'in en etkili silahlarından birisi evcilleştirmeden gelen kanıtlardı ve bu bölümün geri kalanını evcilleştirme kaplayacak.

GEN HAVUZUNU YONTMAK

Darwin hayvan ve bitki ıslahı hakkında çok şey biliyordu. Güvercin besleyicileri ve bahçıvanlarla sohbet ederdi ve köpekleri çok severdi.[1] Darwin, yalnızca *Türlerin Kökeni Üzerine*'nin ilk bölümünü tamamen evcil hayvan ve bitki varyetelerine ayırmakla kalmamış, aynı zamanda bu konu hakkında koca bir kitap da yazmıştır. *Evcilleştirme altındaki Hayvan ve Bitkilerin Çeşitliliği*nin köpekler ve kediler, atlar ve eşekler, domuzlar, sığırlar, koyunlar ve keçiler, tavşanlar, güvercinler (iki bölüm; Darwin güvercinlere özellikle âşıktı), tavuklar ve pek çok başka kuş ve aralarında olağanüstü lahanaların da bulunduğu bitkiler hakkında bölümleri vardı. Lahanalar esasicilik ve türlerin değişmezliğine bitkisel bir hakarettir. Yabani lahana, *Brassica oleracea*, evcil lahananın yabani otlu versiyonuna hafifçe benzeyen sıradan bir bitkidir. Sadece birkaç yüzyıl içinde bahçıvanlar, seçici ıslah tekniklerinden oluşan alet çantasıyla donanmış ince ve kaba keskilerini kullanarak, bu ziyadesiyle alelade bitkiden, brokoli, karnabahar, yer lahanası, kıvırcık lahana, Brüksel lahanası, ilkbahar yaprağı, romanescu ve tabi hala yaygınca lahana olarak adlandırılan pek çok bitki çeşidi gibi birbirlerinden ve yabani atadan çarpıcı şekilde farklı olan bitkileri yontmuşlardır.

1- Onlar bu kadar anlayışlıyken köpekleri kim sevmez ki?

Bir başka tanıdık örnek, kurdun *(Canis lupus)* UK Kennel Club tarafından ayrık olarak tanınan yaklaşık iki yüz köpek *(Canis familiaris)* soyuna yontulması ve soy ıslahının aparthayd benzeri kurallarıyla birbirlerinden genetik olarak izole edilmiş daha da fazla sayıda soydur.

Yeri gelmişken, tüm evcil köpeklerin yabani atası gerçekten de kurt ve yalnızca kurtmuş gibi görünüyor (ne var ki evcilleşmesi dünya etrafında farklı yerlerde birbirlerinden bağımsız olarak gerçekleşmiş olabilir). Evrimciler her zaman böyle düşünmüyorlardı. Pek çok çağdaşı gibi Darwin de, aralarında kurtlar ve çakalların da bulunduğu pek çok yabani köpekgil türünün, bizim evcil köpeklerimizin atalığında payı olduğundan şüphe ediyordu. Avusturyalı Nobel Ödüllü hayvan davranışları bilimcisi Konrad Lorenz de aynı fikirdeydi. 1949'da yayınlanan *İnsan Köpekle Tanışır* kitabı evcil köpek soylarının iki ana gruba ayrıldığı fikrini ileri sürer: çakallardan türeyenler (çoğunluk) ve kurtlardan türeyenler (Lorenz'in kendisinin favorileri, Çin köpeği de dâhil). Soyların kişilik ve karakterlerinde gördüğünü sandığı farklılıklar dışında, Lorenz'in bu ayrım için herhangi bir kanıtı yokmuş gibi görünüyor. Mevzu, moleküler genetik kanıtlar onu nihayetlendirene kadar açık kaldı. Artık hiç bir şüphe yok. Çakallar evcil köpeklerin ataları değildir. Tüm köpek soyları değişikliğe uğramış kurtlardır: çakal değil, kır kurdu değil, tilki değil.

Evcilleştirmeyle vurgulamak istediğim esas nokta onun yabani hayvanların şekil ve davranışlarını değiştirmekteki şaşırtıcı gücü ve bunu yaparkenki hızıdır. Hayvan yetiştiricileri neredeyse sınırsız dövülgenlikte çamuru olan modelciler veya keski çekiç kullanan, köpek veya atları, veya inek veya lahanaları diledikleri gibi oyan heykeltıraşlar gibidirler. Bu resme birazdan geri döneceğim. Bunun doğal evrimle alakası, her ne kadar seçen etmen doğa değil insan olsa da, sürecin bunun dışında tamamen aynı olmasıdır. Bu yüzden Darwin *Türlerin Kökeni Üzerine*'nin başında evcilleştirmeye o kadar önem vermişti. Herkes yapay seçilimle evrimin ilkesini anlayabilir. Doğal seçilim de aynıdır, ufak bir ayrıntının değişmesi dışında.

Net olmak gerekirse, yetiştirici/heykeltıraş tarafından oyulan, köpeğin veya lahananın vücudu değil, soyun veya türün gen havuzudur. Gen havuzu fikri, "Yeni-Darwinci Sentez" adıyla anılan bilgi ve teori külliyatı için merkezidir. Darwin'in kendisi onun hakkında hiçbir şey bilmiyordu. Bu, onun entelektüel dünyasının bir parçası değildi,

keza aslında genler de öyle. Elbette karakteristiklerin aileye çektiğini biliyordu; yavruların, ebeveyn ve kardeşlerini andırdığını biliyordu; köpek ve güvercinlerin belirli karakteristiklerinin aynen kalıtıldığını biliyordu. Kalıtım Darwin'in doğal seçilim teorisinin merkezi bir dayanağıydı. Ama gen havuzu başka bir şeydir. Gen havuzu kavramı sadece Mendel'in kalıtsal parçacıkların bağımsız karışımı yasası ışığında bir anlam ifade eder. Genetiğin babası olan Avusturyalı rahip Gregor Mendel, Darwin'in çağdaşı olduğu halde, Darwin Mendel'in yasalarını hiç bilmedi. Mendel bulgularını Darwin'in hiç görmediği bir Alman dergisinde yayınlamıştı.

Mendelci bir gen "ya hep ya hiç" türünden bir varlıktır. Ana rahmine düştüğünüzde, babanızdan aldığınız şey (tıpkı mavi boyayla kırmızı boyayı karıştırıp pembe elde etmek gibi) annenizden aldığınız şeyle karışacak bir madde değildi. Eğer kalıtım (Darwin'in zamanında insanların az çok düşündüğü gibi) gerçekten böyle işleseydi her birimiz iki ebeveynimize eşit mesafede onların ortalaması olurduk. Bu durumda popülasyondaki tüm çeşitlilik hızla yok olurdu (pembe boyayla pembe boyayı ne kadar azimle karıştırırsınız karıştırın asla orijinal kırmızı ve mavi renkleri elde edemezsiniz). Gerçekte ise popülasyondaki çeşitliliğin azalması yönünde böylesi içkin bir eğilim olmadığını herkes açıkça görebilir. Mendel bunun, babadan gelen genlerle anneden gelen genler çocukta birleştiğinde (kendisi, 1909'a kadar icat edilmeyecek olan "gen" kelimesini kullanmamıştı) bu birleşmenin boyaların karışması gibi değil, daha ziyade bir destedeki kâğıtların karılması ve yeniden karılmasına benzemesi yüzünden olduğunu göstermişti. Günümüzde genlerin DNA kodlarından oluştuğunu ve kâğıtlar gibi ayrık olmadıklarını biliyoruz ama onun dışında prensip hala geçerli. Genler karışmazlar; karılılar. Çok da iyi karılmadıklarını söyleyebilirsiniz, zira kimi kâğıt grupları nesiller boyunca, şans onları ayırana kadar birbirlerine tutunurlar.

Yumurtalıklarınızdan (veya erkekseniz spermlerinizden) her biri, belli bir genin ya annenizin ya da babanızın versiyonunu içerir, ikisinin karışımını değil. Ve o gen dört büyük ebeveyninizin bir ve yalnız birinden gelmiştir; ve sekiz büyük büyük ebeveyninizin bir ve yalnız birinden.[1]

Geçmişe dönüp bakınca bunun en başından beri bariz olması gerekirdi. Bir erkeği bir dişiyle çiftleştirdiğinizde, bir oğul veya kız doğ-

1- Bu, Mendel'in bize sunduğu genetik modelinde ve 1950'lerdeki Watson-Crick devrimine kadar tüm biyologların takip ettiği genetik modelinde kesin olarak doğru olurdu. Şimdi ise genlerin uzun DNA şeritleri olduğunu bildiğimiz göz önüne alınırsa bu *neredeyse* doğrudur. Pratikte ise doğru olarak kabul edebiliriz.

masını beklersiniz, bir çift cinsiyetli değil.] Geçmişe bakınca, birileri koltuğundan kalkmadan bütün karakteristiklerin kalıtımının aynı "ya hep ya hiç" ilkesini genelleyebilirdi. İnanılmaz bir şekilde Darwin bunu yapmaya kıl payı yaklaşmıştır, ama bağlantının tamamını kurmasına ramak kala durmuştur. Alfred Wallace'ye 1866'da yazdığı bir mektupta şöyle der:

> Çok sevgili Wallace
>
> Bazı çeşitliliklerin karışmaması ile ne kastettiğimi anladığını sanmıyorum. Bahsettiğim şey doğurganlığa atıfta bulunmuyor. Bir örnek açıklayıcı olacaktır. Birbirlerinden oldukça farklı renkleri olan benekli kırmızı ve mor kokulu bezelyeyi melezledim ve her iki çeşidin kusursuz (ama ikisinin arasında olmayan) örneklerini elde ettim (hatta aynı kozadan bile). Buna benzer bir şey öyle sanıyorum ki senin kelebeklerinde de kesinlikle gözlenmelidir. Bu örnekler görünüm olarak mükemmel olsalar da, dünyadaki tüm dişilerin ayrık erkek ve dişi çocuk üretmelerinden gerçekten daha mükemmel olup olmadıklarını bilemiyorum.

Darwin, Mendel'in (bizim modern deyimimizle) genlerin karışmaması yasasını keşfetmeye işte *bu kadar* yaklaşmıştı.[2] Bu örnek, (çok sayıda incinmiş savunucunun iddia ettiği gibi) Victoria döneminin diğer bilim insanlarının (örneğin Patrick Matthew ve Edward Blyth'in) doğal seçilimi Darwin'den önce keşfettikleri iddiasıyla benzerlik taşıyor. Darwin'in de kabul ettiği gibi bu bir bakıma doğru ama bence kanıtlar onların doğal seçilimin ne kadar *önemli* olduğunu anlamadıklarına işaret ediyor. Darwin ve Wallace'nin aksine onlar doğal

1- Çocukluğumu geçirdiğim çiftlikte Arusha isimli bilhassa gürültücü ve saldırgan bir ineğimiz vardı. Arusha nevi şahsına münhasırdı ve problemliydi. Bir gün çoban Bay Evans kederle şunları söyledi: "Bana kalırsa Arusha bir boğayla ineğin melezi gibi."

2- Darwin'in, Mendel'in kendi sonuçlarını yayınladığı Alman dergisinin bir nüshasına sahip olduğu ama kendisinin ölümünün ardından ilgili sayfaların kesilip açılmamış olarak bulunduğunu söyleyen ısrarcı ama yanlış bir dedikodu var. Bu mem muhtemelen Darwin'in W. O. Focke'nin *Die Pflanzen-mischlinge* isimli kitabına sahip olmasından kaynaklanıyor. Focke gerçekten de kısaca Mendel'e atıfta bulunmuştur ve bunu yaptığı sayfa Darwin'in nüshasında gerçekten de kesilmemiştir. Ama Focke, Mendel'in çalışmasına herhangi özel bir vurguda bulunmamış ve çalışmaların derin önemini anladığına dair herhangi bir belirti göstermemiştir, dolayısıyla ilgili sayfayı kesmiş olsaydı bile Darwin'in bunu anlayacak olması açık değildir. Zaten Darwin'in Almancası çok iyi değildi. Eğer Darwin Mendel'in makalesini okumuş olsaydı biyoloji tarihi çok farklı yazılırdı. Mendel'in kendisinin bile bulgularının tüm önemini anlamamış olduğu öne sürülebilir. Anlamış olsaydı Darwin'e mektup yazabilirdi. Mendel'in Brno'daki manastırının kütüphanesinde, Mendel'in kendi (Almanca) *Türlerin Kökeni Üzerine* nüshasını ellerimde tuttum ve kenarlıklarına aldığı notları gördüm, ki bu da kitabı okuduğunun göstergesidir.

seçilimi (tüm canlıların evrimini olumlu iyileşmeler yönüne sürme gücüyle) evrensel önemi olan *genel* bir olgu olarak görmediler. Aynı şekilde, Wallace'ye yollanan bu mektup Darwin'in kalıtımın karışmayan doğasını kavramaya inanılmaz derecede yaklaştığını gösteriyor. Ama onun genelliğini görmedi ve özellikle de çeşitliliğin popülasyonlardan neden otomatik olarak yok olmadığı muammasının çözümü olduğunu görmeyi başaramadı. Bu muammayı çözmek, çalışmalarını Mendel'in zamanının ötesindeki keşfinin üzerine inşa eden yirminci yüzyıl bilim insanlarına kalacaktı.[1]

O halde artık gen havuzu kavramı bir anlam ifade etmeye başlıyor. Eşeyli olarak üreyen bir popülasyon, örneğin Güney Atlantik'te fazlasıyla izole edilmiş Yükseliş Adası'ndaki sıçanların tamamı, devamlı olarak adadaki genleri karar. Her bir neslin bir önceki nesilden daha az çeşitli olması için, hep daha fazla sıkıcı derecede gri ve ortalama bireylere doğru içkin bir eğilim yoktur. Genler bütün olarak kalıp, nesiller geçtikçe bir bireyden diğerine karılırlar ama birbirleriyle karışmazlar ve birbirlerini bulandırmazlar. Herhangi bir anda genlerin tamamı sıçanların vücutlarında oturmakta veya spermler vasıtasıyla yeni sıçan vücutlarına taşınmaktadır. Ama pek çok nesli kapsayan geniş bir açıdan bakarsak, adadaki tüm sıçan genlerinin, iyi karılmış bir destedeki kağıtlarmışçasına karıştırıldığını görürüz: tek bir gen havuzunda.

Öyle sanıyorum ki Yükseliş gibi küçük ve izole bir adadaki sıçan gen havuzu kendi kendine yeten ve ziyadesiyle iyi karılmış bir havuzdur (herhangi bir sıçanın yakın atalarının adanın herhangi bir yerinde yaşamış olabilecekleri ama muhtemelen, arada sırada bir gemiye kaçak olarak binmeleri haricinde ada dışında bir yerde yaşamış olamayacakları anlamında). Ama Avrasya gibi daha büyük kara kitlelerinde yaşayan sıçanların gen havuzu çok daha karmaşık olacaktır. Madrid'de yaşayan bir sıçan, genlerinin çoğunu, örneğin Moğolistan veya Sibirya'dan değil, Avrasya kıtasının batı yakasında yaşamış atalardan almış olacaktır: gen akışının önündeki spesifik engellerden dolayı değil (gerçi bunlar da vardır), söz konusu büyük mesafelerden dolayı. Eşeyli karılmanın, bir geni, bir kıtanın bir tarafından diğerine götürmesi zaman alır. Nehirler ve sıradağlar gibi fiziksel engeller

1- Teori, 1908'de sevecen bir şekilde egzantrik, kriket tutkunu matematikçi G. H. Hardy ve (bağımsız olarak) Alman doktor Wilhelm Weinberg'le başlayarak, büyük genetikçi ve istatistikçi Ronald Fisher ve (yine büyük oranda bağımsız olarak) popülasyon genetiğinin diğer kurucuları J.B.S.Haldane ve Sewall Right'ın çalışmalarıyla doruk noktasına ulaştı.

olmasa bile, böylesi büyük kara kitleleri üzerindeki gen akışı, gen havuzunun "viskoz (akışmaz)" olarak adlandırılmayı hak edeceği kadar yavaş olacaktır. Vladivostok'da yaşayan bir sıçan, genlerinin çoğunun izini doğudaki atalara değin sürebilir. Avrasya gen havuzu da (tıpkı Yükseliş Adasında olduğu gibi) karılacaktır ama söz konusu mesafelerden dolayı homojen olarak karılmayacaktır. Dahası sıradağlar, geniş nehirler ve çöller gibi kısmi engeller homojen karılmanın daha da önüne geçip, gen havuzunu yapılandırıp karmaşıklaştıracaktır. Bu karmaşıklılar gen havuzu fikrinin değerini azaltmaz. Mükemmelce karılmış gen havuzu, matematikçilerin mükemmel düz çizgi soyutlaması gibi, faydalı bir soyutlamadır. Gerçek gen havuzları (Yükseliş gibi küçük adalarda bile), sadece kısmen karılmış, mükemmel olmayan yakınsamalardır. Ada ne kadar küçük ve az parçalıysa, mükemmelce karılmış gen havuzunun soyut idealine yakınsama o kadar iyi olacaktır.

Gen havuzlarıyla ilgili düşüncelerimizi toparlamak gerekirse, bir popülasyonda gördüğümüz her bir hayvan, çağının (daha doğrusu ebeveynlerinin çağının) gen havuzunun bir *numunesidir*. Gen havuzlarında belli bazı genlerin sıklıklarının artması veya azalması için içkin bir eğilim yoktur. Ama eğer bir gen havuzundaki bir genin sıklığında böylesi bir artış veya azalış *gerçekten olursa*, işte evrim derken kastedilen şey tam olarak ve kesinlikle budur. Dolayısıyla buradaki ilginç soru şuna dönüşür: bir genin sıklığında sistematik bir artış veya azalış *neden* olsun? Ve tabi bu nokta tam da olayın ilginçleştiği yer, biz de sırası gelince ona döneceğiz.

Evcil köpeklerin gen havuzunda ilginç bir şey olur. Safkan Pekin köpeği veya Dalmaçyalı yetiştiricileri, genlerin bir gen havuzundan diğerine geçmesini engellemek için yapmadıklarını bırakmazlar. Pek çok nesil geriye giden soy kayıtları tutulur ve misejenasyon (ırkların karışması) safkan yetiştiricilerinin başına gelebilecek en kötü şeydir. Sanki her köpek türü, diğer tüm köpek soylarından uzak tutularak, kendi küçük Yükseliş Adasında hapsedilmiştir. Ama melezlemenin önündeki engel açık deniz değil insan kurallarıdır. Coğrafi olarak köpek soylarının tamamı kesişirler ama sahiplerinin onların çiftleşme fırsatlarını denetleme yöntemleri yüzünden farklı adalarda olmaktan farksızdırlar. Elbette arada sırada kurallar çiğnenir. Bir gemiye kaçak binip Yükseliş Adasına giden bir sıçan gibi, dişi bir tazı örneğin tasmasından kurtulup bir spanyelle çiftleşir. Ama bunun neticesinde

doğan kırma köpek yavruları, birey olarak ne kadar sevilirlerse sevilsinler, Safkan Tazı etiketli adadan kovulurlar. Adanın kendisi saf tazı adası olarak kalmaya devam eder. Diğer safkan tazılar, Tazı etiketli sanal adanın gen havuzunun bulandırılmamış olmasını sağlarlar. Her bir safkan köpek soyu için yüzlerce insan yapımı "ada" vardır. Her biri (coğrafi olarak yerelleşmemiş olmaları anlamında) sanal adalardır. Safkan tazılar veya Pomeranyalılar dünya etrafında pek çok farklı yerde bulunabilirler ve arabalar, gemiler ve uçaklar, genleri bir coğrafi yerden diğerine getirip götürmekte kullanılırlar. Pekin köpeğinin gen havuzunu teşkil eden sanal genetik ada, bokser gen havuzunu teşkil eden sanal genetik adayla ve St Bernard gen havuzunu teşkil eden sanal adayla coğrafi olarak (ama bir dişi saklandığı yerden çıkmadıkça genetik olarak değil) kesişir.

Şimdi gen havuzları tartışmamı başlatan ifademe geri dönelim. Eğer hayvan yetiştiricileri heykeltıraşlar olarak düşünülecekse, keski çekiçleriyle oydukları şeyin köpek eti değil gen havuzları olduğunu söylemiştim. Oydukları şeyler, yetiştirici, örneğin ileriki nesil bokserlerin burunlarını kısaltma niyetini belirttiği için köpek etiymiş gibi gözükür. Ve böylesi bir niyetin son ürünü gerçekten de (atanın yüzüne keski çekiçle girişilmişçesine) daha kısa bir burun olur. Ama gördüğümüz gibi, herhangi bir nesildeki tipik bir bokser, çağının gen havuzunun bir numunesidir. Yıllar içinde oyulan ve yontulan gen havuzudur. Uzun burun genleri gen havuzundan kesilip atılmış, yerlerini kısa burun genlerine bırakmışlardır. Daksunddan Dalmaçyalıya, bokserden Rus kurt köpeğine, kanişten Pekin köpeğine, danuadan çivavaya tüm köpek soyları, gerçek anlamda et ve kemiklerinde değil ama gen havuzlarında oyulmuş, yontulmuş, yoğrulmuş ve şekillendirilmiştir.

İşin tamamı oymayla yapılmaz. Tanıdık köpek soylarımızdan çoğu orijinal olarak diğer soyların melezleri olarak türetilmişlerdi (çoğu zaman oldukça yakın bir zaman önce, örneğin on dokuzuncu yüzyılda). Elbette melezleme, sanal adalardaki gen havuzlarının izolasyonunun kasti olarak ihlali anlamına gelir. Bazı melezleme planları öyle özenli yapılırlar ki, yetiştiriciler ürünlerinin kırma veya it olarak anılmasından gocunurlar. "Labradoodle" standart bir kanişle labrador retriever'in melezi ve her iki soyun en iyi özelliklerini elde etmek için özenle tasarlanmış bir arayışın sonucudur. Labradoodle sahipleri (safkan köpeklerininkiler gibi) dernek ve birlikler kurmuşlardır. Lab-

radoodle Beğenisinde (ve böylesi diğer melez tasarımcılarında) iki düşünce akımı vardır. Bir yanda kanişlerle labradorları çiftleştirerek labradoodle yapmaya devam etmekten mutlu olanlar vardır. Diğer yanda ise, Labradoodle'ler kendi aralarında çiftleştirildiklerinde kendi özelliklerini aynen aktaracakları yeni bir Labradoodle gen havuzu başlatmak isteyenler vardır. Halihazırda, ikinci nesil Labradoodle genleri birleştiklerinde, safkan köpeklerin göstermeleri beklenenden daha çok çeşitlilik üretmektedirler. Pek çok "saf" soy olaya böyle başlamıştır: çeşitliliğin yüksek olduğu ara aşamalardan geçip, sonrasında nesiller boyu süren dikkatli ıslahlarla budanmışlardır.

Kimi zaman yeni köpek soyları başlangıçta yola tek bir büyük mutasyonun edinilmesiyle çıkarlar. Mutasyonlar, rastgele olmayan seçilimle evrimin hammaddesini oluşturan, genlerdeki rastgele değişimlerdir. Doğada büyük mutasyonlar nadiren hayatta kalabilir ama laboratuarda genetikçiler onları severler çünkü onları incelemek kolaydır. Basset av köpekleri ve daksundlar gibi çok kısa bacaklı köpek soyları bu bacakları, doğada hayatta kalması mümkün olmayan büyük mutasyona klasik bir örnek teşkil eden akondroplazi adlı mutasyonla tek bir adımda edinmişlerdir. En yaygın insan cüceliği türünden de benzer bir mutasyon sorumludur: gövde neredeyse normal boyutlardayken bacaklar ve kollar kısadır. Diğer genetik rotalar, orijinalinin oranlarını koruyan minyatür soylar üretirler. Köpek ıslahçıları, akondroplazi ve pek çok küçük gen gibi birkaç büyük mutasyonun kombinasyonlarını seçerek boyut ve şekil değişimlerini elde edebilirler. Değişimi etkili bir şekilde elde emek için genetikten anlamlarına da gerek yoktur. Bu konuda herhangi bir bilginiz olmadan, sadece kimin kimle çiftleşeceğini seçerek, istediğiniz türlü türlü karakteristiği elde edebilirsiniz. İnsanlığın genetik hakkında bilgi sahibi olmasından çok önce, yüzyıllar boyunca köpek (ve genel olarak) hayvan ve bitki ıslahçılarının elde ettikleri bunlardır. Ve burada doğal seçilimle ilgili bir ders de var, zira doğanın (elbette) herhangi bir anlayışı veya farkındalığı yoktur.

Amerikalı hayvan bilimci Raymond Coppinger farklı köpek soylarının yavrularının birbirleriyle, yetişkinlerin olduğundan çok daha benzer olduklarını vurgular. Köpek yavruları farklı olmayı göze alamazlar çünkü onların yapmaları gereken esas şey emmektir ve emmek her soy için aşağı yukarı benzer zorlukları beraberinde getirir. Özellikle, iyi emebilmek için bir köpek yavrusunun Rus kurt köpeği

veya retriever gibi uzun bir burnu olamaz. Tüm köpek yavruları bu sebeple puglara benzerler. Yetişkin bir pugun, yüzü adamakıllı büyümemiş bir köpek yavrusu olduğunu bile söyleyebilirsiniz. Pek çok köpek, sütten kesildikten sonra nispeten uzun bir burun geliştirir. Puglar, buldoglar ve Pekin köpekleri geliştirmezler; onların burunları bebeksi oranlarını korurken başka bölgeleri büyür. Bunun teknik ismi *neoteni*dir ve Bölüm 7'de insan evrimine geldiğimizde onunla tekrar karşılaşacağız.

Eğer bir hayvanın her tarafı, hayvanın yetişkin hali, bebeğin düzgünce şişirilmiş bir kopyası olacak şekilde aynı hızda büyüyorsa, hayvanın izometrik olarak büyüdüğü söylenir. İzometrik büyüme oldukça nadirdir. Tam tersi olan allometrik büyümede ise farklı yerler farklı hızlarda büyürler. Sıklıkla, hayvanın farklı yerlerinin büyüme hızları birbirleriyle basit bir matematiksel ilişki içerisindedir (ilk kez 1930'larda özellikle Sör Julian Huxley tarafından incelenen bir olgu). Farklı köpek soyları farklı şekillerini, vücudun bölümleri arasındaki allometrik büyüme ilişkilerini değiştiren genler vasıtasıyla elde ederler. Örneğin buldoglar Churchillvari somurtmalarını, burun kemiklerinin yavaş büyümesine olan genetik bir yatkınlıktan alırlar. Bunun, çevreleyen kemikler üzerinde (aslında çevreleyen dokular üzerinde de) zincirleme etkileri olur. Bu etkilerden biri damağın yukarıya doğru garip bir pozisyona gelmesidir. Bu sebeple buldoğun dişleri dışarı çıkar ve salya akıtmaya yatkındır. Ayrıca buldogların (Pekin köpekleriyle paylaştıkları) nefes alma sorunları da vardır. Buldogların doğmakta bile sıkıntıları vardır çünkü kafaları orantısız olarak büyüktür. Bugün gördüğünüz her değilse bile çoğu buldok sezaryenle doğmuştur.

Rus kurt köpekleri ise tam tersidir. Onların ekstra uzun burunları vardır. Gerçekten de burunlarının uzamasının doğumdan önce başlamasıyla (ki bu da muhtemelen Rus kurt köpeği yavrularını diğer soylardan daha az maharetli emiciler yapar) olağandışıdırlar. Coppinger insanların daha uzun burunlu Rus kurt köpekleri yetiştirme arzusunun, emmeye çalışan yavru köpeklerin hayatta kalma kapasitesi tarafından konulmuş limite ulaştığını tahmin ediyor.

Köpeklerin evcilleştirilmesinden ne dersler aldık? İlk olarak, Danualardan Yorkshire teriyerlerine, İskoç teriyerlerinden Airedale teriyerlerine, Afrika aslan tazılarından daksundlara, tazılardan St Bernard'lara, köpek soyları içindeki muazzam çeşitlilik, genlerin rastgele olmayan seçiliminin (gen havuzlarının "oyulup karılmasının"),

anatomi ve davranışlarda gerçekten dramatik değişimler üretmesinin ne kadar kolay olduğunu gösterir. Şaşırtıcı derecede az gen rol oynayabilir. Yine de değişimler o kadar büyüktür ki (soylar arasındaki farklar o kadar dramatiktir ki), bunların evriminin sadece yüzyıllar değil milyonlarca yıl alacağını bekleyebilirsiniz. Eğer bu kadar fazla sayıda evrimsel değişim sadece birkaç yüzyılda hatta onyılda elde edilebiliyorsa, on veya yüz milyon yılda nelerin elde edilebileceğini bir düşünsenize.

Süreci yüzyıllar boyunca izlediğimizde köpek ıslahçılarının, köpek etini alıp çamuru biçimlendirir gibi (üç aşağı beş yukarı bilinçli olarak) itip kaktıklarını, yoğurup şekle soktuklarını söylemek abartı olmaz. Tabi daha önce de belirttiğim gibi, bizler aslında köpek etini değil köpek gen havuzlarını yoğurduk. Ve "oymak", "yoğurmak"'tan daha iyi bir mecaz. Bazı heykeltıraşlar bir öbek çamur alıp onu yoğurup şekle sokarak çalışırlar. Diğerleri bir taş veya tahta öbeğini alıp, keski çekiçle kimi parçaları *çıkararak* onu oyarlar. Elbette köpek meraklıları köpeğin etini oyup parçalar çıkararak onu şekle sokmazlar. Ama köpek gen havuzlarını çıkarmayla oymaya yakın bir şey yaparlar. Ne var ki bu basitçe çıkarmadan daha karmaşık bir şeydir. Mikelanjelo tek bir mermer yığınını alıp, ondan parçalar çıkararak içerisinde gizlenen Davut'u ortaya çıkarmıştır. Hiçbir şey eklenmemiştir. Öte yandan gen havuzlarının üzerlerine sürekli olarak (örneğin mutasyonlarla) eklenirken, rastgele olmayan ölüm bir şeyleri çıkarır. Heykeltıraş benzetmemiz bu noktada sona erer ve Bölüm 8'de tekrar göreceğimiz üzere bu benzetmenin fazla zorlanmaması gerekir.

Bu heykeltıraş fikri akla vücut geliştirmecilerin aşırı kaslı vücutlarını ve onların insan dışı muadillerini örneğin Belçika Mavisi sığır soyunu akla getirir. Bu yürüyen et fabrikası, "çift kaslandırma" adı verilen belli bir genetik değişiklik vasıtasıyla elde edilmiştir. Kas büyümesini sınırlandıran miyostatin adlı bir madde vardır. Miyostatini üreten gen etkisiz kılınırsa, kaslar normalden fazla gelişir. Belli bir gen, aynı sonucu verecek şekilde birden fazla şekilde mutasyona uğrayabilir (bu sık rastlanan bir durumdur) ve gerçekten de miyostatin üreten gen (aynı sonucu vermek üzere) çeşitli şekillerde etkisiz bırakılabilir. Bir diğer örnek Kara Egzotik adlı domuz soyudur. Ayrıca aynı sebepten ötürü aynı abartılı adale yapısına sahip çeşitli köpek soylarına ait bireyler de mevcuttur. Vücut geliştirmeciler benzer bir fiziği aşırı egzersiz yöntemleriyle ve sıklıkla anabolik steroidlerle elde

ederler: her ikisi de Belçika Mavisi ve Kara Egzotik'in genlerini taklit eden çevresel manipülasyonlardır. Sonuç ise aynıdır ve bu da başlı başına bir derstir. Genetik ve çevresel değişimler aynı sonuçları doğurabilirler. Eğer bir insan çocuğunu vücut geliştirme şampiyonu olacak şekilde yetiştirmek isteseydiniz ve bu işe ayıracak birkaç yüzyılınız olsaydı, işe Belçika Mavisi ve Kara Egzotik'i karakterize eden genle tam olarak aynı ucube geni ortaya çıkararak genetik manipülasyonla başlayabilirdiniz. Gerçekten de miyostatin geninde silinmeler olduğu bilinen insanlar vardır ve bunlar genelde anormal bir şekilde kaslıdırlar. Eğer işe mutant bir çocukla başlayıp ona aynı zamanda ağırlık da çalıştırsaydınız (sığır ve domuzları buna ikna etmek zor olabilir) muhtemelen Bay Evren'den[1] daha acayip birini elde edebilirdiniz.

Öjenik[2] ıslaha getirilen siyasi muhalefet kimi zaman, (yanlış olduğu neredeyse kesin olan) bunu yapmanın mümkün olmadığı iddiasına kayar. Sadece ahlak dışı olmakla kalmaz (dediklerini duyarsınız) asla da yapılamaz. Ne yazık ki bir şeyin ahlaken yanlış olması veya siyaseten arzu edilmez olması onun yapılmasının mümkün olmadığı anlamına gelmez. Eğer kafanıza koyarsanız ve yeterince zamanınız ve siyasi gücünüz varsa, üstün vücut geliştirmecileri, yüksek atlamacılar veya gülle atıcılar; inci avcıları, sumo güreşçileri, sürat koşucuları; veya (öyle sanıyorum, ama bu sefer kendimden daha az eminim çünkü bunların hayvan emsalleri yok) üstün müzisyenler, şairler, matematikçiler veya degüstatörler elde edebileceğinizden hiç şüphem yok. Atletik maharet için seçici ıslah konusunda kendimden bu kadar emin olmamın sebebi, ihtiyaç duyulan niteliklerin, yarış atı ve beygirlerde, tazı ve kızak köpeklerinde işe yaradığı açıkça görülenlerle çok benzer olmasıdır. Zihinsel veya insana özgü diğer özelliklerin seçici ıslahının pratikte mümkün olduğundan emin olmamın (ama ahlaken ve siyaseten arzu edilebilir olduğundan olmamamın) sebebi ise, hayvanlarda seçici ıslah denemelerinin (şaşırtıcı olacağı düşünülebilecek özelliklerde bile) başarısızlığa uğradığı çok az örnek olmasıdır. Örneğin köpeklerin koyun gütmek, "hedeflemek" veya boğalarla dövüştürülmek üzere ıslah edilebileceği kimin aklına gelirdi ki?

İneklerde, annenin bebeklerini yetiştirmesi için ihtiyaç duyacağından kilolarca fazla süt verimi mi istiyorsunuz? Seçici ıslah size bunu verebilir. İnekler kocaman ve biçimsiz memelere sahip olacak şekilde değişikliğe uğratılabilir ve bunlar süresiz olarak, buzağının

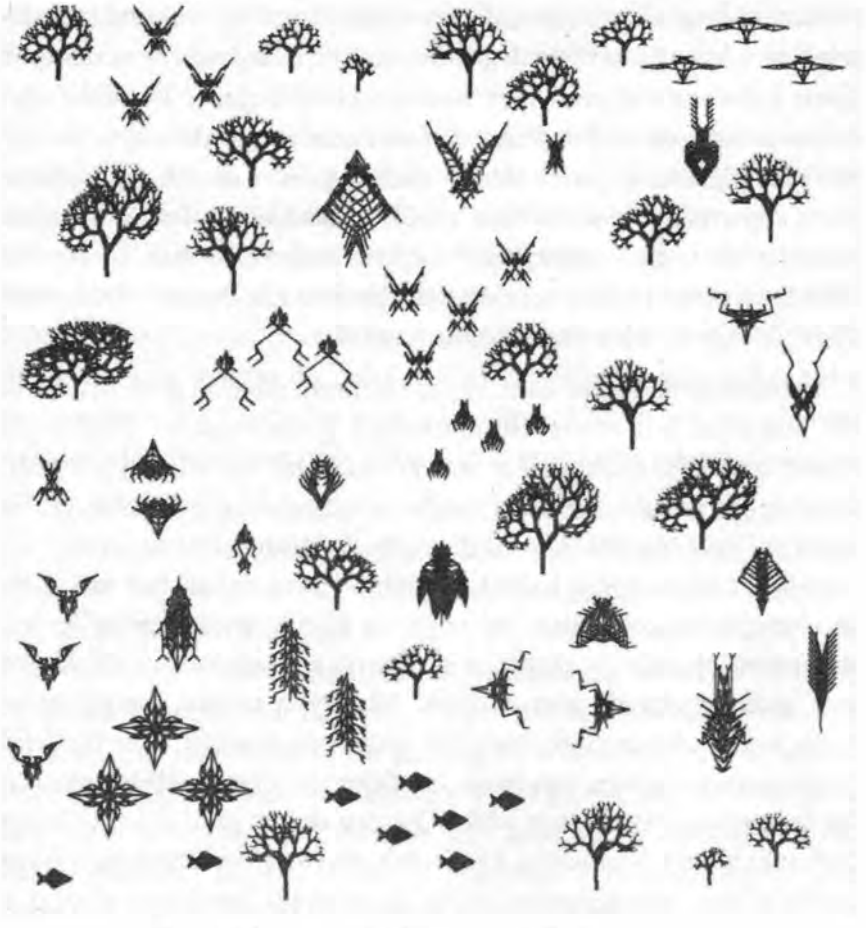
1- Dünya vücut geliştirme şampiyonlarına verilen unvan -*çev.n.*

2- İnsan ırkının genetik olarak ıslahı bilimi. -*çev.n.*

normal emme döneminin çok sonrasına değin bol miktarda süt verebilirler. Atlar bu şekilde değişime uğratılmamışlardır ama denesek bunu yapamayacağımıza kim benimle iddiaya girer? Ve tabii, eğer denemek isteyen birileri varsa, aynısı insanlar için de doğrudur. Kavun gibi göğüslerin çekici olduğu mitiyle kafalanan pek çok kadın silikon taktırmak için cerrahlara büyük paralar ödüyorlar (ki kanımca sonuçlar hiç iç açıcı olmuyor). Yeterince neslin ardından, benzer bir deformasyonun (Frizya sığırları örneğindeki gibi) seçici ıslahla elde edilebileceğinden kimsenin şüphesi var mı?

Yaklaşık yirmi beş yıl önce yapay seçilimin gücünü göstermek için bir bilgisayar benzetimi (simulasyonu) geliştirmiştim: ödüllü gül, köpek veya sığır yetiştirmeye eşdeğer olan bir tür bilgisayar oyunu. Oyuncu ekrandaki, ortadaki şeklin, etrafındaki diğer sekiz şeklin "ebeveyn"'i olduğu dokuz şekil dizisiyle, "bilgisayar biyobiçimleri"yle (computer biomorphs) karşı karşıyadır. Tüm şekiller, her biri basitçe ebeveynden çocuklara, yol boyunca küçük "mutasyonlar"ın araya girmesi olasılığıyla aktarılan sayılar olan, aşağı yukarı bir düzine "gen"in etkisi altında inşa edilirler. Mutasyon sadece ebeveynin geninin sayısal değerindeki hafif bir artış veya azalıştır. Her bir şekil, on iki genin o şeklin kendisine ait değerleri olan, belli bir sayı kümesinin etkisi altında inşa edilir. Oyuncu dokuz şekil dizisine bakıp, herhangi bir gen görmeden, üzerinden yeni nesiller türetmek istediği tercih edilen "vücut" şeklini seçer. Kalan sekiz biyobiçim ekrandan kaybolur, seçilen biyobiçim merkeze kayar ve sekiz yeni mutant "çocuk" "yumurtlar." Süreç oyuncunun vaktinin olduğu kadar çok "nesil" boyunca devam eder ve nesiller geçtikçe ekrandaki "organizmaların" ortalama şekli kademeli olarak "evrilir." Nesilden nesile sadece genler aktarılır, dolayısıyla biyobiçimleri gözleriyle doğrudan seçerek oyuncu istemeden de olsa genleri seçmektedir. Yetiştiriciler, üzerlerinden yeni nesiller türetmek için köpek veya gülleri seçtiklerinde olan şey de tam olarak budur.

Bu kadar genetik yeter. Oyun, "embriyoloji"yi incelemeye başladığımızda ilginçleşiyor. Ekrandaki bir biyobiçimin embriyolojisi, biyobiçimin "gen"lerinin (sayısal değerler), kendisinin şeklini etkilediği süreçtir. Birbirinden farklı pek çok embriyoloji hayal edilebilir ve ben bunlardan pek çoğunu denedim. "Kör Saatçi" adlı ilk programım, bir ağaç büyütme embriyolojisi kullanır. Ana bir "gövde"den iki "dal" filizlenir, daha sonra her daldan dalın kendisine ait iki dal daha filizlenir ve bu böyle gider. Dalların sayısı (ve onların açıları ve uzun-



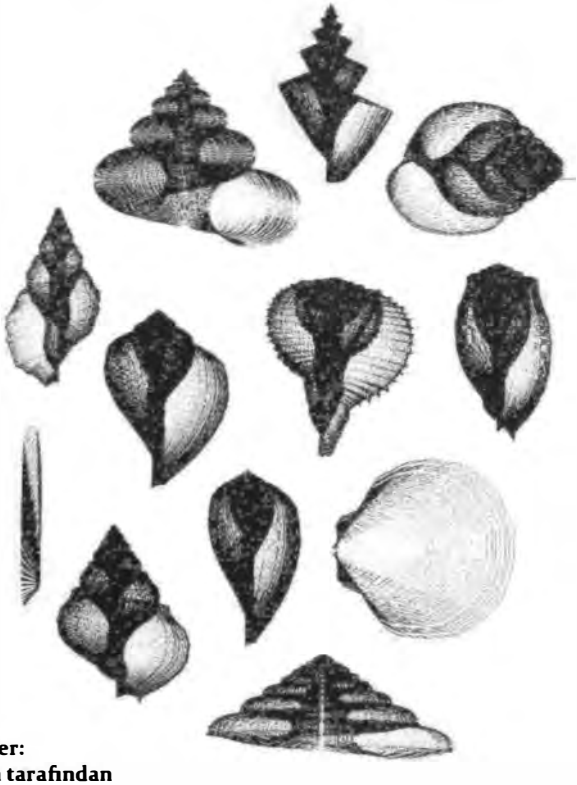
"Kör Saatçi" programıyla elde edilen biyobiçimler

lukları) tamamen genetik kontrol altındadır ve genlerin sayısal değerlerince belirlenir. Ağaç embriyolojisinin önemli bir özelliği, onun *özyinelemeli* (recursive) olmasıdır. Bu fikri burada detaylandırmayacağım ama anlamı, tek bir mutasyonun tipik olarak ağacın sadece bir köşesinde değil tamamında etkisinin olmasıdır.

Kör Saatçi programı her ne kadar yola dallanan tek bir ağaçla çıksa da, hızla, çoğunun garip bir güzelliği olan, bazılarınınsa (oyuncunun niyetlerine bağlı olarak) böcekler, örümcekler, denizyıldızları gibi tanıdık yaratıkları andırmaya başladıkları evrilmiş biçimlerin harikalar diyarına doğru uçar gider. Yukarıda oyunun tek bir oyuncusunun (benim), bu garip bilgisayar harikalar diyarının yanyol ve durgun sularında bulduğu yaratıkların "safari parkı" var. Programın daha ilerki bir sürümünde embriyolojiyi, ağacın "dallarının" renk ve şekillerini kontrol edecek genlere de izin verecek şekilde genişlettim.

Daha detaylı bir yapay seçilim programı olan ve o sırada Apple Bilgisayar Şirketi'nde çalışan Ted Kaehler ile ortaklaşa yazdığım "Eklembiçimler (Arthromorphs)", spesifik olarak "böcekler", "örümcekler", "kırkayaklar" ve eklembacaklıları andıran diğer yaratıkları elde etmeye ayarlanmış, bazı ilginç biyolojik özellikleri olan bir "embriyoloji" içerir. Eklembiçimleri, biyobiçimler ve "kabukbiçimler"le (conchomorphs) (bilgisayar salyangozu veya diğer yumuşakçaları) birlikte *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak* kitabımda detaylı olarak açıkladım.

İşe bakın ki, kabuk embriyolojisinin altında yatan matematik gayet iyi anlaşılmıştır, dolayısıyla benim "kabukbiçim" programımı kullanan yapay seçilim, aşırı derecede canlı benzeri biçimler meydana getirecek kapasiteye sahiptir (aşağıda). Son bölümde, tamamen farklı bir noktayı vurgulamak için bu programlara tekrar atıfta bulunacağım. Burada size onları, aşırı derecede basite indirgenmiş bilgisayar ortamında bile yapay seçilimin gücünü göstermek amacıyla tanıttım. Tarım ve bahçıvanlığın gerçek dünyasında, güvercin meraklısı ve köpek yetiştiricisinin dünyasında yapay seçilim çok daha



Kabukbiçimler:
Yapay seçilim tarafından şekillendirilen bilgisayar ürünü kabuklar.

fazlasını elde edebilir. Biyobiçimler, eklembiçimler ve kabukbiçimler sadece prensibi ortaya koyarlar, tıpkı (bir sonraki bölümde) yapay seçilimin kendisinin, doğal seçilimin altında yatan prensibi ortaya koyacağı gibi.

Darwin'in yapay seçilimin gücü hakkında ilk elden deneyimi vardı ve *Türlerin Kökeni Üzerine*'nin birinci bölümünde en önemli yeri ona ayırmıştı. Kendi büyük kavrayışı olan doğal seçilimin gücünü kabul etmeleri için okuyucularını yumuşatıyordu. Eğer hayvan yetiştiricileri sadece birkaç yüz veya bin yılda bir kurdu Pekin köpeğine veya bir yabani lahanayı karnabahara dönüştürebiliyorlarsa, yabani hayvan ve bitkilerin rastgele olmayan hayatta kalmaları neden aynı şeyi milyonlarca yılda yapmasındı? Bu bir sonraki bölümümün sonucu olacak; ama ondan önceki stratejim doğal seçilimi kavramaya giden geçişi kolaylaştırmak için yumuşatma sürecine devam etmek olacak.

BÖLÜM 3

MAKROEVRİME GİDEN SEFA YOLU

BÖLÜM 2, İNSAN gözünün, seçici ıslahla pek çok nesil boyunca çalışarak hayvan etini, akıl almaz bir biçim, renk, boyut ve davranış çeşitliliği oluşturacak şekilde nasıl yontup yoğurduğunu gösterdi. Ama bizler insanız, kasti ve planlı seçimler yapmaya alışkınız. Peki hayvan yetiştiricilerinin yaptığıyla aynı şeyi, belki kafa yorarak veya kasıtlı olarak değil ama benzer sonuçlar elde edecek şekilde yapan başka hayvanlar var mıdır? Vardır ve onlar bu kitabın yumuşatma planını yavaşça ilerletecekler. Bu bölüm, bizler çeşitli renkli ara kademeler vasıtasıyla köpek ıslahı ve yapay seçilimin tanıdık topraklarından Darwin'in devasa keşfi olan doğal seçilime geçerken zihinleri adım adım baştan çıkarmaya çalışacak. Baştan çıkarma patikasındaki bu ara adımlardan ilki (buna sefa yolu[1] demek abartı mı?) bizi çiçeklerin ballı dünyasına götürecek.

Yaban gülleri hoş küçük çiçeklerdir. Yeterince güzeldirler ama haklarında "Barış", "Sevecen Kadın" veya "Ophelia" benzeri kasideler döşenecek kadar da değil. Yaban güllerinin kolayca tanınan, narin bir aroması vardır ama "Anma Günü", "Elizabeth Harkness" veya "Hoş Kokulu Bulut" gibi baygınlık geçirtecek kadar değil. İnsan gözü ve insan burnu, yaban güllerinde işe koyulup onları genişletip şekillendirerek, taç yapraklarını ikiye katlayıp renklendirerek, çiçeklenmeyi saflaştırıp doğal kokusunu çarpıcı uç noktalara yükselterek, büyüme yöntemlerini ayarlamış ve nihayetinde onları karmaşık melezleme programlarına almıştır ve günümüzde, onlarca yıllık marifetli seçici ıslahın ardından, her birinin, sahibini çağrıştırıcı bir adı olan, ödüllü yüzlerce gül cinsi vardır. Kim bir gülün kendi adıyla anılmasını istemez ki?

BÖCEKLER İLK ISLAHÇILARDI

Güller köpeklerinkiyle aynı hikâyeyi anlatırlar, (bizim yumuşatma stratejimizle alakalı olan) bir farkla. Gülün çiçeği, varlığını insan göz ve burunları genetik oyma işlerine koyulmadan önce bile, böcek göz

1- *Primrose path*: Sheakspeare'in *Hamlet*'te, zevk ve sefa düşkünlüğü ile geçirilen hayatlar için kullandığı kalıp. *-çev.n.*

ve burunlarıyla (tabi aslında duyargalarıyla çünkü böcekler duyargalarıyla koku alırlar) yapılan milyonlarca yıllık benzer bir oyma işlemine borçludurlar. Ve aynısı bahçelerimizi güzelleştiren tüm çiçekler için de doğrudur.

Ayçiçeği (*Helianthus annuus*), yabani biçimi, saraypatı veya büyük papatyaya benzeyen bir Kuzey Amerika bitkisidir. Günümüzde işlenmiş ayçiçekleri, çiçekleri yemek tabağı boyutunda olacak raddeye kadar ıslah edilmişlerdir.[1] Orijinal olarak Rusya'da üretilen "mamut" ayçiçekleri 3,5 ila 5 metre yüksekliğindedir. Başlarının çapı 30 santimetreye yakındır (ki bu yabani ayçiçeğinin diskinin on katından fazladır) ve (yabani bitkinin çok sayıda ve daha küçük çiçekleri yerine) genelde her bitkinin sadece bir başı vardır. Yeri gelmişken, Ruslar bu Amerikan çiçeğini yetiştirmeye dini sebeplerden ötürü başlamışlardır. Büyük Perhiz[2] ve Advent[3] esnasında yemeklerde yağ kullanımı Ortodoks Kilisesince yasaklanmıştı. İşlerine gelen bir şekilde (ve benim burada, ilahiyatın derinliklerine vakıf olmadığım için iç yüzünü araştırmaya cüret etmeyeceğim bir sebepten ötürü), ayçiçeği yağı bu yasaktan muaf tutulmuştu.[4] Bu da ayçiçeğinin yakın zamandaki seçici ıslahını körükleyen ekonomik baskılardan birini oluşturmuştu. Ne var ki bu besleyici ve görkemli çiçekleri modern dönemin çok öncesinde Amerikan yerlileri yiyecek, boya ve dekorasyon için kullanıyorlardı ve yabani ayçiçeği ile modern ayçiçeklerinin ölçüsüz aşırılıkları arasında sonuçlar elde etmişlerdi. Ama bundan da önce ayçiçekleri, parlak renkli tüm çiçekler gibi, varlıklarını böceklerin seçici ıslahına borçlulardı.

Aynı şey farkında olduğumuz çoğu çiçek için de doğrudur (muhtemelen rengi yeşilden farklı ve kokusu azıcık da olsa diğer bitki kokularından fazla olan tüm çiçekler için). İşin tamamı böceklerce yapıl-

1- Papatya ailesinin her üyesinde olduğu gibi her "çiçek" aslında, ortadaki karanlık diskte bir araya sıkıştırılmış bir çok küçük çiçektir (çiçekçikler). Ayçiçeğini çevreleyen sarı taçyapraklar aslında sadece kenarların etrafındaki çiçekçiklerin taçyapraklarıdır. Diskin kalanındaki çiçekçiklerin de taçyaprakları vardır ama bunlar görülmeyecek kadar küçüktür.

2- Hıristiyanlıkta Paskalya döneminde, 40 gün boyunca hayvansal gıdaları yememek kaydıyla tutulan oruç. *-çev.n.*

3- Hıristiyanlıkta İsa'nın doğumunun beklendiği, Noel Arifesine kadar süren dört hafta. *-çev.n.*

4- Belki de İncil'de (bir Yeni Dünya bitkisi olan) ayçiçeğinden açıkça bahsedilmediği için. İlahiyatçı zihin, yeme içme kurallarının incelikleri ve onların etrafından dolaşmak için gereken yaratıcılıktan pek bir hoşlanır. Güney Amerika'da capybaralar (bir nevi devasa Hint domuzu), muhtemelen denizde yaşadıkları için, Cuma günlerindeki Katolik yeme içme kurallarının amaçları için onur balığı ilan edilmişti. Yemek eleştirmeni Doris Reynolds'a göre, Fransız Katolik gurmeleri kurallarda, Cumaları et yemelerine izin veren bir boşluk yakalamışlardı. Bir kuzu budunu bir kuyuya sarkıtın sonra onu oltayla yukarıya çekin. Tanrının kolayca kandırılabileceğini düşünüyor olmalılar.

mamıştır. Bazı bitkilerin en başta tozlaşmaları sinekkuşları, yarasalar, hatta kurbağalar tarafından yapılmıştır, ama prensip aynıdır. Bahçe bitkileri bizim tarafımızdan daha da geliştirilmişlerdir ama sürece başladığımız yabani bitkilerin, sürecin başında bizim dikkatimizi çekmelerinin tek sebebi, böcekler ve ıslah eden diğer etmenlerin bizden önce işe koyulmuş olmalarıdır. Nesiller dolusu atasal çiçek, nesiller dolusu atasal böcek, sinekkuşu veya diğer doğal tozlaştırıcılar tarafından seçilmişlerdir. Bu, seçici ıslahın, küçük bir fark olan, ıslah edenlerin insan değil böcek ve sinekkuşları olmaları dışında gayet güzel bir örneğidir. En azından ben farkın küçük olduğunu düşünüyorum. Siz düşünmüyor olabilirsiniz ki bu durumda yumuşatma işlemine devam etmem gerekiyor demektir.

Bunun büyük bir fark olduğunu düşünmeye bizi ne sevk edebilir? Öncelikle, insanlar, örneğin ellerinden gelen en kara, en siyahımsı mor gülü ıslah etmeye *bilinçli olarak* koyulurlar ve bunu estetik bir zevki tatmin etmek için veya birilerinin ona iyi para ödeyeceğini düşündükleri için yaparlar. Böcekler bunu estetik nedenlerle yapmazlar, daha ziyade . . . pekala, bu noktada biraz geriye çekilip çiçekler ve onların tozlaştırıcılarıyla olan ilişkileri meselesini incelemeliyiz. Arka plan şöyle: Şu an için detaylarına girmeyeceğim sebeplerden ötürü, eşeyli üremede kendi kendinizi döllememeniz çok kritiktir. Eğer bunu yapabilseydiniz eşeyli üremeyle uğraşmanın bir anlamı kalmazdı. Polenler bir şekilde bir yerden başka bir yere taşınmalıdır. Tek bir çiçeğin içinde erkek ve dişi bölümleri olan çift cinsiyetli (hermafrodit) bitkiler sıklıkla, erkek olan kısımlarının dişi olan kısımlarını döllemesini engellemek için yapmadıklarını bırakmazlar. Darwin'in kendisi de çuhaçiçeklerinin bunu gerçekleştirdikleri dâhiyane yolları incelemiştir.

Çapraz döllenmenin gerekli olduğunu kabul edersek, bitkiler, onları aynı türün diğer üyelerinden ayıran fiziksel boşlukları aşmayı nasıl başarırlar? En bariz yöntem rüzgârı kullanmaktır ve pek çok bitki kullanır. Polen ince, hafif bir tozdur. Rüzgârlı bir günde yeterincesini salarsanız, bir veya iki taneciğin doğru türün çiçeğinin doğru yerine inme şansına sahip olması mümkündür. Ama rüzgârla tozlaşma müsriftir. Saman nezlesi mağdurlarının bildiği gibi, aşırı miktarda ihtiyaç fazlası polen üretilmelidir. Polen taneciklerinin büyük bir çoğunluğu inmeleri gerekenden farklı bir yere inerler ve tüm o enerji ve masraflı *matériel* boşa gitmiş olur. Polenin hedefe yollanabileceği daha yönlendirilmiş bir yol vardır.

Neden bitkiler hayvanlar gibi yapıp, başka bir bitki bulmak için etrafta gezinip sonra da onunla çiftleşmezler? Bu baş edilmesinin, sanıyor olabileceğinizden daha zor olduğu bir sorudur. Basitçe bitkilerin yürümediklerini iddia etmek döngüseldir ama ne yazık ki şimdilik bununla idare etmek zorundayız.[1] Gerçek şu ki, bitkiler yürümezler. Ama hayvanlar yürürler. Ve hayvanlar uçarlar ve onları (peşinde olunan şekil ve renklerdeki) belli hedeflere doğru yönlendirebilecek sinir sistemleri vardır. O yüzden keşke bir hayvanı polene bulaşmaya ve sonrasında doğru türün bir diğer bitkisine yürümeye veya tercihen uçmaya ikna etmenin bir yolu olsaydı . . .

Pekâlâ, cevap bir sır değil: olan şey tam da budur. Hikâye kimi zaman fazlasıyla karmaşık ve her zaman büyüleyicidir. Pek çok çiçek rüşvet olarak yiyecek (genelde nektar) verir. Belki rüşvet farklı yerlere çekilebilecek bir kelime. "Verilen hizmetler için yapılan ödemeyi" mi tercih edersiniz? Bana ikisi de uyar, yeter ki onları insani davranışlar olarak yanlış anlamayalım. Nektar şekerli bir şerbettir ve bitkiler tarafından spesifik olarak ve sadece arı, kelebek, sinekkuşu, yarasa ve kiralanan diğer araçlara ödeme yapmak ve yakıt sağlamak için kullanılır. Yapımı masraflıdır, bitkinin güneş panelleri olan yapraklarda kıstırılan güneş enerjisinin önemli bir bölümü kullanılır. Arı ve sinekkuşları açısından nektar, yüksek enerjili uçak yakıtıdır. Nektarın şekerlerinde saklanan enerji, bitki ekonomisinin başka bir yerinde, belki kök yapımında veya bizim yumru, çiçek soğanı ve bitki soğanı adını verdiğimiz yeraltı depolarını doldurmakta veya dört bir yana yaymak için büyük miktarlarda polen yapımında bile kullanılabilirdi. Görünen o ki, çok sayıda bitki türü için bu takas, böcek ve kuşlara kanatları için ödeme yapıp, uçuş kaslarının yakıtını şekerle sağlamanın lehinde neticeleniyor. Yine de bu ezici bir avantaj değildir çünkü bazı bitki türleri her şeye rağmen, muhtemelen ekonomik durumlarının detaylarının, bitkinin dengesini o yöne itmesinden dolayı rüzgârla tozlaşmayı kullanırlar. Bitkilerin enerji ekonomileri vardır ve her ekonomide olduğu gibi takaslar, farklı şartlar altında farklı seçenekleri destekleyebilirler. Bu arada bu, evrim hakkında önemli bir derstir. Farklı türler işlerini farklı şekillerde yaparlar ve biz sıklıkla aradaki farkları, türün ekonomisinin tamamını incelemeden anlayamayız.

Çapraz döllenme yöntemleri yelpazesinin bir ucunda (buna savurgan uç mu desek?) rüzgarla tozlaşma varsa, öbür ucunda ("sihir-

1 Oliver Morton bu ve bununla alakalı konuları tahrik edici derecede lirik kitabı *Güneşi Yemek'*de *(Eating the Sun)* tartışmaktadır.

li mermi" ucunda) ne var? Poleni aldığı çiçekten doğruca tam olarak doğru türün bir başka çiçeğine sihirli bir mermi gibi uçması için pek az böceğe güvenilebilir? Bazısı herhangi bir çiçeğe veya bir ihtimal doğru renkteki herhangi bir çiçeğe gider ve bu çiçeğin, ona az önce nektar olarak ödeme yapanla aynı türden olması hala şansa kalmıştır. Yine de, skalanın sihirli mermi ucunun çok yakınlarında olan sevimli bazı çiçek örnekleri vardır. Listenin tepesinde orkideler bulunur ve Darwin'in onlara koca bir kitap adamış olmasına şaşmamak gerek.

Hem Darwin hem de doğal seçilimi ortaklaşa keşfettiği Wallace, Madagaskar'dan muazzam bir orkideye (*Angraecum sesquipedale*, renkli sayfalar 4-5'e bakınız) dikkat çekmişlerdir ve her ikisi de, daha sonra muzafferce doğrulanacak olan aynı etkileyici tahminde bulunmuşlardır. Bu orkidenin, Darwin'in kendi cetveline göre aşağı doğru neredeyse 30 santimetre sarkan boru şeklinde nektarlıkları vardır. Akraba bir türün (*Angraecum longicalcar*) nektar veren çıkıntıları daha da uzundur ve 40 santimetreye kadar uzarlar. Darwin 1862 tarihli orkide kitabında, yalnızca *A. sesquipedale*'nin varlığının gücünden hareketle, "yirmi beş buçuk ila yirmi sekiz santimetreye kadar uzanma yeteneği olan güvelerin" var olması gerektiğini tahmin etmiştir. Beş yıl sonra Wallace (Darwin'in kitabını okuyup okumadığı açık değildir) hortumları neredeyse bahsedilen kadar uzun olan çok sayıda güveden bahsetmiştir.

> British Museum'un koleksiyonlarında Güney Amerika'dan bir *Macrosila cluentius* numunesinin hortumunu dikkatlice inceledim ve uzunluğunu yirmi üç buçuk santimetre olarak ölçtüm! Tropik Afrika'dan gelen bir tanesi ise (*Macrosila morganii*) on dokuz santimetre uzunluğunda. Hortumu beş veya sekiz santimetre daha uzun olan bir tür, nektarlıklarının uzunlukları yirmi beş buçuk ila otuz beş buçuk arasında değişen *Angræcum sesquipedale*'nın en büyük çiçeklerindeki nektara erişebilir. Madagaskar'da böyle bir güvenin yaşadığı güvenle tahmin edilebilir ve o adayı ziyaret eden doğa bilimciler, Neptün gezegenini arayan astronomların olduğu kadar kendilerinden emin olabilirler; aynı oranda başarılı olacaklardır!

1903'te, Darwin'in ölümünden sonra ama Wallace'nin uzun yaşamının rahatlıkla içinde, Darwin/Wallace tahminini doğruladığı orta-

ya çıkan daha önce bilinmeyen bir güve keşfedildi ve *praedicta*[1] alttür ismiyle hak ettiği şekilde onurlandırıldı. Ama *Xanthopan morgani praedicta* ("Darwin'in atmaca güvesi") bile *A. longicalcar*'ı dölleyecek özelliklerle donatılmamıştır ve bu bitkinin varlığı bizleri, daha da uzun dilli bir güvenin var olduğundan (Wallace'nin Neptün gezegenin keşfedileceğinin tahmin edilmesini ortaya attığı özgüvenle) şüphelenmek için cesaretlendirir. Bu arada bu küçük örnek, "evrimsel bilim geçmişle ilgili olduğu için tahminlerde bulunamaz" iddiasını (bir kez daha) yalanlar. Darwin/Wallace tahmini, *praedicta* güvesi onların tahmininden önce zaten yaşıyor olmak zorundaysa bile son derece geçerli bir tahmindi. Onlar gelecekte birilerinin *A. sesquipedale*'nin içindeki nektara erişebilecek kadar uzun dilli bir güve keşfedeceğini tahmin ediyorlardı.

Böcekler renkleri iyi görürler ama tayflarının tamamı kızıldan uzaklaşıp morötesine kaymıştır. Bizim gibi onlar da sarı, yeşil, mavi ve moru görürler. Bizden farklı olarak morötesi aralığın derinliklerine kadar görürler; ve tayfın "bizim" tarafındaki kırmızıyı görmezler. Eğer bahçenizde borulu bir çiçek varsa, onun doğada böcekler değil, tayfın kırmızı kesimini iyi gören kuşlar tarafından (eğer Yeni Dünya bitkisiyse belki sinekkuşları veya Eski Dünya bitkisiyse belki güneş kuşları tarafından) dölleniyor olduğu iyi bir bahistir (ama kesin bir tahmin değildir). Bize bayağı gözükebilen bitkiler aslında böceklerin faydalanması için benek veya şeritlerle, morötesine kör olduğumuz için göremediğimiz süslemelerle müsrifçe dekore edilmiş olabilirler. Pek çok çiçek, çiçeğin üstüne, insan gözünün göremediği, morötesi pigmentlerle boyanmış küçük işaretlerle arıları iniş için yönlendirir.

Akşamsefası (*Oenothera*) bize sarı gözükür. Ama morötesi filtreyle çekilen bir fotoğraf arıların faydası için (bizim normalde göremediğimiz) bir kalıp ortaya koyar (renkli sayfalar 4-5'e bakınız). Bu kalıp resimde kırmızı gözükür ama bu "sahte (bir) renktir": fotoğraflama sürecinin keyfi bir tercihidir. Bu, arıların onu kırmızı olarak göreceği anlamına gelmez. Morötesinin (veya sarının veya herhangi başka bir rengin) bir arıya nasıl gözüktüğünü kimse bilmiyor (kırmızının size nasıl gözüktüğünü bile bilmiyorum – eski bir felsefi muamma).

Çiçeklerle dolu bir çayır, doğanın Times Meydanıdır, doğanın Piccadilly Meydanıdır. Ağır çekim bir neon tabelası gibi, örneğin, türlerinin diğer üyeleriyle senkronize olmak için günlerin değişen uzun-

1- Latince: tahmin edilen (şey). *-çev.n.*

luğundan aldıkları suflelerle özenle sahne alan farklı çiçeklerin mevsimleri geldikçe haftadan haftaya değişir. Çayırın yeşil tuvali boyunca yayılmış çiçeksel şölen, hayvan gözlerince (arı gözlerinin, kelebek gözlerinin, süprüntü sineği gözlerinin) yapılmış geçmiş tercihlerle şekillendirilip renklendirilmiş, büyütülüp süslenmiştir. Listeye yeni Dünya ormanlarında sinekkuşlarını veya Afrika ormanlarında güneş kuşlarını da eklemeliyiz.

Bu arada, sinekkuşları ve güneş kuşları çok yakın akraba sayılmazlar. Birbirleri gibi görünür ve davranırlar çünkü büyük oranda çiçeklerin ve nektarların etrafında dönen, aynı yaşam tarzına yakınsamışlardır (gerçi nektarla birlikte böcek de yerler). Nektar emmek için, daha da uzun dillerle uzatılmış olan uzun gagaları vardır. Güneş kuşları havada asılı kalmakta, bir helikopter gibi geri geri gidebilen sinek kuşlarından daha az ustadırlar. Bir diğer yakınsama da (gerçi hayvanlar âlemindeki çok uzak bir bakış açısından) göz alıcı uzunluktaki dilleriyle havada asılı kalmakta aynı şekilde başarılı olan sinekkuşu atmaca güveleridir (her üç tip nektar müptelası sayfa 4-5'de resmedildi).

Kitabın ilerleyen bölümlerinde, doğal seçilimi layıkıyla anladıktan sonra yakınsayan evrime geri döneceğiz. Bu bölümde ise çiçekler, bizi baştan çıkararak, adım adım o anlayış yoluna sokuyorlar. Sinekkuşu gözleri, atmaca güvesi gözleri, kelebek gözleri, süprüntü sineği gözleri, arı gözleri, daha sonraları insan gözlerinin bahçe çeşitlerimizle (ve köpekler, inekler, lahanalar ve mısırlarla) nesiller boyunca yaptığıyla neredeyse tam olarak aynı şekilde, yabani bitkilerin üzerinde eleştirel olarak gezinmiş, onları şekillendirmiş, renklendirmiş, şişirmiş, kalıplara sokmuş ve beneklendirmiştir.

Çiçek için, böcek yoluyla tozlaşma, ekonomide, müsrif rüzgâr tozlaşması üzerinde devasa bir gelişme anlamına gelir. Bir arı, çeşitli çiçekleri (düğün çiçeğinden peygamber çiçeğine, afyon çiçeğinden kırlangıç otuna) gelişigüzel bir şekilde uçarak, aralarında fark gözetmeksizin ziyaret etse bile, kıllı karnına tutunan bir polen taneciğinin doğru hedefi (aynı türden ikinci bir çiçeği) vurma şansı, rüzgâra kapılıp gittiği durumdan daha fazladır. Bundan biraz daha iyisi, belli bir renk (örneğin mavi) yönünde tercih gösteren bir arıdır. Veya uzun vadede bir renk tercihi olmasa da, renkleri sırayla seçebilecek şekilde renk alışkanlıkarı geliştirmeye meyilli olan bir arıdır. Bundan da iyisi sadece tek bir türün çiçeklerini ziyaret eden böcektir. Ve nektarı sadece, o çiçek türünde uzmanlaşmış ve çiçek üzerinde kurdukları

tekelden fayda sağlayan belli böcekler için uygun olan çiçekler vardır, Darwin/Wallace tahminine ilham kaynağı olan Madagaskar orkidesi gibi. O Madagaskar güvesi nihai sihirli mermidir.

Bir güvenin bakış açısından, nektar tedarik edeceğine güvenilebilecek çiçekler, uysal, üretken süt inekleri gibidirler. Çiçeğin bakış açısına göreyse, polenlerini aynı türün diğer çiçeklerine taşıyacağına güvenilebilecek güveler, dolgun ücretli kargo görevlileri veya iyi eğitilmiş posta güvercinleri gibidirler. Her iki tarafın da diğerini evcilleştirdiği, daha önce çıkardıklarından daha iyi bir iş çıkarması için seçici olarak ıslah ettiği söylenebilir. Ödüllü gül ıslah eden insanlar, çiçekler üzerinde böceklerinkiyle neredeyse tam olarak aynı tür bir etkiye sebep olmuşlardır, sadece bu etkiyi biraz daha abartmışlardır. Böcekler çiçekleri, parlak ve gösterişli olmaları için ıslah etmişlerdir. Bahçıvanlarsa onları daha da parlak ve gösterişli hale getirdiler. Böcekler gülleri hoş kokulu kılmışlardır. Sonra biz gelip onları daha da hoş kokulu hale getirdik. Yeri gelmişken, arı ve kelebeklerin tercih ettikleri kokuların bize de hitap etmesi talihli bir tesadüftür. Tozlaşma için et sinekleri veya leşböceklerini kullanan "dana ayağı" (*Trillium erectum*) veya "ceset çiçeği" (*Amorphophallus titanum*) gibi çiçekler, çürümüş et kokusunu taklit ettikleri için çoğu zaman midemizi bulandırırlar. Öyle sanıyorum ki böylesi bitkilerin kokuları insan ıslahçılar tarafından arttırılmamıştır.

Elbette böceklerle çiçekler arasındaki ilişki çift yönlü bir yoldur ve bizler her iki yöne de bakmayı ihmal etmemeliyiz. Böcekler, daha güzel olmaları için çiçekleri "ıslah edebilirler", ama bunu güzelliklerinden hoşlandıkları için yapmazlar.[1] Daha ziyade çiçekler, böcekler tarafından çekici olarak algılanmaktan fayda sağlarlar. Böcekler, ziyaret etmek için en çekici çiçekleri seçerek istemeden de olsa çiçek güzelliğini "seçerler". Çiçekler de aynı anda, dölleme yetenekleri için böcekleri seçiyorlardır. Ama daha önce, böceklerin çiçekleri, sütçülerin devasa memeli Frizye sığırlarını seçmeleri gibi, yüksek nektar verimi için seçtiklerini ima etmiştim. Ama nektarı karneye bağlamak çiçeğin çıkarınadır. Böceği doyurursa böceğin, kalkıp ikinci bir çiçek aramak için şevki kalmaz, bu da ilk çiçek için kötü haberdir zira onun için ikinci ziyaret (dölleyen ziyaret) tüm bu uğraşın amacıdır. Çiçeklerin bakış açısından, çok fazla nektar tedarik etmekle (ikinci çiçeğe ziyaret olmaz) çok az etmek (ilk çiçeği ziyaret etmek için şevk olmaz) arasında hassas bir denge tutturulmalıdır.

1- En azından, bundan veya aslında herhangi bir şeyden (bizim anladığımız anlamda) hoşlandıklarını düşünmek için bir sebep yok. Bu daimi ayartıya Bölüm 12'de geri döneceğim.

Böcekler çiçekleri, nektarları için sağmış ve arttırılmış verim için (az önce gördüğümüz gibi muhtemelen çiçeğin direnciyle karşılaşarak) seçmişlerdir. Arıcılar (veya arıcıların çıkarlarını gözeten bahçıvanlar) çiçekleri, tıpkı mandıra işçilerinin Frizya ve Jersey sığırlarını seçtiği gibi, daha çok nektar verecek şekilde seçmiş midirler? Cevabı öğrenmek ilgimi çekerdi. Öte yandan, güzel gözüken ve hoş kokulu çiçeklerin yetiştiricisi olan bahçıvanlarla, aynı şeyi yapan arı, kelebek, sinekkuşu ve güneş kuşları arasındaki yakın benzerlikten şüphe yoktur.

SEN BENİM DOĞAL SEÇİLİMİMSİN

İnsan dışı gözlerle yapılan başka seçici ıslah örnekleri var mıdır? Kesinlikle. Aynı türün göz alıcı erkeğiyle kıyaslandığında dişi sülünün donuk, kamuflajlı tüylerini düşünün. Eğer önemli olan tek şey hayatta kalması olsaydı, erkek altın sülünün, dişi sülün gibi veya kendisinin yavruykenki halinin yetişkin versiyonu gibi gözükmeyi "tercih edeceğinden" şüphe yoktur. Dişi ve yavrular net bir şekilde iyi kamufle olmuşlardır ve eğer önceliği hayatta kalmak olsaydı erkek de olurdu. Bu, Hatuni sülün ve tanıdık bayağı sülün gibi diğer sülünler için de doğrudur. Erkekler gösterişli ve avcılar için tehlikeli derecede çekicidir (ama her tür farklı bir şekilde). Dişilerse kamufle olmuşlardır ve soluk renklidirler (her tür aşağı yukarı aynı şekilde). Burada neler oluyor?

Bunu ifade etmenin bir yolu, Darwin'in yoludur: "eşeysel (cinsel) seçilim". Ama bir diğer (benim sefa yoluma daha iyi uyan) yol "dişiler tarafından erkeklerin seçici ıslahıdır". Parlak renkler gerçekten de avcıları çekebilir ama dişi sülünleri de çeker. Nesiller boyunca dişiler, (dişilerce yapılan bu seçici ıslah olmasa erkeklerin kesinlikle öyle kalmaya devam edecekleri) donuk kahverengi erkeklerle değil, parlak, ışıldayan erkeklerle çiftleşmeyi seçtiler. Aynı şey dişi tavus kuşlarının erkek tavus kuşlarını, dişi cennetkuşlarının erkek cennetkuşlarını ve dişilerin, rekabet halindeki erkekler arasında seçim yaptığı kuş (girmemize gerek olmayan sebeplerden ötürü, seçimi yapan genelde dişilerdir, erkekler değil), memeli, balık, ikiyaşayışlı (amfibi), sürüngen ve böceklerdeki sayısız diğer örnekte seçici olarak ıslah etmesinde de oldu. İnsanlar da (Darwin'in ilk elden bildiği gibi) güvercin ve tavukların kimi muazzam cinslerini seçici olarak ıslah etmişlerdir (sonraki sayfada). Evcil tavuğun başlıca atası, bir Uzak Doğu kuşu olan kırmızı



Tavuk çeşitleri: Darwin'in *Evcil Hayvan ve Bitkilerin Çeşitliliği* (The Variation of Animals and Plants under Domestication) kitabından üç resim.

orman tavuğu *Gallus gallus*'dur (bazı evcil torunlarıyla çevrelenmiş olarak resmin merkezinde).

Bu bölüm büyük oranda gözle yapılan seçilim hakkında ama aynı şeyi diğer duyular da yapabilir. Meraklıları, kanaryaları görünüşleri için olduğu kadar şarkıları için de seçmişlerdir. Yabani kanarya, çok da göz alıcı olmayan sarımsı kahverengi bir ispinozdur. İnsan seçici ıslahçıları rastgele genetik çeşitlilik tarafından oluşturulmuş renk paletini alıp, kuşun adıyla anılacak kadar kendine has bir renk üretmişlerdir: kanarya sarısı. Yeri gelmişken, kuşun adı adalardan gelmektedir,[1] adı İspanyolcadaki tosbağa anlamındaki bir kelimeden gelen Galapagos Adaları'nda olduğu gibi tersi değil. Ama kanaryalar en çok şarkılarıyla tanınırlar ve bu da insan yetiştiriciler tarafından akort edilip zenginleştirilmiştir. Aralarında, gagaları kapalı şarkı söyleyebilecek şekilde seçilen Gökkuzgunugiller, sesi köpürdeyen suya benzeyen Malinualar ve İspanyol kökenlerine yakışır şekilde kastenyetvari bir ötüşle metalik, zil benzeri sesler çıkaran Timbradosların da bulunduğu pek çok ötücü kuş üretilmiştir. Islah edilmiş şarkılar yabani atasal tipten daha uzun, daha yüksek sesli ve daha sıktır. Ama fazlasıyla değer verilen tüm bu şarkılar, yabani kanaryalarda meydana gelen unsurlardan oluşmuştur, tıpkı çeşitli köpek soylarının alışkanlıklarının ve numaralarının, kurtların davranışsal repertuarlarında bulunan unsurlardan geldiği gibi.[2]

Bir kez daha, insan ıslahçıları kendi ıslahlarını sadece dişi kuşların daha önceki seçici ıslah çabalarının üzerine inşa etmişlerdir. Yabani dişi kanaryalar nesiller boyunca, şarkıları bilhassa çekici olan erkeklerle çiftleşmeyi seçerek istemeden da olsa şarkı söyleme maharetleri için erkekleri seçmişlerdir. Ka-

1- Ki adaların adı da Pliny'nin *Natural History*'sinde bahsedilen "devasa boyutlu köpek yığınlarından" gelmektedir.

2- Örneğin çoban köpeklerindeki gütme, kurtlardaki takipten türemiştir, sadece sürecin sonundaki öldürme ortadan kaldırılmıştır.

naryalar özelinde (tesadüfen) biraz daha fazlasını biliyoruz. Kanaryalar (ve gülen kumrular) hormonlar ve üreme davranışları hakkındaki araştırmaların favori denekleri olmuşlardır. Her iki türde de erkek sesinin (ses kaydının bile), dişilerin yumurtalıklarının şişmesine ve dişiyi üreme durumuna getirecek ve çiftleşmeye daha hazır hale sokacak hormonlar salgılamasına sebep olduğu biliniyor. Erkek kanaryaların şarkı söyleyerek dişileri manipüle ettiği bile söylenebilir. Bu neredeyse erkeklerin dişilere hormon enjekte etmesi gibidir. Dişilerin, erkekleri, sürekli daha iyi şarkı söylemeleri için seçici olarak ıslah ettikleri de söylenebilir. Bu olaya bakmanın iki yolu, aynı madalyonun iki yüzüdür. Bu arada, diğer kuş türlerinde de olduğu gibi bir karışıklık vardır: şarkı sadece dişilere çekici gelmekle kalmaz, aynı zamanda rakip erkekler için de caydırıcıdır – ama bunu bir kenara bırakacağım.



Samuray savaşçısının kabuki maskesi

Şimdi, argümanı ilerletmek adına, bir sonraki resim çiftine bakın. İlki, bir samurayı temsil eden, bir Japon kabuki maskesinin gravürüdür. İkincisi ise, Japon sularında bulunmuş, *Heikea japonica* türüne ait bir yengeçtir. Cins adı olan *Heikea*, Danno-Ura savaşında (1185), Genji adlı hasım bir klan tarafından denizde mağlup edilmiş olan Heike adlı bir Japon klanından gelmektedir. Efsaneye göre boğulan Heike savaşçılarının hayaletleri şimdi denizin dibinde, yengeçlerin (*Heikea japonica*) vücutlarında yaşamaktadır. Efsane, bu yengecin sırtındaki, bir samuray savaşçısının acımasızca ekşimiş suratını andıran kalıpla alevlenmiştir. Ünlü hayvanbilimci Sör Julian Huxley benzerlikten yeterince etkilenmişti: "*Dorippe*'nin kızgın bir Japon savaşçısına olan benzerliği tesadüfi olamayacak kadar spesifik ve detaylı . . . Bu benzerlik, bir savaşçının yüzüne daha kusursuzca benzeyen yengeçler, diğerlerinden daha



Heikea japonica yengeci

az sıklıkla yendikleri için ortaya çıkmıştır." (*Dorippe*, Huxley'nin bu yazıyı yazdığı 1952'de yengecin adıydı. 1990'da birisi, yengecin en erken 1824'te *Heikea* olarak adlandırıldığını yeniden keşfedince adı değişti; hayvanbilimsel adlar dizininin öncelik kuralları işte bu kadar katıdır.)

Bu teori yani batıl inançlı balıkçı nesillerinin, insan yüzünü andıran yengeçleri denize geri atmış olması, Carl Sagan 1980'de şahane *Cosmos*'unda ondan bahsedince yeniden popüler oldu. Kendi sözleriyle:

> Bu yengecin uzak atalarından birisinin şans eseri hafifçe de olsa bir insan yüzünü andırdığını düşünelim. Danno-ura savaşından önce bile balıkçılar böylesi bir yengeci yemekte isteksiz olabilirlerdi. Onu denize geri atarak evrimsel bir süreci başlattılar . . . Yengeç ve balıkçı nesilleri geçtikçe, samuray yüzünü en çok andıran kalıplara sahip yengeçler tercihli olarak hayatta kaldılar. Ta ki nihayetinde, sadece bir insan yüzü değil, sadece bir Japon yüzü değil, azılı ve çatık kaşlı bir samuray çehresi oluşana dek.

Bu çok hoş bir teori, kolayca ölemeyecek kadar iyi ve bu mem[1] gerçekten de kendini yineledi. Bu teorinin doğru olup olmadığını (oy veren 1331 kişinin yüzde 31'i doğru olduğunu düşünüyor), fotoğrafların sahte olup olmadığını (yüzde 15), Japon ustalarının kabukları yengece benzeyecek şekilde yontup yontmadığını (yüzde 6), benzerliğin sadece bir tesadüf olup olmadığını (yüzde 38), hatta yengeçlerin gerçekten de boğulmuş samuray savaşçılarının suretleri olup olmadığını (inanılmaz bir yüzde 10) oylayabileceğiniz bir web sitesi bile buldum. Elbette bilimsel gerçekler referandumla tayin edilmez ve ben de sadece sonuçları görebilmek için oy kullandım. Ne yazık ki ben oyunbozanlardan yana oy kullandım. Bence benzerlik muhtemelen bir tesadüf. Bunun sebebi, otorite sahibi bir kuşkucunun belirttiği gibi, yengecin sırtındaki girinti ve çıkıntıların aslında altta yatan kas bağlarını ifade etmesi değil. Huxley/Sagan teorisinde bile, batıl inançlı balıkçılar işe, hafifçe de olsa bir çeşit orijinal benzerliğin farkına vararak başlamak zorundalardı ve simetrik bir kas bağları kalıbı tam da o ilk benzerliği sağlayabilecek türden bir şeydi. Ben daha çok aynı kuşkucunun yengeçlerin zaten yenmek için çok küçük oldukları gözleminden etkilendim. Uzmana göre, o boyutlardaki tüm yengeçler, sırtları insan yüzü-

1- "Meme," Richard Dawkins'in 1976 tarihli *Gen Bencildir* kitabında, kültürel olguların Darwinci seçilimini açıklamak için ortaya attığı kavram. *-çev.n.*

nü andırsa da andırmasa da denize atılırlardı. Ne var ki, Tokyo'dayken bir akşam yemeğe götürüldüğümde bizi ağırlayan kişi tüm misafirler için yengeç tabağı söyleyince bu etkili şüpheciliğin kaynağına da gölge düşmüş oldu. O yengeçler *Heikea*'lardan çok daha büyüktü ve iri, kireçlenmiş kabuklarla sıkıca kaplanmışlardı ama bu durum superman'imizi yengeçleri bütün olarak teker teker eline alıp, iğrenççe kanayan diş etlerinin habercisiymiş gibi duran bir çıtırdama sesi eşliğinde birer elma gibi ısırmaktan alıkoymamıştı. *Heikea* kadar ufak bir yengeç böylesi bir gastronomi üstadı için çocuk oyuncağı olurdu. Hiç şüphesiz onları istifini bozmadan bütün olarak yutardı.

Benim Huxley/Sagan teorisi hakkındaki şüpheciliğimin ana sebebi, insan beyninin (kolayca gösterilebileceği üzere) rastgele kalıplarda yüzler görmeye açıkça yatkın olmasıdır. Bunu bilimsel kanıtlara ilaveten İsa'nın, Meryem Ana'nın veya Rahibe Teresa'nın yüzlerinin ekmek veya pizza dilimlerinde veya duvardaki rutubet izlerinde görünmesi hakkındaki sayısız efsaneden de biliyoruz. Bu yatkınlık, kalıp rastgelelikten spesifik olarak simetrik olma yönünde farklılık gösterirse daha da artar. Tüm yengeçler (hermit yengeci hariç) zaten simetriktir. İstemeden de olsa *Heikea*'nın bir samuray savaşçısına olan benzerliğinin bir tesadüften fazlası olmadığından şüpheleniyorum, doğal seçilim tarafından geliştirildiğine inanmayı istesem de.

Her neyse. İnsanları içermeyen, (deyim yerindeyse) hayvan "balıkçılarının" potansiyel yemeklerini tekinsiz bir şeye olan benzerliklerinden dolayı denize geri "attığı" (veya hiç görmediği) ve benzerliğin kesinlikle şans eseri olmadığı pek çok örnek vardır. Eğer ormanda tırtıl avlayan bir kuş olsaydınız, karşınıza aniden bir yılan çıksa ne yapardınız? Tahminimce ürkerek geriye sıçrar ve onunla aranızda mesafe bırakırdınız. Aslına bakarsanız hataya yer bırakmayacak şekilde yılana benzeyen bir tırtıl (kesin konuşmak gerekirse bir tırtılın arka ucu) vardır. Eğer yılanlardan korkuyorsanız (utanarak itiraf ediyorum ki ben korkuyorum) bu tırtıl gerçek anlamda telaşlandırıcıdır. Hatta onun tamamen zararsız bir tırtıl olduğunu adım gibi bilsem de sanırım bu hayvanı elime almakta isteksiz olurdum. (Bu sıra dışı yaratığın resmini renkli sayfalar 6-7'de görebilirsiniz.) Aynı sorunu, her ne kadar tek bir çift kanatları olduğundan dolayı iğnesiz sinekler olduklarını görsem de eşekarılarını veya arıları taklit eden süprüntü sineklerini elime alırken de yaşıyorum. Bunlar başka bir şeye (çakıl taşı, dal, yaprak veya yosun gibi yenilemeyen bir şeye veya yılan, eşekarısı veya olası

bir avcının parıldayan gözleri gibi bilfiil zararlı bir şeye) benzemeleri sayesinde korunma sağlayan çok sayıdaki hayvandan birkaçıdır.

O halde kuşların gözleri, böcekleri yenilemez veya zehirli örneklere benzeyecek şekilde mi seçmiştir? Bir bakıma bu sorunun cevabı açıkça evettir. Peki bununla, güzellikleri için erkek tavus kuşlarını seçen dişi tavus kuşlarıyla veya insanların köpek veya gülleri seçmesi arasında ne fark var? Temel olarak dişi tavus kuşları çekici bir şey için (ona yaklaşarak) *pozitif olarak* seçerlerken tırtıl avcısı kuşlar itici bir şey için (ondan uzak durarak) *negatif olarak* seçerler. Pekala o zaman başka bir örnek, ve bu örnekte "seçim" pozitiftir, fakat seçici seçiminden fayda sağlamaz. Tam tersine.

Derin deniz fener balığı deniz tabanında yatıp sabırla avını bekler.[1] Pek çok derin deniz balığı gibi fener balığı da bizim standartlarımıza göre fazlasıyla çirkindir. Belki balık standartlarına göre de öyledirler ama bu muhtemelen fark yaratmaz çünkü zaten yaşadıkları derinlik etrafı görebilmek için fazla karanlıktır. Derin denizin diğer sakinleri gibi dişi fener balıkları da kendi ışıklarını sıklıkla kendileri üretirler, veya daha doğru bir deyişle içinde kendileri için ışık üreten bakterileri barındırdıkları özel bir hazneleri vardır. Böylesi bir "biyoışıldama" herhangi bir detayı yansıtmak için yeterince parlak değildir ama diğer balıkları cezbetmek için yeterince parlaktır. Normal bir balıkta yüzgeçteki ışınlardan sadece birisi olacak olan omurga, uzayıp sertleşerek bir oltaya dönüşür. Bazı türlerde "olta" o kadar uzun ve esnektir ki ona olta yerine ip derdiniz. Ve oltanın veya ipin ucunda (başka ne olabilirdi ki?) yem veya tuzak vardır. Yemler türden türe değişirler ama her zaman küçük yemek parçalarını andırırlar: örneğin bir kurtçuk veya küçük bir balık veya sadece alelade ama cezbedici bir şekilde sallanan bir lokma. Sıklıkla yem gerçekten de parlaktır: diğer bir doğal neon tabelası. Ve bu kez verilen mesaj "gel ve beni yedir". Küçük balıklar gerçekten de buna yeltenirler. Yeme yaklaşırlar ve bu yaptıkları son şey olur, zira tam o anda fener balığı devasa kursağını açar ve av, hücum eden suyla çevrelenir.

Şimdi, tıpkı dişi tavus kuşlarının daha cezbedici erkekleri seçmesi ve bahçıvanların daha cezbedici gülleri seçmesi gibi, küçük bir av olan balıkların, cazibesi giderek artan tuzakları "seçtiğini" söyleyebilir miyiz? Neden böyle söyleyemeyeceğimizi görmek zor. Gül örneğinde

1- Benim vurgulamak istediğim nokta için fark yaratmaz ama bu hikaye sadece dişi fener balığı için geçerlidir. Erkekler genellikle, kendilerini dişinin vücuduna küçük bir ekstra yüzgeç gibi parazitik olarak tutturan minik cücelerdir.

en çekici çiçekler, üremesi için bahçıvanlar tarafından kasten seçilenlerdir. Aynısı dişi tavus kuşları tarafından seçilen erkek tavus kuşları için de doğrudur. Dişi tavus kuşlarının seçim yaptıklarının farkında olmamaları mümkündür ama gül yetiştiricileri farkındadır. Ama bu şartlar altında bu çok önemli bir ayrım gibi durmuyor. Biraz daha ilgi çekici olan, fener balığı ve diğer iki örnek arasındaki ayrımdır. Av olan balıklar, hayatta kalmaları için fener balıklarını besleyerek gerçekten de dolaylı olarak en "çekici" olanları seçerler! Çekici olmayan tuzakları olan fener balıklarının açlıktan ölmeleri ve dolayısıyla üreyememeleri daha olasıdır. Ve "seçimi" yapan gerçekten de küçük av balıklardır. Ama bu seçimi hayatlarıyla yaparlar! Burada giderek yaklaştığımız şey, gerçek doğal seçilim ve bizler ilerlemeli olarak baştan çıkarmayı amaçlayan bu bölümün sonuna yaklaşıyoruz.

İlerlemeyi şöyle özetleyebiliriz:

1. İnsanlar üremeleri için çekici gülleri, ayçiçeklerini vs. kasıtlı olarak seçerler ve böylece çekici özellikleri üreten genleri korurlar. Bunun adı yapay seçilimdir, bu, insanların Darwin'in çok öncesinden beri bildiği bir şeydir ve herkes bunun kurtları çivavalara[1] dönüştürecek ve mısır koçanlarını santimetrelerden desimetrelere uzatacak güçte olduğunu anlar.
2. Dişi tavus kuşları, üremeleri için çekici erkek tavus kuşlarını seçerler (bilinçli ve kasıtlı olarak seçip seçmediklerini bilmiyoruz, ama öyle olmadığını varsayalım) ve böylece onlar da çekici genleri korurlar. Bunun adı eşeysel (cinsel) seçilimdir ve bunu keşfeden (veya en azından açıkça farkına varıp isimlendiren) Darwin'dir.
3. Küçük birer av olan balıklar, en çekici fener balıklarını kendi vücutlarıyla besleyerek hayatta kalmaları için çekici olanları (kesinlikle kasıtsız olarak) seçerler, böylece istemeden de olsa, üremeleri ve çekici özellikleri üreten genleri aktarmaları (ve böylece korumaları) için onları seçerler. Bunun adı (evet nihayet oraya vardık) doğal seçilimdir ve bu Darwin'in en büyük keşfidir.

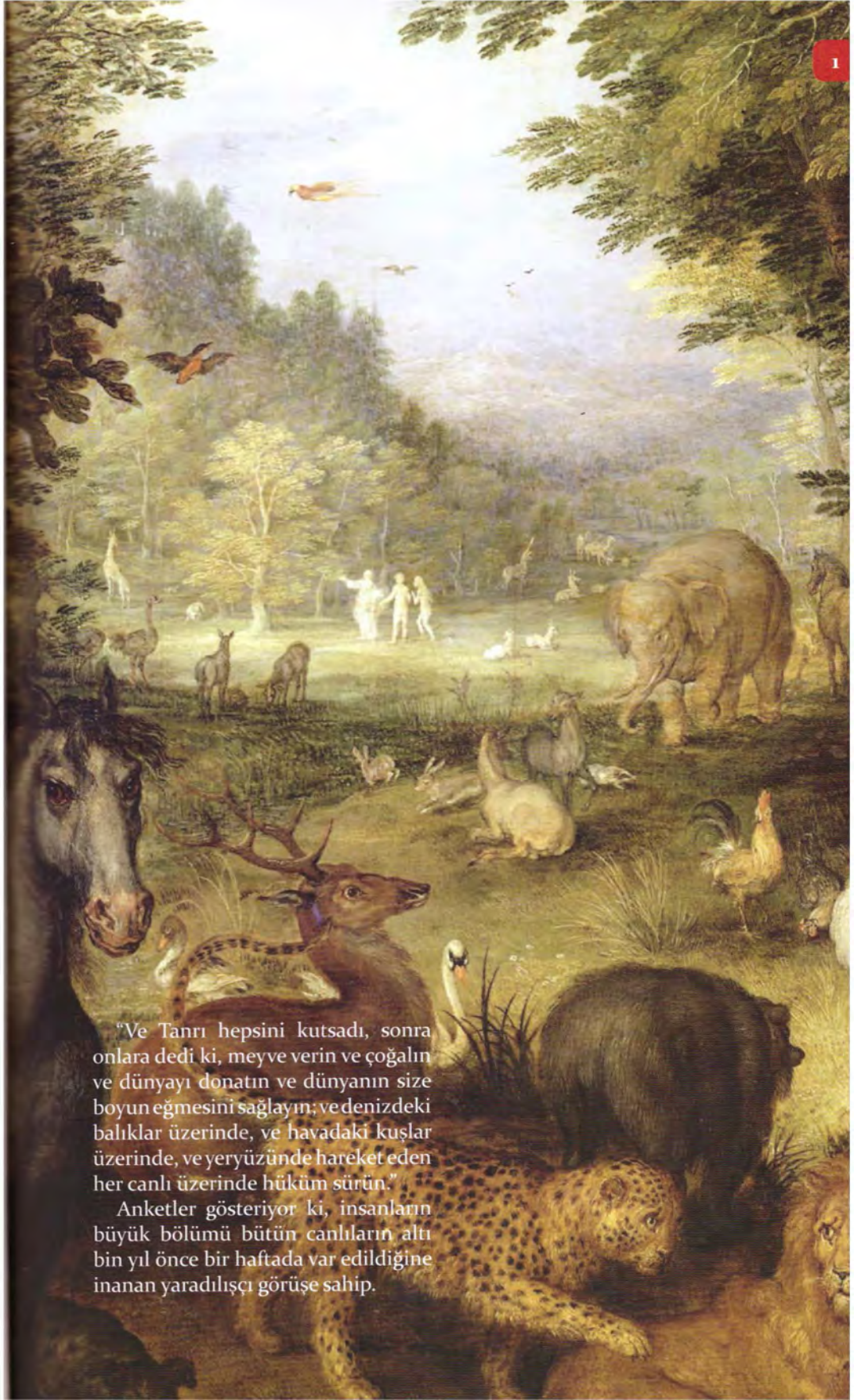
1- Chihuahua ya da Çivava, dünyanın en küçük türlerinden biri olan köpek ırkı. *-çev.n.*

Darwin'in özel dehası, doğanın ayıklayıcı etmen rolünü oynayabileceğinin farkına vardı. Yapay seçilimi herkes biliyordu[1], veya en azından çiftlik, bahçe, köpek gösterisi veya güvercinlik tecrübesi olan herkes biliyordu. Ama seçen bir *etmene* gerek olmadığını ilk fark eden Darwin'di. Seçim otomatik olarak hayatta kalma (veya kalamama) tarafından yapılabilirdi. Darwin, hayatta kalmanın da o işi görebileceğini fark etmişti çünkü sadece hayatta kalanlar üreyip, hayatta kalmalarına yardım eden genleri (Darwin bu kelimeyi [gen] kullanmamıştı) aktarabilirdi.

Örnek olarak fener balığını seçtim çünkü bu hala hayatta kalacak olanları seçmek için gözlerini kullanan bir etmen olarak tasvir edilebilir. Ama argümanımızda, herhangi bir seçici etmenden bahsetmemizin gerekmediği noktaya (Darwin'in noktasına) vardık. Fener balıklarından, örneğin, tunaya veya tarpon balığına yani avlarını aktif olarak kovalayan balıklara ilerleyelim. Dilin veya hayal gücünün sınırlarını zorlamadan hangi tarpon balığının hayatta kalacağını, yem olmak suretiyle avın "seçtiğini" söyleyemeyiz. Söyleyebileceğimiz şey, hangi sebepten ötürü olursa olsun (hızlı yüzme kasları, keskin gözler vs.) avlarını yakalamakta daha donanımlı olan tarpon balıklarının hayatta kalacakları ve dolayısıyla üreyip onları başarılı kılan genlerini aktaracaklarıdır. Bu tarpon balıkları hayatta kalmaları sayesinde "seçilirlerken", *hangi sebepten ötürü olursa olsun* daha az donanımlı olan başka bir tarpon balığı hayatta kalamayacaktır. O halde listemize dördüncü bir adım ekleyebiliriz.

4. Herhangi bir seçici etmen olmaksızın, hayatta kalmak için üstün donanıma tesadüfen sahip oldukları gerçeğinden ötürü "seçilen" bireyler daha yüksek olasılıkla üreyecek ve dolayısıyla

1- Hitler'in Darwin'den ilham aldığını söyleyen meşhur asılsız iddia kısmen hem Hitler hem de Darwin'in herkesin yüzyıllardır bildiği bir şeyden etkilendiği gerçeğinden kaynaklanır: istenilen özellikler için hayvanları ıslah edebilirsiniz. Hitler herkesin bildiği bu bilgiyi insanlarda kullanmaya niyetlendi. Darwin niyetlenmedi. Darwin'in ilhamı onu çok daha ilginç ve orijinal bir doğrultuya yöneltti. Darwin'in büyük sezisi, herhangi bir seçici etmene ihtiyacınızın olmadığıydı: doğa (hayatta kalma veya ayrımcı üreme başarısı) seçici rolünü oynayabilirdi. Hitler'in "Sosyal Darwinciliği" (ırklar arasındaki mücadeleye olan inancı) aslında ziyadesiyle Darwincilik karşıtıdır. Darwin için, var olma mücadelesi, bir türün içindeki bireyler arasındaki bir mücadeleydi, türler, ırklar veya diğer gruplar arasındaki değil. Darwin'in büyük kitabının hatalı seçilmiş ve talihsiz alt başlığı sizi aldatmasın: *Kayırılan ırkların yaşam mücadelesinde korunması.* Metnin kendisinden, Darwin'in ırkı "ortak bir soy veya kökenle birbirine bağlı insan, hayvan veya bitki grubu" anlamında kullanmadığı fazlasıyla açıktır (*Oxford İngilizce Sözlüğü*, tanım 6.I). Darwin daha ziyade *Oxford İngilizce Sözlüğü*'ndeki 6.II tanımını kastetmiştir: "bazı ortak özellik veya özellikleri olan insan, hayvan veya şeyler grubu veya sınıfı". Anlam 6.II'ye güzel bir örnek "(coğrafi ırklarından bağımsız olarak) mavi gözlü tüm bireylerdir." Modern genetiğin teknik jargonunda (ki bu Darwin'in kullanabileceği bir şey değildi) bizler Darwin'in alt başlığındaki "ırkı", "belli bir alele sahip olan tüm bireyler" olarak ifade ederiz. Darwinci var olma mücadelesini birey *grupları* arasındaki mücadele olarak yorumlama hatası (sözde "grup seçilimi" mantık hatası) ne yazık ki Hitler ırkçılığıyla sınırlı kalmamıştır. Bu hata Darwinciliğin amatörce yanlış yorumlamalarında, hatta bunu çok iyi bilmesi gereken profesyonel biyologlar arasında bile sık sık yeniden yüzeye çıkmaktadır.



"Ve Tanrı hepsini kutsadı, sonra onlara dedi ki, meyve verin ve çoğalın ve dünyayı donatın ve dünyanın size boyun eğmesini sağlayın; ve denizdeki balıklar üzerinde, ve havadaki kuşlar üzerinde, ve yeryüzünde hareket eden her canlı üzerinde hüküm sürün."

Anketler gösteriyor ki, insanların büyük bölümü bütün canlıların altı bin yıl önce bir haftada var edildiğine inanan yaradılışçı görüşe sahip.







Yapay seçilim kısa zamanda neler yapabilir: yaban lahanası (a) ve onun kullanışlı (b) ve devasa (c) torunları. Ayçiçekleri (d) çok uzun zaman önce Kızılderililer tarafından yapay seçilimle elde edildi (e) ve çağdaş bahçıvanlar tarafından geliştirildi.

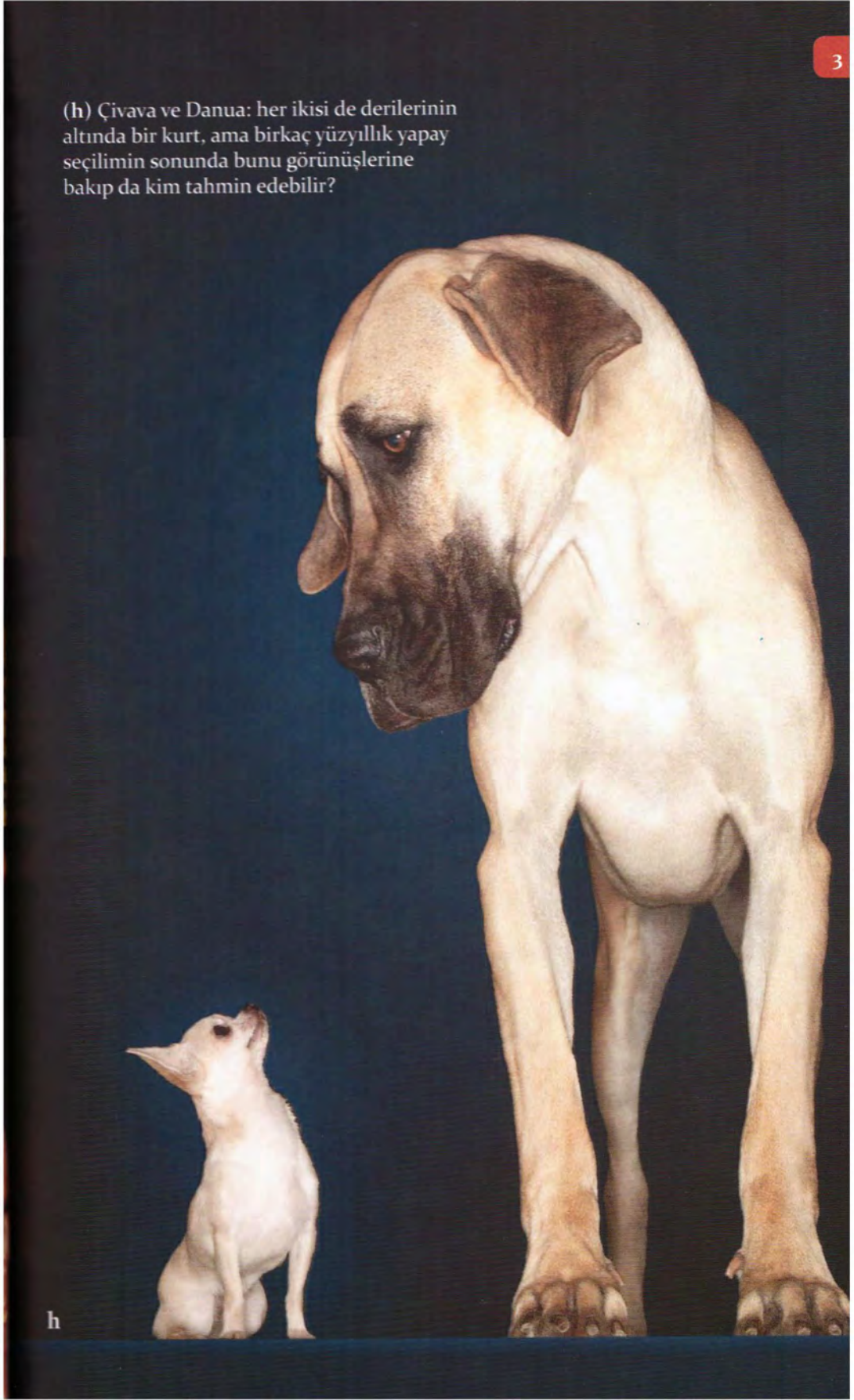




Belçika'da yetiştirilen "blue mound" sığırı (f) yapay olarak mutasyona uğratılmıştır. Kaslı kadın da (g) yapay beslenme ve egzersize tabi tutulmuştur. Çevresel olarak tetiklenen değişimler genetik değişime benzeyebilir.



(h) Çivava ve Danua: her ikisi de derilerinin altında bir kurt, ama birkaç yüzyıllık yapay seçilimin sonunda bunu görünüşlerine bakıp da kim tahmin edebilir?



h

(a) Bu Madagaskar orkidesinin uzun nektar bezi, hem Darwin'in hem de Wallace'nin bu uzun beze uyacak uzun bir dilin eninde sonunda keşfedileceği tahminini yürütmesine sebep oldu. Seneler sonra uzun dilin sahibi bulundu: *Xanthopan morgani praedicta*, yani Darwin'in atmaca güvesi. **(b)** Kova orkidesi: "Gümüş mermi" tozlaşmasının en karmaşık örneklerinden biri. **(c)** Euglossine arısı, kova orkidesinden çıkmaya çabalıyor ve bunu yaparken üzerine polen taneleri yapışıyor.







(d) Kendisini sinekkuşu sanan bir güve mi? Sinekkuşu atmaca güvesi yakınsayan evrime harika bir örnektir. **(e)** Zarif hareketleriyle sinekkuşu. Parlak kırmızı renkli çiçekler genellikle kuşlar tarafından tozlaştırılır, zira kuşlar, böceklerin aksine ışık tayfının kırımızı kısımlarını da görebilirler. **(f)** Afrika'da kırmızı bir çiçekten nektar emen güneş kuşu. **(g)** Eşekarısının çekiç orkidesi üzerindeki rodeosu. **(h)** Bal tuzağı mı? Bu orkide tam bir düzenbaz; erkek arıyı, dişisine benzeyen şekli sayesinde çiftleşmeyi denesin diye tuzağına düşürüyor. **(i)** Bizim gördüğümüz şekliyle çuha çiçeği. **(j)** Bir böceğin gözünden çuha çiçeği mi? Tam olarak değil, ama morötesi görüşe sahip böceğin görmesi muhtemel desenleri göstermek için yalancı renkleriyle çuha çiçeği. **(k)** Örümcek orkidesi. Örümceğe benzeyen şekli doğal seçilimin bir eseri mi?


d


g


e


h


f


i


j


k

Erkek sülünün parlak renkleri (a) nesiller boyunca dişi tavuklar tarafından seçilmiştir. (b) Sualtının erkek sülünleri mi? Avcıların olmadığı sularda erkek lepistesler, avcıları çekebilecek parlak renklere sahip olacak şekilde evrilmekte özgürdür. Güllerde ve lalerde olduğu gibi, balık yetiştiricileri bu eğilimi hemen anladılar ve onu daha da ileri götürdüler. Rengarenk lepistesler hem akvaryum meraklılarını hem de dişileri çekiyor.

(c) Tehlike güzellikte saklı. Mor peygamber devesi, çiçek taklidine kanıp tuzağına düşecek böcekleri bekliyor. (d) Başka peygamber develeri de yaprakları taklit eder; resimdeki, böyle bir peygamber devesinin larvası. Geko (e) gibi, Güney Amerika'daki bazı hayvanlar ölü yaprak taklidi yapar. (f) Bu, bir yılanın başı değil, bir tırtılın arka tarafı. Ataları hayatta kalmayı başardı, çünkü önemli sayıda avcı, onların yılana olan bu benzerliğinden korktu.









(a) Aramızdaki goril. Görgü tanıklarının verdiği ifadenin güvenilmezliğinin çarpıcı bir kanıtı (bkz. sayfa 20'deki metin)

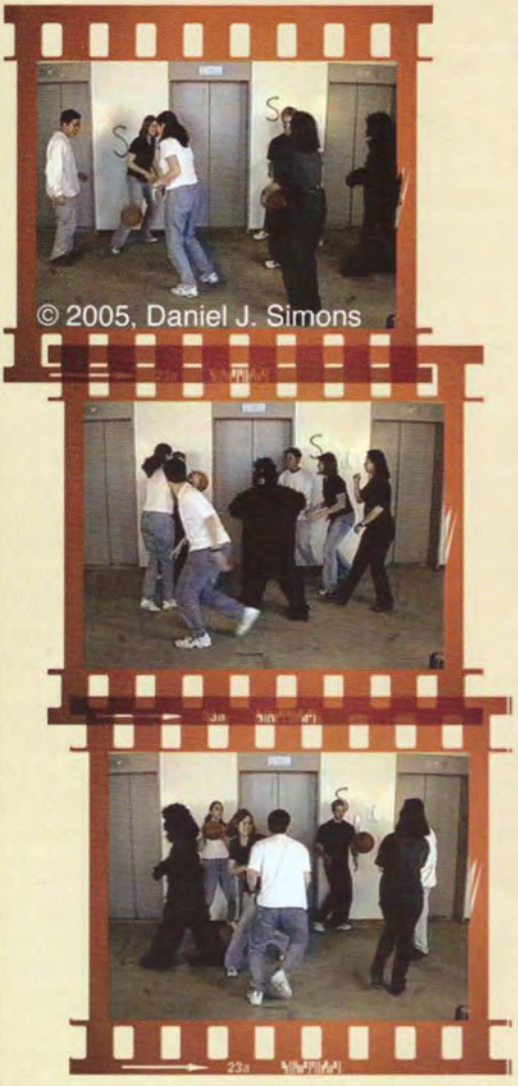


Figure provided by Daniel Simons. The video depicted in this figure is available as part of a DVD from Viscog Productions (http://www.viscog.com).



(b) Eğer evrim gerçekse, neden dünya timsavuklarla ve maybağalarla, filpanze ve tavşangurularla dolmuyor? Josh Timonen, insanı bir yumrukta yere seren bu iddiayı (bkz. sayfa 141-3) kutlamak amacıyla, dünyanın her yerindeki yaradılışçıların şerefine takmam için bu timsavuk kravatını benim için yaptı.



(c) Heyecanlı bir yaradılışçının kendisini yutması için bekleyen yem. (bkz. sayfa 143)

> üstün donanıma sahip olma genlerini daha yüksek olasılıkla aktaracaklardır. Dolayısıyla her türdeki her gen havuzu, hayatta kalma ve üreme için üstün donanım yapma genleriyle dolmaya meyledecektir.

Doğal seçilimin ne kadar kapsamlı olduğuna dikkat edin. Bahsettiğim diğer örnekler (1, 2 ve 3. adımlar ve pek çok diğer örnek), daha genel bir olgunun özel birer örnekleri olarak doğal seçilimle özetlenebilirler. Darwin, insanların kısıtlı halini zaten bildiği bir olgunun en genel halini ortaya çıkardı. O zamana dek insanlar sadece, bu olgunun özel bir durumu olan yapay seçilimi biliyorlardı. Genel durum, rastlantısal olarak çeşitlenen kalıtımsal donanımın, rastlantısal olmayan hayatta kalışıdır. Rastlantısal olmayan hayatta kalışın nasıl meydan geldiği önemli değildir. Bu (üremesi için safkan tazıları seçen insanlar örneğinde olduğu gibi) bir etmenin kasıtlı, açıkça niyetli tercihi olabilir; (üremeleri için erkekleri seçen dişi tavus kuşları örneğinde olduğu gibi), kasıtlı niyet olmaksızın bir etmenin istemeden yaptığı bir tercih olabilir; (fener balığının tuzağına yaklaşmayı seçen av balıkları örneğinde olduğu gibi) seçicinin hiç yapmamış olmayı dileyeceği, istenmeden yapılmış bir tercih olabilir; ya da bir tarpon balığının, örneğin, avını takip ederken kendisine ekstra bir hız patlaması sağlayan, kaslarının derinliklerinde yatan ücra bir biyokimyasal avantaj sebebiyle hayatta kalması gibi, herhangi bir şekilde seçim olarak değerlendirmeyeceğimiz bir şey olabilir. Darwin'in kendisi de, *Türlerin Kökeni Üzerine*'nin favori bir pasajında bunu çok güzel ifade etmiştir:

> Doğal seçilimin dünyadaki her çeşitlemeyi, en küçüğünü bile, günlük, saatlik olarak irdelediği; kötü olanları reddedip, iyi olanları koruyup topladığı; fırsat karşısına ne zaman ve nerede çıkarsa çıksın her organik varlığın, hayatın organik ve inorganik koşullarıyla münasebetindeki gelişimi için sessizce ve derinden çalıştığı söylenebilir. Bu yavaş değişimleri işlerken, zamanın eli, akıp giden çağları işaretleyene değin, hiç görmeyiz, ve o zaman da yerbilimsel geçmişe olan bakışımız o kadar kusurludur ki, sadece şu anki yaşam biçimlerinin geçmiştekilerden farklı olduğunu görürüz.

Burada (her zaman yaptığım gibi) Darwin'in şaheserinin *birinci* baskısını alıntıladım. Daha sonraki baskılara ilginç bir eklenti girmeyi

başarmıştır: "Doğal seçilimin dünyadaki her çeşitlemeyi, en küçüğünü bile, günlük, saatlik olarak irdelediği; kötü olanları reddedip, iyi olanları koruyup topladığı; fırsat karşısına ne zaman ve nerede çıkarsa çıksın her organik varlığın, hayatın organik ve inorganik koşullarıyla münasebetindeki gelişimi için sessizce ve derinden çalıştığı *mecazi olarak* söylenebilir . . ." (vurgu eklenmiştir). Buradaki "söylenebilir"in yeterince temkinli olduğunu düşünebilirsiniz. Ama 1866'da Darwin, doğal seçilimi Darwin'le eş zamanlı olarak keşfeden Wallace'dan, yanlış anlaşılmaların önüne geçmek için daha da aşırı bir tedbirin maalesef gerekli olduğunu tavsiye eden bir mektup almıştır.

> Çok sevgili Darwin – Sayısız zeki insanın, Doğal Seçilimin kendi kendine işleyen ve kaçınılmaz etkilerini net olarak görmekteki aczleriyle o kadar çok karşılaştım ki, terimin kendisinin, ve (pek çoğumuz için ne kadar net ve güzel olsa da) senin onu resmetme şeklinin, Doğal Seçilimi genel doğa bilimci umumunun aklına sokmakta en etkili yöntem olmadığında karar kıldım.

Wallace devamında, görünen o ki, kendisi ve Darwin'in aksine, kafası derinden karışmış bir birey olan Janet adlı Fransız bir yazarı alıntılar:

> Janet'in, senin zayıf noktanın, "düşünce ve yönetimin Doğal Seçilimin çalışması için elzem olduğunu" görmemen olduğunu düşündüğünü anlıyorum. Aynı itiraz senin baş muhaliflerin tarafından da pek çok kez yapılmıştı ve ben de sohbetler esnasında ifade edildiğini en az o kadar sık duydum. Şimdi ben bu durumun hemen hemen tamamen senin Doğal Seçilim terimi tercihinden ve dolayısıyla onun etkilerini sıklıkla insanın seçimiyle kıyaslamandan ve aynı zamanda doğayı sıklıkla "seçici", "tercih edici" ... vs. olarak insanlaştırmandan kaynaklandığını düşünüyorum. Azınlık için bu gün gibi açık (ve hoşça akılda kalıcı) ama görünen o ki pek çokları için bu durum bir engel teşkil ediyor. Bu sebepten dolayı bu yanlış anlaşılma kaynağından büyük eserinde ve aynı zamanda "Köken'in" sonraki baskılarında tamamen kaçınma olasılığını önermek isterim ve öyle sanıyorum ki bu, Spencer'ın . . . "en uygun olanın hayatta kalması" terimini benimseyerek kolayca ve etkili olarak yapılabilir. Bu terim hakikatin yalın ifadesidir, "Doğal Seçilim" ise mecazi ifadesidir.

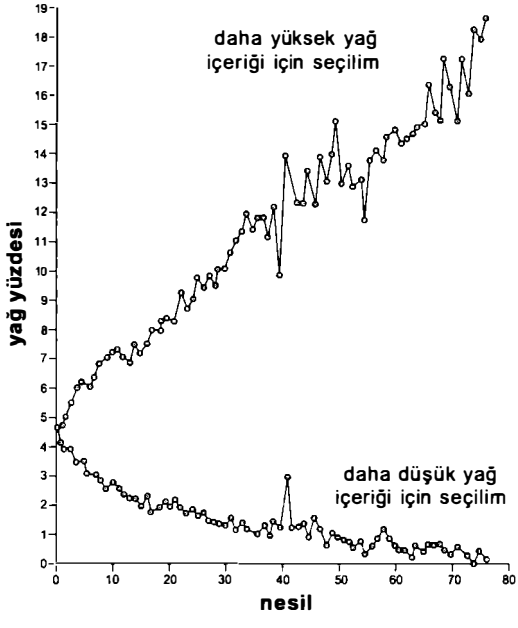
Wallace haklıydı. Ne yazık ki, Spencer'ın "en güçlü olanın hayatta kalması" terimi, Wallace'nin öngöremeyeceği kendine özgü problemlere sebebiyet verir ve ben onlardan burada bahsetmeyeceğim. Wallace'nin uyarısına rağmen, ben Darwin'in, doğal seçilimi, evcilleştirme ve yapay seçilim vasıtasıyla sunma stratejisini takip etmeyi yeğlerim. Mösyö Janet bu sefer anlardı diye düşünmek istiyorum. Ama benim Darwin'in izini takip etmemin bir sebebi daha var ve bu iyi bir sebep. Bilimsel bir hipotezin nihai sınavı deneydir. Deneyin spesifik olarak anlamı, doğanın bir şeyler yapmasını beklememek, neyle bağıntılı olduğunu görmek için o şeyi pasifçe gözlemlememektir. Doğaya gider ve *bir şeyler* yaparsınız. *Manipüle* edersiniz. Bir şeyleri sistematik olarak *değiştirir* ve sonuçları, o değişikliğin noksan olduğu "kontrol" ile veya farklı bir değişiklikle karşılaştırırsınız.

Deneysel müdahale inanılmaz önemlidir çünkü o olmadan, gözlemlediğiniz bir bağıntının nedensel bir öneminin olduğundan asla emin olamazsınız. Bu durum "kilise saati mantık hatası" ile örneklendirilebilir. İki komşu kasabanın kulelerindeki saatler saat başlarını vurmaktadırlar ama Aziz A kilisesinin saati Aziz B'ninkinden biraz daha ileridir. Bu durumu gözlemleyen Marslı bir ziyaretçi, Aziz A'nın saatinin vurmasının Aziz B'nin saatinin vurmasına *neden olduğu* sonucunu çıkarabilir. Biz tabii ki durumun iç yüzünü biliyoruz ama bu hipotezin tek gerçek sınavı, Aziz A'nın çanını deneysel olarak, saat başlarından ziyade, *rastgele* zamanlarda çalmak olacaktır. Marslının (elbette yanlışlanacak olan) tahmini, Aziz B'nin saatinin bu durumda da Aziz A'nınkinden hemen sonra vuracağıdır. Gözlemlenen bir bağıntının gerçekten de nedenselliğe işaret edip etmediğini sadece deneysel manipülasyon belirleyebilir.

Eğer hipoteziniz, rastgele genetik çeşitliliğin rastgele olmayan hayatta kalmasının önemli evrimsel sonuçları olacağı ise, bu hipotezin *deneysel* sınavı, kasıtlı bir insan müdahalesi olmalıdır. Olaya karışıp hangi çeşitlemenin hayatta kalacağını hangisininse kalmayacağını *manipüle* edersiniz. Gidip, ıslahçılar gibi, hangi tür bireylerin üreyeceğini *seçersiniz*. Bu, tabii ki, yapay seçilimin ta kendisidir. Yapay seçilim yalnızca bir doğal seçilim *benzeşimi (analojisi)* değildir. Yapay seçilim, seçilimin evrimsel değişikliğe neden olacağı hipotezi için gerçek bir *deneysel* (gözlemselin aksine) sınav teşkil eder.

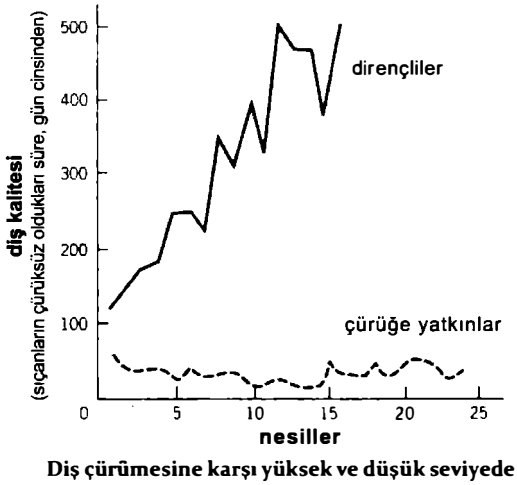
Doğal seçilimin bilinen örneklerinden pek çoğu (örneğin pek çok köpek türünün türeyişi), deneysel olarak kontrollü ortamlarda tah-

minlerin kasıtlı sınavları olmaktan ziyade, gerçekleştiklerini günümüzden geçmişe bakarak gözlemleyebildiğimiz olgulardır. Ama düzgün deneyler de yapılmıştır ve sonuçlar her zaman, köpek, lahana ve ayçiçeklerindeki daha anekdotal sonuçlardan beklendiği şekilde çıkmıştır. İşte tipik bir örnek, bu özellikle iyi bir örnek çünkü Illinois Deneysel İstasyonundaki tarım uzmanları bu deneye çok uzun bir zaman önce, 1896'da başlamışlardır (grafikteki Nesil 1). Şema, biri yüksek diğeri düşük yağ verimi için yapay olarak seçilmiş iki farklı hattaki mısır tanelerinin içerdikleri yağ oranlarını gösteriyor. Bu gerçek bir deney çünkü bizler iki kasti manipülasyonun veya müdahalenin sonuçlarını karşılaştırıyoruz. Görünen o ki fark dramatik ve giderek artıyor. Hem yukarı hem de aşağı yönlü seyrin eninde sonunda durması olası gözüküyor: az verimli hat, sıfır yağ içeriğinin altına düşemeyeceğiniz için, çok verimli hatsa hemen hemen aynı ölçüde net olan sebeplerden ötürü.



Yüksek ve düşük yağ verimi için yapay olarak seçilmiş iki farklı mısır hattı

İşte yapay seçilimin gücünün başka bir laboratuar gösterimi daha, ki bu bir başka açıdan da öğreticidir. Şemada, diş çürümesine karşı dirençleri için yapay olarak seçilmiş on yedi sıçan neslini görüyoruz. Grafiği çizilen birim, sıçanların çürüksüz oldukları zamandır (gün cinsinden). Deneyin başında, çürük dişsiz



Diş çürümesine karşı yüksek ve düşük seviyede direnç gösterecek şekilde seçilmiş iki sıçan hattı

geçen tipik süre yaklaşık 100 gündü. Yalnızca bir düzine nesil boyunca çürümeye karşı yapılan sistematik seçilimin ardından, çürüksüz geçen süre dört katına (hatta daha fazlasına) uzadı. Tekrardan, zıt yönde evrilmesi için ayrı bir hat seçildi: deneyi yapan kişiler bu sefer, diş çürüğüne olan yatkınlıkları için sıçanları sistematik olarak seçtiler.

Bu örnek, doğal seçilim düşünüşüne diş geçirmemiz için bize bir fırsat sunuyor. Gerçekten de bu sıçan dişi tartışması, doğal seçilime yapacağımız ve artık girişmeye hazır olduğumuz üç gezintiden biri olacak. Diğer ikisinde (sıçanlarda olduğu gibi), evcilleştirmeden gelen "sefa yolunda" daha önceden tanıştığımız yaratıkları, yani köpekler ve çiçekleri tekrar ziyaret edeceğiz.

SIÇANLARIN DİŞLERİ

Eğer yapay seçilimle sıçanların dişlerini iyileştirmek bu kadar kolaysa, doğal seçilim neden (görünen o ki) bu kadar kötü bir iş çıkarmıştır? Elbette diş çürümesinin herhangi bir faydası olamaz. Eğer yapay seçilim çürükleri azaltma yeteneğine sahipse, doğal seçilim neden aynı şeyi uzun zaman önce yapmamıştır? Aklıma, ikisi de öğretici olan iki cevap geliyor.

İlk cevap, insan seçicilerinin hammadde olarak kullandığı orijinal popülasyonun yabani sıçanlardan değil, laboratuarda türetilmiş evcil beyaz sıçanlardan oluştuğudur. Laboratuar sıçanlarının, modern insanlar gibi, şımartıldığı ve doğal seçilimin keskin ucundan korundukları söylenebilir. Vahşi doğada, diş çürümesine olan genetik yatkınlık üreme olasılığını önemli ölçüde düşürürdü ama yaşamın kolay olduğu, kimin yaşayıp kimin yaşamayacağının insanlar tarafından belirlendiği bir laboratuar kolonisinde bu bir fark yaratmayabilir.

Bu, sorunun ilk cevabıydı. İkinci cevap çok daha ilginç zira o (yapay seçilim hakkında olduğu gibi) doğal seçilim hakkında önemli bir ders içerir. Bu ödünleşim[1] dersidir ve biz ona, bitkilerin tozlaşma stratejilerinden bahsederken zaten değindik. Hiçbir şey bedava değildir, her şey fiyat etiketiyle birlikte gelir. Ne pahasına olursa olsun diş çürümesinden kaçınmak gerektiği aşikâr gözükebilir ve çürümenin sıçanların ömürlerini kayda değer oranda azalttığından hiç şüphem yok. Ama bir an için, hayvanın diş çürümesine olan direncini artırmak için nelerin gerçekleşmesi gerektiğini düşünelim. Detayları bilmiyorum ama bu

1- *trade-off*: Bir şey elde etmek için başka bir şeyden vazgeçmek. *–çev.n.*

artışın masraflı olacağından eminim ki, bu da varsaymam gereken tek şey. Gelin bunun diş minesinin kalınlaşmasıyla elde edildiğini ve bunun ekstra kalsiyum gerektirdiğini varsayalım. Ekstra kalsiyumu bulmak imkansız değildir ama bir yerlerden gelmelidir ve bedava değildir. Kalsiyum (veya kısıtlayan kaynak her neyse) havada uçuşmaz. Vücuda yemek vasıtasıyla girmelidir ve potansiyel olarak, diş haricindeki başka şeyler için de faydalıdır. Vücudun bir "kalsiyum ekonomisi" vardır. Kalsiyum kemiklerde de gereklidir, sütte de. (Bahsettiğimiz şeyin kalsiyum olduğunu varsayıyorum. Kalsiyum değilse bile, masraflı bir kısıtlayan kaynak bulunmalıdır ve bu kısıtlayan kaynak ne olursa olsun argümanımız geçerli olacaktır. Ben burada kalsiyumu kullanmaya devam edeceğim.) Diğer tüm etkenler eşitken, ekstra güçlü dişleri olan bir sıçan bireyi, çürük dişleri olandan daha uzun yaşamaya meyilli olacaktır. Ama tüm etkenler eşit değildir çünkü dişleri güçlendirmek için gereken kalsiyum bir yerlerden, örneğin kemiklerden gelmelidir. Genleri onu, kalsiyumu kemiklerinden çalmaya programlamayan rakip bir birey, üstün kemikleri sebebiyle (kötü dişlerine rağmen) daha uzun süre hayatta kalabilir. Ya da rakip bir (dişi) birey, kalsiyum açısından daha zengin süt ürettiği için çocuk yetiştirmekte daha vasıflı olabilir. Ekonomistlerin Robert Heinlein'den alıntılamayı sevdikleri üzere, bedava öğle yemeği diye bir şey yoktur. Benim sıçan örneğim varsayımsal, ama dişleri *fazla* mükemmel olan sıçan diye bir şeyin olduğunu gönül rahatlığıyla söyleyebiliriz. Bir alandaki mükemmellik, bedeli başka bir alandaki fedayla ödenerek, satın alınmalıdır.

Buradaki ders tüm canlılar için geçerlidir. Bedenlerin hayatta kalmak için iyi donanımlı olmalarını bekleyebiliriz ama bu onların herhangi bir açıdan mükemmel olacakları anlamına gelmez. Bir antilop, bacakları biraz daha uzun olsaydı daha hızlı koşabilir ve bir leopardan daha yüksek olasılıkla kaçabilirdi. Ama bacakları daha uzun olan rakip bir antilop, her ne kadar avcı hayvanlardan kaçmak için daha donanımlı olacaksa da, uzun bacaklarının bedelini, bedeninin ekonomisinin başka bir alanından ödemelidir. Uzun bacaklardaki ekstra kemik ve kasları üretmek için ihtiyaç duyulan materyaller başka bir yerden alınmalıdır, bu yüzden uzun bacaklı bireyin, av olmaktan farklı sebeplerden dolayı ölme olasılığı artar. Hatta av olarak ölme olasılığı da artabilir çünkü her ne kadar sağlamken daha hızlı koşmayı sağlasalar da, uzun bacakların kırılmaları daha olasıdır ki, bu durumda hiç koşamazlar. Vücut bir uzlaşılar yumağıdır. Bu noktaya, silahlanma yarışlarını konu alan bölümde tekrar döneceğim.

Evcilleştirmede olan şey, hayvanların, yabani hayvanların hayatını kısaltan risklerin çoğundan yapay olarak korunmalarıdır. Safkan bir mandıra ineği bol miktarda süt verebilir ama sarkık ve hantal memesi, bir aslandan hızlı koşma çabalarında kendisine ciddi anlamda engel teşkil edecektir. Safkan atlar müthiş koşucu ve atlayıcılardır ama bacakları yarış esnasında, özellikle engelleri atlarlarken sakatlıklara açıktır, bu da yapay seçilimin onları, doğal seçilimin müsamaha göstermeyeceği bir bölgeye ittiğini ima eder. Dahası safkanlar, yalnızca, insanlar tarafından tedarik edilen zengin bir beslenme düzeniyle serpilebilirler. Örneğin Britanya'nın yerli midillileri otla beslenirken, yarış atları (vahşi doğada bulamayacakları) tahıl ve tamamlayıcılardan oluşan daha zengin bir beslenme düzeni olmadan gelişemezler. Söylediğim gibi, bu konulara silahlanma yarışı bölümünde geri döneceğim.

YİNE KÖPEKLER

Nihayet doğal seçilim konusuna ulaştığımıza göre, daha önemli başka dersler için köpekler örneğine geri dönebiliriz. Köpeklerin evcilleştirilmiş kurtlar olduklarını söyledim ama bunu, yine en net olarak Raymond Coppinger tarafından ifade edilmiş olan, köpek evriminin büyüleyici bir teorisinin ışığında nitelemeliyim. Burada fikir, köpek evriminin sadece yapay seçilimden ibaret olmadığıdır. Kurtlar, insanların yöntemlerine doğal seçilimle de uyum sağlamışlardı. Köpeklerin en baştaki evcilleşmelerinin önemli bölümü, yapay değil doğal seçilim tarafından yönlendirilen öz-evcilleşmeydi. Bizler yapay seçilim alet çantamızdaki keski çekiçlere davranmadan çok önce, herhangi bir insan müdahalesi olmadan doğal seçilim kurtları çoktan öz-evcilleşmiş "köy köpekleri" olacak şekilde yontmuştur. İnsanlar ancak daha sonra bu köy köpeklerini benimseyip, ayrı ve kapsamlı olarak, bugün güzellikleriyle Crufts ve benzeri köpek başarı ve güzellik (eğer güzellik doğru kelimeyse) gösterilerini şereflendiren (eğer şereflendirmek doğru kelimeyse) soy spektrumunu oluşturacak şekilde değiştirmiştir.

Coppinger, evcil hayvanların kaçıp birçok nesil boyunca yaban hayata geri döndüklerinde, genelde vahşi atalarına yakın bir şeye döndüklerini belirtiyor. Dolayısıyla yaban hayata geri dönen köpeklerin de kurt benzeri olacaklarını bekleyebiliriz. Ama bu olmuyor. Bunun yerine yaban hayata geri dönen köpekler, üçüncü dünyanın her yerinde insan yerleşkelerinin etrafında takılan yaygın "köy köpekleri" ("pye

köpekleri") oluyorlarmış gibi gözüküyor. Bu da Coppinger'in, insanların nihayet işe koyulduğu köpeklerin artık kurt olmadıkları inancını pekiştiriyor. Onlar kendilerini çoktan köpeklere dönüştürmüşlerdi: köy köpeklerine, pye köpeklerine, belki de dingolara.

Gerçek kurtlar sürüler halinde avlanırlar. Köy köpekleri ise çöplüklere dadanan leşçillerdir. Kurtlar da leş ile beslenirler ama uzun "kaçış mesafeleri" nedeniyle doğaları insan çöplerinde leşçilliğe uygun değildir. Bir hayvanı beslenirken görürseniz, tüymeden önce yaklaşmanıza ne kadar izin vereceğine bakarak onun kaçış mesafesini ölçebilirsiniz. Herhangi bir tür için herhangi bir durumda, bir uçta çok riskli veya gözü karanın, diğer uçtaysa fazla ürkek veya risk almaktan kaçınanın arasında bulunan optimum bir kaçış mesafesi vardır. Tehlike belirtisi olduğunda geç kaçan bireylerin, o tehlike tarafından öldürülmeleri daha olasıdır. Bundan daha az bariz olarak, çok erken kaçmak diye bir şey de söz konusudur. Fazla ürkek olan bireyler asla doyurucu bir yemek yiyemezler çünkü ufukta beliren ilk tehlike sinyalinde kaçarlar. Bizim, risk almaktan çekinmenin tehlikelerini göz ardı etmemiz kolaydır. Biz, aslanların gözü önünde, onlara ihtiyatla bakmaktan ötesini yapmadan sakince otlayan zebra veya antiloplara şaşırırız. Şaşırırız çünkü bizim kendi risk tanıma mekanizmalarımız (veya safari rehberinin mekanizmaları), kilometrelerce karelik alanda bir aslan olduğunu düşünmek için herhangi bir sebebimiz olmasa da bizi kati suretle Land Rover'ın içinde tutar. Bunun sebebi korkumuzla kıyaslanabilecek bir şeyin olmamasıdır. Bizler safari kampımıza döndüğümüzde doyurucu yemeklerimizi yiyeceğizdir. Vahşi atalarımız, risk alan zebralara çok daha sempatiyle bakarlardı. Tıpkı zebralar gibi onların da yenme riski ile yiyememe riskini dengelemeleri gerekiyordu. Evet, aslan saldırabilir; ama birliğinizin büyüklüğüne bağlı olarak, aslanın grubunuzun sizin dışınızdaki bir üyesini yakalaması daha olasıdır ve beslenme veya su içme alanlarına gitmeye cesaret etmezseniz zaten açlıktan veya susuzluktan ölürsünüz. Bu da, daha önce iki kez karşılaştığımız ekonomik ödünleşim dersidir.[1]

Bu konu dışı sözün hissesi şu ki, diğer tüm hayvanlar gibi yabani kurdun da, çok cesur ve çok ürkeğin arasında güzelce dengelenmiş (ve

1- Psikologların, ilginç farklılıklar gösteren, insanlar için benzeşen risk alma sınavları vardır. Girişimciler (keza pilotlar, dağcılar, motosiklet yarışçıları ve diğer ekstrem spor tutkunları) tipik olarak risk alma ölçümlerinde yüksek puan alırlar. Kadınlar erkeklerden daha az risk almaya meyillidirler. Feministler bu noktada nedensellik okunun iki yönde de işleyebileceğini vurgulayacaklardır: kadınlar, toplumun onları ittiği mesleklerden ötürü risk almaktan çekinir hale geliyor olabilirler.

potansiyel olarak esnek olan) en uygun bir kaçış mesafesi olacaktır. Evrimsel zaman içinde şartlar değişirse doğal seçilim, sürekliliğin o veya bu tarafına doğru taşıyarak kaçış mesafesiyle oynayacaktır. Eğer kurtların dünyasına, köy çöplükleri şeklinde yeni bir bereketli yiyecek kaynağı girerse, bu durum optimum dengeyi, kaçış mesafesi sürekliliğinin kısa ucuna yani bu yeni bulunan ikramın tadını çıkarırken tüymeye gönülsüzlük yönüne doğru itecektir.

Bir köyün sınırındaki çöp kutusundaki leşle beslenen yabani kurtlar hayal edebiliriz. İnsanların taş ve mızrak fırlatmalarından korktukları için, çoğunun uzun kaçış mesafeleri olsun. İnsanlar uzakta göründüğü anda ormanın güvenliğine kaçıyor olsunlar. Ama genetik tesadüf neticesinde birkaç bireyin, ortalamadan biraz daha kısa bir kaçış mesafesi olsun. O kurtların küçük riskler (cesurlar ama çılgın değiller) almaya hazır olmaları onlara, risk almayan rakiplerine kıyasla daha çok yemek kazandıracaktır. Nesiller geçtikçe doğal seçilim gittikçe daha kısa kaçış mesafelerini destekleyecektir, ta ki kurtların taş atan insanlar tarafından gerçekten de tehlike altına gireceği noktaya kadar. Ortaya yeni çıkan yemek kaynağı nedeniyle en uygun kaçış mesafesi değişmiş olacaktır.

Coppinger'in görüşüne göre, kaçış mesafesinin böyle evrimsel olarak kısalması gibi bir şey, köpeklerin evcilleşmelerindeki ilk adımdı ve yapay değil doğal seçilim tarafından elde edilmişti. Azalan kaçış mesafesi, artan evcilliğin davranışsal bir ölçütüdür. Sürecin bu aşamasında insanlar, üremeleri için kasıtlı olarak en evcil bireyleri seçmiyorlardı. Bu erken aşamada insanlarla bu çömez köpeklerin etkileşimleri düşmancaydı. Kurtlar evcil hale geliyorsa bu, insanlar tarafından kasıtlı olarak yapılan evcilleştirmeden dolayı değil öz-evcilleştirmeden dolayı idi. Kasıtlı evcilleştirme daha sonraları geldi.

Modern zamanların muazzam bir deneyine, kürk ticaretinde kullanılmak için Rus gümüş tilkisinin evcilleştirilmesine bakarak, evcilliğin (veya herhangi başka bir şeyin) doğal veya yapay olarak nasıl yontulabileceğine dair bir fikir edinebiliriz. Bu deney (Darwin'in onların hakkında bildiklerine ek olarak) evcilleştirme süreci ve seçici ıslahın "yan etkileri" ile (Darwin'in gayet iyi bildiği) yapay ve doğal seçilim benzerliği hakkında verdiği derslerden ötürü iki kat ilginçtir.

Gümüş tilki, tanıdık kırmızı tilkinin (*Vulpes vulpes*), kürkü için değer verilen bir renk varyantıdır. Rus genetikçi Dimitri Belyaev 1950'ler-

de bir tilki kürkü çiftliği işletmesi için göreve alınmıştı. Daha sonraları, kendisinin bilimsel genetik anlayışı, Stalin'in gözüne girerek tüm Sovyet genetik ve tarımını 20 küsur yıl boyunca devralan ve büyük ölçüde mahveden şarlatan biyolog Lysenko'nun anti-bilimsel ideolojisiyle uyuşmadığı için kovuldu. Belyaev tilkilere ve Lysenko'dan arınmış gerçek genetiğe olan sevgisini korudu ve daha sonraları her ikisini de çalışmaya, Sibirya'daki Genetik Enstitüsünün müdürü olarak devam edebildi.

Yabani tilkilerle baş etmek zordur ve Belyaev kasıtlı olarak evcil tilkileri seçmek için işe koyuldu. Zamanının diğer tüm hayvan veya bitki yetiştiricileri gibi onun da yöntemi, doğal çeşitlemelerden faydalanmak (o günlerde genetik mühendislik yoktu) ve aradığı ideale en çok yaklaşan dişi ve erkekleri üremeleri için seçmekti. Belyaev evcillik için seçerken, kendisinin en çok hoşuna giden veya ona en sevimli yüz ifadeleriyle bakan erkek ve dişi tilkileri seçebilirdi. İleriki nesillerin evcilliği için pekala bu da istenilen etkiye sebep olabilirdi. Ama o daha sistematik olarak, az önce yaban kurtları bağlamında bahsettiğim "kaçış mesafesine" oldukça yakın olan ama yavru tilkilere uyarlanmış bir ölçütü kullandı. Belyaev ve meslektaşları (ve halefleri, zira deney programı Belyaev'in ölümünden sonra da devam etti) yavru tilkileri, deneycinin bir yandan elleriyle yavruya yemek verirken diğer yandan yavruyu okşamaya veya sevmeye çalıştığı standartlaştırılmış testlere tabi tuttular. Yavru tilkiler üç sınıfa ayrıldı. 3. sınıftaki tilkiler, kişiyi ısıran veya kaçan tilkilerdi. 2. sınıftakiler kendilerinin ellenmesine izin veren ama deneycilere karşı pozitif bir duyarlılık göstermeyenlerdi. En evcil olan 1. sınıftakilerse, kendilerini elleyenlere bilfiil yaklaşıp kuyruğunu sallayan ve inleyenlerdi. Yavrular büyüdüklerinde deneyciler sistematik olarak sadece bu en evcil sınıftakilerin üremelerine izin verdi.

Evcillik için yapılmış sadece altı nesillik seçici ıslahın ardından tilkiler o kadar değişmişti ki, deneyciler kendilerini, "insanlarla temas kurmak için can atan, ilgi çekmek için inleyen ve deneycileri köpekler gibi koklayan ve yalayan" tilkilerden oluşan "evcilleşmiş elit" adlı yeni bir kategori oluşturmaya mecbur hissettiler. Deneyin başında tilkilerin hiçbiri elit sınıfta değildi. Evcillik için yapılan on nesillik ıslahın ardından yüzde 18'i; yirmi neslin ardından yüzde 35'i "elit" idi; otuz ila otuz beş neslin ardındansa "evcilleşmiş elit" bireyler deney popülasyonunun yüzde 70 ila 80'ini oluşturuyordu.

Etkilerinin afallatıcı boyutu ve hızı dışında böylesi sonuçlar belki de çok şaşırtıcı değildir. Yerbilimsel zaman içinde otuz beş nesil fark edilmeden geçip giderdi. Daha ilginç olan, evcillik için yapılan seçici ıslahın beklenmeyen yan etkileriydi. Bunlar gerçek anlamda büyüleyici ve umulmadıktı. Köpekleri çok seven Darwin hayran kalırdı. Evcil tilkiler yalnızca köpekler gibi davranmakla kalmamış, aynı zamanda onlara (görsel açıdan) benzemiştir de. Tilkisel kürklerini kaybedip siyah beyaz alacalı hale dönüşerek Galler Kolilerine benzemişlerdir. Tilkisel sivri kulaklarının yerini köpeksel sarkık kulaklar almıştır. Kuyruklarının ucu, tilkilerinki gibi yukarı değil, köpeklerinki gibi aşağı bakıyordu. Dişiler, (dişi tilkiler gibi) yılda bir değil, (dişi köpekler gibi) altı ayda bir çiftleşmeye hazır hale geliyorlardı. Hatta Belyaev'e göre sesleri bile köpeklerin sesine benziyordu.



Belayev, evcilleşmekte (ve köpeğe benzemekte) olan tilkileriyle birlikte

Köpek benzeri bu özellikler yan etkilerdi. Balyaev ve ekibi onları kasıtlı olarak seçmemişlerdi, sadece evcillik özelliğini seçmişlerdi. Görünen o ki, köpek benzeri o diğer karakteristikler, evcillik genlerine tutunarak evrimsel olarak sürüklenmişlerdir. Genetikçiler için bu durum şaşırtıcı değildir. Onlar, genlerin görünürde birbirlerinden bağımsız birden fazla etkilerinin olduğu, "pleyotropi" adlı yaygın bir olgunun farkındadırlar. Buradaki vurgu "görünürde" kelimesindedir. Embroyonik gelişim karmaşık bir iştir. Detaylar hakkında daha fazla şey öğrendikçe o "görünürde birbirlerinden bağımsız" ifadesi, "birbirlerine, şu an anladığımız ama geçmişte anlamadığımız yollarla bağlı"ya dönüşür. Büyük olasılıkla sarkık kulak ve alacalı post genleri, evcillik genlerine hem köpeklerde hem tilkilerde pleyotropik olarak bağlıdır. Bu da evrim hakkındaki önemli bir noktayı gösterir. Bir hayvanın bir özelliğine bakıp, o özelliğin Darwinci hayatta kalma değeri nedir diye sorduğunuzda, yanlış soruyu soruyor olabilirsiniz. Seçtiğiniz karakteristik, asıl önemli karakteristik olmayabilir. Pleyotropik olarak bağlı olduğu diğer bir karakteristik tarafından evrim sürecinde "sürüklenmiş" olabilir.

O halde, eğer Coppinger haklıysa köpeğin evrimi, sadece yapay seçilim değil, (evcilleşmenin ilk aşamalarında ağır basan) doğal ve (sonraları öne çıkan) yapay seçilimin karmaşık bir karışımıydı. Aradaki geçiş pürüzsüz olmalıdır, ki bu da (Darwin'in fark ettiği üzere) yapay ve doğal seçilimin benzerliğini vurgular.

YİNE ÇİÇEKLER

Şimdi de, doğal seçilime doğru yaptığımız ısınma turlarının üçüncüsünde, çiçeklere ve tozlaştırıcılara doğru ilerleyip doğal seçilimin evrimi sürme gücüne şöyle bir bakalım. Tozlaşma biyolojisi bizi inanılmaz bazı gerçeklerle donatır ve muazzamlığın tepe noktasını orkideler oluşturur. Darwin'in onlara bu kadar meraklı olmasına ve daha önce de bahsettiğim *Orkidelerin Böcekler Tarafından Çeşitli Mekanizmalarla Döllenmeleri* kitabını yazmasına şaşmamak gerek. Daha önce de karşılaştığımız, "sihirli mermi" kullanan Madagaskar'lı orkide gibi bazı orkideler nektar üretirler ama bazıları, tozlaştırıcıları oyuna getirerek, onları besleme masrafının etrafından dolaşmanın bir yolunu bulmuşlardır. Erkekleri, onlarla çiftleşmeyi denemeye kandıracak kadar dişi arılara (veya eşekarılarına veya sineklere) benzeyen orkideler

vardır. Böylesi taklitler belli bir böcek türünün dişilerini andırdığı ölçüde o türün erkekleri, tek bir orkide türünün bir çiçeğinden diğerine giderek gümüş mermi görevi göreceklerdir. Orkide belirli bir arı türünden ziyade herhangi bir arıyı andırıyorsa bile, kandırdığı arılar yine de "oldukça gümüş" mermiler olacaklardır. Eğer ben veya siz bir arı orkidesine veya sinek orkidesine yakından bakacak olsaydık (renkli sayfalar 4-5'e bakınız), onun gerçek bir böcek olmadığını söyleyebilirdik; ama gözümüzün ucuyla lakayt bir bakış atsaydık kanardık. Hatta tam karşıdan bakıldığında bile buradaki arı orkidesinin açıkça, yabanarısı orkidesinden ziyade balarısı orkidesi olduğunu söylerdim. Böceklerin, bizim kamera gözlerimiz kadar keskin olmayan bileşik gözleri vardır ve böcek taklitçisi orkidelerin şekil ve renkleri, dişi böceklerin kokularını taklit eden tahrik edici kokularla birleşince, erkekleri kandırmak için fazlasıyla yeterlidir. Bu arada taklidin (bizim göremediğimiz) morötesinde görüldüğünde iyileşmesi de gayet olasıdır.

Örümcek orkidesi diye adlandırılan *Brassia* (renkli sayfalar 4-5), tozlaşmayı başka türlü bir dalavereyle sağlar. Pek çok münzevi eşekarısı türünün dişileri ("münzevi" çünkü Amerikalılar tarafından sarı arı olarak anılan tanıdık sonbahar zararlılarının aksine geniş yuvalarda sosyal olarak yaşamazlar), örümcekleri yakalar, felç etmek için sokar ve larvalarına canlı yemek kaynağı sağlamak için yumurtalarını onların üstüne yumurtlarlar. Örümcek orkideleri, dişi eşekarılarının kendilerini sokmayı denemelerini sağlayacak kadar örümceği andırırlar. Süreç esnasında eşekarıları, orkideler tarafından üretilen polen tanelerini kaparlar. Başka bir örümcek orkidesini sokmaya gittiklerinde de polenler transfer edilmiş olur. Bu arada, orkideleri taklit etmesi nedeniyle bunun taban tabana zıttı olan *Epicadus heterogaster* örümceğini eklemekten kendimi alamıyorum. Böcekler nektar arayışı içinde "çiçeğe" gelirler ve onun tarafından anında yenilirler.

Bu baştan çıkarma numarasını kullanan en muazzam orkidelerden biri Batı Avustralya'da bulunur. *Drakaea* cinsinin pek çok türü çekiç orkidesi olarak bilinir. Her türün, belli bir eşekarısı türüyle özel bir ilişkisi vardır. Çiçeğin bir kısmı, bir böceğe kabaca benzerlik teşkil eder, bu da onunla çiftleşmesi için erkek eşekarısını kandırır. Buraya kadar anlattığım kadarıyla *Drakaea*, böcek taklitçisi diğer orkidelerden çarpıcı bir şekilde farklı değildir. Ama *Drakaea*'nın bir numarası daha vardır: sahte "eşekarısı", esnek bir "dirseği" olan menteşeli bir "kolun" ucunda konuşlanmıştır. Resimde menteşeyi açıkça görebilir-

siniz (renkli sayfa 5 (g)). Eşekarısının taklidi yakalamak için yaptığı kanat çırpma hareketi "dirseğin" bükülmesine neden olur ve eşekarısı bir çekiç gibi, çiçeğin cinsel organlarının olduğu yere (hadi buna da örs diyelim) tekrar tekrar çarpar. Polenler serbest kalıp, nihayetinde kendini kurtararak uçup gidecek ama görünen o ki akıllanmayacak olan eşekarısına yapışır: eşekarısı aynı performansı gidip başka bir çekiç orkidesinde sergiler. Orada kendisi ve taşıdığı polenler layıklıya örse vurulur ve böylece taşıdığı yük, kaderindeki sığınağı çiçeğin dişi organlarında bulur. Bu şaşırtıcı performansın filmini Çocuklar için Kraliyet Enstitüsü Noel Konuşmalarımdan birinde göstermiştim ve bu film, konuşmanın "Morötesi Bahçe" adlı kaydında izlenebilir.

Aynı konuşmada, tozlaşmayı aynı ölçüde dikkat çekici fakat oldukça farklı bir yolla elde eden Güney Amerikalı "kova orkidelerinden" de bahsetmiştim. Onların da, Euglossine adlı bir gruba mensup uzmanlaşmış tozlaştırıcıları vardır (eşekarıları değil, küçük arılar). Tekrar etmek gerekirse bu orkideler nektar sunmazlar. Ama orkideler onlarla çiftleşmeleri için arıları kandırmazlar da. Daha ziyade, erkek arılar için, yokluğunda arıların gerçek dişileri cezbedemeyeceği hayati bir destek sunarlar.

Yalnızca Güney Amerika'da yaşayan bu küçük arıların garip bir alışkanlığı vardır. Bunlar, genişletilmiş arka bacaklarına bağlı duran özel kaplarda sakladıkları, hoş kokulu (veya sadece kokulu) maddeleri toplamak için büyük çaba harcarlar. Değişik türlerde bu kokulu maddeler çiçeklerden, kuru dallardan, hatta dışkıdan bile gelebilir. Görünen o ki arılar topladıkları kokuları dişileri cezbetmek (veya onlarla kur yapmak) için kullanıyorlar. Pek çok böcek karşı cinsin ilgisini çekmek için belli esanslar kullanır ve çoğunluğu bu kokuları özel bezlerde üretirler. Örneğin dişi ipek böcekleri, kendi ürettikleri ve erkeklerin antenleriyle (eser miktarları kilometrelerce öteden) tespit ettikleri benzersiz bir esans salgılayarak, erkekleri şaşılacak derecede uzun mesafelerden cezbederler. Euglossine arılarında esansı erkekler kullanırlar ve dişi ipek böceklerinin aksine kendi kokularını kendileri sentezlemezler. Topladıkları kokulu malzemeleri, saf maddeler olarak değil, uzman parfümcüler gibi bir araya getirdikleri dikkatlice hazırlanmış karışımlar olarak kullanırlar. Her tür, çeşitli kaynaklardan edinilmiş maddeden karakteristik bir kokteyl hazırlar. Hatta Euglossine arısının, türlerine özgü esansı üretmek için, *Coryanthes* orkide cinsinin yalnızca belli türlerinin çiçekleri tarafından tedarik edilen

maddelere muhtaç olan türleri bile vardır. Euglossine arılarının genel adı "orkide arılarıdır."

Karşılıklı bağımlılığın ne kadar karmaşık bir resmi. Orkideler Euglossine arılarına, her zamanki "sihirli mermi" sebeplerinden ötürü ihtiyaç duyarlar. Arılar da, orkidelerin yardımı olmaksızın bulmalarının ya imkânsız ya da en azından çok zor olduğu maddeler olmadan dişileri cezbedemeyecekleri şeklindeki garip sebep yüzünden orkidelere ihtiyaç duyarlar. Ama tozlaşmanın elde edilme şekli daha da garip ve bu yüzeysel olarak arıyı, işbirliği yapan ortaktan çok kurban gibi gösterir.

Erkek Euglossine arısı, cinsel kokusunu üretmek için ihtiyaç duyduğu maddelerin kokusu yüzünden orkidenin cazibesine kapılır. Kovanın kenarına konup, mumsu kokuyu bacaklarındaki özel esans ceplerine doğru kazımaya başlar. Ama ayağının altındaki kovanın kenarı kaygandır ve bunun bir sebebi vardır. Arı, sıvıyla dolu olan kovanın içine düşer ve orada yüzer. Kovanın kaygan kenarlarından yukarıya tırmanamaz. Tek bir kaçış yolu vardır ve bu da kovanın kenarında bulunan arı boyutlarındaki özel deliktir (renkli sayfalar 4-5'deki resimlerde görünür değil). Deliğe "atlama taşları" tarafından yönlendirilir ve deliğin içinden sürüklenmeye başlar. Arı buraya güçlükle sığar ve "ağız" (bunu resimde görebilirsiniz: torna başlığına veya matkaba benziyor) kasılıp kendisini hapsettikçe sığması daha da güçleşir. Burada sıkıca tutulurken sırtına iki polen öbeği yapıştırılır. Yapıştırıcının tutması biraz zaman alır, ardındansa arıyı tutan ağız gevşer ve sırtında polenlerle uçup giden arıyı serbest bırakır. Hala parfümerisinin kıymetli malzemelerinin arayışında olan arı başka bir kova orkidesine konar ve süreç tekrarlanır. Ne var ki bu sefer arı, kovanın içindeki delikten çıkmak için uğraşırken, sırtındaki polenler kazınıp, bu ikinci orkidenin dişicik başını döllerler.

Çiçekler ve onların tozlaştırıcılarının içli dışlı ilişkisi "birlikte evrimin" hoş bir örneğidir. Birlikte evrim, birbirlerinden elde edecekleri şeyler olan organizmalar arasında, her bir tarafın diğerine bir katkı sağladığı ve işbirliğinden iki tarafın da fayda sağladığı birlikteliklerde sıklıkla ortaya çıkar. Diğer bir güzel örnek, dünyanın pek çok farklı yerinde birbirlerinden bağımsız olarak, mercan kayalıklarının etrafında, temizlikçi balıklarla büyük balıklar arasında gelişmiş ilişkiler ağıdır. Temizlikçiler pek çok farklı türe aittir ve bazıları balık bile değil karidestir (yakınsayan evrimin güzel bir örneği). Mercan kayalığı balıkları

için temizlik yapma işi, tıpkı memelilerdeki avlanma, otlanma veya karınca yeme gibi, yaşamı sürdürmenin oturmuş bir yoludur. Temizlikçiler, büyük "müşterilerinin" vücutlarından parazitleri toplayarak yaşamlarını sürdürürler. Müşterilerin de fayda sağladığı, temizlikçilerin deneysel bir kayalık alanından çıkarılmalarını takiben pek çok balık türünün sağlığının kötüleşmesiyle zarifçe gösterilmiştir. Temizleme alışkanlığından başka yerde bahsetmiştim, dolayısıyla burada daha fazla bir şey söylemeyeceğim.

Birlikte evrim, aynı zamanda birbirlerinin varlığından fayda sağlamayan, av ve avcı, parazitler ve konaklar gibi türler arasında da meydana gelir. Bu türden birlikte evrimlere kimi zaman "silahlanma yarışı" denir ve onları tartışmayı Bölüm 12'ye değin erteliyorum.

SEÇİCİ ETMEN OLARAK DOĞA

İzninizle bu ve bir önceki bölümü nihayetlendireyim. İnsan ıslahçıları tarafından uygulanan yapay seçilim biçimindeki seçilim, birkaç yüzyıl içinde bir pye köpeğini Pekin köpeğine veya yaban lahanasını karnabahara dönüştürebilir. Herhangi iki köpek soyu arasındaki fark, bir milenyumdan daha kısa bir sürede elde edilebilecek evrimsel değişikliğin boyutu hakkında bize kabaca bir fikir verir. Sormamız gereken sıradaki soru şudur: yaşamın tüm tarihçesini açıklamak için elimizde kaç milenyum vardır? Pye köpeğini Pekin köpeğinden ayıran ve sadece birkaç yüzyıllık evrimle meydana gelen farklılıkların miktarını düşündüğümüzde, bizleri evrimin başlangıcından veya memelilerin başlangıcından ayıran zaman bundan ne kadar daha uzundur? Veya balıkların karaya çıktıkları zamandan? Cevap: yaşam yüzyıllar değil milyarlarca yıl önce başlamıştır. Gezegenimizin ölçülmüş yaşı yaklaşık olarak 4,6 milyar yıl veya 46 milyon yüzyıldır. Günümüzdeki tüm memelilerin ortak atasının yeryüzünde yürümesinin üzerinden iki milyon yüzyıl geçmiştir. Yüzyıl bize oldukça uzun gibi görünür. Art arda dizilmiş iki milyon yüzyılı hayal edebiliyor musunuz? Balık atalarımızın sürünerek denizden karaya çıkmalarının üzerinden yaklaşık üç buçuk milyon yüzyıl geçmiştir: diğer bir deyişle, tüm farklı (gerçekten fazlasıyla farklı) köpek soylarının sahip oldukları ortak atadan bu yana geçenden yirmi bin kat daha uzun bir süre.

Bir Pekin köpeğiyle pye köpeği arasındaki yaklaşık fark miktarını aklınızda tutun. Burada kesin ölçümlerden bahsetmiyoruz: herhangi bir

köpek soyuyla bir diğeri arasındaki farkı düşünmek de işimizi görürdü, zira bu ortalama olarak, ortak atadan bu yana yapay seçilim tarafından elde edilmiş değişiklik miktarının iki katıdır. Bu evrimsel değişim miktarını aklınızda tutup uzak geçmişe doğru yirmi bin kat genişletin. Evrimin bir balığı insana dönüştürmek için gereken değişim miktarını elde edebileceğini kabul etmek oldukça kolay hale geliyor.

Ama tüm bunlar yeryüzünün yaşını ve fosil kayıtlarındaki çeşitli dönüm noktalarının tarihlerini bildiğimizi varsayıyor. Bu kanıtlar hakkında bir kitap, dolayısıyla tarihleri yalnızca belirtmekle yetinemem, onları desteklemem gerekir. Gerçekten, belli bir kayanın yaşını nasıl biliyoruz? Bir fosilin yaşını nasıl biliyoruz? Yeryüzünün yaşını nasıl biliyoruz? Hatta evrenin yaşını nasıl biliyoruz? Saatlere ihtiyacımız var ve saatler bir sonraki bölümün konusu.

BÖLÜM 4

SESSİZLİK ve YAVAŞ ZAMAN

EVRİM GERÇEĞİNİ reddedenler biyoloji cahiliyse dünyanın 10 bin yıllık olduğunu sananlar cahilden de beterdir; sapıkça bir yanılgı içerisindedirler. Onlar sadece biyolojinin değil, fiziğin, yerbiliminin, kozmolojinin, arkeolojinin, tarihin ve kimyanın gerçeklerini de reddederler. Bu bölümde, kayaların ve kayalarda gömülü olan fosillerin yaşını nereden bildiğimizden bahsedilecek. Gezegenimizde hüküm süren yaşamın bin değil milyar yıllarla ölçüldüğüne dair kanıtlar sunulacak.

Evrim araştırmacılarının, cinayet mahalline geç gelen dedektiflere benzediğinden söz etmiştik. Olayların ne zaman meydana geldiklerini ortaya çıkarmak için zamana bağlı süreçleri yani daha genel bir ifadeyle söyleyecek olursak saatler tarafından bırakılmış izleri kullanırız. Bir dedektifin bir cinayeti araştırırken yaptığı ilk şeylerden biri doktor veya patologdan, ölüm zamanını belirlemesini istemek olur. İşin sonraki kısmı büyük oranda bu bilgiye dayanır ve polisiye romanlarda patologun tahminine neredeyse esrarlı bir hürmet duyulur. "Ölüm zamanı" temel gerçektir. Dedektifin tahminleri değişebilir ama her seferinde merkezinde değişmeyen bu temel gerçek vardır. Ama elbette bu tahmin hataya açıktır. Bu hata ölçülebilir bir hatadır ve oldukça büyük olabilir. Patolog ölüm zamanını hesaplarken zamana bağlı olarak değişiklik gösteren çeşitli durumları inceler; örneğin vücut ölümden sonra tipik bir oranda soğur, ölü katılığı (*rigor mortis*) belli bir süre geçtikten sonra gerçekleşir, vs. Cinayeti araştıran bir kişi için bunlar kaba "saatler"dir. Evrimsel araştırmalar yapan bir bilim insanının kullandığı saatler ise potansiyel olarak daha hassastır; tabi bu hassaslığı ele alınan zaman birimine göre değerlendirmek gerekir. Saat hassaslığı ile ilgili bu benzeşim, bir patologun incelediği soğuyan bir cesettense, bir yer bilimcinin incelediği Jura dönemine ait bir kaya için daha uygundur.

İnsan yapımı saatler evrimsel çalışmalar için çok kısa olan süreleri (saat, dakika ve saniye gibi) gösterir ve bu saatlerdeki zamana bağlı

olarak değişiklik gösteren olaylar oldukça hızlı cereyan eder. Bu olaylara örnek olarak bir sarkacın sallanması, bir zembereğin dönmesi, bir kristalin titreşimi, bir mumun yanması, bir su tasının ya da kum saatinin boşalması ve bir güneş saati ile ölçülen Dünya devir süresi verilebilir. Bütün saatler, sabit ve bilinen bir oranda gerçekleşen olaylardan faydalanır. Sarkaç sabit bir oranda sallanır. Bu oran, en azından teoride, sarkacın salınımının büyüklüğü ya da ucundaki ağırlığın kütlesine değil, uzunluğuna bağlıdır. Dede saatlerinde rakkas çarkı, bir dişliyi yavaş yavaş hareket ettiren bir maşaya bağlıdır. Dönüş hızı, bir saat ibresinin, bir dakika ibresinin ve bir saniye ibresinin dönüş hızına kadar yavaşlar. Zemberekli saatler de benzer bir mantıkla çalışır. Dijital saatlerde, rakkas çarkının elektronik bir muadili kullanılır; bir pilden gelen enerji belli tipteki kristalleri titreştirir. Su ve mum saatleri daha az hassastır ama olay sayan saatlerin icadından önce işe yarıyorlardı. Bunlar rakkas çarkı ya da dijital saat gibi bir şeyler saymazlar, nicelik ölçerler. Güneş saatleri zamanı kabaca söyler.[1] Ama güneş saatlerinin dayandığı zamansal olay olan Dünya'nın dönüşü, daha yavaş bir saat olan takvim söz konusu olduğunda çok daha hassastır. Çünkü o zaman dilimlerinde takvim artık ölçüm yapan bir saat değil (güneş saati güneşin sürekli olarak değişen açısını ölçer), sayım yapan bir saattir (gün/gece döngülerini sayar).

Evrimin son derece yavaş olan zaman birimi için hem sayım hem de ölçüm yapan saatlerimiz bulunmaktadır. Ancak evrim araştırmalarında ihtiyaç duyduğumuz saat, güneş ya da kol saati gibi *şimdiki* zamanı gösteren bir saat değildir. Daha ziyade kronometre gibi *sıfırlanabilir* bir saate ihtiyacımız vardır. Evrim saatimiz bir noktada sıfırlanabilmelidir, böylece bir başlangıç noktasından itibaren geçen süreyi hesaplayabiliriz; bu bize bir nesnenin, örneğin bir kayanın tam yaşını verecektir. Püskürük (volkanik) kayaçların yaşının belirlenmesinde kullanılan radyoaktif saatler genelde, kayanın erimiş lavın katılaşması ile oluştuğu anda sıfırlanır.

Birçok sıfırlanabilir doğal saat bulunduğu için şanslıyız. Bunların birkaç tane olması iyi bir şeydir çünkü birbirleri ile karşılaştırıp ne derece doğru çalıştıklarını kontrol edebiliriz. Daha da iyi olan şey bu saatlerin şaşırtıcı derecede büyük zaman aralıklarını hassasiyetle gösterebiliyor olmasıdır ki bu da bu saatlerin oldukça işimize yarayan

1- Baştan savarım, adım güneş saati
Çok daha iyisini yapar bir kol saati
Hilaire Belloc

özelliklerinden biridir çünkü evrimsel zaman aralıkları 10'un yedinci ya da sekizinci kuvveti gibi zaman aralıklarıdır. Bunun ne demek olduğunu açıklasak iyi olur. 10'un kuvvetleri arasındaki bir birimlik değişim, on ile çarpım ya da 10'a bölüm anlamına gelir. Ondalıklı bir sistem kullandığımız için[1] kuvvet dediğimiz şey ondalık virgülünden önceki ya da sonraki sıfırlarının sayısıdır. O nedenle sekizlik bir kuvvet yüz milyon kat demektir. Bir kol saatinin saniye ibresi yelkovandan 60, akreptense 720 kez daha hızlı döner. Şu durumda bir kol saatinin üç ibresi 10'un üçüncü kuvvetinden daha az bir aralığı kapsar. Yerbilimsel saatlerimizin kapsadığı sekizinci kuvvetlerle karşılaştırınca bunlar oldukça küçük kalmaktadır. Saniyeden daha kısa zaman aralıkları için radyoaktif bozunma saatleri de bulunmaktadır ama evrimsel amaçlarla kullanmak için ihtiyacımız olan en hızlı saatler, asırlar ya da belki on yılları ölçebilen saatlerdir. Yelpazenin bu hızlı ucundaki doğal saatler (ağaç halkaları ve karbon-14 yöntemi) arkeolojik amaçlar için ya da köpek veya lahananın evcilleştirilmesi ile aynı yaştaki örneklerin yaş tayini için kullanılabilir. Yelpazenin diğer ucunda yüzlerce milyon, hatta milyar yıllık zamanları gösterebilecek doğal saatlere ihtiyaç duyarız ve neyse ki doğa bize bu tip saatler de vermiştir. Dahası, bunların kapsamları birbiriyle çakışır ve böylece birbirlerini kontrol etmek amacıyla da kullanılabilirler.

AĞAÇ HALKALARI

Bir ağaç halkası saati, bir parça odunun, örneğin bir Tudor evindeki[2] kütüğün yaşını şaşırtıcı bir hassasiyetle (gerçek anlamda yılına kadar) gösterebilir. Bakın bu nasıl olur. Öncelikle, birçok insanın bildiği gibi, yeni kesilmiş bir ağacın gövdesindeki halkalar sayılarak o ağacın yaşı bulunabilir. Bu halkaların en dışta olanı şimdiki zamanı yansıtır. Yılın farklı mevsimlerinde (kışın veya yazın, kurak veya yağışlı dönemlerde) farklı oranlarda büyüyen bu halkalar özellikle mevsimler arasında büyük farkların olduğu yüksek enlemlerde daha belirgindir. Neyse ki bir ağacın yaşını öğrenmek için onu kesmeniz gerekmez. Gövdeyi merkezine doğru delmek suretiyle bir örnek alır ve böylece halkaları ağacı öldürmeden de görebilirsiniz. Ancak sadece halkaları saymak ev

1- Bu, tahminen on parmaklı olmamızla ilgili evrimsel bir rastlantı. Fred Hoyle'nin bu konuda zekice bir fikri var. Hoyle'a göre eğer sekiz parmaklı olmuş olsaydık ve böylece onlu yerine sekizli bir aritmetiğe alışmış olsaydık, ikili aritmetiği ve dolayısıyla bilgisayarı bir asır daha önce keşfetmiş olacaktık (sekiz ikinin kuvveti olduğu için).

2- Tudor evi: İngiliz mimarisinde kökeni 1500'lere dayanan bir tarz, duvarlara destek olan kalaslar duvarın içinde görünür. *-çev.n.*

kütüğünüzün ya da Viking kadırga direğinizin hangi yüzyılda hayatta olduğunu öğrenmeniz için yeterli değildir. Yaşlı ve uzun zaman önce ölmüş olan kütüğünüzün yaşını tam olarak belirlemek istiyorsanız daha incelikli bir yöntem kullanmanız gerekir. Bunun için halkaları saymanın yanı sıra, kalın ve ince halkaların düzenine de bakmalısınız.

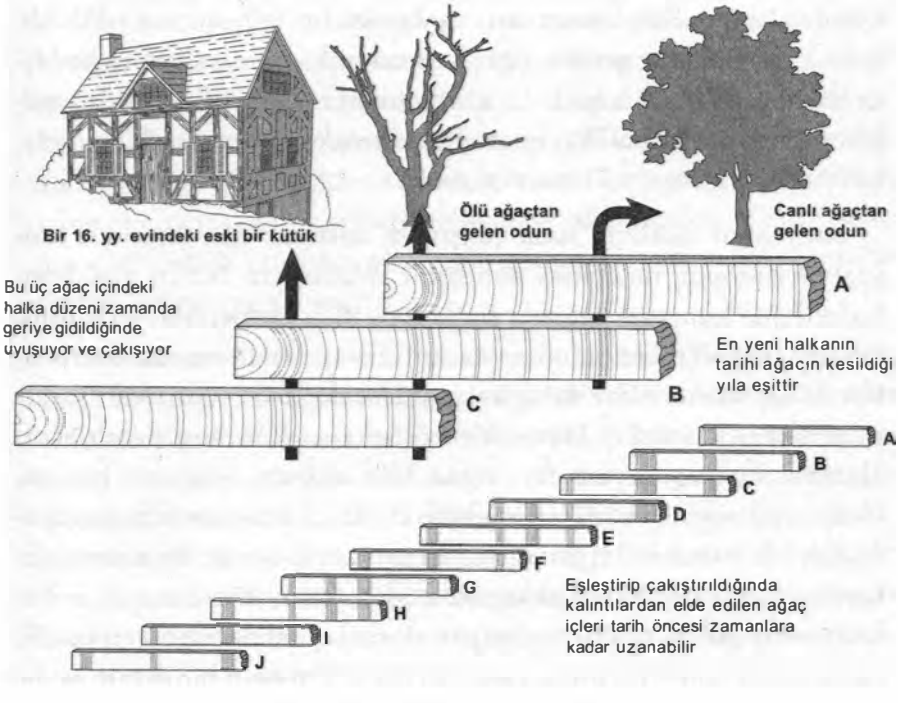
Halkalar farklı mevsimlerde gerçekleşen çok ve az büyüme döngüsüne işaret etmekle kalmaz, biri diğerinden daha iyi geçen seneleri de gösterir çünkü hava şartları yıldan yıla değişir. Kurak koşullar büyümeyi yavaşlatır, bereketli senelerde ise büyüme hızlı olur. Soğuk geçen seneler olduğu gibi, sıcak geçen seneler de olur. Hatta bazı seneler El Niño veya Krakatoa gibi korkunç felaketler gerçekleşir. Ağaç açısından iyi geçen senelerde oluşan halkalar, kötü senelerin halkalarına göre daha kalındır. Herhangi bir bölgedeki iyi ve kötü sene ardıllığı sonucu oluşan kalın ve ince halka düzeni (halkaların tam olarak hangi yıl oluştuğunu gösteren parmak izleri) ağaçtan ağaca ayırt edilebilecek derecede karakteristiktir.

Dendrokronologlar[1], yakın zamanda kesilmiş ağaçların, ağacın kesildiği bilinen yıldan geriye doğru sayarak hepsinin tam olarak hangi tarihte oluştuğu belirlenebilen halkalarını ölçerler. Bu ölçümleri toplayarak halka düzenlerinden oluşan bir referans koleksiyonu oluştururlar. Siz de yaşını öğrenmek istediğiniz bir arkeolojik kütük örneğinin halka düzenini bu koleksiyonla karşılaştırabilirsiniz. Bunun sonucunda, örneğin şöyle bir rapor alırsınız: "Bu Tudor kütüğü 1541 ile 1547 yılları arasında dikildiği bilinen bir ağacın halka düzeni ile uyuşan bir halka düzenine sahiptir. O nedenle ev M.S. 1547'den sonra inşa edilmiş olmalıdır."

İyi ama günümüzde yaşayan ağaçların çoğu bırakın taş devri ve öncesini, Tudor döneminde bile yaşamıyordu. Bazı ağaçlar (bristlecone denen çam türü, bazı sekoyalar) binlerce yıl yaşar ama kereste olarak kullanılan çoğu ağaç, yaşı bir asırdan daha küçükken kesilir. O halde daha eski zamanlar için geçerli olacak bir halka referans koleksiyonunu nasıl oluşturacağız? En yaşlı bristlecone'den bile daha önceki zamanları nasıl anlayacağız? Sanırım cevabı tahmin ediyorsunuz. Çakışmalar. Güçlü bir halat 100 metre uzunluğunda olabilir ama içindeki hiçbir lif bu kadar uzun değildir. Çakışma kuralını dendrokronolojide kullanmak için, yaşları günümüz ağaçlarından bilinen referans parmak izi düzenlerini alırsınız. Daha sonra günümüz ağaçlarının

1- Yunancada *dendron* ağaç, *khronos* zaman anlamına gelir. –*çev.n.*

eski halkalarından bir parmak izi tanımlar ve uzun zaman önce ölmüş ağaçların genç halkalarını tarayarak aynı izi bulmaya çalışırsınız. Sonra o uzun zaman önce ölmüş ağaçların daha eski halkalarındaki parmak izine bakar ve daha da yaşlı ağaçların genç halkalarındaki aynı düzeni ararsınız. Bu böyle devam eder. Her ne kadar dendrokronoloji sadece birkaç bin yıllık arkeolojik zaman dilimleri için kullanılsa da, taşlaşmış ormanları kullanarak kuramsal olarak milyonlarca yıllık geçmiş için tarihlendirme yapabilirsiniz. Dendrokronoloji ile ilgili en hayret verici şey ise 100 milyon yıllık taşlaşmış bir orman söz konusu olduğunda bile hassasiyetinin en yakın yıla kadar hassas oluşudur. Gerçek anlamda "Jura dönemine ait bir ağaç fosilindeki *şu* halka, Jura dönemine ait diğer bir ağaçtaki *bu* halkadan tam olarak 257 yıl sonra oluşmuştur!" diyebilirsiniz. Eğer bugünden geçmişe tam bir sıra oluşturmaya yetecek kadar fosil orman bulsaydınız bu ağacın sadece Jura döneminden kalma olduğunu değil, tam olarak M.Ö. 151.432.657 yılında yaşadığını da söyleyebilirdiniz. Ne yazık ki böyle bir eksiksiz fosil sıramız yok ve uygulamada dendrokronoloji bize sadece 11.500 yıl öncesini söyleyebiliyor. Yine de yeterince fosil orman bulabilseydik, onları yüzlerce milyon yıllık bir zaman dilimi boyunca en yakın yıla tarihlendirebileceğimizi düşünmek bile hayret verici.



Dendrokronolojinin çalışma şekli

Ağaç halkaları, tarihlendirme çalışmalarında böylesi bir hassasiyet vadeden tek yöntem değildir. İklimsel birikimlerin oluşturduğu tabakalar, buzul göllerinde çökeller olarak birikmiştir. Ağaç halkaları gibi bunlar da mevsimsel olarak ve yıldan yıla değişiklik gösterir; yani teoride aynı yaklaşım, aynı derecede hassas sonuçlar elde etmek üzere bu çökellerde de kullanılabilir. Mercan resiflerinde de tıpkı ağaçlarda olduğu gibi yıllık büyüme halkaları bulunur. Bunlar, etkileyici bir şekilde, eski depremlerin tarihlendirilmesinde kullanılmıştır. Söz açılmışken, ağaç halkaları da bize depremlerin tarihleri hakkında bilgi verir. On milyon, yüz milyon, hatta milyarlarca yıllık zaman dilimleri için kullandığımız tüm radyoaktif saatlerin de arasında olduğu pek çok tarihlendirme yöntemi, yalnızca ilgili zaman dilimleriyle aşağı yukarı doğru orantılı olan hata payları içerisinde doğrudur.

RADYOAKTİF SAATLER

Şimdi radyoaktif saatlere bir göz atalım. Bunlar oldukça çeşitlidir ve söylediğim gibi, ne mutlu bize ki yüzyıllar ile milyonlarca yıl arasında değişen bir aralığı kapsarlar. Her birinin kendine has bir hata payı vardır ki bu genelde % 1'dir. Yani eğer milyarlarca yıllık bir kayayı tarihlendirmek istiyorsanız, artı ya da eksi on milyonlarca yıllık bir hataya razı olmanız gerekir. Eğer kayanız birkaç yüz milyon yaşındaysa birkaç milyon yıllık bir hataya razı olmanız gerekir. Yalnızca on milyon yaşlarında olan bir kayayı tarihlendirmek istiyorsanız, birkaç yüz bin yıllık bir hataya yer bırakmalısınız.

Radyoaktif saatlerin nasıl çalıştığını anlamak için öncelikle radyoaktif izotopun ne demek olduğunu anlamalıyız. Bütün maddeler birbirlerine kimyasal bağlarla bağlanmış olan elementlerden oluşur. Yaklaşık 100 element bulunmaktadır (bu sayı, laboratuarda üretilenleri de sayarsanız biraz daha fazla, sadece doğada bulunanları sayarsanız biraz daha azdır). Elementlere örnek olarak karbon, demir, azot, alüminyum, magnezyum, flor, argon, klor, sodyum, uranyum, kurşun, oksijen, potasyum ve kalay verilebilir. Herkes, hatta yaradılışçılar tarafından bile kabul edildiğini düşündüğüm atom teorisi her elementin kendine özgü atomunun olduğunu söyler. Atom, bir elementi, o element olma özelliğini yitirmeden parçalarına ayırabileceğiniz en küçük parçacığıdır. Peki, bir atom nasıl gözükür? Örneğin bir demir ya da bakır veya bir karbon atomu? Kurşun, bakır ya da karbon gibi gözük-

meyeceği kesin. Atom hiç bir şeye benzemez çünkü o kadar küçüktür ki ultra güçlü bir mikroskopla bile retinamızda bir görüntü oluşturamaz. Bir atomun şeklini anlamak için benzeşimler veya modeller kullanabiliriz. En ünlü atom modeli, Danimarkalı fizikçi Niels Bohr tarafından önerilmiştir. Günümüzde biraz demode olan Bohr modeli, minyatür bir Güneş Sistemi'dir. Güneşin oynadığı rol bu modelde çekirdeğindir. Onun yörüngesinde elektronlar bulunur ki bunlar da gezegenlerin rolünü üstlenmişlerdir. Güneş Sistemi'nde olduğu gibi atomda da kütlenin neredeyse tamamı çekirdekte ("Güneş"), hacmin neredeyse tamamı ise elektronları ("gezegenleri") çekirdekten ayıran boşluktadır. Elektronlar çekirdeğe kıyasla çok küçüktür ve elektronlar arasındaki boşluk ile, elektronlarla çekirdek arasında kalan boşluk, çekirdeğin de elektronların da boyutlarına kıyasla çok büyüktür. Bu büyüklük farkını göstermek için kullanılan en ünlü benzeşimlerden birinde, çekirdek bir stadyumun ortasındaki bir sinek olarak resmedilir. En yakın çekirdek, hemen bitişikteki diğer stadyumun ortasındaki diğer bir sinektir. Her bir atomun elektronları kendi sineğinin etrafındaki bir yörüngede vızıldayıp dururlar. Bunlar en küçük sinekten de küçüktür; hatta o kadar küçüklerdir ki sineklerle aynı ölçekte görünemezler. Katı bir demir parçasına ya da bir kayaya bakarken "gerçekte" gördüğümüz şey aslında neredeyse tamamen boş bir alandır. Katı ve kesif görünür çünkü duyularımız ve beynimiz onu katı ve kesif olarak değerlendirmeyi uygun bulur. Beyin için uygun olan, kayayı katı görmektir çünkü kayanın içinden geçemeyiz. "Katı", atomlar arasındaki elektromanyetik kuvvetler nedeniyle içinden geçemeyeceğimiz ya da içine giremeyeceğimiz şeyleri betimleme yolumuzdur. "Kesif" ise ışığın yüzeyinden yansıdığı ama içine girmediği, yani şeffaf olamayan şeyleri betimleme yolumuzdur.

Bir atomun bileşiminde (en azından Bohr modelinde) üç çeşit parçacık bulunur. Elektronları biraz önce gördük. Diğer ikisi elektrondan oldukça büyük olan ama hala duyularımızla algılayabileceğimiz herhangi bir şeyden çok daha küçük olan proton ve nötronlardır ve bunlar çekirdekte bulunurlar. Büyüklükleri neredeyse aynıdır. Belli bir elementin belli bir proton sayısı vardır ve bu sayı o elementteki elektronların sayısına eşittir. Bu sayıya atom numarası denir ve her elementin kendine has bir atom numarası bulunur. Atom numaraları listesinde, nam-ı diğer periyodik tabloda, herhangi bir boşluk yoktur[1]. Tablodaki her numara sadece ve sadece bir elemente karşılık gelir. Atom numa-

1- Söylentiye göre bu tablo Dimitri Mendeleev'e rüyasında malum olmuş ama bu yanlış olabilir.

rası 1 olan element hidrojen, 2 helyum, 3 lityum, 4 berilyum, 5 bor, 6 karbon, 7 azot, 8 oksijendir ve bu böyle uranyumun atom numarası olan 92 gibi büyük sayılara kadar devam eder.

Proton ve elektronlar zıt elektrik yüklüdür. Bunlardan birine geleneksel olarak eksi, diğerine ise artı yüklü denir. Elementler birbirleri ile kimyasal bağlar oluşturacakları zaman bu yükler önemli hale gelir (bu bağlanma işi genelde elektronlarca yapılır). Nötronlar çekirdeğe protonlarla birlikte bağlıdır. Protonlardan farklı olarak nötronlar yük taşımaz ve kimyasal tepkimelerde rol oynamazlar. Element ne olursa olsun içindeki proton, nötron ve elektronlar değişmez. Tüm elementlerde aynıdırlar. Altın tadında proton, bakırlı elektron ya da potasyum çeşnili nötron gibi şeyler yoktur. Proton protondur. Bir bakır atomunu bakır atomu yapan şey, içerdiği 29 protondur (ve 29 elektron). Bütün bunlar kimyanın konusudur. Kimya elektronların bir çeşit dansıdır. Atomların (elektronları vasıtasıyla) etkileşimlerini konu alır. Kimyasal bağlar kolayca kırılır ve yeniden kurulur çünkü kimyasal tepkimelerde sadece elektronlar çıkarılır ya da değiş tokuş edilir. Atom çekirdeği içindeki çekim güçlerini kırmaksa çok daha zordur. O nedenle "atomu parçalama" lafı insanı ürkütüyor ama yapılamayacak şey de değil; atomlar çekirdek tepkimeleriyle (ki bu kimyasal tepkimeden farklı bir şeydir) parçalanabilirler ve radyoaktif saatler bu parçalanmaya bağlıdırlar.

Elektronların kütleleri ihmal edilebilir, o nedenle bir atomun toplam kütlesi yani "kütle numarası", proton ve nötron sayılarının toplamına eşittir. Kütle numarası genelde atom numarasının iki katından daha fazladır çünkü bir çekirdekte genelde protondan biraz daha fazla sayıda nötron bulunur. Proton sayısından farklı olarak nötron sayısı elementler için ayırt edici değildir. Herhangi bir elementin atomları, *izotop* denen ve farklı nötron sayılarına ama her zaman aynı proton sayısına sahip olan farklı tiplerde karşımıza çıkabilirler. Flor gibi bazı elementler doğal olarak oluşan sadece bir izotopa sahiptir. Florun atom numarası 9, kütle numarası 19'dur. Buradan florun 9 proton ve 10 nötronu olduğunu anlayabilirsiniz. Diğer elementlerin çok sayıda izotopu bulunur. Kurşunun yaygın olarak görülen beş izotopu vardır. Bunların hepsi aynı sayıda protona (ve elektrona) sahiptir, bu sayı 82'dir ve bu aynı zamanda kurşunun atom numarasıdır. Ama kurşun izotoplarının kütle numaraları 202 ile 208 arasında değişir. Karbonun üç adet doğal izotopu bulunur. Karbon-12 yaygın olanıdır, 6 protonu ve 6 nötronu vardır. Diğer bir karbon izotopu, çok kısa ömürlü oldu-

ğu için uğraşmaya değmeyecek olan karbon-13'tür. Diğeri ise karbon-14'tür. Karbonun bu izotopuna ender rastlanır ama ender demek hiç yok demek değildir; birazdan göreceğimiz gibi karbon-14, göreli olarak genç organik örneklerin tarihlenmesinde kullanılabilecek yaygınlıkta bulunmaktadır.

Şimdi gelelim diğer bir önemli hususa. Bazı izotoplar kararlı, bazıları ise kararsızdır. Kurşun-202 kararsız bir izotoptur; kurşun-204, kurşun-206, kurşun-207 ve kurşun-208 ise kararlı izotoplardır. "Kararsız" demek atomun kendiliğinden başka bir atoma bozunması demektir. Bu bozunmanın öngörülebilir bir oranı vardır. Bu öngörülebilirlik bütün radyometrik saatler için kilit özelliktir. "Kararsız" kelimesi yerine "radyoaktif" kelimesi de kullanılabilir. Birçok radyoaktif bozunma tipi vardır ve bu sayede birçok saat tipi vardır. Buradaki amaçlarımız doğrultusunda bunları anlamamız gerekmiyor ama fizikçilerin böyle şeyleri ortaya çıkarırken elde ettikleri muazzam detay seviyesini göstermek adına bunlara kısaca değineceğim. Bu ayrıntılar, yaradılışçıların radyoaktif tarihlendirmeden elde edilen kanıtları örtbas edip, Dünya'yı Peter Pan gibi genç tutma yolundaki umutsuz çabalarına alaycı bir ışık tutmaktadır.

Bütün kararsızlık tiplerinde nötronlar sürece dâhil olur. Bozunma tiplerinden birinde, bir nötron bir protona dönüşür. Yani kütle numarası sabit kalır (çünkü proton ve nötronlar aynı kütleye sahiptir) ama atom numarası bir numara artar, böylece atom başka bir elemente dönüşür ve periyodik tabloda bir basamak yukarı çıkar. Örneğin sodyum-24 magnezyum-24'e dönüşür. Diğer bir radyoaktif bozunma tipinde bunun tam tersi gerçekleşir. Bir proton bir nötrona dönüşür. Yine kütle numarası sabit kalır, atom numarası bir numara azalır ve atom, periyodik tabloda bir altta bulunan elemente dönüşür. Üçüncü bir tip bozunmada sonuç yine aynıdır. Başıboş bir nötron bir çekirdeğe çarpar ve bir protonu çekirdekten dışarı atarak onun yerini alır. Kütle numarasında yine bir değişiklik olmaz ve atom numarası yine bir numara azalır ve atom periyodik tabloda bir altta bulunan elemente dönüşür. Daha karmaşık bir bozunma tipinde ise bir atom alfa parçacığı salar. Alfa parçacığı iki proton ve iki nötrondan oluşur. Böylece kütle numarası dört, atom numarası iki numara azalır. Atom periyodik tabloda iki altta bulunan element hangisiyse ona dönüşür. Buna örnek olarak çok radyoaktif bir izotop olan uranyum-238'in (92 proton, 146 nötron) toryum-234'e (90 proton, 144 nötron) dönüşmesi verilebilir.

Şimdi bütün bu anlatılanların ana fikrine yaklaşıyoruz. Tüm kararsız ya da radyoaktif izotop bozunmalarının kesin olarak bilinen ve kendine has olan birer bozunma oranı vardır. Dahası, bu oranların bazıları diğerlerinden çok daha küçüktür. Ama her durumda bozunma üsseldir. Yani eğer 100 gramlık bir radyoaktif izotop bozunmaya başlarsa belli bir sürede bunun sabit bir miktarı, örneğin 10 gramı başka bir elemente dönüşmüş olmaz. Daha ziyade kalanın sabit bir *oranı* ikinci elemente dönüşür. Bozunma ölçüsü olarak "yarılanma ömrü" tabiri kullanılır. Radyoaktif bir izotopun yarılanma ömrü atomlarının yarısının bozunması için gereken süredir. Yarılanma ömrü, bozunan atom miktarı ile değişmez, hep aynıdır. Üssel bozunmanın anlamı budur. Takdir edersiniz ki ardı ardına gelen yarılanmalarla gerçekte maddenin ne zaman biteceğini asla bilemeyiz. Ama yeterli bir süre geçtikten (örneğin on yarılanmadan) sonra kalan atom sayısının, tüm atomların yok olduğunu düşünmeye yetecek kadar az olacağını söyleyebiliriz. Örneğin karbon-14'ün yarılanma ömrü 5.000 ile 6.000 yıl arasındadır. 50.000-60.000 yıldan daha yaşlı olan örneklerde karbon tarihlemesi işe yaramaz, daha yavaş işleyen bir saat bulmamız gerekir.

Rubidyum-87'nin yarılanma ömrü 49 milyar yıl, fermiyum-244'ünki ise 3,3 milisaniyedir. Bu iki aşırı uç elimizdeki saatlerin ne kadar afallatıcı bir aralıkta işe yarayabileceğini göstermektedir. Karbon-15'in yarılanma ömrü 2,4 saniyedir ve bu, evrimsel soruları araştırmak için çok kısa kalır; karbon-14'ün yarılanma ömrü ise 5.730 yıldır ve bu, arkeolojik zaman dilimlerinde tarihlendirme yapmak için son derece uygun bir süredir ve buna az sonra geleceğiz. Evrimsel çalışmalarda en çok kullanılan izotop, yarılanma ömrü 1,26 milyar yıl olan potasyum-40'tır ve ben de radyoaktif saatlerin genel mantığını anlatmak için bu izotopu kullanacağım. Buna genelde potasyum argon saati denir çünkü argon-40, (periyodik cetvelde potasyumdan bir önce gelir) potasyum-40'ın bozunduğu elementlerden biridir (farklı bir bozunma tipiyle oluşan bir diğeri ise, periyodik tabloda potasyumdan bir sonra gelen element olan kalsiyum-40'tır). Belli bir miktar potasyum-40 ile başlarsanız, 1,26 milyar yıl sonra potasyum-40'ın yarısı argon-40'a bozunmuş olur. Yarılanma ömrü dediğimiz şey budur. Sonraki 1,26 milyar yıl boyunca, kalanın yarısı (orijinal miktarın dörtte biri) bozunacaktır ve bu böyle gidecektir. 1,26 milyar yıldan daha kısa bir süre sonunda, ilk baştaki potasyuma göre oransal olarak daha az potasyum bozunacaktır. Şimdi, hiç argon-40 bulunmayan kapalı

bir ortamda bir miktar potasyum-40 ile başladığınızı düşünün. Birkaç yüz milyon yıl sonra bir bilim insanı gelip bu kapalı ortamdaki potasyum-40 ve argon-40'ın oranlarını ölçsün. Sürece dahil olan kesin miktarlardan bağımsız olarak bu oran, potasyum-40'ın yarılanma ömrü bilgisi ve başlangıçta hiç argon olmadığı varsayımı ile birlikte bu bilim insanına başlangıçtan bu yana, başka bir deyişle saat "sıfırlandığından" beri ne kadar sürenin geçtiği hakkında bilgi verir. Burada ana izotopun (potasyum-40) yavru izotopa (argon-40) oranını bilmemiz gerektiğine dikkat ediniz. Ayrıca, bu bölümde daha önce de gördüğümüz gibi, saatimizin sıfırlanabilir özellikte olması da gerekmektedir. Peki, bir radyoaktif saatin "sıfırlanabilir" olması ne anlama gelir? Bu sorunun cevabı kristalleşme işlemindedir.

Yer bilimciler tarafından kullanılan bütün radyoaktif saatler gibi potasyum/argon zamanlaması da yalnızca püskürük kayaçlarda işe yarar. Püskürük kayaçlar, erimiş kayanın katılaşması ile meydana gelir (granit yeraltındaki magmadan, bazalt ise volkanlardan çıkan lavdan oluşur). Erimiş bir kayaç, katılaşıp granit ya da bazalta dönüşürken kristalleşir. Bunlar kuvars gibi büyük ve şeffaf kristaller değildirler; aksine öyle küçüklerdir ki çıplak göze kristalmiş gibi görünmezler. Çok çeşitli kristaller bulunur ve bunların bazıları, örneğin mikalar, potasyum atomları içerir. Bunların arasında radyoaktif izotop olan potasyum-40 atomları yer alır. Erimiş kaya katılaşıp kristal oluştuğunda ortamda potasyum-40 vardır ama argon yoktur. Saat, kristalin içinde hiçbir argon atomu olmaması anlamında "sıfırlanmıştır". Milyonlarca yıl içerisinde potasyum-40 yavaşça bozunur ve kristaldeki potasyum-40 atomlarının yerini teker teker argon-40 atomları alır. Biriken argon-40 miktarı kayacın oluşumundan bu yana geçen zamanın bir ölçüsüdür. Ancak biraz önce de belirttiğim gibi bu ölçünün anlamlı olmasının tek yolu, ölçümün potasyum-40'ın argon-40'a *oranı* şeklinde verilmesidir. Saat sıfırlandığında oran potasyum-40 bakımından %100'dür. 1,26 milyar yıl sonra oran 50-50 olacaktır. İkinci 1,26 milyar yılın sonunda kalan potasyum-40'ın da yarısı argon-40 dönüşecek ve bu böyle devam edecektir. Bunların arasında kalan oranlar, kristal saatin sıfırlandığı andan bu yana geçen ara süreleri temsil edecektir. İşte yer bilimciler günümüzde buldukları bir püskürük kayaç içerisindeki potasyum-40/argon-40 oranını ölçerek o kayacın eriyik halden kristal forma ne zaman geçtiğini söyleyebilmektedirler. Püskürük kayaçlar sadece potasyum-40 değil, genelde farklı tipte birçok radyoaktif izo-

top içerir. Püskürük kayaçların katılaşmasının güzel yanı, katılaşmalarının aniden gerçekleşmesidir, o nedenle bir parça kayaç içerisindeki *bütün* saatler eş zamanlı olarak sıfırlanırlar.

Sadece püskürük kayalar radyoaktif saat olarak iş görürler ama bunların içinde fosil bulmak neredeyse imkânsızdır. Fosilleşme kireçtaşı ya da kumtaşı gibi katılaşmış, lav olmayan tortul kayaçlar içerisinde gerçekleşir. Bunlar bir deniz, göl ya da haliç tabanına ağır ağır çökmüş olan balçık, mil ya da kum tabakalarıdır. Kum ve balçık çağlar geçtikçe katılaşır ve kayaç haline gelir. Balçık içerisinde kalmış ceset fosilleşme şansına sahip olur. Her ne kadar tüm cesetlerin çok azı fosilleşebilse de tortul kayaç, bahsetmeye değer fosiller içeren tek kayaç tipidir.

Tortul kayaçlar ne yazık ki radyoaktif olarak tarihlendirilemezler. Tortul kayaçların yapısına katılan mil ya da kum parçacıklarında da muhtemelen potasyum-40 ve diğer radyoaktif izotoplar vardır ve bu nedenle bu kayaçların da radyoaktif saat içerdiği söylenebilir ama ne yazık ki bu saatler kullanılabilecek durumda değildirler çünkü uygun bir şekilde sıfırlanmamışlardır ya da birbirinden farklı zamanlarda sıfırlanmışlardır. Kumtaşlarının yapısına katılan kum parçacıkları püskürük kayaçlardan köken almış olabilir ama köken aldıkları püskürük kayaçların her birinin farklı zamanlarda katılaşmış olması olasıdır. Böylece her kum tanesi kendine ait bir sıfırlanma zamanına sahip olur ki bunların her biri de tortul kayacın oluşumundan, dolayısıyla yaşını öğrenmeye çalıştığımız bir fosilin içine gömülüşünden çok öncedir. Neticede, zaman tutma açısından tortul kayaçlar karman çormandır. Kullanılamazlar. Yapabileceğimizin en iyisi (ki bu gerçekten iyidir) tortul kayaçların yakınlarında ya da içinde gömülü halde bulunan püskürük kayaçların yaşını hesaplamaktır.

Bir fosili tarihlendirmek için o fosili gerçek anlamda iki püskürük kayaç tabakasının arasında sandviç olmuş şekilde bulmanız gerekmez ama yine de bu, ilkeyi özetlemenin güzel bir yoludur. Gerçekte kullanılan yöntem daha inceliklidir. Benzer tortul kayaç tabakalarına Dünya'nın her yerinde rastlarız. Radyoaktif tarihlendirme keşfedilmeden çok önce bu tabakalar tanımlanmış ve adlandırılmıştır; örneğin Kambriyen, Ordovisyen, Devon, Jura, Kretase, Eosen, Oligosen, Miyosen gibi isimler verilmiştir. Devon, İngiltere'nin güney batısındaki bir ilçenin adıdır ve Devon dönemi ismini buradan almıştır ama Devon çökelleri sadece burada değil, dünyanın her yerinde bulunur. Bunların hepsi birbirine benzer ve içerdikleri fosillerin listelerini karşılaştır-

dığımızda birbirine benzediğini görürüz. Yer bilimciler, adlandırılan bu çökellerin hangi *sıra* ile çökeldiğini uzun zamandır bilmektedirler. Radyoaktif saatlerden önce bunların sadece *ne zaman* çökeldiğini bilmiyorduk. Buna rağmen bunları bir sıraya göre düzenleyebildik çünkü kolayca anlaşılacağı üzere eski çökeller yenilerin altında olur. Örneğin Devon çökelleri Karbonifer (adını genelde bu katmanda bulunan kömürden almıştır) çökellerinden daha eskidir ve biz bunu biliriz çünkü Dünya'da bu iki tabakanın üst üste geldiği her yerde Devon katmanları Karbonifer tabakalarının altında yer alır (başka bir takım kanıtlara dayanarak da diyebiliriz ki bazı yerlerde kayaçlar eğilip bükülmüş, hatta bazı yerlerde alt üst olmuştur, bu durum yukarıda anlattığımız kural için istisna teşkil eder). Genelde en alttaki Kambriyen'den günümüze kadar tüm katmanları ardı ardına bulacak kadar şanslı olamayız. Ama bu katmanlar o kadar net bir şekilde ayırt edilebilmektedirler ki, yeryüzünün farklı yerlerinde bulduğunuz katmanları çalışarak yaşlarını göreli olarak çıkarabilirsiniz.

Yani fosillerin kaç yaşında olduklarını öğrenmemizden çok önce hangi *sırayla* çökeldiklerini ya da en azından yukarıda bahsettiğimiz katmanların hangi sırayla oluştuğunu biliyorduk. Örneğin gezegendeki tüm Kambriyen fosillerinin Ordovisyen fosillerinden yaşlı olduğunu, onların da Silüryen'den yaşlı olduğunu, sonra sırasıyla Devon, Karbonifer, Permiyen, Trias, Jura ve Kretase vs.nin geldiğini biliyorduk. Yer bilimciler bu ana katmanlar arasında alt katmanlar da tespit ettiler; üst Jura, orta Jura, alt Jura gibi...

Bu katmanlara, isimleri genellikle içerdikleri fosillere göre verilmiştir. Biz ise fosillerin sırasını evrimin bir kanıtı olarak kullanacağız! Peki, bu bir kısır döngü müdür? Kesinlikle değildir. Bir düşünün. Kambriyen fosilleri karakteristik bir kümedir. Yanlışlıkla öyle adlandırılmış olamazlar. Bizim şu an için yaptığımız şey, karakteristik bir fosil kümesini basitçe Kambriyen kayacı için bir *etiket* (gösterge tür) olarak kullanmaktır, o kayacı nerede bulmuş olursak olalım. Bu nedenle petrol şirketleri kayaç katmanlarını fosillere, genellikle de mikro fosillere (örneğin foraminifera ya da radiolaria denen küçük canlıların fosillerine) göre tanımlaması için fosil uzmanı çalıştırırlar.

Fosillere bakarak Ordovisyen, Devon, vb. kayaçları ayırt etmek mümkündür. Şimdiye kadar bu fosil kümelerini kullanmamızın tek amacı bir kayaç katmanını tanımlamak, diyelim ki Permiyen mi, yoksa Silüryen mi olduğunu söylemekti. Şimdi ise adlandırılan bu kat-

manlardaki sırayı, hangi katmanın daha yaşlı, hangisinin daha genç olduğunun kanıtı olarak kullanacağız. Bu iki bilgi kümesi iyice oturduktan sonra, birbirleriyle karşılaştırıldığında anlamlı bir evrimsel sıra olup olmadığına bakmak için ardı ardına gelen genç fosillere bakabiliriz. Anlamlı bir yönde ilerliyorlar mı? Belli fosil tipleri, örneğin memeli fosilleri, sadece belli bir tarihten *sonra* mı görülüyor? Bütün bu tip soruların cevabı evettir. Her zaman evet, hem de istisnasız. Bu durum evrimin güçlü bir kanıtıdır zira durumun böyle olması için bir *zorunluluk* yoktu. Bizim katmanları tanımlama ve zamansal sıra çıkarma ile ilgili yöntemlerimizin zorunlu bir sonucu değildi.

Bir Devon kayacında veya daha eski bir katmanda, bir memeliyi uzaktan yakından andıran bir şeyin asla bulunmadığı bir gerçektir. Devon'daki memelilerin sonraki katmanlardan istatistiksel olarak daha az olduğunu söylemiyoruz. Belli bir tarihten daha eski olan kayaçlarda hiçbir memeli fosiline rastlanmadığını söylüyoruz. Ama bu böyle olmak zorunda değildi. Bunun yerine durum şöyle de olabilirdi: Yeri Devon'dan itibaren sürekli kazarak Silüryen ve Ordovisyen'i geçer, en sonunda hepsinden daha eski olan Kambriyen'e ulaşır ve burada bir sürü memeli fosili bulabilirdik. Böyle bir şey kesinlikle *bulunmadı* ama bulunabilmesi olasılığı argümanımızın bir kısır döngü olmakla suçlanamayacağı anlamına geliyor. Herhangi biri herhangi bir anda Kambriyen kayaçlarında bir memeli fosili bulursa evrim teorisi anında yerle bir olurdu. Diğer bir deyişle evrim yanlışlanabilir bir teoridir. Dolayısıyla bilimsel bir teoridir. Bu konuyu Bölüm 6'da yeniden ele alacağım.

Yaradılışçıların bu tür bulguları açıklama çabaları tam bir komedi olagelmiştir. Söylendiğine göre Nuh tufanı ana hayvan gruplarının fosillerinin sırasını anlamamızı sağlayan anahtar olaydır. Ödül almış bir yaradılışçı web sitesinden bir alıntı yapalım:

> Yerbilimsel katmanlardaki fosil dizisi gösteriyor ki;
>
> (i) OMURGASIZLAR (yavaş hareket eden denizsel hayvanlar) ilk yok olan canlılardır, bunları daha hareketli olan ve selin getirdiği çamurlara yenik düşen balıklar takip etmiştir.
>
> (ii) Daha sonra İKİ YAŞAYIŞLILAR (denize yakın yerlerde yaşarlar) sular yükselince yok olmuşlardır.

(iii) SÜRÜNGENLER (yavaş hareket eden karasal hayvanlar) daha sonra yok olmuşlardır.

(iv) MEMELİLER yükselen sudan kaçabilmiş, en iri ve hızlılar en uzun süre hayatta kalmışlardır.

(v) İNSAN daha zekice davranmış, yüzen kütüklere tutunarak vs. selden kurtulmuştur.

Verilen bu sıra, katmanlarda bulunan çeşitli fosillerde rastlanan sıra için son derece tatmin edici bir açıklamadır. Bu sıra evrildikleri sıra DEĞİL, Nuh tufanında boğuldukları sıradır.

Bu çarpıcı açıklamaya itiraz etmek için diğer bütün nedenlerimiz bir yana, memeliler için örneğin yükselen sudan kaçmada *ortalama olarak* sürüngenlerden daha iyi olmak sadece *istatistiksel* bir eğilim olabilir. Aslında olan şey ise evrim teorisinden tam olarak beklediğimiz şeydir: Yerbilimsel kaydın alt katmanlarında memeliler kesinlikle *bulunmaz*. Kayaçlarda aşağı inildikçe memelilerde istatistiksel olarak bir azalma olsaydı, bu "kaçacak yer arama" teorisi daha sağlam temellere oturmuş olurdu. Permiyen katmanının üzerinde tek bir trilobit dahi bulunmaz. Kretase katmanının üstünde tek bir dinozor bulmak (kuşlar hariç) mümkün değildir. Oysa "kaçacak yer arama" teorisi hep istatistiksel bir azalma öngörmektedir.

Tarihlendirme ve radyoaktif saatlere geri dönelim. Yukarıda bahsettiğimiz katman sırası iyi bilindiğinden ve aynı sıra dünyanın her yerinde bulunduğundan, tortul kayaçların altında ya da üstünde bulunan ya da onların içine gömülmüş olan püskürük kayaçları, tortul kayaçların ve de içindeki fosillerin yaşını bulmada kullanabiliriz. Yöntemi biraz daha incelikli bir hale getirmek için örneğin Karbonifer'in ya da Kretase'nin en üstünde bulunan fosillerin, aynı katmanın daha alt kısımlarında bulunan fosillere göre daha genç olduğunu söyleyebiliriz. Tarihlendirmek istediğimiz fosilin yakınlarında bir püskürük kayaç bulmak zorunda değiliz. Fosilimizin örneğin Devon konumunda olduğunu görünce, onun geç Devon dönemine ait olduğunu söyleyebiliriz. Devon döneminin 360 milyon yıl önce sona erdiği de Devon katmanıyla ilgili olduğu bulunan püskürük kayaçların radyoaktif olarak tarihlendirilmesinden bilinmektedir.

Potasyum/argon saati, yer bilimcilerin elindeki pek çok saatten sadece biridir. Bu saatler farklı zaman dilimleri için kullanılsa da hepsi

Kararsız izotop	Bozunduğu madde	Yarılanma süresi (yıl olarak)
Rubidyum-87	Stronsiyum	49.000.000.000
Renyum-187	Osmiyum-187	41.600.000.000
Toryum-232	Kurşun-208	14.000.000.000
Uranyum-238	Kurşun-206	4.500.000.000
Potasyum-40	Argon-40	1.260.000.000
Uranyum-235	Kurşun-207	704.000.000
Samaryum-147	Neodim-143	108.000.000
İyot-129	Ksenon-129	17.000.000
Alüminyum-26	Magnezyum-26	740.000
Karbon-14	Azot-14	5.730

Radyoaktif saatler

aynı kuralla çalışır. Yukarıda yavaştan hızlıya bir saat tablosu verilmiştir. Bir kez daha yarılanma ömürlerinin şaşırtıcı dağılımına dikkat ediniz; yavaş uçta 49 milyar yıl, hızlı uçta 6.000 yıl'dan daha az bir süre bulunuyor. Karbon-14 gibi daha hızlı saatler biraz daha farklı bir şekilde çalışırlar çünkü bu yüksek hızlı saatlerin "sıfırlanması" haliyle daha farklıdır. Kısa yarılanma ömürlü izotoplar için konuşursak, Dünya'nın oluşumunda var olan atomların tamamının çok uzunca bir zaman önce yok olduğunu söyleyebiliriz. Karbon tarihlemenin nasıl çalıştığı konusuna dönmeden önce eski Dünya'ya yani yaşı milyarlarca yıl olarak ölçülen gezegenimize dair başka bir kanıtı ele alalım.

Dünya'daki elementlerin, 150'si kararlı, 158'i kararsız olmak üzere toplam 308 izotopu bulunur. 158 kararsız izotopun 121'i ya yok olmuştur ya da sabit bir şekilde yenilenerek yeniden üretilir durur (birazdan göreceğimiz karbon-14 gibi). Yok olmamış 37'sine bakarsak kayda değer bir şey dikkatimizi çeker. Bunların her birinin yarılanma ömrü 700 milyon yıldan fazladır. Buna mukabil, yok olmuş 121'ine bakarsak her birinin yarılanma ömrünün 200 milyon yıldan az olduğunu görürüz. Unutmayın, burada *yarılanma ömründen* bahsediyoruz, ömürden değil. Yarılanma ömrü 100 milyon yıl olan bir izotopun akıbetini düşünün. Yarılanma ömrü Dünya'nın yaşının onda birinden az olan izotoplar pratikte yok olmuşlardır. Sadece bazı özel koşullar altında varlıklarını sürdürebilmektedirler. İstisnalar hariç (ki bunların nedenlerini de biliyoruz) Dünya'da bugün bulabildiğimiz izotoplar, yarılanma ömrü oldukça yaşlı bir gezegende var olmaya yetecek kadar uzun olanlardır.

Karbon-14, işte o istisnalardan biridir ve istisna olmasının ilginç bir nedeni vardır; karbon-14 düzenli olarak yenilenir. Bu nedenle karbon-14'ün bir saat olarak rolünü anlamak için uzun ömürlü izotopları anlamaya çalışırken kullandığımızdan farklı bir yol kullanmak gerekir. Şimdi, karbon-14 için saati *sıfırlamak* ne anlama gelir?

KARBON

Tüm elementler arasında karbon yaşam için en vazgeçilmezidir; onsuz herhangi bir gezegende yaşam hayal etmek çok zordur. Bunun nedeni karbonun zincir, halka ve diğer karmaşık moleküler mimariler oluşturmadaki üstün yeteneğidir. Karbon, yeşil bitkilerin atmosferden karbon dioksit moleküllerini alıp, güneş ışığından gelen enerjiyi kullanarak karbon atomları ve suyu birleştirip şeker yapması işlemi olan fotosentezle besin zincirine girer. Bizdeki ve diğer canlılardaki karbonun tamamı, atmosferdeki karbondioksitten bitkiler yolu ile gelmiştir ve her nefes verişimizde, her dışkılayışımızda ve öldüğümüzde düzenli olarak atmosfere döner.

Atmosferin karbon dioksitindeki karbonun büyük bir kısmı, radyoaktif olmayan karbon-12'dir. Ama her bir trilyonda bir atom radyoaktif olan karbon-14'tür. Bu hızlıca (daha önce de değindiğimiz gibi, yarılanma ömrü 5.730 yıldır) azot-14'e bozunur. Bitkinin biyokimyası bu iki karbon arasındaki farkı ayırt edemez. Bir bitki için karbon karbondur. O nedenle bitkiler karbon-12 ile birlikte karbon-14'ü de alır ve ikisini de şekerlerin yapısına, atmosferde bulunma oranlarıyla aynı oranda katar. Atmosferden alınan karbon, otçulların bitkileri, etçillerin otçulları vs. yemesiyle hemen (karbon-14'ün yarılanma ömrü ile kıyaslayınca hemen) besin zincirinde yayılır. Bitki ya da hayvan bütün canlılar, sabit bir karbon-12/karbon-14 oranına sahiptirler. Bu oranın aynısını atmosferde de bulabilirsiniz.

Peki, saat ne zaman sıfırlanmıştır? Bitki ya da hayvan öldüğü anda. O anda vücut besin zincirinden ayrılır ve bitkiler yolu ile atmosferden gelen taze karbon-14 akışından kopar. Asırlar geçtikçe cesetteki, odun parçasındaki, bir parça kumaştaki vs. karbon-14 düzenli olarak azot-14'e dönüşür. O nedenle örnekteki karbon-14'ün karbon-12'ye oranı, giderek canlıların atmosferle paylaştığı standart oranın altına düşer. Neticede karbonun tamamı karbon-12 olur veya daha kesin bir ifadeyle karbon-14 miktarı ölçülemeyecek kadar az olur. İşte bu karbon-12/

karbon-14 oranı bir canlının onu besin zincirinden koparan ve atmosferle değiş tokuşunu durduran ölümünden sonra ne kadar zaman geçtiğini hesaplamada kullanılabilmektedir.

Karbon-14'ün işe yaramasının tek nedeni karbon-14'ün atmosferdeki karbon-14 stoğu tarafından sürekli olarak yenilenmesidir. Bu olmasaydı, o da diğer kısa ömürlü doğal izotoplar gibi Dünya'dan çoktan silinmiş olacaktı. Karbon-14'ü özel yapan şey atmosferin üst tabakalarında kozmik ışınlarla bombardımana uğrayan azot atomlarının düzenli olarak karbon-14'e dönüşmesidir. Azot, atmosferde en bol bulunan gazdır. Kütle numarası 14'tür, ki bu karbon-14'ünkiyle aynıdır. Fark karbon-14'ün 6 protonu, 8 nötronu; azot-14'ün ise 7 protonu, 7 nötronu olmasıdır (nötronlarla protonların kütlelerinin neredeyse eşit olduğunu hatırlayınız). Kozmik ışın parçacıkları azot çekirdeğindeki bir protona çarpıp, onu nötrona çevirebilir. Bu gerçekleştiğinde, (karbon periyodik tabloda azottan hemen aşağıda olduğu için) atom karbon-14'e dönüşür. Bu dönüşümün gerçekleşme oranı bir yüzyıldan diğerine sabit kalır, bu nedenle de karbon tarihlendirmesi yapılabilmektedir. Aslında oran tam da sabit değildir, o nedenle bunu telafi etmemiz gerekir. Neyse ki atmosferdeki karbon-14 girdisindeki dalgalanmayı doğru bir şekilde ölçebiliyoruz ve bunu dikkate alarak tarihleme hesaplarımızı daha incelikli bir hale getirebiliyoruz. Hatırlarsanız dendrokronoloji de yaklaşık olarak karbon tarihleme ile aynı zaman aralıkları için kullanılıyordu. Yaşları, halka tarihlemesi yöntemiyle bağımsız olarak bilinen odun numunelerinin karbon tarihlemesiyle bulunan yaşlarına bakarak, karbon tarihlemedeki dalgalanma hataları ayarlanabilmektedir. Daha sonra da bu ayarı, elimizde halka tarihlemesi verileri olmayan organik örnekler için (ki çoğunluğu böyledir) uygulayabiliriz.

Karbon tarihleme göreli olarak yeni bir icattır, 1940'lara dayanır. Başlarda bu yöntemi kullanmak için çok fazla miktarda organik maddeye ihtiyaç duyuluyordu. Sonradan, 1970'lerde kütle spektrometresi denen bir yöntem karbon tarihlemeye uyarlandı ve çok az miktarda organik madde yeterli olmaya başladı. Bu, arkeolojik tarihlemede bir devrim oldu. Torino Kefeni bunun en ünlü örneklerindendir. Bu meşhur kumaşa, sakallı ve çarmıha gerilmiş bir adam gizemli bir şekilde resmedilmiş gibi gözüktüğü için birçok insan bunun İsa'nın döneminden kalma olduğuna inanıyordu. Tarihi kayıtlarda ilk kez 14. yüzyılda Fransa'da ortaya çıkmıştır ama daha öncesi hakkında kimse bir şey bilmiyor. 1578'den beri Torino'da, 1983'ten beri de Vatikan gözetimin-

de korunuyordu. Kütle spektrometresi eskiden ihtiyaç duyulan büyük miktarlar yerine, kefenden alınan çok küçük bir parçanın tarihlendirmede kullanılmasına olanak tanıyınca, Vatikan kefenden küçük bir parçanın kesilmesine izin verdi. Bu parça üçe bölündü ve her biri, karbon tarihlemede başı çeken üç ayrı laboratuara (Oxford, Arizona ve Zürih) yollandı. Laboratuarlar özenli bir bağımsızlıkla çalıştılar (incelemelerini sonuçlar çıkıncaya kadar karşılaştırmadılar) ve kumaşın yapıldığı ketenin ne zaman öldüğüne ilişkin raporlarını açıkladılar. Oxford M.S. 1200, Arizona 1304 ve Zürih 1274 tarihini verdi. Bu üç sonuç da hata payları ile birlikte birbiriyle ve kefenin ilk kaydedildiği yıl olan 1350 ile uyumluydu. Kefenin tarihlendirilmesi ile ilgili bir takım çelişkiler hala mevcuttur ama bu çelişkilerin hiçbiri karbon tarihleme yöntemi ile ilgili değildir. Örneğin 1532'de gerçekleştiği bilinen bir yangının kefendeki karbonu değiştirmiş olabileceği düşünülmektedir. Bu konuyu, evrimsel bir konu olmadığı için daha fazla uzatmayacağım ama hem yöntemi anlatmak, hem de dendrokronolojideki gibi hata payının yıl düzeyinde değil, asır düzeyinde olduğunu göstermek bakımından bu iyi bir örnektir.

Modern bir evrim dedektifinin kullanabileceği çok sayıda farklı saat olduğunu ve bu saatlerin her birinin, en iyi şekilde, farklı ama çakışan zaman dilimlerinde çalıştığını defalarca vurguladım. Radyoaktif saatler bir kaya parçasının yaşı ile ilgili bağımsız tahminler elde etmede kullanılabilirler (bunun için, bu kaya parçasının katılaşması ile birlikte bütün saatlerin sıfırlandığı unutulmamalıdır). Bu saatler karşılaştırıldığında, bunların beklenen hata payları dâhilinde birbirleriyle uyumlu sonuçlar verdiği görülür. Böylece saatlerin doğruluğuna dair güvenimiz oldukça artar. Böyle saatler Dünya'nın yaşının öğrenilmesi gibi amaçlarla da kullanılabilir. Birçok farklı saatten elde edilen bilgiye göre Dünya 4,6 milyar yaşındadır. Farklı saatler arasındaki böylesine bir uyuşma şaşırtıcı değildir ama ne yazık ki bunun üzerinde durmamız gerekiyor çünkü Giriş kısmında da belirttiğim gibi (Ek kısmında da değindim) son derece ilginç bir şekilde, Amerika nüfusunun %40'ı ve İngiltere nüfusunun biraz daha az bir kısmı Dünya'nın yaşının, ölçülen milyarlarca yılın aksine 10.000 yıldan daha az olduğuna inanıyor. Ne üzücüdür ki özellikle Amerika'da ve İslam dünyasının büyük bir kısmında, bu tarih inkârcılarının bazıları, okullar ve müfredat üzerinde etki sahibidirler[1].

1- Türkiye'de bu konuda, yani Dünya'nın yaşının 10.000 yıldan az olduğunun kabul edilmesi konusunda, evrim teorisinin benimsenmemesindeki ısrarcı eğilimin aksine, dikkat çekici ve ısrarcı bir eğilim yoktur çünkü bu hesap İncil'den yola çıkılarak Hıristiyanlar tarafından yapılmış bir hesaptır. Bununla birlikte Dünya'nın gerçek yaşının, en azından bu kadar yaşlı olduğunun, ülkemizde yaşayan çoğu insan tarafından bilinmediği kişisel tecrübelerimize dayanarak söylenebilir. *–çev.n.*

Bu noktada bir tarih inkârcısı, potasyum/argon saatinde bir yanlışlık olduğunu söyleyebilir. Ya potasyum-40'ın günümüzdeki yavaş bozunumu sadece Nuh tufanından beri gerçekleşiyorsa? Ya ondan önce potasyum-40'ın yarılanma ömrü tamamen farklı idiyse, örneğin 1,26 milyar yıl yerine sadece birkaç yüzyıl idiyse? Bu tür iddialardaki özel muamele talebi hemen göze çarpıyor. Fizik kuralları neden böyle kökten ve keyfice değişmiş olsun ki? Bu durum, tüm bu saatler için ayrı ayrı özel muameleler talep edildiğinde daha da göze çarpıcı oluyor. Günümüzde kullanılan bütün izotoplar, yarılanma ömürlerinin her zaman şimdikiyle aynı olduğu varsayımı altında (ki bilinen tüm fizik yasaları durumun böyle olması gerektiğini güçlü bir şekilde işaret ediyor), Dünya'nın yaşının 4 ile 5 milyar yıl arasında olduğunda hemfikir. Tarih inkârcıları Dünya'nın yaşını 6.000 yıl olarak göstermek için, bütün izotopların yarılanma ömürleriyle oynamak zorundalar. İşte özel muamele talebi diye buna derim! Kaldı ki henüz diğer tarihlendirme yöntemlerinden bahsetmiş bile değilim. Onlar da aynı sonuçları veriyorlar, örneğin "fizyon iz tarihleme". Farklı saatler arasındaki zaman aralığı farkının ne kadar büyük olduğunu hatırlayın ve bütün saatlerin Dünya'nın yaşının 4,6 milyar yıl değil, 6.000 yıl olduğunda hemfikir olması için fizik yasalarıyla ne kadar büyük oranlarda oynanması gerektiğini düşünün. Böyle bir dalaverenin tek nedeninin Bronz Çağı'nda bir çölde yaşamış bir kabilenin üyelerinin inandığı bir köken efsanesini korumak olduğunu düşününce, herhangi birinin buna kandığını düşünmek, en hafif tabirle, oldukça şaşırtıcı geliyor.

Moleküler saat denen bir evrimsel saat daha var ama o konudaki tartışmamızı Bölüm 10'a saklıyorum; ondan önce moleküler genetik ile ilgili diğer kavramları öğrenmemiz gerekiyor.

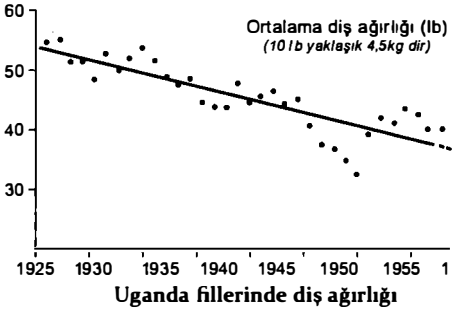
BÖLÜM 5

GÖZLERİMİZİN ÖNÜNDE

ÖNCEKİ BÖLÜMLERDE, cinayet mahalline olay gerçekleştikten çok sonra gelip geride kalan ipuçlarını kullanarak işin aslını bulmaya çalışan dedektif mecazını kullanmıştım. Ama belki de evrime görgü tanıklığı yapmanın olanaklı olmadığını kabul etmekte çok aceleci davranmışımdır. Evrimsel değişimin büyük bir kısmı henüz ortalıkta insanlar yokken gerçekleşmişse de öyle hızlı evrim örnekleri vardır ki bunlara bir insanın ömrü içinde tanıklık etmek mümkündür.

Darwin'in kendisinin de, nesil süreleri oldukça uzun olduğu için en yavaş üreyen canlılardan birisi olması nedeniyle seçtiği fillerde bile böylesi bir şeyin gerçekleşmiş olabileceğine dair makul belirtiler var. Afrika fillerinin en önemli ölüm nedenlerinden biri, gerek hatıra olması gerekse oymacılıkta satılması için yapılan fildişi avcılığıdır. Doğal olarak avcılar en büyük dişe sahip filleri avlama eğilimindedirler. Bunun da (en azından teorik olarak) anlamı, küçük dişli bireylerin seçilimsel olarak bir avantaja sahip olacağıdır. Evrimde her zaman olduğu gibi burada da birbirleriyle çelişen seçilim baskıları olacaktır ve nihayetinde ortaya çıkan şey bir uzlaşı olacaktır. Diğer fillerle rekabet söz konusu olduğunda hiç şüphesiz büyük dişliler avantajlı olacaktır ama bu avantaj, ellerinde silah taşıyan adamlarla karşılaştıklarında sahip olacakları dezavantajla dengelenecektir. Yasal olsun ya da olmasın, avlanma miktarındaki artış, avantaj dengesini küçük dişlere doğru kaydıracaktır. Diğer her şey eşit olduğunda, insanların av faaliyetlerinin sonucunda küçük dişler yönünde bir evrimsel eğilim olmasını bekleriz ama bunun fark edilir bir düzeye ulaşması için muhtemelen bin yıllar geçmesi gerektiğini düşünürüz. Bunun bir insan ömrü içerisinde gözlenmesini beklemeyiz. Şimdi rakamlara bir göz atalım.

Yandaki grafik Uganda Avcılık Dairesi'nin, 1962'de yayınlanan verilerini göstermektedir. Yalnızca avcılık izni olan avcılar tarafından yasal olarak avlanmış filleri gösteren bu grafik, (Uganda'nın Britanya hima-



Uganda fillerinde diş ağırlığı

yesinde olduğu) 1925 ile 1958 yılları arasında yapılan ortalama diş ağırlığı ölçümlerini libre cinsinden gösteriyor. Noktalar yıllık ölçümleri temsil ediyor. Bu noktaların içinden geçen doğru ise gözle değil, doğrusal regresyon[1] denen istatistiksel bir teknik kullanılarak çizilmiştir. Gördüğünüz gibi 33 yıl içerisinde bir azalma eğilimi var ve bu eğilim istatistiksel olarak son derece anlamlı, yani bu neredeyse kesinlikle, şans eseri ortaya çıkmış değil, gerçek bir eğilim.

Dişlerde istatistiksel olarak anlamlı bir küçülmenin olması, bunun illa ki evrimsel bir eğilim olduğu anlamına gelmez. Yirminci yüzyıl boyunca, 20 yaşındaki erkeklerin ortalama boy uzunluklarını her yıl grafiğe dökmüş olsaydınız, birçok ülkede belirgin bir artış eğilimi gözleyecektiniz. Bu genelde evrimsel bir eğilim olarak değil, daha ziyade beslenmedeki iyileşmenin bir sonucu olarak ele alınır. Ama fil örneğinde büyük dişlere karşı güçlü bir seçilimin varlığından şüphelenmek için iyi nedenlerimiz var. Yukarıdaki grafik, izinli avlanma sonuçları ile oluşturulmuşsa da söz konusu küçülme eğilimini oluşturan seçilim baskısının büyük bir kısmı yasadışı avlanmadan kaynaklanmış da olabilir. Bunun gerçekten de evrimsel bir eğilim olma olasılığını ciddi bir şekilde göz önünde bulundurmalıyız ki bu doğruysa olağanüstü hızda bir evrim örneğidir. Ama bir karar vermeden önce dikkatli olmalıyız. Popülâsyondaki gen sıklıklarında değişikliğe neden olması son derece olası olan güçlü bir doğal seçilim gözlemliyor olabiliriz (ve böylesi genetik değişiklikle henüz belgelenmemiş olabilir). Büyük dişli fillerle küçük dişliler arasındaki fark genetik olmayan bir fark da olabilir. Yine de ben bunun gerçekten evrimsel bir eğilim olması olasılığını ciddiye almaya meylediyorum.

Daha da önemlisi, yabani Afrika filleri hakkında otorite isimlerden biri olan meslektaşım Dr. Iain Douglas-Hamilton bu olasılığı ciddiye alıyor ve konunun daha yakından incelenmesi gerektiğine (elbette haklı olarak) inanıyor. O bu eğilimin 1925'lerden çok önce başladığını ve 1958'den sonra da devam ettiğinden şüpheleniyor. Ayrıca birçok yerel Asya fili popülâsyonundaki dişsizliğin altında, geçmişte faal olan

1- Bunu şöyle düşünün. Olası bütün doğruları hayal edin. Her doğrunun noktalara uzaklığını ölçüp, bu ölçümleri toplayarak (kareleri alındıktan sonra toplanırlar; bunun iyi bir matematiksel nedeni var ama bundan bahsetmek bizi konumuzun oldukça dışına taşır) hangi doğrunun noktalara daha iyi uyduğunu hesaplayın. Olası bütün doğrular arasında nokta-doğru uzaklıklarının kareleri toplamının en küçük olduğu doğru en uygun regresyon doğrusudur. Bu doğru, darmadağınık noktalara aldanmadan mevcut eğilimin ne olduğunu görmemizi sağlar. Bir doğruyu bir eğilimin göstergesi olarak kullanmanın ne kadar güvenilir olduğunu hesaplamak için istatistikçilerin kullandığı birbirinden bağımsız çeşitli yollar vardır. Bunlara istatistiksel anlamlılık testleri denir. Bunlar doğrunun çevresindeki dağılımın genişliğini kullanırlar.

aynı sebebin yattığını düşünüyor. Elimizde, gözlerimizin önünde cereyan eden bir hızlı evrim örneği gibi duran, hakkında daha fazla araştırma yapmanın faydalı olacağı bir olay var.

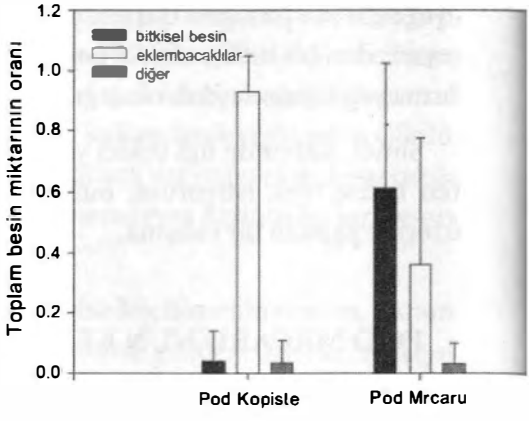
Şimdi, üzerinde ilgi çekici yeni çalışmalar yapılan başka bir örnekten bahsetmek istiyorum; bu, Adriyatik adalarındaki kertenkeleler üzerine yapılan bir çalışma.

POD MRCARU'NUN KERTENKELELERİ

Hırvatistan açıklarında Pod Kopiste ve Pod Mrcaru adlı iki küçük adacık bulunur. 1971'de, temel yiyeceği böcekler olan Akdeniz kertenkelesinin (*Podarcis sicula*) bir popülâsyonu Pod Kopiste'de yaşarken, Pod Mrcaru'da bulunmuyordu. O yıl araştırmacılar beş çift *Podarcis sicula*'yı Pod Kopiste'den Pod Mrcaru'ya götürdüler. 2008'e gelindiğinde çoğu Belçikalı olan ve Anthony Herrel'in yönetimindeki başka bir araştırma grubu, neler olup bittiğini görmek için adaları ziyaret etti. Grup Pod Mrcaru'da kocaman bir kertenkele popülasyonu buldu ve DNA analizi bu kertenkele popülasyonunun türünün gerçekten de *Podarcis sicula* olduğunu doğruladı. Bunların adaya taşınan beş çiftten türediği varsayıldı. Herrel ve meslektaşları taşınan kertenkelelerin torunları üzerinde gözlemler yapıp, bunları Pod Kopiste'deki kertenkelelerle karşılaştırdılar ve belirgin farklılıklar tespit ettiler. Bilim insanları atasal ada olan Pod Kopiste'deki kertenkelelerin 36 yıl önce yaşamış kertenkelelerle aynı olduğu (muhtemelen makul) varsayımında bulundular. Başka bir deyişle, evrilmiş Pod Mrcaru kertenkelelerini, evrilmemiş "ataları" (yani yaşıtları ama atasal tipleri) olan Pod Kopiste kertenkeleleri ile karşılaştırdıklarını varsaydılar. Bu varsayım yanlış bile olsa (örneğin Pod Kopiste'deki kertenkeleler de Pod Mrcaru'dakiler kadar hızlı evrimleşmiş bile olsalar), yine de gözlemlediğimiz şey, on yıllar içinde yani bir insanın yaşam süresi içinde gözlemleyebileceği kadar hızlı gerçekleşmiş olan evrimsel bir farklılaşmadır.

Peki bu iki ada popülasyonu arasında, evrimleşmesi yalnızca otuz yedi yıl sürmüş olan değişiklikler nelerdi?[1] Pod Mrcaru kertenkeleleri, yani "evrilmiş" popülasyon, "asıl" Pod Kopiste popülasyonundan önemli ölçüde daha büyük (daha uzun ve daha geniş) kafalara sahipti. Bu da ciddi bir ısırma gücü anlamına geliyor. Genelde böylesi bir de-

1- Pod Kopiste kertenkeleleri otuz yedi yıl önceki ortak atadan beri aynı oranda evriliyorsa bu süreyi iki ile çarpmak gerekir.

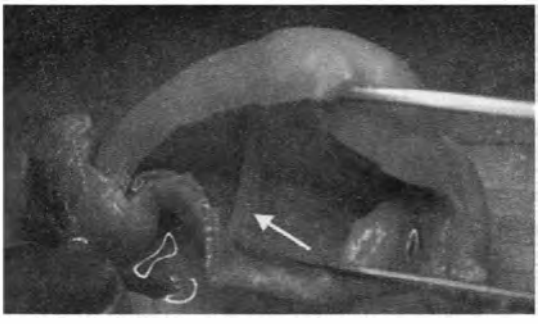


Her iki Adriyatik adasında yaşayan kertenkelelerin yazlık beslenmeleri

değişiklik beraberinde vejetaryen beslenme biçimini getirir ve Pod Mrcaru kertenkeleleri gerçekten de Pod Kopiste'deki "atasal" kertenkelelerden daha fazla bitkisel besin tüketiyor. Pod Kopiste popülâsyonunun hala sürdürdüğü neredeyse tamamen böceklere (yandaki grafikte geçtiği şekliyle, eklembacaklılara) dayalı besin tercihi Pod Mrcaru kertenkelelerinde, özellikle de yazın, büyük oranda vejetaryen bir beslenme biçimine kaymış.

Bir hayvan, vejetaryen bir beslenme biçimine kayınca neden daha güçlü bir çiğneme yeteneğine ihtiyaç duyar? Çünkü bitkilerde hücre duvarı selüloz ile sertleşmiştir ama hayvan hücrelerinde böyle bir şey yoktur. At, sığır ve fil gibi otçul hayvanlarda selülozu öğütmek için değirmen taşına benzer dişler bulunur. Bunlar etçillerin kesici ve böcekçillerin iğnemsi dişlerinden oldukça farklıdır. Otçulların devasa çene kasları ve kas bağları için bir o kadar da güçlü kafatasları vardır (goril kafatasının üst orta kısmındaki sağlam çıkıntıyı düşünün).[1] Vejetaryenlerin bağırsaklarında da kendilerine özgü bir takım farklılıklar bulunmaktadır. Hayvanlar genellikle bakterilerin ya da diğer mikroorganizmaların yardımı olmadan selülozu sindiremezler. Çoğu omurgalı bağırsağında çekum ya da körbağırsak denen kör bir girinti bulunur. Selülozu sindiren bakterilerin yaşadığı bu yapı bir mayalanma odası olarak işlev görür (bizdeki apandis bizden daha fazla vejetaryen olan atalarımızdaki büyük körbağırsağın körelmiş halidir). Körbağırsak ve bağırsağın diğer kısımları sadece belli bitkiler üzerinden beslenen otçullarda oldukça ayrıntılı olabilmektedir. Etçillerin bağırsakları otçullarınkinden genelde daha basit ve daha kısadır. Otçul bağırsağında görülebilecek ayrıntılardan biri körbağırsak kapakçıklarıdır. Kapakçıklar tam kapanmamış birer duvar gibidirler. Bazıları kaslı olan bu kapakçıklar bağırsağın içinden geçen materyalin akışını düzenleme, yavaşlatma veya basitçe körbağırsağın içinin yüzey alanını

1- Güçlü kuzenimiz *Paranthropus boisei*'nin ("fındıkkıran adam", "Zinj" ya da "Sevgili Çocuk" olarak da bilinir) kafatası ve dişlerindeki buna benzer gorilimsi özellikler onun neredeyse kesinlikle bir vejetaryen olduğunu gösteriyor.



Körbağırsak kapakçığı

artırma işlevi görürler. Sağdaki resim bolca bitki yiyen akraba bir kertenkele türünün körbağırsağının kesilip açılmış bir görüntüsüdür. Kapakçık ok ile gösterilmiştir. Etkileyici olan şudur ki normalde *Podarcis sicula*'da görülmeyen, ait olduğu ailede ise nadiren görülen bu körbağırsak kapakçıkları, sadece son otuz yedi yıldır otçulluğa doğru evrilmekte olan Pod Mrcaru'daki *P. sicula* popülâsyonunda evrilmeye başlamıştır. Araştırmacılar Pod Mrcaru'daki kertenkelelerde başka evrimsel değişimler de keşfettiler. Popülâsyon yoğunluğunun arttığını ve kertenkelelerin kendi bölgelerini, Pod Kopiste'deki "atasal" popülâsyondakilerin aksine savunmayı bıraktıklarını gözlemlediler. Tekrar etmeliyim ki bu hikâyeyi farklı kılan ve burada anlatmama neden olan şey, her şeyin aşırı derecede hızlı (on yıllar içerisinde) gerçekleşmiş olmasıdır. Evrim gözlerimizin önünde gerçekleşmiştir.

LABORATUARDA EVRİMLEŞEN KIRKBEŞ BİN NESİL

Yukarıda sözünü ettiğimiz kertenkelelerin nesil süresi yaklaşık iki yıldır; bu nedenle, Pod Mrcaru'da gözlenen evrimsel değişim sadece on sekiz veya on dokuz nesli temsil etmektedir. Bir de nesil süresi yıllarla değil saatler, hatta dakikalarla ölçülen bakterilerin evrimini 30-40 yıl boyunca takip etseniz göreceklerinizi düşünün. Bakteriler evrimcilere paha biçilmez bir hediye daha sunmaktadırlar. Kimi zaman bakterileri süresiz olarak dondurup sonra yeniden canlandırabilirsiniz; hiçbir şey olmamış gibi bölünmeye devam ederler. Bu sayede araştırmacılar kendi "yaşayan fosil kayıtlarını", yani herhangi bir anda evrimsel sürecin ulaştığı noktanın resimlerini tutabilirler. Don Johanson tarafından bulunan ve harika bir insan öncülü fosili olan Lucy'yi bir derin dondurucudan çıkarıp hayata döndürdüğümüzü ve yeniden evrimleşmek üzere türünü serbest bıraktığımızı düşünsenize! Tüm bunlar, Michigan Eyalet Üniversitesi'nden bakteriyolog Richard Lenski ve meslektaşları tarafından, *Escherichia coli* denen bir bakteriyle, uzun vadeli olağanüstü bir deneyde gerçekleştirildi. Günümüzde bilimsel araştırmalar genellikle bir ekip çalışması haline

gelmiştir. İlerleyen paragraflarda kısa olması açısından sadece "Lenski" ismini kullanabilirim ama siz bunu "Lenski ve laboratuarındaki meslektaş ve öğrencileri" olarak okumalısınız. Göreceğimiz üzere, Lenski'nin deneyleri yaradılışçılar için sıkıntı vericidir ve bunun iyi bir sebebi var. Bu deneylerde evrimsel sürecin işleyişi o kadar net bir şekilde gösterilmiştir ki görmezden gelmeye güdülenmiş olsanız bile bunu yapmanız zordur. Ve bu tip güdülenme, koyu yaradılışçılarda gerçekten de oldukça güçlüdür. Bu konuya bu kısmın sonunda tekrar döneceğim.

E. coli yaygın bir bakteridir, hem de çok yaygındır. Herhangi bir anda yeryüzünde yaklaşık yüz kentilyon [10^{20}] *E. coli* yaşamaktadır. Lenski'nin hesabına göre bunların yaklaşık yüz milyarı şu anda kalın bağırsaklarınızda yaşamaktadır. Bunların çoğu zararsız hatta yararlıdır ama arada sırada kötü cinsleri manşetlere taşınmaktadır. Mutasyonlar ender rastlanan olaylar olsalar da, eğer hesaplarsanız bu tip periyodik evrimsel değişiklikler şaşırtıcı değildir. Tek bir bakteri bölünmesi sırasında bir gende mutasyon gerçekleşme olasılığını milyarda bir olarak kabul etsek bile, bakterilerin sayısı o kadar çoktur ki dünyadaki genomdaki her bir gen günde bir kez mutasyon geçirecektir. Richard Lenski'nin söylediği gibi "Bu, evrim için çok fırsat olduğu anlamına gelir."

Lenski ve meslektaşları bu fırsatı laboratuarda kontrollü bir şekilde değerlendirdiler. Çalışmaları son derece esaslı ve hiçbir ayrıntıyı kaçırmayacak şekilde planlanmış ve yürütülmüştür. Ayrıntılar bu çalışmanın sunduğu evrimin kanıtlarının etkisini gerçekten arttırmaktadır, bu nedenle burada onları detaylıca açıklamaktan kaçınmayacağım. Bunun da anlamı şu ki, önümüzdeki birkaç sayfa kaçınılmaz olarak nispeten çetrefilli olacak; zor olmayacak ama detaylı olacak. Kitabın bu kısmını yorgunken veya yorucu bir günün ardından okumamak daha iyi olacaktır. Bu kısmı takip etmeyi kolay kılan şey ise her ayrıntının mantıklı olması, hiçbir ayrıntının bize kafamızı kaşıtıp, "Bu da neydi şimdi?" dedirtmemesidir. Şimdi lütfen adım adım benimle gelin ve muazzam bir şekilde düzenlenip zarifçe uygulanmış bu deneyleri birlikte inceleyelim.

Bu bakteriler eşeysiz ürerler (basit hücre bölünmeleri geçirirler), bu nedenle kısa bir sürede genetik olarak özdeş bireylerden oluşan devasa bir klon popülasyonu oluşturmak kolaydır. 1988'de Lenski böylesi bir popülâsyonu aldı ve her birine, ana besin olarak glikoz içeren

aynı besiyerinin eklendiği on iki özdeş şişeye bu bakterilerden bulaştırdı. Her birinde kurucu birer bakteri popülâsyonu olan on iki şişe "çalkalayıcılı kuluçka makinesine"[1] konulup nezih ve sıcak bir ortamda tutuldu ve şişeler sürekli çalkalanarak bakterilerin, şişelerdeki sıvının içinde düzgün bir şekilde dağılması sağlandı. Yirmi yıl boyunca ayrı tutulan bu on iki şişede on iki ayrı evrimsel soy meydana geldi; bir nebze İsrail'deki on iki boy gibi; tek fark bu deneyde bakterilerin karışmasını engelleyecek bir kanunun olmamasıydı.

Bu on iki bakteri popülâsyonu sürekli olarak aynı on iki şişede tutulmadı. Tam tersine, her popülasyon her gün yeni bir şişeye alındı. Her biri 7.000 şişe uzunluğunda olan ve uzaklara doğru uzanıp giden on iki şişe hattını düşünün! Her gün, on iki popülâsyonun her biri için bir önceki günün şişesindeki sıvıdan alınan bir miktar (tam olarak yüzde biri) örnek, glikozca zengin ve taze bir besiyeri içeren yeni bir şişeye bulaştırıldı. Yeni şişedeki popülasyon hızlıca arttı ama bu artış, besin miktarının azalması ve açlıktan ölümlerin baş göstermesi ile ertesi gün hep kesildi. Başka bir deyişle, her şişedeki popülâsyonun sayısı önce inanılmaz bir hızla büyüdü, sonra bir doyma noktasına ulaştı. Bu noktada popülâsyonlardan alınan yeni örneklerle döngüye ertesi gün yeniden başlandı. Bu bakteriler kendi yüksek hızlı yerbilimsel zamanlarından binlercesini geçirerek aynı, günlük bolluk ve açlık döngüsünü tekrarlamış, her seferinde şanslı olan yüzde birlik bir kesim kurtulmuş ve bir bardak içindeki Nuh'un Gemisi'nde yeni ama yine geçici olan bir glikoz bolluğuna kavuşmuştur. Bunlar evrim için mükemmel mükemmel mükemmel koşullardır; daha da iyisi deney on iki ayrı hatta paralel olarak yürütülmüştür.

Lenski ve ekibi, bu günlük rutin işlemi yirmi yıldan daha uzun bir süre devam ettirdiler (hala da ediyorlar). Bu 7.000 "şişe nesli" ve gün başına ortalama altı ya da 7 bakteri neslinden toplam 45.000 "bakteri nesli" anlamına gelir. Bunu daha da netleştirmek için şöyle düşünebiliriz: 45.000 insan nesli geriye gidersek, kendimizi yaklaşık bir milyon yıl önce yaşamış *Homo erectus*'un yanında buluruz. Bu çok da uzak bir geçmiş sayılmaz. Lenski'nin bakterilerinde bizim bir milyon yılımıza eşdeğer olarak tespit ettiği evrimsel değişimin, örneğin 100 milyon yıllık memeli evriminde ne boyutta olabileceğini bir düşünün. Kaldı ki 100 milyon yıl öncesi de yerbilimsel standartlara göre görece yakın bir geçmiştir.

1- İnkübatör olarak da bilinen bu alet sıcaklığı sabit tutmaya yarar . *–çev.n.*

Ana evrim deneyine ek olarak Lenski ve ekibi, bakterileri başka pek çok aydınlatıcı ilave deneyde de kullandılar. Örneğin 2.000 neslin ardından bazı şişelere glikoz yerine başka bir şeker olan maltozu koydular ama ben sürekli olarak glikozun kullanıldığı asıl deney üzerinde yoğunlaşacağım. Evrimin nasıl ilerlediğini görmek için yirmi yıl boyunca aralıklarla on iki bakteri grubundan örnekler aldılar. Ayrıca her gruptan aldıkları örnekleri dondurdular; bunları evrim yolundaki stratejik noktaları gösteren canlandırılabilir "fosil" kaynakları olarak kullandılar. Bu deneylerin tasarlanışındaki dehayı ne kadar övsek azdır.

Bu deneyler sırasında ileriye dönük olarak yapılmış harika planlamalara küçük bir örnek verelim. Başlangıçta on iki şişenin tamamına aynı klonlardan koyulduğunu ve bu nedenle deneyin başlangıcında genetik olarak özdeş olduklarını söylediğimi hatırlıyorsunuzdur. Aslında bu pek doğru sayılmaz. Bunun hayli ilginç ve kurnazca bir nedeni var. Lenski'nin laboratuarında daha önce *Ara* adlı ve Ara+ ve Aradiye iki farklı türü olan bir gen kullanılmıştı. Bu ikisinin arasındaki farkı, bakteri örneğini alıp, besleyici bir besiyerine ek olarak arabinoz şekeri ve tetrazolyum denen kimyasal bir boya içeren bir agar kabına ekmeden anlamak mümkün değildir. "Bakteri ekmek" bakteriyologların yaptığı şeylerden biridir. Bunun için bakteri içeren sıvıdan bir damla alınıp, ince bir tabaka halinde agar jeli içeren bir kaba konulur ve daha sonra kap kuluçkaya yatırılır. Bakteri kolonileri agardaki besinle beslenerek damlanın etrafında cin halkaları[1] gibi[2] genişleyen halkalar şeklinde büyürler. Eğer besiyerinde arabinoz ve ayıraç boya bulunursa Ara+ ve Ara- arasındaki fark tıpkı görünmez mürekkebin ısıtılmasında olduğu gibi ortaya çıkar: sırasıyla beyaz ve kırmızı koloniler oluşur. Lenski ve ekibi bu renk ayrımının, ileride göreceğimiz gibi etiketleme amacıyla kullanılabileceğini keşfettiler. Bunun için on iki bakteri gurubunun altısını Ara+'lardan, diğer altısını ise Ara-'lerden seçtiler. Bunu kendi laboratuar prosedürlerini kontrol etmek amacıyla da kullandılar. Şöyle ki, her gün yeni şişelere bakteri bulaştırırken Ara+ ve Ara- şişelerini ayrı ayrı ele almaya dikkat ettiler. Böylece eğer bir hata yapmışlarsa, örneğin aktarmada kullandıkları bir pipete diğer gruptan bakterileri bulaştırmışlarsa, örneklere daha sonra yapılan kırmızı/beyaz testinde bu hata ortaya çıkardı. Dâhiyane değil mi? Evet, aynı zamanda titiz. Gerçekten iyi bilim insanlarının bu iki özelliğe de sahip olmaları gerekir.

1- Cin halkası (ing. *fairy ring*): Özellikle çimenlik ya da ormanlık alanlarda mantarların doğal olarak oluşturduğu halkasal izler. *-çev.n.*

2- Bu öylesine yapılmış bir mecaz değil, zira mantarlardaki halkalar da aynı nedenle oluşurlar.

Ama şimdilik bu Ara+ ve Ara- konusunu unutalım. Diğer tüm açılardan kurucu popülasyonlar deneye özdeş olarak başlamışlardır. Ara- ve Ara+ arasında başka herhangi bir fark saptanamamıştır, o nedenle bunlar, tıpkı kuşbilimcilerin kuşların bacaklarına taktıkları renkli halkalar gibi kullanışlı renk ayıraçları olarak kabul edilebilirler.

Şimdi... On iki grubumuz var ve bunların her biri birbirlerine paralel olarak, oldukça hızlandırılmış yerbilimsel zaman muadilleri boyunca düşe kalka yollarına devam ediyorlar. İlginç soru şu: Bu on iki grubun üyeleri atalarıyla aynı mı kalırlar, yoksa evrim mi geçirirler? Eğer evrim geçirirlerse bütün gruplar aynı şekilde mi evrim geçirir, yoksa birbirlerinden farklılaşırlar mı?

Daha önce de söylediğim gibi besiyeri glikoz içeriyordu. Ortamdaki tek besin glikoz değildi ama sınırlayıcı faktör glikozdu. Yani glikozun bitmesi, popülasyon büyüklüğünün artışında her gün ve her şişede gözlenen durmanın ve bir doyma noktasına ulaşılmasının temel sebebiydi. Diğer bir deyişle, eğer araştırmacılar günlük şişelere daha fazla glikoz koysalardı günün sonunda ulaşılan doyma noktası daha yükseklerde olacaktı. Veya doyma noktasına ulaşıldıktan sonra bir parça daha glikoz eklemiş olsalardı, yeni bir doyum noktasına kadar popülâsyonda ikinci bir büyüme ile karşılaşacaklardı.

Bu koşullar altında, Darwinci beklentiye göre, bir bakterinin glikozu daha verimli bir şekilde kullanmasını sağlayacak herhangi bir mutasyon doğal seçilim tarafından desteklenecek ve mutant bireyler diğerlerine göre daha çok üreyecekleri için bu mutasyonu geçirmiş gen bütün şişeye yayılacaktır. Sonraki şişeye bulaştırılan bakteriler arasında daha yaygın olan bu mutant bireyler yeni şişeye mutant olmayan bireylerden daha fazla oranda geçecektir ve çok kısa bir süre sonra da grup mutant bireylerin tekeline geçecektir. On iki grubun tamamında da olan şey de tam olarak budur. "Şişe nesilleri" ilerledikçe on iki hattın her biri glikozu besin kaynağı olarak kullanma konusunda atalarına göre daha becerikli hale gelmişlerdi. Ama büyüleyici bir şekilde, her biri bunu yapmakta becerikli hale farklı şekillerde gelmişlerdi, yani farklı gruplar farklı mutasyonlar geçirmişlerdi.

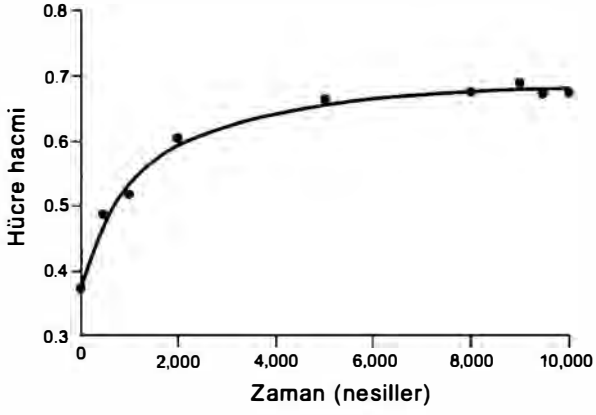
Bilim insanları bunun böyle olduğunu nasıl anladılar? Gruplar evrim geçirirken onları sürekli olarak örneklediler ve her örneklemin "seçilim değeri" ile ilk popülâsyondan örneklenen "fosillerin" "seçilim değerini" karşılaştırdılar. "Fosillerin" çözündüklerinde yaşamaya ve

normal olarak üremeye devam eden dondurulmuş bakteri örnekleri olduğunu hatırlayın. Peki, Lenski ve meslektaşları bu "seçilim değeri" karşılaştırmasını nasıl yaptılar? "Modern" bakterileri "fosil" atalarıyla nasıl kıyasladılar? Büyük bir ustalıkla. Evrim geçirdiği varsayılan popülâsyondan bir örnek aldılar ve bunu yeni bir şişeye koydular. Çözünmüş atasal popülâsyondan aldıkları aynı miktardaki örneği de aynı şişeye koydular. Deneysel olarak karıştırılmış bu şişelerin, uzun süreli evrim deneyindeki şişelerle temasının kesildiğini söylememe herhalde gerek yok. Bu ilave deneyler ana deneyde kullanılmayan örneklerle gerçekleştirildi.

O halde elimizde rekabet halindeki iki soyu, "modern" ve "yaşayan fosil" soyunu içeren yeni bir şişe var ve biz bunların hangisinin diğerine baskın gelerek sayısını arttıracağını merak ediyoruz. Ama bu ikisi karışmış durumda? Ne yapacağız? "Rekabet şişesinde" karışmış halde bulunan iki soyu birbirinden nasıl ayrıt edeceğiz? Size bu deneyin dâhiyane bir deney olduğunu söylemiştim. "Kırmızılar" (Ara-) ve "beyazlar" (Ara+) şeklindeki renk kodlamasını hatırlıyor musunuz? Şimdi diyelim ki 5. grubun seçilim değeri ile atasal fosil popülâsyonunun seçilim değerini karşılaştırmak istiyorsunuz. Ne yaparsınız? 5. grubun Ara+ olduğunu varsayalım. O halde 5. grup ile karşılaştıracağınız "atasal fosilleri" Ara-'lerden seçmelisiniz. Eğer 6. Grup Ara- ise, dondurucudan çıkartıp 6. Grupla karşılaştıracağınız "fosillerin" tamamı Ara+ olmalıdır. Ara+ ve Ara- genlerinin seçilim değeri üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı Lenski ve ekibinin daha önceki çalışmalarında ortaya çıkarılmıştı. O nedenle bu renk ayıraçları evrilen her bir grubun rekabet yeteneğini (fosil "ataları" rekabet standardı olarak kullanarak) belirlemede kullanılabilir. Yapılması gereken tek şey karıştırılmış şişelerden alınan örnekleri ekip, agarda üreyen bakterilerin kaçının beyaz, kaçının kırmızı olduğuna bakmaktır.

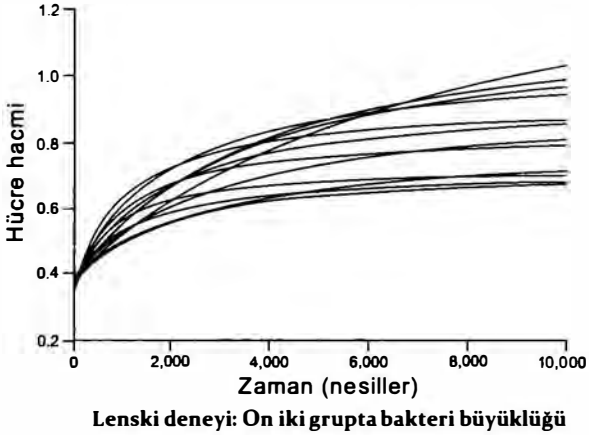
Daha önce de söylediğim gibi on iki grubun hepsinde ortalama seçilim değeri binlerce nesil geçtikçe arttı. Bütün soylar glikozun sınırlı olduğu bu koşullarda hayatta kalma konusunda daha iyi hale geldi. Seçilim değerindeki bu artışın pek çok nedeni olabilir. Bütün gruplardaki popülâsyonlar her seferinde daha hızlı büyüdüler ve ortalama bakteri büyüklüğü de arttı. Yan sayfanın üst kısmındaki grafik, gruplardan biri için ortalama bakteri büyüklüğünü gösteriyor (ki bu tipik bir örnek). Siyah yuvarlaklar verileri gösteriyor. Eğri ise matematiksel bir yakınsama; gözlenen veriye en çok uyan eğri bu ve hiperbol

olarak adlandırılıyor.[1] Daha karmaşık bir matematiksel fonksiyonun verilere bir hiperbolden daha çok uyan bir eğri vermesi her zaman mümkün ama bu hiperbol de gayet iyi, bu nedenle başkasını aramaya değmez. Biyologlar sıklıkla matematiksel eğrileri gözlenen değerlere uygun hale getirirler ama fizikçilerden farklı olarak bu tip çok yakın uyumlar görmeye alışkın değildirler. Bizim verilerimiz genellikle karman çormandır. Fizikten farklı olarak biyolojide bizler düzgün eğrilerin, yalnızca olağanüstü kontrollü koşullar altında toplanmış büyük miktarlarda verilerimiz olduğunda ortaya çıkmasını bekleriz. Lenski'nin çalışması bu bağlamda bir şaheserdir.



Lenski deneyi: Bir gruptaki bakteri büyüklüğü

Bakteri büyüklüğündeki artışın büyük kısmının ilk 2.000 nesilde gerçekleştiğini görebilirsiniz. Bir sonraki ilginç soru ise şu: On iki grubun tamamında büyüklüğün evrimsel süreç içerisinde arttığını düşünürsek, bu artış hepsinde aynı şekilde, aynı genetik rota ile mi gerçekleşmiştir? Hayır böyle olmamıştır ve bu da ikinci ilginç sonuçtur. Sayfanın başındaki grafik on iki gruptan biri içindir. Şimdi on iki grubun her biri için ayrı ayrı en uygun olan



Lenski deneyi: On iki grupta bakteri büyüklüğü

1- 1925 ve 1958 yılları arasında fildişlerinde gözlenen küçülme ile ilgili veriye en çok uyan doğruyu hatırlıyor musunuz? Yöntemi, olası bütün doğruları deneyip, grafikteki noktaların doğrudan uzaklıklarının kareleri toplamı en küçük olanı bulmak şeklinde anlatmıştım. Ama bunu yaparken kendinizi doğrularla sınırlandırmak zorunda değilsiniz. Matematikçilerce tanımlanmış olası bütün eğrilere de bakabilirsiniz. Hiperboller de bu tip eğrilerdendir. Bu örnekte, olası bütün hiperbollere bakar, grafikteki her noktanın eğriye uzaklığını ölçer, sonra da bunların karelerini alıp toplarız. Bunu bütün hiperbollere yaptıktan sonra, toplamın en küçük olduğu hiperbolü seçeriz. Lenski en uygun hiperbolü bulmak için bu yorucu işlemin kısa süren bir muadilini yaptı ve şekilde gördüğünüz grafik ortaya çıktı.

hiperbollere bakın (bir önceki sayfanın sonundaki grafik). Birbirlerinden ne kadar ayrılmış olduklarına bakın. Neticede hepsi bir doygunluk noktasına ulaşıyor gibi duruyor ama en üstteki doygunluk noktası ile en alttaki arasında neredeyse iki kat fark var. Ayrıca eğrilerin şekilleri de farklı. 10.000. nesilde en yüksek noktaya ulaşan eğrinin büyümesi en başlarda diğerlerinden daha yavaş ama 7.000. nesille birlikte onları geçmiş. Bu arada buradaki doygunluk noktaları ile günlük şişelerdeki popülasyon boyutlarının doygunluk noktalarını birbirine karıştırmayın. Şu anda, bir şişede birkaç saatte ölçülen bakteri zamanına değil, şişe nesilleriyle ölçülen evrimsel süreç içerisindeki eğrilere bakıyoruz.

Buradaki evrimsel değişim şunu düşündürüyor: eğer sürekli olarak glikozca zengin olmak ve glikozca fakir olmak arasında gidip gelen bir ortamda hayatta kalmaya çalışıyorsanız daha iri olmak (bir sebepten ötürü) iyi bir fikir gibi görünüyor. Vücut büyüklüğündeki artışın neden bir avantaj olabileceği hakkında fikir beyan etmeyeceğim; bunun birçok sebebi olabilir. Ama bu artış gerçekten avantajlıymış gibi duruyor çünkü on iki grubun hepsinde büyüme gözlendi. Bununla birlikte, büyük vücutlu olmanın birçok farklı yolu vardır, yani farklı mutasyonlar büyüklük artışına neden olabilir ve bu deneyde de farklı evrimsel soylarda farklı yollar keşfedilmiş gibi görünüyor. Bu oldukça ilginç. Ama muhtemelen daha da ilginci bazı grupların *aynı* daha iri olma yolunu birbirlerinden bağımsız olarak bulmuş olmaları. Lenski bu ekipten farklı bir ekiple yaptığı bir çalışmada bu durumu araştırdı. Bu çalışmada, 20.000 nesil boyunca aynı evrimsel doğrultuda ilerlemiş gibi gözüken Ara+1 ve Ara-1 adlı iki grubun DNA'larına bakıldı. Buldukları şaşırtıcı sonuç her iki grupta da elli dokuz genin ifade olunuş düzeylerinde değişiklikler olduğuydu ve *elli dokuzu da aynı yönde değişmişti*. Birbirinden bağımsız elli dokuz gendeki böyle bir paralelliği doğal seçilimden başka bir şey ile açıklamaya çalışmak, olmayacak duaya âmin demek olurdu. Bunun şans eseri gerçekleşmiş olma ihtimali inanılmaz ölçüde küçüktür. Bu tam olarak yaradılışçıların gerçekleşemeyeceğini söyledikleri türden bir şey çünkü böylesi bir şeyin şans eseri gerçekleşmiş olmasının ziyadesiyle olasılıksız olduğunu düşünürler. Ama görünen o ki gerçekleşmiştir. Ve elbette tüm bunların açıklaması, elde edilen sonucun şans eseri değil, kademeli, adım adım ilerleyen ve birikimli doğal seçilimin, her iki grupta da aynı (kelimenin tam anlamıyla aynı) faydalı değişiklikleri desteklemesiyle ortaya çıkmış olduğudur.



Lenski deneyi: Seçilim değerindeki artış

Nesiller ilerledikçe artan hücre büyüklüğü grafiğindeki düzgün eğri, iyileşmenin kademeli olduğu fikrini desteklemektedir. Ama biraz fazla mı kademeli? Popülasyon, gelişmeye neden olacak bir sonraki mutasyonu "beklediği" için grafikte *basamaklar* görmemiz gerekmez mi? Aslında gerekmez. Bu, söz konusu mutasyonların sayısı, her bir mutasyonun etkisinin büyüklüğü, hücre büyüklüğünün genler dışındaki etkilerden kaynaklanan çeşitliliği ve bakterilerin ne kadar sıklıkta örneklendiği gibi faktörlere bağlıdır. Ve ilginç bir şekilde, seçilim değeri artış grafiğine baktığımızda, hücre büyüklüğü grafiğinden farklı olarak daha bariz bir basamak yapısı görüyoruz (yukarıda). Hatırlarsanız hiperbolü anlatırken, verilere daha çok uyan daha karmaşık bir matematiksel fonksiyon bulmanın mümkün olduğundan söz etmiştim. Matematikçiler buna "model" derler. Daha önceki grafikte olduğu gibi hiperbolik bir modeli bu noktalara uydurabilirsiniz ama bu grafikte olduğu gibi "basamak modeli" kullanarak verilere daha da çok uyan bir grafik oluşturabilirsiniz. Bu, hücre büyüklüğü grafiğinin hiperbole uyduğu kadar iyi uymuyor. Her iki durumda da verilerin modele tam olarak uyduğu veya uyabileceği kanıtlanamaz. Ama en azından veriler, gözlemlediğimiz evrimsel değişimin mutasyonların basamaklı birikimini temsil ettiği fikriyle uyumludur.[1]

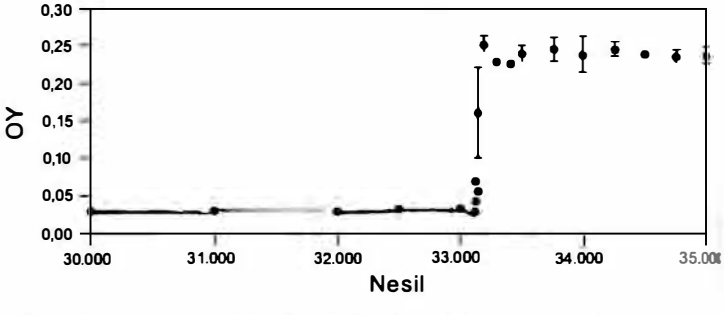
Şu ana dek gördüğümüz şey, işlemekte olan evrime dair güzel bir örnekti. Bu örnekte on iki bağımsız grubun birbirleriyle ve sadece mecazi anlamda değil gerçek anlamda geçmişten gelen "yaşayan fo-

1- Bakteri gibi, genelde eşeyli üremeyen canlılarda evrimin basamaklı bir yapı göstermesi beklenen bir şeydir. Bizim gibi yalnızca eşeyli üreyen hayvanlarda evrimsel değişim, kilit bir mutasyonun gerçekleşmesini "bekleyerek" öylece boş boş "takılmaz" (bu, işinin ehli gözükmeye çalışan kimi evrim karşıtlarının sıklıkla kapıldığı hatalı bir kanıdır). Daha ziyade, eşeyli üreyen popülâsyonların genellikle, içinden seçim yapabilecekleri hazır bir genetik çeşitlilik kaynağı bulunur. Orijinal olarak geçmişte meydana gelmiş mutasyonlarla ortaya çıkmış ve daha sonraları eşeysel rekombinasyonla karılmış olan çok sayıda genetik varyant, herhangi bir anda gen havuzunda mevcuttur. Doğal seçilim genelde yeni mutasyonların ortaya çıkmasını beklemektense, mevcut çeşitliliğin dengesini değiştirecek şekilde etki eder. Eşeyli üreme görülmeyen bakterilerde gen havuzu fikri tam olarak geçerli değildir. Bu nedenle bakterilerde, bir kuş, memeli ya da balık popülâsyonunda görmeyi umamayacağımız ayrık basamakları görmeyi gerçekçi olarak umabiliriz.

sillerle" karşılaştırılmasıyla belgelenen, gözlerimizin önünde gerçekleşen evrime tanıklık ettik.

Şimdi daha da ilginç bir sonuca göz atmaya hazırız. Şimdiye kadar, on iki grubun tamamının, seçilim değerlerini, ayrıntılarda farklılık arz etseler de (kimi biraz daha hızlı, kimi biraz daha yavaş), genel olarak aynı yolla evrimleştirdiklerini ima ettim. Ancak uzun süreli deneyde çok belirgin bir istisna da vardı. 33.000. nesilden hemen sonra olağanüstü bir şey oldu. On iki gruptan biri olan Ara-3 grubu aniden çıldırdı. Aşağıdaki grafiğe bakın. OY (optik yoğunluk ya da "bulanıklık") olarak etiketlenen dikey eksen şişedeki popülasyon yoğunluğunun bir ölçüsüdür. Sıvı, bakterilerin çok yüksek sayılara ulaşmasından ötürü bulanık hale gelir. Bu bulanıklığın miktarı sayısallaştırılabilir ve bu sayı popülasyon yoğunluğu için bir endeks olarak kullanılabilir. Gördüğünüz gibi, 33.000. nesle kadar Ara-3 grubunun ortalama popülasyon yoğunluğu yaklaşık 0,04'lük bir OY'ye karşılık geliyordu ki bu diğer grupların popülasyon yoğunluklarından çok da farklı değildi. Ama 33.100. nesilden hemen sonra Ara-3 grubunun (ve sadece Ara-3 grubunun) OY'si yaklaşık 0,25'e fırladı, yani altı katına çıktı. Bu grubun sonraki şişelerindeki popülâsyonlar yüksek değerlerde seyretti. Yalnızca birkaç gün sonra bu grubun şişelerinin dengelendiği tipik doygunluk noktası, daha önceki değerinden (ve diğer grupların halen sahip oldukları değerden) altı kat daha büyük bir OY değerine sabitlendi. Bu yüksek doygunluk noktasına, takip eden diğer tüm nesillerde de ulaşıldı ama diğer grupların hiçbirinde ulaşılmadı. Sanki sadece Ara-3 grubundaki her şişeye fazladan bol miktarda glikoz ilave edilmiş gibiydi. Ama böyle bir şey olmamıştı. Tüm şişelere aynı miktarda glikoz konulmasına titizlikle dikkat ediliyordu.

Lenski deneyi: Popülasyon yoğunluğu



Neler oluyordu? Ara-3 grubuna birden bire ne olmuştu? Lenski ve iki meslektaşı bunu araştırdılar ve cevabı buldular. Bu gerçekten etkileyici bir hikâye. Glikozun sınırlayıcı faktör olduğunu ve bu sınırlayıcı

faktörü en verimli şekilde kullanmayı "keşfeden" bir mutantın avantajlı konuma geçeceğini söylediğimi hatırlıyor olmalısınız. On iki grubun hepsinde de bu gerçekleşmiştir. Fakat size glikozun besiyerindeki tek besin olmadığını da söylemiştim. Sitrat diğer besinlerden biriydi (sitrat limona ekşi tadın nedeni veren maddeyle ilintilidir). Besiyerinde bol miktarda sitrat bulunuyordu ama *E. coli* normalde sitratı kullanamaz; en azından Lenski'nin şişelerinde olduğu gibi suda oksijen bulunan koşullarda. Eğer mutant bir birey sitratı nasıl kullanacağını "keşfetseydi" voleyi vururdu! Ara-3'te olan şey işte tam da budur. Bu grup (ve sadece bu grup), aniden sadece glikozu yeme yeteneğinden ziyade, hem sitrat hem de glikozu yeme yeteneğini edindi. Bu nedenle de bu soydaki müteakip her şişede, kullanılabilir besin miktarı ve popülâsyonların günlük olarak sabitlendikleri doygunluk noktası tavan yaptı.

Ara-3'ün neden farklı olduğunu ortaya çıkardıktan sonra Lenski ve meslektaşları daha da ilginç bir soru sordular. Besin elde etme yeteneğindeki bu ani gelişme, on iki gruptan sadece şanslı olan bir tanesinde görülecek kadar ender rastlanan tek bir mutasyonun etkisiyle mi gerçekleşmişti? Başka bir deyişle, bu mutasyon, sayfa 119'daki seçilim değeri grafiğinin küçük basamaklarıyla ortaya konmuş gibi duranla benzer bir mutasyon basamağı mı? Bu, ilginç bir nedenden ötürü Lenski'ye pek mümkün gelmedi. Bu bakterinin genomundaki her genin ortalama mutasyon oranını bilen Lenski, 30.000 nesillik bir sürenin on iki soydaki her genin en az bir kere mutasyon geçirmesine yetecek kadar uzun olduğunu hesapladı. Bu nedenle Ara-3'ü özel kılan şeyin nadir rastlanan bir mutasyon olmasının olası olmadığı ortaya çıktı. Bunun diğer pek çok grup tarafından da "keşfedilmiş" olması gerekiyordu.

Başka bir teorik olasılık daha var ve bu çok çarpıcı bir olasılık. İşler bu noktada iyice karmaşıklaşmaya başlıyor. Dolayısıyla eğer saat geç olduysa, okumaya yarın devam etmek iyi bir fikir olabilir . . .

Peki ya sitrat ile beslenebilmeyi sağlayan biyokimyasal ustalık bir değil de iki (ya da üç) mutasyon gerektiriyorsa? Şimdi artık basitçe birbirlerine eklenerek biriken iki mutasyondan bahsetmiyoruz. Eğer bundan bahsediyor olsaydık, bu iki mutasyonu herhangi bir sırada elde etmek yeterli olurdu. Her bir mutasyon, tek başına gerçekleştiklerinde, hedefinizin (örneğin) yarısına kadar yol almanızı sağlardı; mutasyonlardan herhangi birinin gerçekleşmiş olması sitrattan bir miktar besin elde etmenizi sağlardı ama bu miktar iki mutasyon bir-

likte gerçekleştiği zaman elde edeceğiniz besin miktarı kadar çok olmazdı. Öyle olsaydı bu mutasyonlar, vücut büyüklüğündeki büyüme ile ilgili olarak tartıştığımız mutasyonlara benzer mutasyonlar olacaktı. Ama böylesi bir durum, Ara-3 grubunun çarpıcı eşsizliğini açıklayacak kadar nadir olmazdı. Hayır, sitrat metabolizmasının nadirliği, daha ziyade yaradılışçı propagandada kullanılan "indirgenemez karmaşıklık" türünden bir şey aradığımızı düşündürmektedir. Bu, bir kimyasal tepkime ürününün diğer bir kimyasal tepkimeyi beslediği ve *biri olmadan ötekinin çalışmadığı* biyokimyasal bir yol olabilir. Bu iki tepkimeyi katalize etmek için iki mutasyon gerekir; biz bunlara A ve B mutasyonları diyelim. Bu hipoteze göre *herhangi bir gelişme olması için* bu iki mutasyona *birlikte* sahip olmak gerekir ki bu gerçekten de, on iki gruptan sadece birinin bu başarıyı elde etmiş olması gözlemini açıklayabilecek kadar olasılıksızdır.

Tüm bunlar farazidir. Peki, Lenski ve ekibi ne olup bittiğini deneylerle bulabilirler miydi? Bu araştırmanın sürekli nimeti olan donmuş "fosilleri" zekice kullanarak bu yolda önemli aşamalar kaydedebilirlerdi. Tekrar edecek olursak hipotez şuydu: Ara-3 grubunda şans eseri bir A mutasyonu gerçekleşiyor. Ama bunun gözlenebilir bir etkisi olmuyor çünkü gerekli olan diğer mutasyon olan B mutasyonu henüz gerçekleşmiş değil. B mutasyonunun on iki grubun herhangi birinde gerçekleşme ihtimali aynıdır. Hatta muhtemelen hepsinde gerçekleşmiştir. Ama ortada daha önce gerçekleşmiş bir A mutasyonu yoksa B mutasyonu da işe yaramaz ve sadece Ara-3 grubunda A mutasyonu önceden gerçekleşmiştir.

Lenski, hipotezini sınanabilir bir öngörü olarak da ifade edebilirdi. Bunu böyle ifade etmek ilginç, zira her ne kadar bir anlamda geçmiş hakkında da olsa bu gerçekten bir öngörüdür. Eğer Lenski olsaydım öngörüyü şöyle ifade ederdim:

> Stratejik olarak seçilmiş çeşitli zaman dilimlerinden aldığım Ara-3 fosillerini çözerek zamanda geriye gideceğim. Ana evrim deneyinin kurallarına tabi olarak ama elbette ondan tamamen yalıtılmış halde tutularak bu "Lazarus[1] klonlarının" her birinin yeniden evrilmesini sağlayacağım. Öngörüm şu: Bu Lazarus klonlarının bir kısmı sitrat ile başa çıkmayı "keşfedecek," ama *sadece* orijinal evrim deneyindeki fosil kaydının belli bir kritik neslinden *sonra* çıkarılıp çözüldülerse. Bu sihirli neslin kaçıncı nesil olduğunu (henüz) bilmiyoruz ama hipotezimiz uyarınca onu, A mutasyonunun gruba girdiği an olarak tanımlayacağız.

1- Lazarus: Hz. İsa'nın dirilttiği ölmüş bir adamın ismi. *-çev.n.*

Bunun tam da Lenski'nin öğrencisi Zachary Blount'un bulduğu şey olduğunu öğrenmek herhalde hoşunuza gidecektir. Blount bir dizi zahmetli deney yaptı. Pek çok nesilden toplam kırk trilyon (40.000.000.000.000) *E. coli* ile çalıştı ve sihirli anın yaklaşık 20.000. nesil olduğu ortaya çıktı. Ara-3'ün çözdürülmüş klonlarının fosil kaydının 20.000. neslinden sonrasına tarihlenmiş olanlarında sitrat kullanma yeteneğinin evrilme olasılığının yüksek olduğu görülürken, 20.000. nesilden öncekilerde görülmüyordu. Hipoteze göre, 20.000. nesilden sonra klonlar artık, B mutasyonu gerçekleştiğinde onun avantajını kullanmaya hazır hale gelmişlerdi. Ayrıca fosillerin "diriliş günü" 20.000. nesilden sonrasına tekabül ettiğinde, sitrat kullanma olasılığı olumlu veya olumsuz olarak daha fazla değişmiyordu; Blount'un 20.000. nesilden sonra örneklediği her nesilde sitrat kullanma yeteneğinin (yükselmiş olan) ortaya çıkma olasılığı aynı kalıyordu, ama 20.000. nesilden öncesine ait çözünmüş fosillerde böylesi bir yüksek olasılık gözlemlenmiyordu. 20.000. nesilden önce Ara-3 grubu diğer gruplar gibiydi. Üyeleri, Ara-3 grubuna ait olsalar da, A mutasyonuna sahip değillerdi. Fakat 20.000. nesille birlikte Ara-3 grubu "hazırlıklı" hale geldi. Ortaya çıktığında (ki diğer pek çok grupta muhtemelen ortaya çıkmıştır ama bir etkisi olmamıştır) "Mutasyon B"den avantaj elde edecek tek grup onlardı. Bilimsel araştırmalarda haz dolu bazı anlar vardır ve bu an onlardan biri olmalı.

Lenski'nin araştırmaları mikrokozmos ve laboratuarda çok hızlandırıldığı için gözümüzün önünde gerçekleşen doğal seçilimle evrimin birçok temel parçasını göstermektedir: rastgele mutasyonları takiben gerçekleşen rastgele olmayan doğal seçilim, birbirinden bağımsız olarak farklı rotaları kullanarak aynı çevreye uyarlanım (adaptasyon), mutasyonların arka arkaya birikerek evrimsel değişime neden olması, bazı genlerin etkisini gösterebilmesinin başka genlerin varlığına bağlı olması gibi. Bütün bunlar evrimin normalde gerçekleştiği süreden çok ama çok kısa bir sürede gerçekleşmiştir.

Böylesine başarılı bir bilimsel çabanın ardından gelen komik de bir hikâye var. Yaradılışçılar bu deneyden nefret ederler. Bu deney sadece işlemekte olan evrimi; yeni bilgilerin genoma bir tasarımcının olaya karışmasına gerek kalmadan girebileceğini (ki onlara bunun gerçekleşmesinin mümkün olabileceğini inkâr etmeleri söylenmiştir; "söylenmiştir" diyorum çünkü çoğu buradaki anlamıyla "bilginin" ne anlama geldiğini bilmez); doğal seçilimin, yaradılışçıların safça yaptıkları ve çok sevdikleri hesaplarına göre bir araya gelmesi imkânsız olması

gereken genleri bir araya getirme gücünü göstermekle kalmadı; aynı zamanda temel dogmaları olan "indirgenemez karmaşıklık" fikrini de derin bir darbe vurdu. Dolayısıyla Lenski'nin araştırması karşısında canlarının sıkılmasına ve araştırmada hatalar bulmaya çalışmalarına şaşmamak gerek.

Wikipedia'nın kötü bir taklidi olan "Conservapedia'nın" yaradılışçı editörü Andrew Schlafly, Dr. Lenski'ye, doğruluklarından şüphe ettiğini ima edercesine, çalışmasındaki orijinal verileri görme talebini belirten bir e-posta yazdı. Lenski bu küstah öneriye herhangi bir cevap vermek zorunda bile değildi ama yine de gayet centilmence bir cevap verdi; Schlafly'den kibarca, çalışmasını eleştirmeden önce bu çalışmayı anlattığı makalesini okumasını istedi. Ayrıca elindeki en iyi verilerin donmuş bakteri kültürleri halinde depolanmış olduğunu ve prensipte, herkesin bu sonuçları sınayabileceğini söyledi. Örnekleri, onlarla ne yapacağını bilen bir bakteriyologa memnuniyetle göndereceğini, ama bu işi bilmeyenlerin elinde bakterilerin oldukça tehlikeli olabileceğini belirtti. Lenski bu işinin ehli birinde bulunması gereken özellikleri acımasız bir detaycılıkla sıraladı; bunu yaparken ne kadar zevk aldığını sezinler gibi oluyorum zira bir bilim insanından ziyade bir avukat olduğunu çok iyi bildiği Schlafly, bırakın nitelikli bir bakteriyolog gibi ileri düzey ve güvenli laboratuar prosedürlerini uygulayıp, sonuçları istatistiksel analize tabi tutabilmeyi, ilgili kelimeleri telaffuzda dahi zorlanacaktı. Tüm bu olan biten, internetteki ünlü bir bilimsel güncenin (blog) sahibi olan PZ Myers tarafından dokunaklı bir biçimde şöyle özetlenmiştir: "Bir kez daha Richard Lenski, Conservapedia'daki budala ve ahmaklara cevap verdi ve adamları altüst etti."

Lenski'nin deneyleri, özellikle dâhiyane "fosilleşme" yöntemi, doğal seçilimin, evrimi bir insanın yaşam süresi içerisinde görebileceği kadar hızlandırıp gözlerimizin önüne serme gücünü göstermektedir. Ama bakteriler bize, bu bahsettiklerimiz kadar net olmasalar da, etkileyici başka örnekler de sunarlar. Birçok bakteri soyu hayret verecek kadar kısa sürelerde antibiyotiklere direnç kazanmıştır. Ne de olsa ilk antibiyotik olan penisilin, Florey ve Chain tarafından İkinci Dünya Savaşı kadar yakın bir tarihte (destansı bir şekilde) geliştirilmişti. Ondan sonra sık aralıklarla yenileri geliştirildi ve bakteriler evrimleşerek bunların hemen hemen her birine direnç kazandı. Günümüzde en kaygı verici örnek, birçok hastaneyi ziyaret edilemeyecek kadar tehlikeli hale getiren MRSA'dir (methycillin-resistant [metisiline karşı dirençli] *Staphylococcus aureus*). Bir diğer tehdit "*C.diff.*"dir (*Clost-*

ridium difficile). Burada yine doğal seçilimin antibiyotiklere dirençli olan soyları desteklemesi söz konusudur, ama bu durum özelinde doğal seçilimin ikinci bir olumsuz etkisi daha vardır. Antibiyotiklerin uzun süreli kullanımı bağırsaklardaki "kötü" bakterilerin yanı sıra "iyi" olanları da öldürür. Birçok antibiyotiğe dirençli olan *C. diff.*, normalde rekabet halinde olacağı diğer bakteri türlerinin yokluğundan büyük fayda sağlar. Burada geçerli olan, "düşmanımın düşmanı dostumdur" kuralıdır.

Bir keresinde doktorumun muayenehanesinin bekleme salonunda, kutuyu tamamen bitirmeden antibiyotik tedavisini yarıda kesmenin tehlikelerini anlatan bir broşürü okumuş ve biraz tedirgin olmuştum. Bu uyarının yanlış olan bir yanı yoktu elbette, beni endişelendiren belirtilen sebepti. Broşürde bakterilerin "zeki" olduğu ve antibiyotiklerle başa çıkmayı "öğrenebildiği" yazıyordu. Broşürün yazarları muhtemelen doğal seçilim yerine öğrenme kavramını kullanırlarsa okuyucunun antibiyotik direnci olgusunu daha kolay anlayacağını düşündüler. Ama bir bakterinin zekiliğinden ve öğrenmesinden bahsetmek kafaları büsbütün karıştırır ve dahası, ilacı neden bitene kadar kullanmak gerektiğinin mantığını hastaya anlatamaz. En ahmak insan bile bakterilerin zeki olarak tanımlanamayacağını bilir. Kaldı ki zeki bakteriler olsaydı bile, antibiyotik tedavisini kutudaki ilaçlar tam bitmeden bırakmak neden zeki bir bakterinin öğrenme kabiliyeti açısından bir fark yaratsın ki? Ama olaya bir kez doğal seçilim açısından bakmaya başladığınızda her şey anlam kazanacaktır.

Tüm zehirlerde olduğu gibi antibiyotiklerde de kullanılan dozun ne olduğu önemlidir. Yeterince yüksek bir doz bütün bakterileri öldürecektir. Yeterince düşük bir doz ise hiçbirini öldürmeyecektir. Bu iki ucun arasındaki bir doz bazı bakterileri öldürecek ama hepsini öldürmeye yetmeyecektir. Eğer bakterilerde, bazılarının antibiyotiğe karşı diğerlerinden daha dirençli olmasını sağlayan genetik bir çeşitlilik varsa, ara bir doz direnç genlerinin seçilimi için biçilmiş kaftan olacaktır. Hekiminizin antibiyotikleri bitirmenizi önermesinin nedeni, bunu yaparak *bütün* bakterileri öldürme şansınızı arttıracak olmanız ve geride dirençli ya da yarı dirençli mutantların kalmasının önüne geçecek olmanızdır. Eğer Darwinci düşünce tarzı konusunda daha iyi eğitilmiş olsaydık, seçilime uğrayan dirençli soyların tehlikesi hakkında daha uyanık olurduk. Doktorumun bekleme salonundaki gibi broşürler bu eğitimi vermeye yardımcı olmaz ve böylece doğal seçilimin şaşılacak gücünü öğretme fırsatı talihsizce harcanmış olur.

LEPİSTESLER

Yakın bir zaman önce Kuzey Amerika'dan Exeter Üniversitesi'ne geçiş yapan meslektaşım Dr. John Endler bana aşağıdaki müthiş (aynı zamanda da üzücü) hikâyeyi anlattı. ABD'de gerçekleştirdiği bir iç hatlar uçuşu sırasında yanındaki koltukta oturan yolcu ile sohbet ediyormuş. Adam, Endler'e ne iş yaptığını sormuş. O da biyoloji profesörü olduğunu, Trinidad'daki yabani lepistes popülasyonları üzerinde çalıştığını söylemiş. Konu adamın giderek daha fazla ilgisini çekmiş ve birçok soru sormuş. Söz konusu deneylere temel teşkil eden teorinin zarafetinden oldukça etkilenmiş olacak ki, bu teorinin ne olduğunu, kimin tarafından geliştirildiğini sormuş. Dr. Endler de bomba etkisi yaratacağını doğru bir şekilde tahmin ettiği cevabını o noktada vermiş: "Buna Darwin'in doğal seçilim yoluyla evrim teorisi diyoruz." Bu cevap üzerine adamın hal ve tavırları bir anda değişmiş. Yüzü kızarmış ve birden diğer yöne dönerek daha fazla konuşmayı reddetmiş, o ana kadar yaptıkları sıcak sohbeti sonlandırmış. Hatta sıcaktan da öteymiş, zira Dr Endler bana şunları yazdı: "O ana kadar adam bana, anlattığım şeyleri şevkle kavradığının işaretçisi olan mükemmel sorular soruyordu. Gerçekten trajik bir durum."

John Endler'in dar görüşlü yol arkadaşına anlattığı deneyler oldukça zarif ve sadedir ve doğal seçilimin ne kadar hızlı işleyebileceğini çok güzel bir şekilde gösterir. Endler'in araştırmasını burada vermenin uygun olacağını düşünüyorum çünkü kendisi aynı zamanda bu tür çalışmaların ve bu çalışmaların yöntemlerinin toplandığı önemli bir kitap olan *Yaban Hayatı'nda Doğal Seçilim*'in de yazarı.

Lepistesler oldukça popüler tatlı su akvaryum balıklarıdır. Tıpkı Bölüm 3'teki sülünler gibi erkek lepistesler dişilerden daha parlak renklere sahiplerdir ve akvaryumcular onları daha da parlak renklere sahip olacak şekilde üretmektedirler. Endler Trinidad, Tobago ve Venezüella'daki dağ derelerinde yaşayan yabani lepistesler (*Poecilia reticulata*) üzerinde çalışmıştır. Endler bu çalışmalarda yerel popülasyonların birbirlerinden çarpıcı şekilde farklı olduklarına dikkat etmiş. Bazı popülasyonlarda ergin erkekler neredeyse akvaryumlarda üretilenler kadar parlak, gökkuşağı renklerine sahiplermiş. Endler tıpkı dişi sülünlerin erkek sülünleri seçtiği gibi, dişi lepisteslerin atalarının da parlak renkli erkekleri seçmiş olabileceğinden şüphelenmiş. Diğer bölgelerde erkekler çok daha mat renklere sahipmiş ama yine de dişilerden daha renklilermiş. Dişiler kadar iyi olmasalar da erkekler de yaşadıkları çakıllı dere tabanında iyi kamufle olmuşlar. Endler, Venezüella ve Trinidad'daki birçok

alanda yaptığı incelikli nicel karşılaştırmalarla, erkeklerin daha az parlak olduğu derelerde aynı zamanda (avcı hayvanlar tarafından gerçekleştirilen) avlanmanın da daha yoğun olduğunu gösterdi. Avlanmanın az olduğu yerlerde erkekler daha parlak renklilerdi ve büyük, gösterişli ve daha fazla sayıda beneğe sahiplerdi; böyle yerlerde erkekler dişileri cezbetmek için daha parlak renkler evrimleştirmekte özgürlerdi. Dişilerin erkekler üzerinde kurduğu daha parlak renkler evrimleştirme baskısı, yerel avcı popülasyonlarının bu baskının tersi yönünde kurduğu baskı güçlü de olsa zayıf da olsa, birbirinden bağımsız olan bütün bu popülasyonlarda vardı. Her zaman olduğu gibi evrim, seçilim baskıları arasında bir denge kurar. Lepistesler özelinde ilginç olan şey ise Endler'in bu dengenin farklı derelerde nasıl farklılık arz ettiğini bilfiil gözlemleyebilmesiydi. Ama Endler daha da iyisini yaptı; bu gözlemler hakkında deneyler yaptı.

Kamuflajın evrimini ortaya koymak için ideal bir deney hazırlamak isteseydiniz ne yapardınız? Kamuflaj sahibi hayvanlar, bulundukları zemini andırırlar. Hayvanların, onları deneysel olarak yerleştirdiğiniz bir ortamın zeminini andıracak şekilde gözlerinizin önünde evrim geçirdiği bir deney tasarlayabilir misiniz? Veya tercihen, her birinde farklı birer popülasyon bulunan iki zemini? Amacımız, Bölüm 3'de gördüğümüz iki mısır bitkisi soyunda yüksek ve düşük yağ içeriği için yapılan seçilim gibi bir şey yapmak. Ama şimdiki deneyimizde seçilim insanlar tarafından değil, avcı [hayvanlar] ve dişi lepistesler tarafından yapılacak. İki deneysel soy arasındaki tek fark onlara vereceğimiz farklı zeminler olacak.

Kamuflajlı bir türe (örneğin böceklere) ait olan birkaç hayvan alın ve bunları farklı renk veya örüntülerde zeminlere sahip kafeslere (veya kapalı alanlara ya da göletlere, hangisi uygunsa) koyun. Örneğin kapalı alanlarınızın yarısına yeşil bir ormanımsı zemin, diğer yarısına ise kırmızımsı kahverengi bir çölümsü zemin verin. Hayvanları yeşil veya kahverengi ortamlarına koyduktan sonra, kendilerince yaşayıp üremelerini sağlayın ve mümkün olduğunca fazla sayıda nesil boyunca bekleyin. Daha sonra gelip, içinde bulundukları zeminleri andırma yönünde evrim geçirip geçirmediklerine bakın. Elbette, geçirdiklerini yalnızca, aynı alana avcılar da koyduysanız umabilirsiniz. Bu yüzden alanlara örneğin bukalemun koyalım. Kapalı alanların *tamamına* mı koyacaksınız? Tabi ki hayır. Bunun bir deney olduğunu unutmayalım; hem yeşil hem kahverengi alanların yarısına avcı koymalısınız. Deneyde, avcı bulunan kapalı alanlarda böceklerin yeşil ya da kahverengi olmak, yani içinde bulundukları zeminleri daha fazla andırmak

yönünde evrileceği öngörüsü sınanacaktır. Ama avcı olmayan kapalı alanlarda kamuflajı evrimleştirmeyi bırakın, tam tersine, dişilerin gözüne çarpabilmek adına içinde bulundukları zeminden daha da farklı olmak yönünde evrilebilirler.

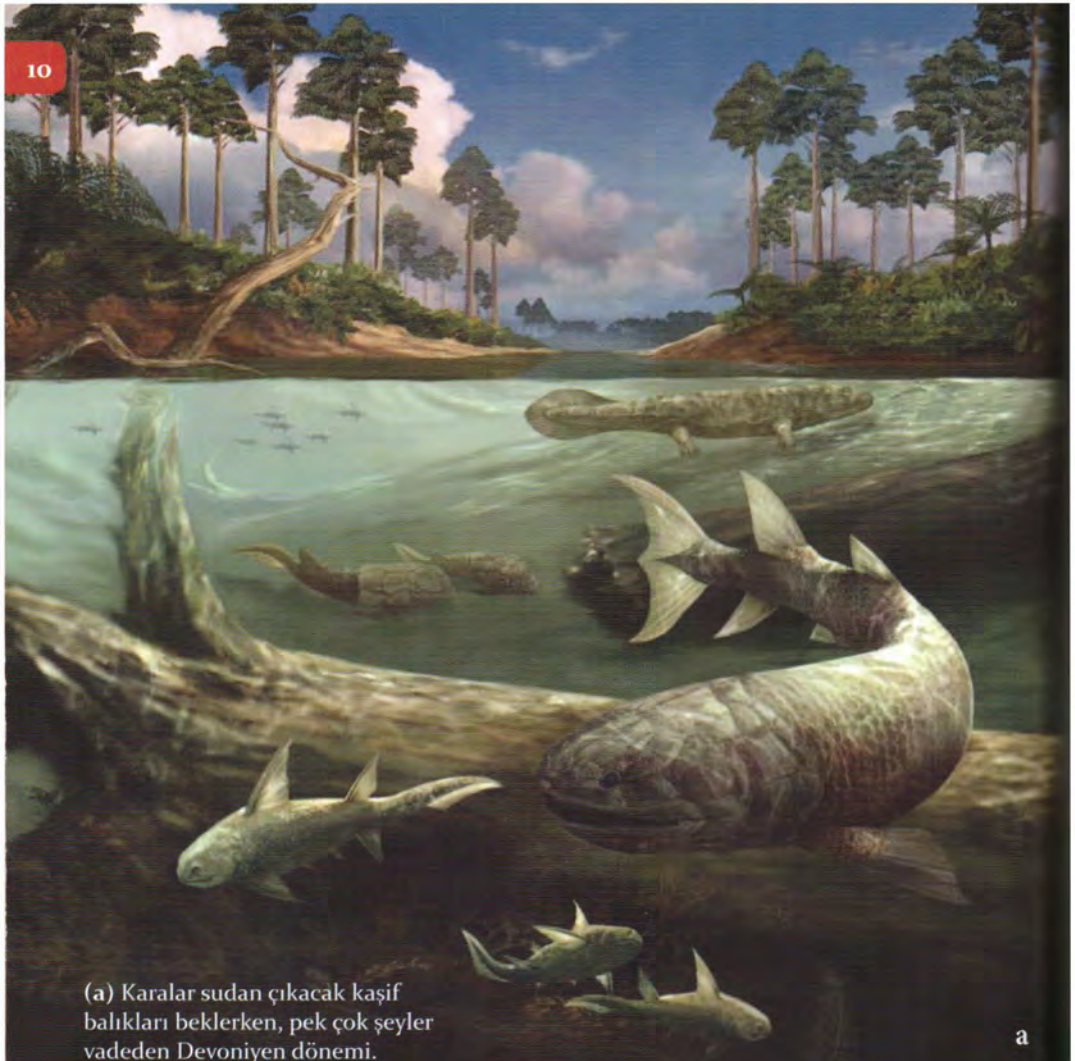
Ne zamandır bu deneyin aynısını sirke sinekleri ile yapmak istedim (sirke sineklerinin nesil süresi çok kısa olduğu için) ama bir türlü zaman ayıramadım. Dolayısıyla John Endler'in böceklerle değil ama lepisteslerle tam da bunu yapmış olması beni bilhassa sevindirdi. Endler avcı olarak elbette bukalemun kullanmadı, turna çiklidi (*Crenicichla alta*) adlı, yaban hayatında lepistesler için oldukça tehlikeli olan bir türü kullandı. Yeşil ve kahverengi zeminler de kullanmadı, onun yerine daha ilginç bir şey yaptı. Lepisteslerin kamuflajlarının büyük bir kısmını, genelde örüntüleri, doğal yaşam ortamlarının çakıllı diplerinin örüntülerini andıran (sıklıkla oldukça büyük olan) benekleriyle sağladıklarını fark etti. Bazı derelerin tabanı daha kalın, çakılımsı taşlardan, bazılarınınkiyse daha ince, kumsu parçacıklardan oluşur. Kullandığı iki zemin bunlardı ve kabul edersiniz ki bu, benim yeşil-kahverengi seçimimden daha zekice yapılmış daha ilginç bir seçim.

Endler, lepisteslerin tropikal dünyasını simüle etmek için büyük bir sera yaptı ve içine on havuz yerleştirdi. On havuzun dibine de taş koydu ama bunların beşindekiler iri, diğer beşindekiler ise ufak taşlardı. Bu işin nereye varacağını görüyor olmalısınız. Öngörü şuydu: yoğun bir avlanmaya maruz kaldıklarında her iki zemindeki lepistesler, evrimsel süreçte, kendi zeminlerini andırmak doğrultusunda farklılaşacaklardır. Avcı baskısının olmadığı ya da az olduğu yerlerde ise erkekler, dişileri cezbedetmek için daha belirgin renklere sahip olmaya meyledeceklerdir.

Havuzların yarısına avcı koyup, yarısına koymamaktansa Endler yine zekice bir şey yaptı. Üç farklı avlanma seviyesi belirledi. İki havuzda (biri küçük, diğeri büyük taşlı) hiç avcı yoktu. Dört havuzda (ikisi küçük, ikisi büyük taşlı) tehlikeli turna çiklidi bulunuyordu. Endler kalan dört havuza başka bir balık türü olan ve lepistesler için görece zararsız olan *Rivulus hartii*'den koydu. *R. hartii* "zayıf bir avcıdır", çiklid ise güçlü bir avcıdır. "Zayıf avcıların" olması, hiç avcı olmamasından daha iyi bir kontrol koşuludur. Bunun nedeni, Endler'in de açıkladığı gibi, bu deneyde iki doğal koşulun canlandırılmaya çalışılmasıdır ve doğada hiçbir avcının bulunmadığı bir dere bilinmemektedir. Bu nedenle güçlü ve zayıf avlanma arasındaki karşılaştırma daha doğal bir karşılaştırmadır.



Bu bir maymun mu? Lemur mu? Süperhalka bu! *Darwinius masillae* bir Adapid primatı olarak sınıflandırıldı ve kesinlikle antropoidlerin atalarına yakın bir yerde bulunuyor, fakat onun "nihayet Charles Darwin'in evrim teorisini doğrulayan ara tür" olduğunu söylemek çok gülünç. Darwin'in teorisi çok uzun zaman önce zaten doğrulandı ve her durumda, sadece bizim yakın akrabalarımız için değil yaşayan bütün yaratıklar için geçerli. Bu fosil "dünyanın sekizinci harikası" olarak tanımlandı. Fakat bu fosilin bulunmasına eşlik eden sıkı sıkıya organize edilen ve garip bir şekilde abartılan reklam gerçekten şaşırtıcı: "47 milyon yıl için en önemli bulgu"; "her şeyi değiştiren küresel bir olay"; "insanların ilk kayıp halkası"; bu makalenin etkisi "Dünya'ya bir göktaşının çarpması gibi" olacak. Absürd bir tantana, ama atalarımıza ışık tutacak çok güzel bir fosil olduğu kesin ve bu da, buraya onun bir resmini koymak için yeterli bir neden.



a



b



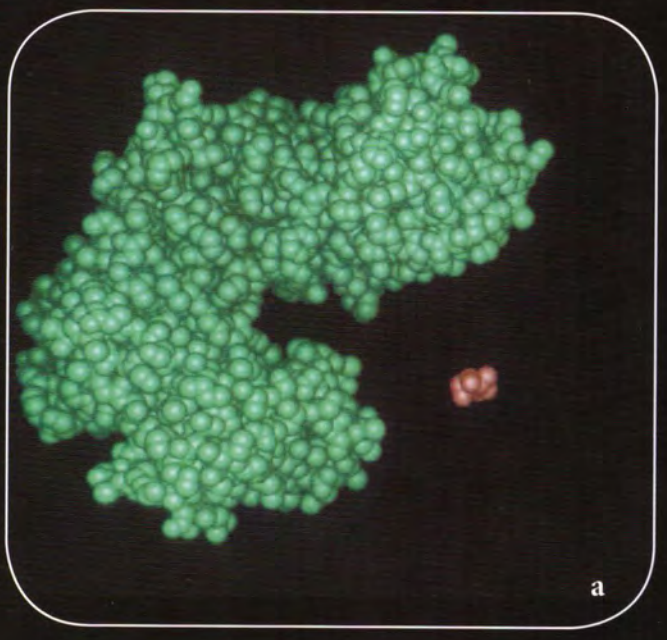
c

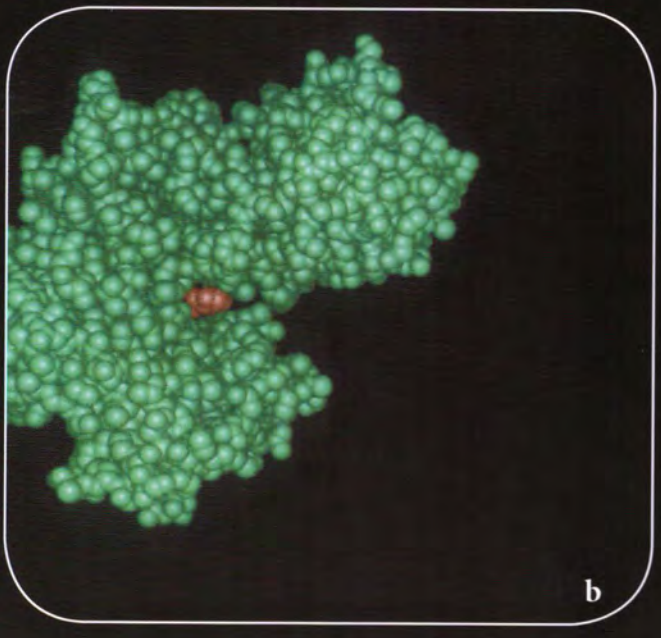
(a) Karalar sudan çıkacak kaşif balıkları beklerken, pek çok şeyler vadeden Devoniyen dönemi. **(b)** ve **(c)** Bu büyük geçişi cisimleştiren şey ise Kanada'nın ödülü olan *Tiktaalik*'in keşfi; bütün diğer "kayıp" halkalar gibi bulunmayı bekliyordu. Fakat karaları keşfeden hayvanların hepsi de orada kalmadılar: mesela, denizciler tarafından denizkızlarına benzetildikleri için tamamına sirenyanlar adı verilen (İngilizcedeki denizkızı kelimesi olan "siren"den geliyor) manatiler **(d**, bebekleriyle) ve dugonglar **(e)** sulara geri döndüler. Sırt kabuğu olmayan şaşırtırıcı proto-kaplumbağa *Odontochelys semitestacea*'nın **(f)** da akla getirdiği gibi, bazı gruplar sulara döndükten sonra bir U dönüşü daha yapıp karalara yeniden çıkmış olabilirler.


d


e


f





(a) ve **(b)** Büyük yeşil molekül, glikozu (küçük kahverengi molekül) ona bir fosfat eklemek suretiyle işleyen önemli bir enzim olan hegzokinaz. Enzimin açık "ağzı" (yani "etkin bölgesi") **(a)**, glikozu mengene gibi sıkıştırıyor **(b)**, fosfat glikoza eklenenirken glikozu tutuyor ve fosfat eklenince bırakıyor. **(c)** Tek bir hücre bile nefes kesecek kadar karmaşıktır. Hücre, zar yapılı ayrıntılı makinelerle ve moleküler taşıma kayışlarıyla doludur, bu haliyle su dolu bir torbacık olmaktan çok ötedir. Böyle bir karmaşıklığın nasıl bir araya getirildiğini anlamanın anahtarı, bütün bunların *yerel* kurallara uyan küçük birimler tarafından yerel olarak yapılmasıdır.

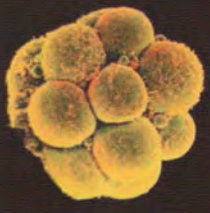


c











İnsan gelişiminin aşamaları. Döllenmiş yumurta ya da zigot (**a**) önce ikiye (**b**), sonra dörde, sonra sekize (**c**), sonra on altıya (**d**) bölünür ve bu bölünmelerin hepsi toplam büyüklükte bir artışa sebep olmaz. Onuncu günde, embriyo rahim duvarına tutunur (**e**). Yirmi ikinci günde nöral boru oluşmaya başlar (**f**). Yirmi dördüncü günde (**g**) embriyo minicik bir balığa benzemektedir. Yirmi beşinci günde (**h**) yüz oluşmaya başlar. Başın arkasındaki küçük delikler embriyonun kulaklarıdır.






i


k

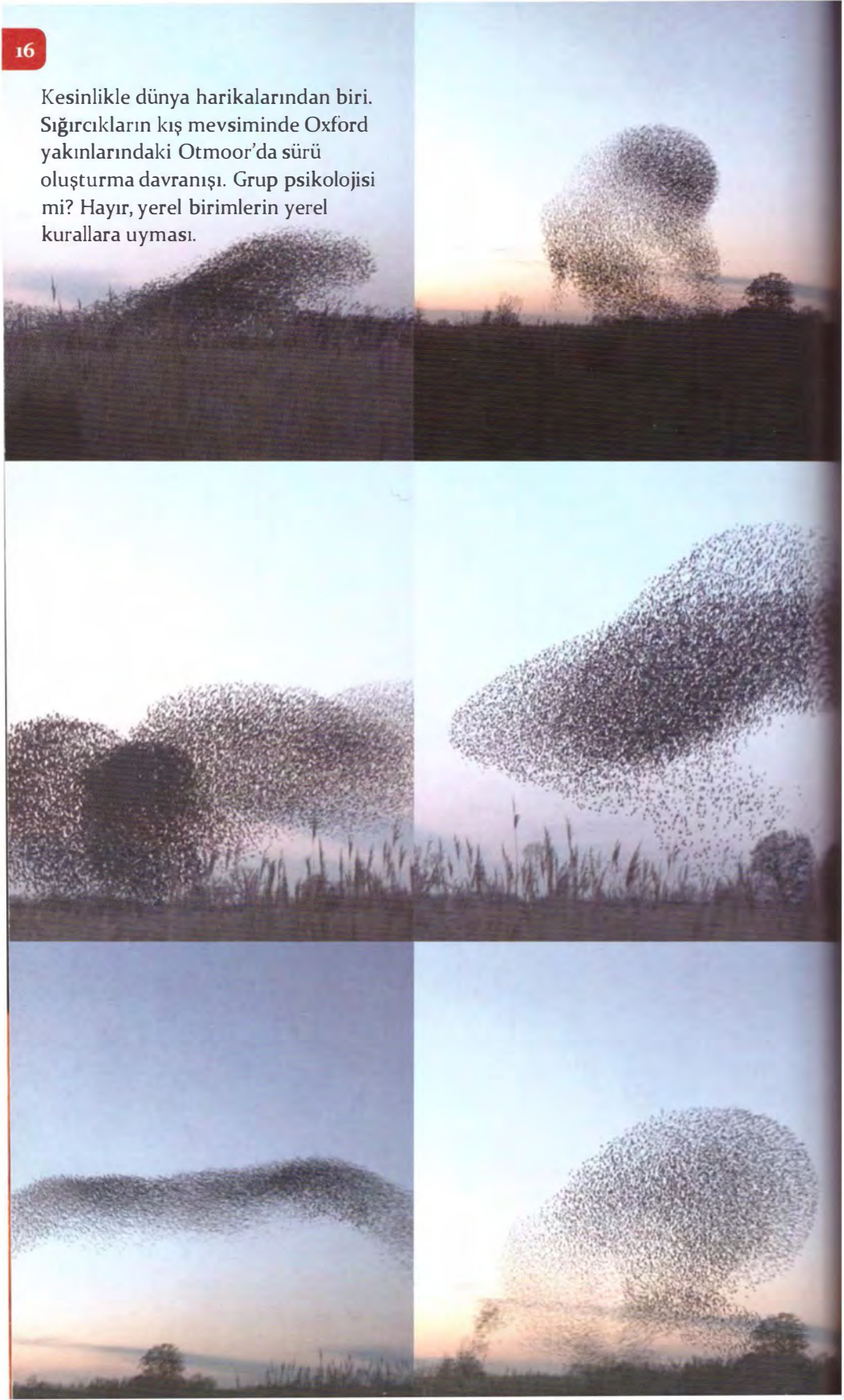
j


l

Beşinci haftayla altıncı hafta arasında (**i**) embriyo bir bebek gibi görünmeye başlamıştır ve doğuma (**m**) dek ve sonrasında boyutu sürekli değişirek büyümeye devam eder.


m

Kesinlikle dünya harikalarından biri. Sığırcıkların kış mevsiminde Oxford yakınlarındaki Otmoor'da sürü oluşturma davranışı. Grup psikolojisi mi? Hayır, yerel birimlerin yerel kurallara uyması.



Dolayısıyla durum şuydu: lepistesler beşi iri, beşi ufak taşlı on havuza rastgele ayrıldılar. On lepistes kolonisinin de altı ay boyunca avcılar olmadan üremesine izin verildi. Gerçek deney bu noktada başladı. Endler iri taşlı iki havuza ve ufak taşlı iki havuza birer "tehlikeli avcı", bunların dışında kalan iri taşlı iki havuza ve ufak taşlı iki havuza da altışar "zayıf avcı" koydu (bir yerine altı zayıf avcı konmasının nedeni iki balığı da doğadaki göreli yoğunluklarına yakın oranlarda bulundurmaktı). Kalan iki havuzdaki lepisteslerse herhangi bir avcı olmaksızın hayatlarına devam ettiler.

Deneye başlandıktan beş ay sonra Endler bütün havuzlarda yoklama yaptı; tüm havuzlardaki tüm lepisteslerin beneklerini saydı ve ölçtü. Bundan dokuz (deney başladıktan on dört) ay sonra aynı şekilde bir yoklama daha yaptı. Peki, ne buldu? Bu kadar kısa bir sürenin ardından bile sonuçlar oldukça şaşırtıcıydı. Endler balıklardaki renk örüntüleri için pek çok ölçüt kullandı. Bunlardan biri "balık başına düşen benek sayısı" idi. Lepistesler havuzlarına ilk konduklarında, yani avcılar konulmadan önce, benek sayısı büyük bir çeşitlilik arz ediyordu çünkü balıklar çok çeşitli avcıları barındıran çok çeşitli derelerden toplanmışlardı. Herhangi bir avcının ortama salınmadığı ilk altı ay boyunca balık başına düşen ortalama benek sayısı tavan yaptı. Bu muhtemelen dişiler tarafından yapılan eş seçiminden kaynaklanıyordu. Daha sonra ortama avcılar sokulduğunda keskin bir değişiklik oldu. Tehlikeli avcının bulunduğu dört havuzda ortalama benek sayısı taban yaptı. Beşinci aydaki yoklamada bu fark açıkça görülüyordu ve on dördüncü ayda yapılan yoklamada benekler daha da azalmıştı. Ama avcı olmayan iki havuzda ve zayıf avcının bulunduğu dört havuzda benek sayısı artmaya devam ediyordu. Beşinci aydaki yoklamada bir doygunluk noktasına ulaşmış, on dördüncü ay yoklamasına dek yüksek seviyelerde kalmıştı. Benek sayısı açısından bakıldığında zayıf avlanma ile avcı olmaması durumları arasında fark görünmüyordu. Kendisini, dişilerin yüksek benek sayısını tercih etmesi şeklinde gösteren eşeysel seçilim ikisine de baskın çıkmıştı.

Benek sayısı ile ilgili bu kadar bilgi yeter. Beneğin büyüklüğü de en az sayısı kadar ilginç bir hikâye anlatmaktadır. Güçlü ya da zayıf avcıların varlığında, iri taşlı zemin görece büyük benekliliği teşvik ederken, ufak taşlı zemin görece küçük benekliliği teşvik etmiştir. Bu durum kolaylıkla şu şekilde yorumlanabilir: benek büyüklüğü taş büyüklüğünü taklit etmektedir. Etkileyici olan, Endler'ın, avcıların olmadığı havuzlarda bunun tam tersini gözlemlemiş olmasıdır. Doğal seçilim erkek

lepisteslerde, ufak taşlı zeminde büyük, iri taşlı zeminde ise küçük benekleri desteklemiştir, zira altlarındaki zemini taklit *etmeyip* daha kolay göründükleri için, dişileri daha çok cezbetmişlerdir. Şahane!

Evet, şahane. Ama bu laboratuarda gerçekleşmiş bir şey. Endler benzer sonuçları doğada da elde edebilir miydi? Evet. İçinde tehlikeli turna çiklidlerinin yüzdüğü doğal bir deredeki erkek lepistesleri inceledi ve onların göreceli olarak daha az fark edilir olduklarını gördü. Her iki eşeyden de lepistesleri yakalayıp, aynı derenin, lepistes ve tehlikeli avcı içermeyen ama zayıf avcı içeren bir koluna götürüp bıraktı ve gitti. Yirmi üç ay sonra aynı yere geri dönüp neler olup bittiğini inceledi. Şaşılacak şekilde, iki yıldan az bir süre içerisinde erkekler daha parlak renklere sahip olma yönünde kayda değer bir değişime uğramıştı. Hiç şüphe yok ki bu değişimin nedeni, avcıların yokluğunda dişilerin yaptığı seçilim baskısıydı.

Bilimin en güzel yanlarından biri halka açık bir faaliyet olmasıdır. Bilim insanları hem yöntemlerini hem de sonuçlarını yayınlarlar. Böylece dünyanın herhangi bir yerindeki herhangi biri aynı çalışmayı tekrarlayabilir. Eğer bu tekrarlardan aynı sonuçları elde etmezlerse bunun nedenini bilmek isteriz. Bilim insanları genellikle önceki çalışmaları tekrar etmekle kalmazlar, aynı zamanda onları bir adım öteye de götürürler. John Endler'in lepistesler üzerine yaptığı dâhiyane araştırma, devamının getirilip genişletilmesi için adeta yalvarıyordu. Bu beklentiye cevap verenlerden biri Kaliforniya Üniversitesi'nden (Riverside) David Reznick oldu.

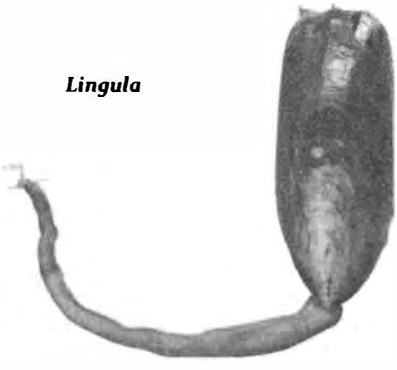
Endler'in, harika sonuçlar elde ettiği deneysel deresinden örnekler almasından dokuz yıl sonra Reznick ve meslektaşları aynı yeri ziyaret edip, Endler'in deneysel popülasyonunun torunlarından örnekler aldılar. Erkekler şimdi çok parlak renkliydi. Endler'in gözlemlediği dişi güdümlü eğilim fazlasıyla devam etmişti. Hepsi bu kadar da değildi. Bölüm 3'teki gümüş tilkileri ve bir özellik (uysallık) için yapılan yapay seçilimin, üreme mevsimi, kulak, kuyruk, kürk rengi vb. gibi diğer birçok özellikteki değişikliği beraberinde nasıl sürüklediğini hatırlıyor olmalısınız. Benzer bir durum, doğal seçilim koşulları altında lepistesler için de gerçekleşmiştir.

Reznick ve Endler, avcı konulmuş derelerdeki lepisteslerle yalnızca zayıf avlanmanın olduğu derelerdeki lepistesler kıyaslandığında görülen renk farkının buzdağının sadece görünen kısmı olduğunu zaten biliyorlardı. Bununla birlikte başka pek çok farklılık da söz konusudur.

Düşük avlanmanın olduğu derelerdeki lepistesler eşeysel olgunluğa, yüksek avlanmanın olduğu derelerdeki lepisteslerden daha geç ulaşırlar, erginliğe ulaştıklarında daha büyük vücutludurlar, daha az sıklıkla yavrularlar, bir seferde daha az sayıda yavrularlar ve yavruları daha büyüktür. Reznick, Endler'in lepisteslerinin torunlarını incelediğinde buldukları neredeyse doğru olamayacak kadar iyiydi. Avcı güdümlü seçilim yerine dişi güdümlü eşeysel seçilime maruz kalmak üzere serbest bırakılan lepistesler, sadece daha parlak renkler edinmekle kalmamışlardı, aynı zamanda saydığım diğer bütün özellikleri de, avcı olmayan doğal popülasyonlarda normal olarak bulunan özelliklere eşdeğer olacak şekilde evrimleştirmişlerdi. Lepistesler avcı bulunan derelerdekilere kıyasla daha geç yaşta olgunlaşıyorlardı, daha iri vücutluydular ve daha az sayıda ve daha büyük yavrular üretiyorlardı. Denge, eşeysel çekiciliğin ön plana çıktığı avcısız havuzlar için geçerli olan norma doğru kaymıştı. Ve tüm bunlar evrimsel standartlara göre baş döndürücü bir hızla gerçekleşmişti. Kitabın ilerleyen bölümlerinde Endler ve Reznick'in tanık olduğu, tamamen doğal seçilimle (eşeysel seçilimi de içererek) güdümlenmiş bu evrimsel değişimin hızının, evcil hayvanların yapay seçiliminin hızıyla kafa kafaya gittiğini göreceğiz. Bu, gözlerimizin önünde gerçekleşen evrime muazzam bir örnektir.

Evrim hakkında öğrendiğimiz şaşırtıcı şeylerden biri onun (bu bölümde gördüğümüz gibi) hem çok hızlı, hem de (fosil kayıtlarından bildiğimiz gibi) başka bazı koşullarda çok yavaş işleyebileceğidir. En yavaş olanları ise "yaşayan fosiller" diye adlandırdığımız canlılardır. Bunlar Lenski'nin donmuş bakterileri gibi gerçek anlamda diriltilmezler. Ama bunlar, eski atalarından bu yana o kadar az değişikliğe uğramışlardır ki, adeta fosil gibidirler.

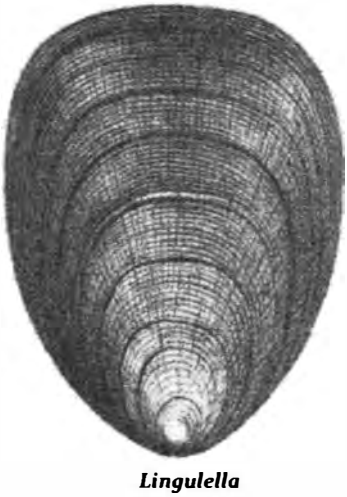
Benim en sevdiğim yaşayan fosil, bir kolsuayaklı (brachiopod) olan *Lingula*'dır. Kolsuayaklıların ne olduğunu bilmeniz gerekmiyor. Eğer deniz ürünü restoranları bütün zamanların en feci yok oluşu olan Permiyen yok oluşundan önce açılmış olsalardı şüphesiz ki *Lingula*'lar menülerinin vazgeçilmez parçaları olurlardı. Üstünkörü bir bakış bunları çift kabuklu yumuşakçalar (midyeler ve türevleri) ile karıştırmamıza neden olabilir ama aslında onlardan oldukça farklıdırlar. Kolsuayaklıların iki kabuğu altlı üstlüyken midyelerinki sağlı solludur. Evrimsel tarihçede çift kabuklu yumuşakçalar ve kolsuayaklılar, Stephen Jay Gould'un unutulmaz deyimi ile geceleyin geçen gemilerdir. Birkaç kolsuayaklı "Büyük Ölümden" (yine Gould'un ifade-



Lingula

si) sağ çıkmıştır ve modern *Lingula* (solda), *Lingulella*'ya (aşağıdaki fosil) o kadar benzemektedir ki, bu fosil ilk bulunduğundan *Lingula* ismi verilmiştir. Bu *Lingulella* örneği 450 milyon yıl öncesi olan Ordovisyen dönemine aittir. Ama ilk olarak *Lingula* diye isimlendirilen ama *Lingulella* olduğu sonradan anlaşılan ve yarım milyar yıl öncesi olan Kambriyen dönemine ait fosiller de mevcuttur. Ama kabul etmeliyim ki fosilleşmiş bir kabuk üzerinden çok fazla çıkarım yapmak mümkün değildir ve bazı hayvanbilimciler *Lingula*'nın neredeyse hiç değişmemiş bir "yaşayan fosil" olduğu iddiasını reddetmektedirler.

Evrimsel tartışmalarda karşılaştığımız sorunların birçoğu yalnızca, hayvanların, farklı hızlarda evrilecek kadar, hatta bazen hiç evrilmeyecek kadar düşüncesiz olmalarından kaynaklanır. Eğer evrimsel değişim miktarının geçen zamanla orantılı olmasını zorunlu kılan bir doğa kanunu olsaydı, benzerlik derecesi doğrudan, akrabalığın yakınlığını yansıtırdı. Ne var ki gerçek dünyada, (onların eşsiz olduğu algımıza, evrim ağacındaki komşularının gökten gelen bir faciayla yok olmasının da yardımıyla) sürüngen kökenlerini Mezozoik tozunun içinde bırakan kuşlar gibi evrimsel sürat koşucularına katlanmak zorundayız. Diğer uçta ise *Lingula* gibi, (aşırı örneklerde) neredeyse, çöpçatan bir zaman makinesi onlar için bir randevu koparabilse uzak atalarıyla çiftleşebilecek kadar az değişmiş "yaşayan fosillere" katlanmak zorundayız.



Lingulella **neredeyse modern akrabalarıyla aynıdır**

Tek ünlü yaşayan fosil örneği *Lingula* değildir. Diğer örnekler arasında, at nalı "yengeci" olarak da bilinen *Limulus* ve bir sonraki bölümde tanışacağımız sölokantlar vardır.

BÖLÜM 6

KAYIP HALKA MI? “KAYIP” DERKEN NEYİ KASTETTİNİZ?

YARADILIŞÇILAR FOSİL kayıtlarını pek severler, çünkü birbirlerine sürekli "fosil kayıtlarında bir sürü 'boşluk' var" mantrasını tekrar tekrar söylemeleri (yine diğer yaradılışçılar tarafından) öğütlenmiştir: "Bana 'ara formları' göster!" Bu "boşlukların" evrimciler için bir utanç kaynağı olduğunu çok (ama çok) büyük bir keyifle hayal ederler. Bırakın elimizde hâlihazırda inanılmaz sayıda bulunan ve evrimsel tarihi belgeleyen (üstelik de aralarında harikulade "ara formların" da bulunduğu) fosilleri, aslına bakılırsa, herhangi bir fosili bulabildiğimiz için bile çok şanslıyız. Dokuzuncu ve onuncu bölümlerde evrimin gerçek olduğunu göstermek için fosillere ihtiyacımız bile olmadığını anlatacağım. Eğer tek bir vücut bile fosilleşmemiş olsaydı, evrimin kanıtları tamamen sağlam olurdu. Kazabileceğimiz zengin fosil madenlerine sahip olmamız tam anlamıyla bir "ikramiye" ve her geçen gün daha çok fosil keşfediliyor. Pek çok hayvan grubuna ilişkin fosil kanıtları muazzam bir güce sahip. Fakat elbette her şeye rağmen boşluklar var ve yaradılışçılar o boşluklara hastalıklı bir sevgi duyuyor.

Gelin, dedektifin hiçbir görgü tanığının bulunmadığı suç mahalline geldiği benzeşimimize geri dönelim. Baronet vurulmuştur. Tabanca üzerindeki ter izinden elde edilen DNA, parmak izleri, ayak izleri ve güçlü bir motivasyon, suçlunun uşak olduğuna işaret ediyor. Bu hemen çözülebilecek bir vaka gibi görünüyor, nitekim hem jüri hem de mahkemedeki diğer insanlar cinayeti uşağın işlediğine ikna olmuş görünüyorlar. Fakat uşağın suçlu olduğu kararına varacağı her halinden belli olan jüri karar almak için mahkeme salonundan çıkmadan hemen önce yeni bir kanıt ortaya çıkıyor: birisi baronetin eve hırsızlara karşı gizli kameralar koydurduğunu hatırlıyor. Herkes nefesini tutmuş bir şekilde kamera kayıtlarını izliyor. Kayıtlardan biri uşağın çekmeceyi açtığını, içinden tabancayı çıkarıp doldurduğunu ve yüzünde habis bir ifadeyle sinsice odadan çıktığını gösteriyor. Bu kaydın davayı iyice uşağın aleyhine çevirdiğini düşünebilirsiniz. Ama acele etmeyin. Uşağın savunma avukatı kurnazlıkla, cinayetin işlendiği kütüphanede ve uşağın odasına giden koridorda hiçbir gizli kamera olmadığına dikkat çekiyor. İşaret parmağını o avukatlara özgü ikna edici havayla sal-

lıyor. "Kamera kayıtlarında bir *boşluk* var! Uşak odasından çıktıktan sonra neler olduğunu bilmiyoruz. Müvekkilimin mahkûm edilmesi için yeterli kanıt olmadığı çok açık."

Savcı, beyhude bir çabayla, bilardo odasında ikinci bir kamera olduğuna ve bu kameranın açık kapıdan koridoru da çeken kayıtlarının elinde hazır silahı ile parmak ucunda koridor boyunca kütüphaneye doğru ilerleyen uşağı gösterdiğine dikkat çekiyor. Bu görüntülerin kamera kaydındaki boşluğu doldurduğu aşikâr değil mi? Uşağın suçlu olduğunun kanıtları şüphe götürmez değil mi? Ama hayır. Savunma avukatı, muzafferane, son kozunu oynuyor. "Ama uşak bilardo odasının açık kapısının önünden geçtikten sonra ne olduğunu bilmiyoruz ki. Bu durumda artık kamera kayıtlarında *iki* boşluk var. Jürideki sayın baylar ve bayanlar, başka sözüm yok. Son bilgiler ışığında müvekkilime karşı öncekinden de az kanıt bulunmaktadır."

Fosil kayıtları bu cinayet öyküsündeki gizli kameralar gibidir, yani aslında sahip olmayı beklemeye bile hakkımızın olmadığı bir "ikramiyedir." Zira hâlihazırda zaten uşağın suçlu bulunması için fazla fazla kanıt bulunmaktadır ve zaten jüri gizli kamera kayıtları ortaya çıkmadan hemen önce uşağın suçlu olduğuna karar vermek üzeredir. Benzer şekilde, evrimin gerçek olduğuna dair, günümüzde yaşayan türlerin karşılaştırılma çalışmalarından (10. Bölüm) ve coğrafi dağılımlarından (9. Bölüm) elde edilen fazla fazla kanıt bulunmaktadır. Fosillere *ihtiyacımız bile yok*; evrimin gerçekliği onlarsız bile su götürmez; bu durumda fosil kayıtlarındaki *boşlukları* sanki evrime karşı kanıtlarmış gibi kullanmak tam bir çelişki. Dediğim gibi, fosillere sahip olduğumuz için bile şanslıyız.

Evrime karşı, hem de çok güçlü bir şekilde karşı bir kanıt ancak yanlış coğrafi bir katmanda bulunacak tek bir fosil *olabilirdi*. Dördüncü bölümde bundan bahsettim. J.B.S.Haldane, kendisine evrim kuramını çürütecek bir gözlemin ne olabileceği sorulduğunda o ünlü cevabı yapıştırıvermişti: "Kambriyen öncesi dönemden fosil tavşanlar!" Şimdiye kadar böyle bir tavşan, anakronistik yani yanlış zaman diliminde gözlenen herhangi bir fosil bulunmamıştır. Elimizdeki bütün fosiller, ki bu fosillerin sayıları çok ama çok fazla, tek bir istisna olmaksızın doğru bir zamansal sıralamaya oturuyor. Evet arada hiçbir fosilin bulunmadığı boşluklar var ama bu zaten beklenen bir şey. Hiçbir fosilin evrim geçirmeden *hemen önce* bulunduğu görülmüş şey değildir.

Bu bize çok şeyler anlatan bir gerçek (ve bu gerçeğin yaradılış kuramının bir parçası olmasını beklemek için hiç hiçbir sebep yok). Dördüncü bölümde kısaca değindiğim gibi, iyi bir kuram aksi ispatlanmaya müsait olduğu halde kimse tarafından çürütülememiş olan kuramdır. Evrim, eğer tek bir fosil yanlış zaman diliminde ortaya çıksaydı rahatlıkla çürütülebilirdi. Evrim bu sınavı havada karada geçmiştir. Evrime karşı şüpheyle yaklaşan ve bunda haklı olduklarını kanıtlamak isteyenlerin özenle ve sebatla kayaları tırtıklamaları ve umutsuzca anakronistik fosiller bulmaya çalışmaları gerekirdi. Belki de bulurlar. İddiaya var mısınız?

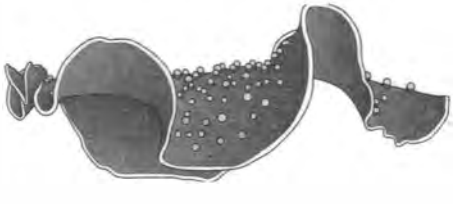
Yaradılışçıların en çok sevdikleri, en büyük boşluk, Kambriyen Patlaması'ndan hemen öncekidir. Yarım milyar yıldan biraz fazla bir zaman önce, Kambriyen döneminde, pek çok önemli hayvan sınıfı (hayvanlar âlemindeki ana bölümler) fosil kayıtlarında "birdenbire" ortaya çıkıyorlar. Birdenbire derken, bu hayvan gruplarının Kambriyen'den yaşlı kayalarda hiç bulunmadıklarını kastediyoruz, şıp diye ansızın beliriverdiklerini değil: sözünü ettiğimiz süreç yaklaşık 20 milyon yılı kapsıyor. Yirmi milyon yıl, yarım milyar ile karşılaştırınca insana kısa geliyor. Ama elbette evrim için bugün de olduğu gibi o zamanlarda da 20 milyon yıl, 20 milyon yıldır! Her neyse, yine de görece anlık bir olaydır ve daha önce de bir kitabımda yazdığım gibi:

> Kambriyen döneminde ciddi sayıda önemli hayvan sınıfı, ortaya çıktıkları ilk zamanda bile hali hazırda ilerlemiş bir evrim aşamasındadır. Adeta hiçbir evrimsel tarihleri yoktur ve oraya elle konulmuş gibilerdir. Sanırım söylememe gerek yok, bu hayvanların aniden belirişi yaradılışçıların pek hoşuna gitti.

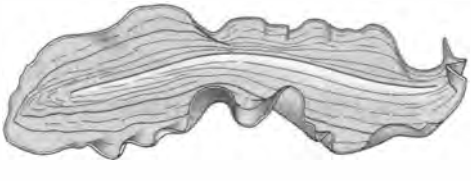
Son cümleden anlıyoruz ki, yaradılışçıların Kambriyen Patlamasını seveceklerini anlayabilecek durumdaymışım. Fakat o zamanlar (1986'da) onların, yaptığım açıklamayı dikkatlice çıkarıp, benim cümlelerimi bana karşı ve kendi çıkarlarına yönelik tekrar tekrar sinsice alıntılayacaklarını fark edecek kadar akıllı değilmişim. Sırf meraktan internette "Adeta hiçbir evrimsel tarihleri yoktur ve oraya elle konulmuş gibilerdir" cümlesini arattım ve 1250'nin üzerinde sonuçla karşılaştım. Bu sonuçların çoğunun yaradılışçı alıntı cımbızcılarını temsil ettiği hipotezimi kaba bir yöntemle kontrol etmek için, karşılaştırma olarak, *Kör Saatçi* kitabımda yukarıdaki cümlenin hemen ardından

gelen cümleyi aramayı denedim: "Bununla birlikte her alandan evrimciler bunun fosil kayıtlarında hakikaten büyük bir boşluğu temsil ettiğine inanırlar." Bu aramadan toplam 63 sonuç çıktı, önceki cümlenin 1250 sonucuna nazaran. 1250'nin 63'e oranı 19,8. Bu orana Alıntı Cımbızlama indeksi diyebiliriz.

Kambriyen Patlamasından daha önce çok bahsettim, özellikle de *Gökkuşağını Sökmek (Unweaving the Rainbow)* kitabımda. Burada bunlara, yassı solucanların (*Platyhelmintes)* gözler önüne serdiği yeni bir nokta ekleyeceğim. Bu geniş solucan şubesine, tıbbi açıdan da çok büyük önem taşıyan, parazit sülükler ve tenyalar da dâhildir. Bununla birlikte, benim en sevdiklerim serbest yaşayan silli solucanlardır (*Turbellaria*) ve bunların binin üzerinde türü bulunur: bu sayı neredeyse bütün memeli türlerinin toplamı kadardır. Silli solucanların bazıları, bu iki resimde de görebileceğiniz gibi, muhteşem bir güzelliğe sahiptir. Hem suda hem de karada kendilerine bol rastlanır ve büyük olasılıkla çok uzun zamandır da yaygın olarak bulunmaktadırlar. O zaman sanırsınız ki çok zengin bir fosil tarihi bulacaksınız. Ne yazık ki elimizde neredeyse hiçbir şey yok. Pek belirgin olmayan bir avuç fosil izinin dışında, şimdiye kadar tek bir yassı solucan fosili bulunmamıştır. *Platyhelminthes*, ilk ortaya çıktığı anda çoktan bir solucan için "evrimsel olarak ileri bir aşamadadır. Adeta hiçbir evrimsel tarihleri yoktur ve oraya elle konulmuş gibilerdir." Ama bu defa, "ilk ortaya çıktıkları zaman" Kambriyen değil günümüzdür. Bunun ne demek olduğunu anlıyor musunuz, ya da en azından yaradılışçılar için ne anlama gelmesi gerektiğini? Yaradılışçılara göre, yassı solucanlar bütün diğer organizmalarla aynı zamanda yaratılmıştır. Bu durumda fosilleşmek için onların da diğer hayvanlarla tam olarak eşit vakitleri oldu. Geçen bunca yüzyılda, o kemikli, kabuklu hayvanlar binlerce fosil bırakırken, yassı solucanlar, kayalarda varlıklarına dair hiçbir iz bırakmadan, diğer hayvanların yanında mutlu mesut yaşamış olmalılar. Peki o zaman, yassı solucanların tarihinin *kocaman bir boşluk*tan ibaret olduğunu göz önünde bulundurursak, fosilleşen hayvanların



Turbellaria - hiç fosilleri yok, ama çok uzun zamandır ortalarda olmalılar



kayıtlarındaki boşlukları bu kadar özel yapan ne: üstelik de, yaradılışçıların iddialarına göre, yassı solucanların dünya üzerinde geçirdikleri vakit diğerleri ile aynı uzunluktaysa? Kambriyen Patlamasından önceki boşluk pek çok hayvanın birdenbire Kambriyen sırasında ortaya çıktığına ilişkin bir kanıt olarak kullanılıyorsa, aynı "mantık" yassı solucanların da daha dün vücut bulduklarını kanıtlamak için kullanılmalıdır. Fakat bu, yaradılışçıların, yassı solucanların diğer her şeyle birlikte aynı yaradılış haftasında var edildikleri inancına ters düşüyor. Her ikisine de sahip olamazsınız. Bu ispat, yaradılışçıların fosil kayıtlarındaki Kambriyen öncesi boşluğun evrime ilişkin kanıtları zayıflattığı iddiasını bir kalemde yıkıyor.

Evrimsel görüşe göre, Kambriyen döneminden önce neden bu kadar az fosil var? Eh, büyük ihtimalle, coğrafi dönemlerden bugüne yassı solucanlar için geçerli olan etkenler, hayvanlar âleminin Kambriyen'den önce yaşayan tüm diğer üyeleri için de geçerliydi. Büyük olasılıkla Kambriyen'den önce yaşayan hayvanların çoğu günümüzdeki yassı solucanlar gibi yumuşak bedenliydi, ayrıca günümüz silli solucanları gibi de görece küçük boyutluydular, ki bunlar iyi fosil malzemesi değildir. Daha sonra yaklaşık yarım milyar yıl önce hayvanların rahatça fosilleşmelerine izin veren bir şey oldu; mesela sert ve mineral yapılı iskeletler ortaya çıktı.

"Fosil kayıtlarındaki boşluğun" daha önceki ismi "kayıp halkalar" idi. Victoria dönemi İngiltere'sinde bu söz oldukça rağbet görmüştü ve 20. yüzyıla kadar kalmayı başardı. Darwin'in kuramının yanlış anlaşılmasından ortaya çıktı ve bugün "neandertal" kelimesinin bir hakaret olarak (ama yanlış bir şekilde) kullanılmasına benzer şekilde kullanıldı. *Oxford İngilizce Sözlüğü*'nün listelediği örnek alıntılardan 1930 tarihli bir tanesinde, D. H. Lawrence kendisine "kokuşmuş bir ismin var" diyen bir kadından bahsediyor. Kadının sözleri şöyle devam ediyor: "Sen, bir kayıp halka ve şempanze karışımı olan sen."

"Kayıp halka" sözünün ilk ortaya çıktığı zamanki (ama az sonra anlatacağım gibi hep karıştırılan) anlamı, Darwin'in kuramında insanlarla diğer primatlar arasındaki hayati bir halkanın eksik olduğunu ima ediyordu. Sözlüğün aydınlatıcı örneklerinden, Victoria dönemine ait bir diğeri, "kayıp halka" sözünü şöyle kullanıyor: "Kayıp halka diye birşeyden bahsedildiğini duydum, insanlarla şebekler arasında." Tarih inkarcıları, bugüne dek alaycı olduğunu düşündükleri bir ses tonuyla hep şunu söylemekten hoşlanageldiler: "Ama hala kayıp halkayı bula-

madınız" ve genellikle tam olsun diye Piltdown Adamı'na dair de bir taş atarlar. Piltdown sahteciliğini kimin yaptığını kimse bilmiyor, ama bir bulunursa cevap vermesi gereken çok soru olacak.[1] İlk bulunan insansı maymun fosili adaylarından birinin sahte olması, tarih inkârcılarının sahte olmayan bir sürü başka fosili de görmezden gelmelerine bahane oldu; bu konuda kafa ağrıtmaktan hala vazgeçmediler. Eğer gerçeklere bir baksalardı, elimizde çağdaş insanı şempanzeyle paylaştığı ortak ataya bağlayan bir sürü ara fosil olduğunu göreceklerdi. Dalın insan tarafında tabi. İlginçtir ki (ne şempanze ne de insan olan) bu ortak atayı günümüz şempanzelerine bağlayan bir fosil henüz bulunmadı. Bunun nedeni belki şempanzelerin fosilleşmek için iyi bir ortam sağlamayan ormanlarda yaşıyor olmasıdır. Yani eğer kayıp halkalardan şikâyet edecek biri varsa o da şempanzelerdir, insanlar değil!

Bu durumda yukarıda anlattıklarım, "kayıp halkanın" anlamlarından bir tanesi. Bu "kayıp halka" insan ile hayvanlar âleminin kalanı arasındaki sözüm ona boşluk demek oluyor. Bu anlamıyla kayıp halka, yumuşatarak söyleyecek olursak, artık kayıp filan değil. Bu konuya, özellikle insan fosillerini ele alan bir sonraki bölümde geri döneceğim.

"Kayıp halkanın" diğer bir anlamı da ana gruplar arasındaki "geçiş formlarının" sözde yetersiz sayıda olmasıyla ilgili: örneğin sürüngenlerle kuşlar, ya da balıklarla ikiyaşayışlılar (amfibiler) arasında. "Ara formları gösterin!" Evrimciler tarih inkârcılarının bu meydan okuyuşlarına genellikle onlara *Archaeopteryx*'in, yani "sürüngenler" ve kuşlar arasındaki ünlü "ara formun", kemiklerini atarak cevap verirler. Az sonra göstereceğim gibi, bunu yapmak bir hata. Bu meydan okumaya verilmesi gereken cevap *Archaeopteryx* değil, çünkü ortada cevap vermeye değecek bir soru bile yok. *Archaeopteryx* gibi ünlü bir fosili kullanmak buradaki mantık hatasını destekliyor. Zira, fosillerin büyük çoğunluğu için, her birini bir şeyden diğerine geçiş formu olarak göstererek iyi bir savunma yapmak mümkün. *Archaeopteryx* ile cevaplanmış gibi görünen bu sözde meydan okuyuş, Büyük Varlık Zinciri olarak bilinen eskimiş bir anlayışa dayanmaktadır; ki bu da benim, bu konudan bölümün ilerleyen sayfalarında bahsettiğim kısmın başlığıdır.

1- Çoğunluk, amatör taşılbilimci Charles Dawson'dan şüpheleniyor ama Stephen Jay Gould merak uyandıran bir şekilde bunu Pierre Teilhard de Chardin'in yapmış olabileceği şeklindeki alternatif teorisini ortaya attı. Cizvit bir din adamı olan Teilhard'ın ismini, daha sonra yazdığı ***İnsan Fenomeni*** isimli kitaptan hatırlıyor olabilirsiniz, ki bu kitap, emsalsiz Peter Medawar'ın tarihteki en olumsuz kitap eleştirilerine maruz kalmıştı (***Çözülebilir Olanın Sanatı*** *(The Art of the Soluble)* ve ***Pluto'nun Devleti'nde*** *(Pluto's Republic)* yeniden yayınlandı).

Bütün bu "kayıp halka" sorularının en aptalca olanları şu ikisidir (ya da bunların bol bol bulunan benzerleridir). Birincisi, "Eğer insanlar kurbağa ve balıktan geçerek maymunlardan geldilerse, o zaman neden fosil kayıtlarında 'maybağa' yok?" İslamcı bir yaradılışçının saldırgan bir tavırla neden hiç timsavuk yok diye sorduğuna şahit oldum. Ve ikincisi de şu, "Bir maymunun insan bebek doğurduğunu gördüğüm zaman evrime inanacağım." Bu sonuncusu da diğerlerinin düştüğü hataya düşüyor, üstelik bir de büyük evrimsel değişikliklerin bir gecede oluverdiği düşüncesine sahip.

İşe bakın ki, bu mantık hatalarından ikisi, *Sunday Times*'ta (Londra) televizyonda yayınlanmış ve Darwin'le ilgili benim sunduğum bir belgeseli anlatan bir makaleye gelen yorumlar arasında arka arkaya beliriveriyor bir anda:

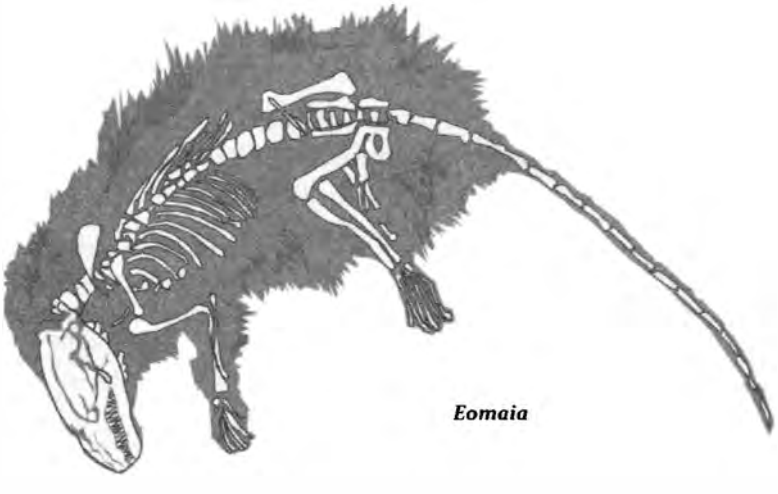
> Dinle ilgili Dawkins görüşleri çok saçma, çünkü Evrimin kendisi de bir dinden fazlası değil – hepimizin tek bir hücreden geldiğine inanmak zorundasınız ... ve bir sümüklüböceğin maymuna dönüşebileceğine falan. Ha ha, bu şimdiye kadar duyduğum en gülünesi din!!
>
> *Joyce, Warwickshire, Birleşik Krallık*
>
> Dawkins'in, bilimin neden kayıp halkaları bulamadığını açıklaması gerekiyor. Temelsiz bilime inanmak, Tanrıya inanmaktan daha da peri masalcılığı.
>
> *Bob, Las Vegas, ABD*

Bu bölümde, bunlar ve benzeri mantık hataları ile ilgileneceğiz ve bu işe en aptalından başlayacağız zira onun cevabı diğerlerine bir giriş niteliğinde.

"BANA TİMSAVUĞUNU GÖSTER!"

"Fosil kayıtlarında neden bir maybağa yok?" Eh, çünkü elbette maymunlar kurbağalardan gelmiyor. Aklı başında hiçbir evrimci şimdiye kadar böyle bir şeyi ya da tavukların timsahlardan geldiğini ya da timsahların tavuklardan geldiğini söylemedi. Maymunlar ve kurbağaların, ne kurbağaya ne da maymuna benzemeyen, ortak bir atası var. Belki bu ata biraz semendere benziyordu ve nitekim elimizde doğru zaman

dilimine ait olan ve semender benzeri fosiller var. Ama mesele bu değil. Milyonlarca tür hayvanın her biri diğeriyle ortak bir ataya sahip. Eğer evrimi kavrayışınız bir maybağa ya da timsavuk görmeyi beklememiz gerektiğini düşüneceğiniz kadar çarpıksa köpekomatezlerin ve filpanzelerin olmamasını da çılgıncasına ironik buluyor olmalısınız. Hatta, kendinizi neden memelilerle sınırlandırasınız ki? Kangarafatma (kanguru ve kara fatma arasındaki geçiş formu) veya ahtaplan (ahtapot ve kaplan arasındaki geçiş formu) nasıl? Neden olmasın? Bu şekilde birbiriyle yoğurabileceğiniz hayvan isimlerinin sayısı sonsuz.[1] Elbette su aygırları köpeklerden gelmiyor (veya köpekler su aygırlarından). Şempanzeler fillerden gelmiyor, ya da filler şempanzelerden. Tıpkı maymunların da kurbağalardan gelmiyor olduğu gibi. Günümüzdeki hiçbir tür diğer bir çağdaş türden türemedi (eğer yakın zamanda gerçekleşmiş türleşmeleri saymazsak tabi). Nasıl ki kurbağa ve maymunun ortak atası sayılabilecek bir fosil bulabilirsiniz, filler ve şempanzelerin ortak atası olabilecek bir fosil bulmanız da mümkün. İşte bunlardan biri olan *Eomaia*, erken Krestase döneminde yani 100 milyon yıldan biraz önce yaşamıştı.



Eomaia

Gördüğünüz gibi *Eomaia* ne bir şempanzeye ne de bir file benziyor. Sivrifareyi andırıyor, büyük ihtimalle onların ortak atalarına çok benziyordu, ki bu ortak atayla yaklaşık aynı zamanda yaşamış olmalıydı. Yine görüyorsunuz ki, *Eomaia* benzeri atadan fil soyuna kadar ve aynı *Eomaia* benzeri atadan şempanze soyuna kadar giden her iki süreçte

1- "Sonsuz" kelimesini, genelgeçer ama çoğunlukla suistimal edilen anlamıyla, yani çok çok fazla anlamında kullanıyorum. Bu isimlerin sayısını gerçekten hesaplamak istersek her türün bir diğeri ile çiftli kombinasyonlarının sayısını bulmamız gerekir; ve bu da sonsuza o kadar yakın bir sayıdır ki, sonsuz demekle pratikte değişen bir şey yok!

de pek çok evrimsel değişiklik meydana gelmiş. Fakat *Eomaia* hiçbir açıdan bir filpanze değil. Eğer olsaydı bile, bir deniz köpeğineği de olması gerekirdi çünkü bir şempanzenin ve filin ortak atası olan her ne ise, bu tür aynı zamanda köpeğin ve deniz ineğinin de ortak atasıdır. Bu atanın aynı zamanda yerdomusuaygırı olması gerekirdi, zira aynı ata, yerdomuzu ile su aygırının da ortak atası. Deniz köpeğineği (ya da filpanze, ya da yerdomusuaygırı ya da kangurgedan veya bufaslan) fikri son derece evrimsellikten uzak ve son derece gülünç. Keza bir maybağa da öylesine gülünç ve bu küçük nüktenin failinin, yani Avusturyalı gezgin vaiz John Mackay'ın, İngiltere'deki okulları, kendisini bir "yerbilimci" olarak tanıtarak 2008'den beri geziyor olması (2009'da da bir tura çıktı) ve gezileri sırasında masum çocuklara eğer evrim doğru olsaydı fosil kayıtlarında "maybağalar" olması gerektiğini öğretiyor olması büyük rezalet.

Aynı derecede gülünç bir başka örnek de Müslüman yaradılış savunucusu Harun Yahya'nın savurganca hazırlanmış, gösterişli resimlerle süslenmiş, devasa ama budalalık derecesinde cahillikler içeren kitabı Yaradılış Atlası. Çok açık ki bu kitabı basmak bir servete mal olmuş, ki aralarında benim de bulunduğum on binlerce bilim öğretmenine bedava dağıtıldığını düşünmek durumu hayret verici hale sokuyor. Kitaba muazzam paralar dökülmüş olmasına rağmen, içindeki hatalar efsane haline geldi. Çoğu kadim fosilin günümüzde yaşayan örneklerinden ayırt edilemez olduğunu göstermek amacıyla, Yahya bir deniz yılanını sanki "yılanbalığıymış" gibi (bu iki hayvan birbirlerinden o kadar farklıdır ki, omurgalılarda iki ayrı sınıfa yerleştirilmiştir), deniz yıldızını "kırılgan yıldızmış" gibi (aslında iki farklı derisidikenli sınıfıdır bunlar), bir sabellid solucanını (bir tür halkalı solucan) "krinoid deniz zambağı" gibi (bir derisidikenli: bu ikisinin farklı şubelerden geliyor olmalarını bırakın, ikisi de hayvan olmakla birlikte farklı alt-âlemlere aitler, hem hayvan olup hem de daha uzak akraba olmak isteselerdi, birbirlerine ancak bu kadar uzak olabilirlerdi) ve nihayet (hepsinden de muhteşemi) bir balık yemini "şayak sineği" gibi gösteriyor (bakınız renkli sayfa 8).

Fakat bu cevher gibi partizanca gülünçlüklere ek olarak, kitapta bir de kayıp halkalar bölümü var. Resimlerden biri, bir balıkla bir denizyıldızı arasında hiçbir geçiş formu olmadığını göstermek amacıyla ciddi ciddi kitaba konmuş. Yazarın, denizyıldızı ve balık kadar birbirinden böylesine farklı iki hayvan arasında evrimcilerin bir geçiş bek-

leyeceklerini cidden düşünüyor olmasının inanılmaz olduğunu düşünüyorum. Bu durumda, elimde olmadan onun, hitap ettiği kitleyi çok iyi tanıdığından ve bilerek ve küçümseyerek onların cehaletinden faydalandığından şüpheleniyorum.

"BİR MAYMUNUN İNSAN BEBEK DOĞURDUĞUNU GÖRDÜĞÜM ZAMAN EVRİME İNANACAĞIM."

Tekrar edeyim, insanlar maymundan gelmemiştir. Maymunlarla ortak bir atamız var. Olay şu ki, ortak ata insandan çok bir maymuna benziyor olmalıydı ve eğer biz onunla şöyle 25 milyon yıl önce tanışabilseydik büyük ihtimalle ona maymun derdik. Fakat her ne kadar insanlar görünüşüne bakıp maymun ismini takacağımız bir atadan evrildilerse de, hiçbir hayvan bir anda yeni bir tür doğuruvermiyor, yani en azından, bir insanın maymundan ya da hatta bir şempanzeden farklı olduğu derecede kendisinden farklı bir yavru doğurmuyor. Evrim böyle bir şey değil. Aslına bakılırsa evrim kademeli bir süreç olmakla kalmıyor, eğer bir şeyleri açıklayacaksa kademeli olmak *zorunda.* Tek bir nesilde görülen büyük sıçramalar (yani bir maymunun insan doğurması gibi) neredeyse ilahi yaradılış kadar imkânsız ve tam da aynı sebeplerden bu fikir kabul görmüyor: istatistikî olarak olasılıksız. Evrim karşıtlarının kendilerini birazcık zahmete sokup karşı çıktıkları şeyin en basit temel ilkelerini öğrenmeleri ne kadar da güzel olurdu.

BÜYÜK VARLIK ZİNCİRİ'NİN HABİS MİRASI

"Kayıp halkaların" mantık dışı bir şekilde talep ediliyor olmasının temelinde bir ortaçağ miti yatıyor, ki bu mit Darwin'in çağına varana dek ademoğlunun zihnini kurcalamış ve Darwin'den sonra da bıkmadan usanmadan akıl karıştırmış. Evrendeki her şeyin, bir merdiven üzerinde dizildiğini, en üst basamakta Tanrının, sonra baş meleklerin, daha sonra çeşitli diğer meleklerin, insanların, hayvanların, bitkilerin, kayaların ve nihayet diğer cansız varlıkların bulunduğunu söyleyen bu mit Büyük Varlık Zinciri mitidir. Bu anlayışın, ırkçılığın doğal karşılandığı zamanlara kadar kökleri olduğunu göz önünde bulundurursak, insanların hepsinin aynı basamakta oturmadıklarını belirtmeme gerek bile olmayabilir. Ah tabi ki hayır! Ve elbette erkekler kendi ırkından kadınlardan bir basamak üstte bulunuyordu (ki bu yüzden ben de bu paragrafın ilk cümlesinde "âdemoğlu" kelimesini kullanmaktan

kendimi alıkoyamadım). Fakat, evrim fikri sahneye düşüverdiğinde, suyu bulandırma ihtimali en yüksek olan şey, hayvanlar âlemindeki sözde hiyerarşiydi. "Düşük" hayvanların "yüksek" hayvanlara evrildiğini varsaymak insana çok doğal geliyordu. Eğer bu doğruysa hayvanlar arasında, "merdivenin" hem en tepesine hem en aşağısına dek "bağlantılar" olmalıydı, yani hepsi bir zincirin "halkaları" gibi birbirleri ardından geliyor olmalıydı. Pek çok basamağı eksik olan bir merdiven ikna edici değildir. "Kayıp halkalar" ile ilgili şüphelerin çoğunun ardında, bu basamaksız merdiven imgesi vardır. Fakat şimdi anlatacağım sebeplerden dolayı, bütün bu merdiven miti hem derinden yanlış anlaşılmıştır hem de hiç evrimsel değildir.

"Yüksek hayvanlar" ya da "düşük hayvanlar" gibi ifadeleri o kadar umarsızca kullanıyoruz ki, bunları çaba harcamadan evrimsel düşünüşe oturtmak bir yana dursun, aslında bu düşünüşe tamamen aykırı olduklarının farkına şok içinde varıyoruz. Şempanzelerin yüksek hayvanlar olduğunu, toprak solucanlarının ise düşük hayvanlar olduğunu bildiğimizi, bu bilgiye hep vakıf olageldiğimizi sanıyoruz ve evrimin de bu bilgiyi daha da açık hale getirdiğini düşünüyoruz. Ama böyle olmadı. Hatta bunun bir anlama gelip gelmediği bile muallâkta. Ya da bir anlama geliyorsa, o kadar farklı anlamları var ki, yanıltıcı hatta zararlı bir kullanım.

Bir maymunun diyelim bir toprak solucanından daha yüksek bir canlı olduğunu söylediğinizde, kastediyor olabileceğiniz kafa karıştırıcı şeylerin işte bir listesi:

1. *"Maymunlar toprak solucanlarından evrilmiştir."* Bu yanlış bir ifade, aynı insanların şempanzelerden evrildiğini söylemenin yanlış olması gibi. Maymunlar ve toprak solucanları ortak bir ataya sahiptir.

2. *"Maymunların ve toprak solucanlarının ortak atası, bir maymundan çok solucana benziyordu."* Tamam, bu insana daha mantıklı geliyor. Hatta dilerseniz "atalara benzeyen" anlamında "ilkel" kelimesini de hemen hemen doğru olarak kullanabilirsiniz, zira günümüzde yaşayan bazı hayvanların diğerlerinden daha ilkel olduğu apaçık ortadadır. Fakat eğer üzerinde düşünürseniz, bunun anlattığı şey aslında iki tür arasında daha ilkel olanının, ortak atadan bu yana daha az değişime uğradığıdır (eğer yeterince geçmişe giderseniz, hiç istisnasız *bütün* türler ortak bir ataya sahiptir).

> Eğer türlerden her ikisi de bir diğerinden kayda değer bir şekilde daha çok değişmediyse, "ilkel" kelimesi bu türleri karşılaştırmada kullanılmamalıdır.

Bu aşamada listeye ara verip ilgili bir noktaya dikkat çekmek iyi olacak. Benzerlik derecesini ölçmek zordur. Ve herhangi bir durumda, günümüzde yaşayan iki hayvanın ortak atalarının hayvanlardan birine diğerinden daha fazla benzemesi için hiçbir *zorunlu* sebep yoktur. İki hayvanı ele alalım, ringa balığı ve mürekkep balığı olsun mesela. Bunlardan birinin ortak ataya diğerinden daha fazla benzeme *olasılığı var*, ama bu demek olmuyor ki benzemek *zorunda*. Atadan dallandıklarından bu yana her ikisi için de aynı süre geçti, bu durumda bir evrimcinin, eğer varsa ilk beklentisi, günümüzde yaşayan herhangi bir hayvanın bir diğerine nazaran ilkel olmaması gerektiğidir. Ortak atadan türleştiklerinden beri her ikisinin de aynı derecede, ama farklı açılardan, değişmiş olmalarını bekleyebiliriz. İşe bakınız ki, (maymunda ve toprak solucanında olduğu gibi) bu beklenti çoğu zaman karşılanmaz, ama karşılanmamasını beklememiz için bir sebep yoktur. Üstelik, hayvanların farklı organlarının da aynı hızda evrilmeleri gerekmiyor. Bir hayvan belden aşağı çok ilkel olabilir ama belden yukarı ileri seviyede evrilmiştir. Şaka bir yana, türlerden biri daha ilkel bir sinir sistemine sahipken, diğerinin daha ilkel bir iskeleti olabilir. Burada "atalara benzeyen" anlamında kullanılan "ilkel" kelimesinin "basit" (yani daha az karmaşık olan) anlamına gelmediğine özellikle dikkat edin. Bir atın ayağı bir insanınkine nazaran daha basittir (beş yerine tek bir parmağı vardır örneğin), ama insan ayağı daha ilkeldir (atla ortak atamızın aynı bizim gibi beş parmağı vardı, demek ki at o zamandan beri bizden daha çok değişime uğramış). Bu da bizi listemizdeki bir diğer maddeye getiriyor.

3. *"Maymunlar toprak solucanlarından daha akıllıdır [ya da güzeldir, daha büyük genoma sahiptir, daha karmaşık vücut yapısı vardır falan filan]."* Bu tip hayvanbilimsel züppelikler, onları bilime uygulamaya çalıştığınızda karmaşa yaratırlar. Bundan burada bahsediyorum çünkü diğer anlamlarla o kadar çok karıştırılıyor ki, bu karışıklığı gidermenin en iyi yolu onu gözler önüne sermek. Hayvanları rütbelendirebileceğiniz çok sayıda ölçüt hayal edebilirsiniz; benim daha önce bahsettiğim dört ölçütle sınırlı kalmanıza gerek yok. Bu merdivenlerden birinin üst basamaklarındaki hay-

vanlar, bir başka merdivenin ölçütlerinde üst basamaklarda olamayabilirler. Memelilerin semenderlerden daha büyük bir beyne sahip oldukları doğrudur, ama bazı semenderlerden daha küçük bir genoma sahiptirler.

4. *"Maymunlar, toprak solucanlarına nazaran daha insan gibidir, insana benzer."* Özellikle maymun ve toprak solucanı örneği açısından bu inkâr edilemez. İyi de ne olmuş? Neden diğer organizmaları karşılaştırmak için insanları bir standart olarak seçelim ki? Bu duruma öfkelenen bir sülük, toprak solucanlarının sülüklere daha çok benzemek gibi harika bir meziyete sahip olduklarına işaret edebilir. Büyük Varlık Zinciri'nin geleneksel olarak insanları hayvanlar ve melekler arasında sıralamasına rağmen, evrimin bir şekilde insanları "hedef alarak" işlediği veya insanların "evrimin son sözü" olduğu yönündeki genel kanıları evrimsel açıdan haklı çıkaracak hiçbir şey yok ortada. Bu kendini beğenmişçe varsayımın, kendini ne kadar sık sahneye atıverdiği kayda değer bir durum. En kaba haline, her yerde duyduğumuz "Eğer şempanzeler bize evrildilerse, neden hala ortalıkta şempanzeler var?" sızlanışlarında rastlıyoruz. Bundan daha önce bahsetmiştim ve şaka yapmıyorum. Bu soru tekrar tekrar tekrar karşıma çıkıyor, kimi zaman iyi eğitim almış olduğu belli insanlar tarafından yöneltiliyor.[1]

5. *"Hayatta kalma konusunda maymunlar [ve diğer 'yüksek' hayvanlar], toprak solucanlarından [ve diğer 'düşük' hayvanlardan] daha iyidir."* Bu ifade ne akla uygun ne de doğru. Bütün canlı türler en basitinden günümüze dek hayatta kalmayı başardılar. Altın tamarin gibi bazı maymunların soyu, tükenme tehlikesiyle karşı karşıya. Yani hayatta kalma konusunda toprak solucanlarından çok daha kötüler. Her ne kadar birçok insan tarafından sıçanlar ve hamamböcekleri, soyları tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan gorillerden ya da orangutanlardan daha "düşük" görülseler de, hızla ve bol bol üreyebiliyorlar.

Umuyorum ki, günümüzde yaşayan canlıları, sanki "yüksek" veya "düşük" derken ne kastettiğimiz yeterince belliymiş gibi bir merdiven üzerinde sıralamanın ne kadar anlamsız olduğunu ve bunun evrimsellikle hiç alakası olmadığını gösterecek yeterlilikte açıklama yaptım.

1- "İyi eğitim almış" deyince ister istemez Peter Medawar'ın şu zekice ve cinfikirli gözlemini hatırlıyorum: "ikinci ve daha sonra üçüncü eğitimin (lise ve üniversite eğitiminin) yaygınlaşması, çoğunlukla iyi gelişmiş edebi ve ilmi zevklere sahip olan fakat analitik düşünme kabiliyetinin çok ötesinde bir eğitim almış büyük bir insan nüfusu ortaya çıkardı." Bu pahabiçilemez bir laf değil mi sizce de? İşte böyle kalemler, bende sokağa fırlayıp biriyle (her kim olursa olsun) o satırları paylaşma isteği doğuruyor, çünkü bu kendime saklamak için fazlasıyla müthiş bir cümle.

Hayalinizde pek çok merdiven canlandırabilirsiniz; hayvanları ayrı ayrı merdivenlerde sıralamak bazen bir şeyler ifade edebilir, fakat merdivenler arasında iyi bir bağ bulunmaz ve bu merdivenlerin hiçbirine "evrimsel ölçek" demek doğru olmaz. "Peki neden hiç maybağa yok?" demek gibi eskiden beri var olan bayağı hatalara düşülebildiğini gördük. Fakat Büyük Varlık Zinciri'nin habis mirası "Ana hayvan grupları arasındaki geçiş formları nerede?" sorusunu da besliyor ve neredeyse utanç verici şekilde, evrimcilerin bu soruya meşhur sürüngen ve kuş arası *Archaeopteryx* gibi belli başlı fosilleri ileri sürerek *cevap verme* eğiliminin temelini oluşturuyor. Bununla birlikte, *Archaeopteryx*'le ilgili bu mantık hatasının arkasında yatan bir şey daha var, hem de çok önemli bir şey; bu durumda *Archaeopteryx*'i bu genel vaka için bir örnek olarak kullanayım ve bu konuya birkaç paragraf ayırayım.

Hayvanbilimciler geleneksel olarak omurgalıları *sınıflara* ayırmışlardır: ana bölümler, memeli, kuş, sürüngen ve ikiyaşayışlı gibi isimlere sahiptir. Kendilerine kladist[1] denilen bazı hayvanbilimciler, bir *sınıfın* kurallara uygun olabilmesi için bu sınıfı oluşturan bütün hayvanların belli bir ortak atadan geliyor olmaları ve bu ortak atanın da hem aynı sınıfa dâhil olması hem de bu grubun dışında kendisinden gelen hiçbir başka soya sahip olmaması gerekir derler. Kuşlar iyi bir sınıfa örnektir.[2] Bütün kuşlar, kendisi de kuş olarak sınıflandırılabilecek ve günümüzde yaşayan kuşlarla (tüyler, kanatlar, gaga gibi...) anahtar tanısal karakterleri paylaşan tek bir atadan türemiştir. Yaygın olarak sürüngenler adıyla anılan hayvanlar bu anlamda iyi bir sınıf değildir. Bunun sebebi, en azından geleneksel sınıflandırmada, bu kategorinin kuşları belirgin şekilde *dışarıda bırakması* (kuşların kendilerine ait bir sınıfı vardır) ama buna rağmen (örneğin timsahlar ve dinozorlar gibi) bazı "sürüngenlerin" kuşlarla, (örneğin kertenkeleler ve kaplumbağalar gibi) diğer "sürüngenlere" olduklarından daha yakın kuzenler olmalarıdır. Bu durumda "sürüngenler" yapay bir sınıftır, çünkü kuşlar bu sınıfın yapay olarak *dışında bırakılmıştır*. Kuralcı bir yaklaşımla, eğer sürüngenleri tam anlamıyla doğal bir sınıf haline getirmek isteseydik, kuşları da sürüngenler olarak bu sınıfa dâhil etmemiz gerekir-

1- İngilizcedeki "clade" (Türkçe "dal") kavramından geliyor ve belli bir ortak atanın bütün evrimsel torunlarını içerdiği düşünülen organizma grubu anlamına geliyor.

2- En azından hayvanbilimcilere göre bu böyle, ve ben de, buradaki tartışma pahasına, kuşları iyi bir sınıfa örnek olarak kullanmaya devam edeceğim. Yakın zamandaki bazı araştırmalar kuş tüylerine sahip dinozorların olduğunu gösteriyor ve bu durum birilerinin çıkıp bugün kuş adını verdiğimiz günümüzde yaşayan kimi hayvanların, tüylere sahip farklı bir dinozor grubundan geldiğini iddia etmesine açık. Günümüzdeki bütün kuşların en yakın ortak atasının bir kuş olarak sınıflandırılamayacak bir hayvan olduğu ortaya çıkarsa, kuşların iyi bir sınıf örneği olduğu söylemimi elden geçirmem gerekecek.

di. Dallara dayalı sınıflandırmayı tercih eden hayvanbilimciler "sürüngenler" sözünden tamamen kaçınırlar ve bu grubu Archosaur'lar (timsahlar, dinozorlar ve kuşlar), Lepidosaur'lar (yılanlar, kertenkeleler ve Yeni Zelanda'daki nadir bulunan *Sphenodon*) ve Testudin'ler (kaplumbağalar ve tosbağalar) olarak ayırırlar. Dallara dayalı sınıflandırmayı tercih etmeyen hayvanbilimciler ise "sürüngen" sözünü kullanmaktan memnundur çünkü, her ne kadar kuşları yapay olarak dışarıda bıraksa da, bu kelimenin tanımsal olarak işe yaradığını düşünürler.

Peki ama, evrimsel açıdan konuşursak, kuşlar aslında sürüngenlerin sadece bir uzantısı iken, bizi kuşları sürüngenlerden ayrı tutmaya meylettiren nedir? Sebep, kuşların hemen etrafını çevreleyen sürüngenlerin, yani onların yaşam ağacındaki en yakın komşularının soyunun tükenmiş olması, buna rağmen kuşların tek başlarına ayakta kalıp yola devam etmiş olmalarıdır. Kuşların en yakın akrabalarının hepsi de, çok uzun zaman önce soyları tükenmiş dinozorlar arasındadır. Eğer çok çeşitli dinozor soyları hayatta kalabilmiş olsalardı kuşlar bu kadar dikkat çekici şekilde sürüngenlerden ayrı düşmeyebilirdi: kendi omurgalı sınıfına yükseltilmiş olmazlardı ve biz de "Kuşlarla sürüngenler arasındaki kayıp halkalar nerede?" gibi sorular soruyor olmazdık. *Archaeopteryx*, müzenizde saklamak için yine de güzel bir fosil olurdu, ama bugün olduğu gibi, içi boş olduğunu artık gördüğümüz şu meydan okuyuşa verilen hazır cevapların yıldızı olma rolünü oynayamazdı: "Geçiş formlarını gösterin." Eğer soy tükenme kartları farklı dağılmış olsaydı, bugün etrafta pek çok dinozor koşuşturuyor olacaktı, ki bunlardan bir kısmı tüylere ve gagaya sahip olduklarından ve ayrıca uçabildiklerinden dolayı kendilerine kuş denilecekti. Ve nitekim gün geçmiyor ki yeni bir fosilleşmiş tüylü dinozor keşfedilmesin, yani çok açıkça görülüyor ki, *Archaeopteryx*'i cevap olarak verdiğimiz "geçiş formlarını gösterin" talebinin bir geçerliliği kalmıyor.

Gelin şimdi evrimde, "halkaları" sözüm ona "eksik" olan ana geçişlerden birine el atalım.

DENİZ SEVİYESİNİN ÜSTÜNDE

O zamanlar uzaya roket fırlatılamadığını düşünürsek, suları terk edip kuru topraklara çıkmak kadar cesurca ve hayat değiştiren bir adım düşlemek cidden zor. Bu iki yaşam alanı öyle çok bakımdan birbirinden farklıdır ki, birinden diğerine geçmek vücudun neredeyse

bütün bölümlerinde ciddi değişiklikleri gerektirir. Solungaçlar sudaki oksijeni ayrıştırmak için iyidir ama havaya çıkınca işe yaramazlar, akciğerler de suda işe yaramazlar. Suda hızlı, zarif ve verimli olan hareket etme yöntemlerinin karada tehlikeli bir sakarlığı vardır, tabi aynı durum karadaki yöntemlerin suda kullanılması için de geçerli. "Sudan çıkmış balık gibi" ya da "balık kavağa çıkınca" deyimlerinin ortaya çıkmış olmasına şaşırmamalı. Ve elbette bu alanlardaki "kayıp halkaların" normalden fazla ilgi görmesi de hiç şaşırtıcı değil.

Eğer yeterince geçmişe giderseniz her şeyin suda yaşadığını görürsünüz; tüm canlılar, yaşamın tatlı ya da tuzlu sularının mekteplisidir. Evrimsel tarihin belli noktalarında, pek çok farklı hayvan grubundan girişimci bireyler sudan karaya çıktılar. Öyle ki kimi zaman, kendilerine özel denizlerini kan ve hücre sıvısı olarak yanlarına alıp sıcaktan kavrulan çöllere ulaştılar. Çevremizde gördüğümüz sürüngenler, kuşlar, memeliler ve böceklerin yanı sıra, akrepler, sümüklü böcekler, tahtakurusu ve toprak yengeci gibi kabuklular, kırkayaklar ve çıyanlar, örümcekler ile akrabaları ve en azından üç solucan şubesi, yaşamın suyla dolu rahminden karanın yollarına düşmeyi başardı. Bu arada, zat-ı alileri karayı önceden istila etmeselerdi diğer göçlerin hiçbirinin gerçekleşemeyeceği, karbonu kullanma ustası bitkileri de unutmamalıyız.

Ne mutlu ki, balıklar karaya çıktıkları zamanki göçümüzün geçiş aşamaları fosil kayıtlarında harika bir şekilde belgelenmiştir. Çok sonraları, balinaların ve dugongların ataları, kuru topraklarda güç bela edindikleri evlerini terk edip atasal denizlere döndükleri diğer yöndeki göçün de geçiş aşamalarının fosil kayıtları bulunmaktadır. Her iki durumda da, bir zamanlar kayıp olan bağlantılar artık bol bol bulunmakta ve müzelerimizi süslemektedir.

"Balıkların" karalara çıktığını söylerken, "balıkların" "sürüngenler" gibi doğal bir grup oluşturmadığını hatırlamalıyız. Balıkların tanımlanışı bir nevi dışlamayla olur. Balıklar karalara çıkmamış olan bütün omurgalılardır. Omurgalıların erken evriminin tamamı suda gerçekleştiği için, günümüze kadar hayatta kalmış omurgalı dallarının çoğunun hala sularda olması bir sürpriz değil. Diğer "balıklarla" çok uzaktan akraba oldukları durumda dahi, bunları hala "balık" olarak adlandırıyoruz. Alabalık ve ton balığı, insanlarla, köpekbalığıyla olduklarından daha yakın akrabadır, ama onlara "balık" deriz. Ve akciğerli balık ve sölekantlar, insanlarla, alabalık ve ton balığıyla (ve tabi

ki köpekbalığıyla) olduklarından daha yakın kuzenlerdir, ama yine, onlara "balık" deriz. Hatta köpekbalıkları bile insanlarla, yılan balığı ve (bir zamanlar bolca ve çeşit çeşit bulunan çenesiz balıkların günümüze kalabilmiş tek örneği olan) asalak kayış balığına olduklarından daha yakın kuzenlerdir, fakat onlara da balık deriz. Ataları hiçbir zaman karaya çıkma girişiminde bulunmamış omurgalıların hepsi de "balık" gibi görünür, balık gibi yüzer (yunuslar hariç, onlar omurgayı yukarı aşağı bükerek yüzerler, balıklar gibi sağa sola değil), ve öyle sanıyorum ki, hepsinin de tadı balık gibidir.

Az önce sürüngenler ve kuşlar örneklerinde gördüğümüz gibi, bir evrimci için "doğal" bir hayvan grubu, bütün üyeleri birbirine, gruba üye olmayan hayvanlara nazaran, daha yakın kuzen olan bir gruptur. "Kuşlar", az önce gördüğümüz üzere, doğal bir gruptur çünkü bütün kuşlar yakın zamanda yaşamış ortak bir atayı paylaşırlar ve bu ortak ata kuş olmayan hiçbir başka hayvanın atası değildir. Aynı tanımdan hareketle, "balıklar" ve "sürüngenler" doğal gruplar değildir. Bütün "balıkların" en yakın zamanda yaşamış ortak atası aynı zamanda, balık olmayan pek çok başka hayvanın da atasıdır. Eğer uzak kuzenlerimiz olan köpekbalıklarını bir kenara itersek, biz memeliler bütün (kıkırdak sahibi köpekbalıklarının aksine) kemikli modern balıkları içeren doğal bir gruba aidiz. Eğer, kemikli "ışın yüzgeçli balıkları" (somon, alabalık, ton balığı, melek balığı; yani görebileceğiniz, köpekbalığı olmayan, hemen hemen bütün balıkları) bir kenara itersek, içinde bulunduğumuz doğal grup bütün kara omurgalılarını ve bunlara ek olarak et yüzgeçli balıkları içerir. İşte biz, bu et yüzgeçli balıkların bir aşamasından filizlendik ve şimdi et yüzgeçlere özel bir ilgi göstermeliyiz.

Et yüzgeçlerden günümüze, azala azala, akciğerli balıklar ve sölekantlar kalmıştır ("azalmak" derken "balık" olarak azalmaktan bahsediyoruz, zira, kendileri karada müthiş bir şekilde çoğaldılar: biz kara omurgalıları yoldan çıkmış akciğerli balıklarız aslında). Onlara "et yüzgeçler" deniyor çünkü yüzgeçleri ışın yüzgeçli balıklardaki ya da benzeri diğer balıkların aksine, yüzgeçten çok bacağa benziyor. Nitekim, 1938'de Güney Afrikalı bir balıkçı gemisi tarafından ilk canlı sölekantın pek ses getiren keşfinden sonra, bütün dünyanın dikkatini bu hayvana çekmeyi başarmış Güney Amerikalı biyolog J.L.B. Smith'in sölekantlar hakkında yazmış olduğu popüler kitabın adı da *Eski Dörtbacaklar*'dı: "Sokakta yürüyen bir dinozor görseydim bile bu kadar çok şaşırmazdım." Sölekantlar daha önceden de fosil olarak bi-

liniyordu, fakat dinozorlar zamanından bu yana soylarının tükenmiş olduğu düşünülüyordu. Smith, balığın kâşifi Margaret Latimer tarafından (ki Smith balığa daha sonra *Latimeria* adını veriyor) uzman görüşü bildirmek üzere balığın bulunduğu yere çağrıldığı zaman, gözleri bu hayret verici keşifle ilk kavuştuğu anı pek etkileyici anlatıyor:

> Doğruca Müze'ye gittik. Bayan Latimer kısa bir süre için binadan ayrılmıştı, bakıcı bizi içerideki odaya aldı ve işte oradaydı, evet, Sölekant, aman Tanrım! Her ne kadar bu sürprize hazırlıklı gelmiş olsam da, onu ilk görüşüm beni kalbimden vurdu, elim ayağım titredi ve kendimi bir garip hissettim, vücudum karıncalandı. Taşa çevrilmiş gibi kalakaldım. Evet, en ufacık bir şüphe yoktu ki, bu, pulu puluna, kılçığı kılçığına, yüzgeci yüzgecine gerçek bir Sölekant idi. Sanki 200 milyon yıl öncesinden bir yaratık yeniden canlanmıştı. Her şeyi unuttum ve ona baktım, baktım, baktım, ve nihayet, karımın sessiz bakışları eşliğinde, biraz da ürkekçe yakınına gittim ve balığa dokunup onu okşadım. Bayan Latimer geldi ve bizi candan bir şekilde selamladı. Konuşma yeteneğim de bana ancak bu andan sonra geri geldi, unuttuğum kelimelerin tamamı, ama sırf onlara "evet gerçekten, hakikaten bu sorgusuz sualsiz bir Sölekant" diyebilmem için. Artık istesem de şüphe edemezdim.

Sölekantlar bizimle, diğer balıklarla olduğundan çok daha yakın akrabadır. Ortak atamızın yaşadığı zamanlardan beri bir nebze değişikliğe uğramışlardır, ama balık olarak sınıflandırılan hayvanlar kategorisinin dışına çıkmalarına, günlük konuşmalar bazında ya da bir balıkçının gözünde, yetecek kadar değil. Ama onlar ve akciğerli balıklar, bizimle kesinlikle, alabalığa, somona, ton balığına ve diğer balıkların çoğunluğuna olduklarından daha yakın akrabadır. Sölekantlar ve akciğerli balıklar "yaşayan fosil" örnekleridir.

Tüm bunlara rağmen, biz akciğerli balıklardan ya da sölekantlardan gelmiyoruz. Akciğerli balıklarla, görünüşü bizden ziyade akciğerli balığa daha çok benzeyen, ortak bir ataya sahibiz. Ama yine de bu ata ne bizim gibi ne de akciğerli balıklar gibi görünüyordu. Akciğerli balıklar yaşayan fosiller olabilirler, fakat yine de atalarımıza o kadar da benzemiyorlar. Ataları arama macerasına atılırsak, kayaların içinde gerçek fosiller aramamız gerek. Ve özellikle, suda yaşayan balıklarla karada yaşayan ilk omurgalılar arasındaki geçişe sahne olan Devonyen dönemine ait fosiller ilgi alanımıza giriyor. Gerçek fosiller arasından

dahi, kelimenin tam manasıyla kendi atalarımızı bulmayı ummamız bile fazlasıyla iyimser bir yaklaşım olacaktır. Bununla birlikte, bize atalarımızın yaklaşık olarak nasıl bir şeye benzediğini yeteri kadar yakından anlatabilecek kuzenlerini bulmayı ümit edebiliriz.

Fosil kayıtlarındaki en ünlü boşluklardan biri (ki bu boşluk göze o kadar batmaktadır ki kendisine, ünlü Amerikalı taşılbilimci A.S. Romer'in anısında bir ad bile verilmiştir: "Romer'in Boşluğu"), 360 milyon yıldan Devonyen döneminin sonuna kadar, yani Karbonifer'in erken zamanları olan "Kömür Katmanlarına", yaklaşık 340 milyon yıl öncesine uzanır. Romer'in Boşluğu'ndan sonra, bataklıklarda sürünen tartışmasız ikiyaşayışlıları, bazıları timsahlar kadar büyük olan ve yüzeysel olarak da timsahlara benzeyen semender benzeri hayvanların zengin çeşitlenişini buluyoruz. Bu adeta bir devler çağı, zira kanatlarının bir ucundan diğer ucuna uzunluğu kolumun uzunluğuna yakın yusufçuklar, yani gelmiş geçmiş en büyük böcekler o zamanlarda yaşıyordu.[1] Karbonifer dönemine, 340 milyon yıl öncesinden başlayarak, dinozorlar çağının ikiyaşayışlılar versiyonu desek abartmış olmayız. Fakat bu dönemden hemen önce Romer'in Boşluğu vardı. Ve Romer'in bu boşluktan önce görebildiği tek şey balıklardı, suda yaşayan et yüzgeçli balıklar. Peki geçiş formları neredeydi ve onları karaları keşfe çıkmaya iten ne olmuştu?

Oxford'da lisans öğrenimim sırasında, uzun ve kuru anlatımına rağmen takır tukur kemiklerin ötesindeki etli butlu hayvanları ve onların o uzak dünyadaki yaşam mücadelesini görme yeteneğine sahip, fevkalade bilgili Harold Pusey'in dersleri sayesinde hayal gücüm zenginleşmişti.[2] Onun, bazı et yüzgeçli balıkları akciğer ve bacak ge-

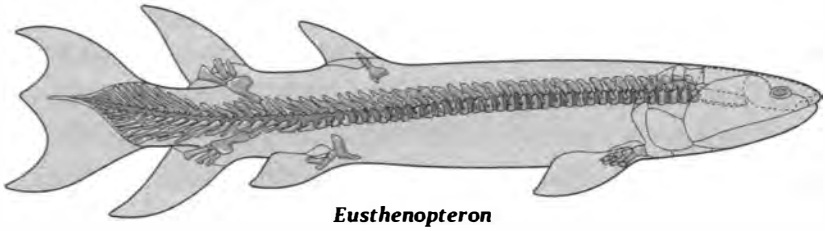
1- Bu arada bu devasalık durumunuru, o zamanlar atmosferdeki yüksek oksijen oranı sayesinde ortaya çıkma imkânı bulabildiği düşünülüyor. Böceklerin akciğerleri yoktur ve havayı vücutlarında dolaştıran minicik hava tüpçüklerini kullanarak solunum yaparlar. Hava tüpçükleri, kan damarları gibi karmaşık kapsamlılığa sahip bir dağıtım sistemi oluşturamazlar ve bu durumun vücut büyüklüğüne bir sınır getirmesi gayet mantıklı görünüyor. Vücut büyüklüğünün sınırlanması, oksijen oranı %35 olan bir atmosferde, günümüzde soluduğumuz %21'lik atmosfere nazaran, daha az olacaktır. Bu da dev yusufçuklar konusunda doyurucu bir açıklama sağlıyor, ama ille de doğru açıklama olacak diye bir kural yok. Aslına bakılırsa, ortamda bu kadar çok oksijen varken bir şeyler nasıl oldu da sürekli alev alıp tutuşmadı, bu konuda biraz kafam karışık. Belki de tutuşup duruyorlardı. Orman yangınları günümüzde olduğundan daha yaygın olmalıydı ve fosiller de zaten ateşe dirençli bitki türlerinin sık sık ortaya çıktığına işaret ediyor. Karbonifer ve Permiyen sırasında oksijen oranının en yüksek seviyelere neden çıktığını hala bilmiyoruz. Bu durum belki çok fazla miktarda karbonun o dönemde yeraltında kömür halinde tutulmasıyla alakalı olabilir.

2- Bu eski moda Oxford öğretim görevlisi, tek görevinin lisans öğrencilerine öğretmek olduğuna inanırdı. Bugünün araştırma-geliştirme odaklı kültüründe tutunabilmesi mümkün değildi. Adının geçtiği ve yayınlanmış hemen hiç bir makale olmasa da, bilgeliğinin ve engin bilgisinin en azından bir kısmını aktardığı kendisine minnettar nesillerce öğrencide efsanesi baki kaldı.

liştirmeye itenin ne olmuş olabileceğine dair akıl yürütmeleri (ki o da bunları Romer'in fikirlerinden türetmişti) benim öğrenci kulaklarıma unutamayacağım şekilde mantıklı gelmişti ve her ne kadar modern taşılbilimciler arasında Romer'in zamanına nazaran bu fikirlerin artık modası geçmiş olsa da bana hala daha mantıklı gelir. Romer ve Pusey, göllerin ve su birikintilerinin ve akarsuların kuruduğu ve ancak bir sonraki sene yeniden suyla dolduğu, yıllık kuraklık zamanları olduğunu hayal ettiler. Hayatını sularda geçiren balıklar kendilerini, eli kulağında bir kuraklığın tehdidi altında olan sığ bir gölden ya da su birikintisinden, bir sonraki ıslak mevsim gelene dek içinde yaşayabilecekleri daha derin sulara sürüklerken, geçici bir süre için karada yaşama yeteneğine sahip olmanın faydasını göreceklerdi. Bu bakış açısına göre atalarımız aslında, suya hemen geri kaçmak için kuru toprakları geçici köprüler olarak kullanmak amacıyla bu topraklara çıkmadılar. Günümüzdeki pek çok hayvan bunu yapıyor.

Talihsiz bir şekilde Romer bu fikrini Devoniyen döneminin bir kuraklık dönemi olduğunu gösterme amacı taşıyan bir önsöz ile açıkladı. Sonuç olarak, yakın zamandaki bulgular bu varsayımını geçersiz kılınca sanki Romer'in bütün teorisi geçersiz hale gelmiş gibi oldu. Eğer, zaten her halükarda biraz abartılı bir fikir olan bu önsözü kaldırmış olsaydı, her şey çok daha iyi olabilirdi. *Ataların Hikâyesi'nde* (*The Ancestor's Tale)* de tartıştığım gibi, Devoniyen dönemi Romer'in başta düşündüğünden daha az kuraklığa maruz kalmış olsa da, bu teori hala çalışır durumda.

Her şeye rağmen, fosillerin kendisine geri dönelim. "Kayıp halkaların", yani Devoniyen denizlerinde bolca bulunan et yüzgeçli balıklarla, sonraları Karbonifer bataklıklarında sürünüp duran ikiyaşayışlılar arasındaki açıklığı biraz azaltacak özelliklere sahip hayvanların hayal meyal izleri, Karbonifer'den hemen önceki dönem olan geç Devoniyen'de yavaş yavaş ortaya çıkmaya başlıyor. Aradaki boşluğun balık tarafında, Kanada'daki bir fosil koleksiyonunda 1881'de keşfedilen *Eusthenopteron* var. Her ne kadar bu balığın fosilinden yola çıkılarak yapılan ilk çizimler aksini resmediyorsa da, *Eusthenopteron*'un yüzeyde avlanan bir balık olduğu ve karaya hiçbir zaman çıkmadığı düşünülüyor. Her şeye rağmen, kendisinden 50 milyon yıl sonra ortaya çıkacak ikiyaşayışlılarla pek çok anatomik benzerliğe sahip. Bu benzerlikler arasında kafatası kemikleri, dişleri ve en önemlisi, yüzgeçleri var. Büyük ihtimalle bu yüzgeçler yürümek için değil yüzmek



Eusthenopteron

için kullanılmış olsalar da, yüzgecin kemikleri tipik bir dörtayaklının (bütün kara omurgalılarına verilen isim) kemik düzenine sahipti. Fosilin ön uzvundaki ("kolundaki") tek bir humerus, radius ve ulna adı verilen diğer iki kemiğe bağlanıyordu, radius ve ulna ise biz dörtayaklıların karpallar, metakarpallar ve parmaklar adını verdiğimiz pek çok küçük kemiğe bağlanıyordu. Keza arka uzuvda da ("bacakta") benzer bir dörtayaklı kemik düzeni görülüyor.



Ichthyostega

Sonra, aradaki boşluğun ikiyaşayışlı tarafında, 20 milyon yıl geçip de Devoniyen ve Karbonifer arasındaki sınıra baktığımızda, *Ichthyostega*'nın 1932 yılında Grönland'da keşfedilmesiyle büyük bir heyecan yaşanıyor. Soğuk hava ve buzul düşüncesiyle yanlış fikre kapılmayın bu arada. *Ichthyostega*'nın zamanında Grönland ekvatordaydı. *Ichthyostega*'nın, fosilinden yola çıkılarak oluşturulan ilk modeli İsveçli taşılbilimci Erik Jarvik tarafından 1955'te yapıldı ve Jarvik de onu karada yaşayan bir hayvanmış gibi, fakat günümüzdeki uzmanların düşündüğünden daha karasal olarak resmetti. Jarvik'in eskiden bulunduğu Uppsala'daki üniversiteden Per Ahlberg tarafından yapılan en güncel çizimler, her ne kadar arada sırada kara çıkartmaları yapıyor olsa da, *Ichthyostega*'yı daha sucul resmediyor. Her koşulda, *Ichthyostega*'nın görünüşü bir balıktan çok dev bir semender gibiydi ve ikiyaşayışlıların en karakteristik özelliklerinden biri olan yassı bir başı vardı. Her ne kadar yetişkin formlarda bazı parmaklar yok olsa da, en azından embriyo halindeyken ellerinde ve ayaklarında beş parmağı bulunan günümüzdeki dörtayaklıların aksine, *Ichthyostega*'nın yedi adet parmağı vardı. Öyle görünüyor ki, ilk dörtayaklılar geçmişte bizden daha fazla sayıda parmak sahibi olmayı deneyimleme özgürlü-

günü tatmışlardı. Büyük ihtimalle, bir aşamada embriyonik süreçler beş parmakta sabitlendi ve geriye dönülmesi zor bir adım atıldı. Kuşkusuz yine de, bu adımı geri çevirmek o kadar da zor değil. Altı tane parmağı olan bir kediye ve hatta insanlara rastlamak mümkün. Bu fazladan parmaklar büyük olasılıkla embriyonun gelişimi sırasındaki bir çiftlenme hatasından kaynaklanıyor.

Yine tropik Grönland'dan çıkan ve tarihi Devoniyen ile Karbonifer arasındaki sınıra uzanan heyecan verici bir başka keşif *Acanthostega*'dır. *Acanthostega*'nın da ikiyaşayışlılar gibi yassı bir ka-



Acanthostega

fatası ve dörtayaklılarınkine benzeyen kol ve bacakları vardı; ama o da, bugün bize standartmış gibi gelen beş parmaklılıktan çok uzaklara gitmişti, *Ichthyostega*'dan bile uzaklara. Sekiz parmaklıydı. Bu konuda sahip olduğumuz bilgilerin çoğunu bize sağlayan bilim insanları olan, Cambridge Üniversite'sinden Jenny Clack ve Michael Coates, *Acanthostega*'nın *Ichthyostega* gibi genel olarak suda yaşadığını ama, akciğerlere ve bacaklara sahip olmasının, eğer ihtiyaç duyarsa karadaki koşullarla da başa çıkabileceğine işaret ettiğini düşünüyorlar. Bu arada *Acanthostega*'nın sureti de dev bir semender gibiydi. Aradaki boşluğun tekrar balık tarafına dönecek olursak, yine geç Devoniyen döneminden *Panderichthys*'i buluyoruz ve o da yine



Panderichthys

Eusthenopteron'dan daha çok ikiyaşayışlıya ve daha az balığa benziyor. Ama kendisini gördüğünüzde ona içinizden kesinlikle balık demek gelecek, semender değil.

Bu durumda, ikiyaşayışlıya benzeyen balık *Panderichthys* ile balığa benzeyen ikiyaşayışlı *Acanthostega* arasındaki boşluk ile karşı karşıyayız. Peki bunlar arasındaki "kayıp halka" nerede? Araların-

da Neil Shubin ve Edward Daeschler'in de bulunduğu, Pensilvanya Üniversitesi'nden bir grup bilim insanı bu halkayı bulmak için yola düşmüşler. Shubin, *İçinizdeki Balık* (*Your Inner Fish*) isimli kitabında insanın evrimiyle ilgili ortaya koyduğu keyifli bir dizi düşüncenin temeli olarak bu macerayı almış. Ekip bu fosili aramak için en doğru yerin neresi olacağı üzerine kafa yormuş ve nihayet Kanada'nın Kuzey Kutup Dairesi'nde bulunan ve tam olarak geç Devoniyen zamanına ait kayaları dikkatlice seçmiş. İşte bilim insanlarının yoluna düştükleri yer burası; ve hayvanbilimsel define sandığını buldukları yer de. *Tiktaalik*! Hiçbir zaman unutulmayacak bir isim. Eskimo dilinde büyük tatlı su balığı anlamında bir kelimeden geliyor. Tür ismi olan *roseae* hakkında ise, gelin size, bazen dikkatli olmam gerektiğini anlatan şu öyküyü anlatayım. Bu ismi ilk duyduğumda ve elinizdeki bu kitabın renkli bölümünde de bulunan model fotoğrafları gibi fosilden yola çıkılarak yapılan modellerin fotoğraflarını ilk gördüğümde, kafamda serbest çağrışımlar tetiklendi: Devoniyen, "Eski Kızıl Kumtaşı", Devon kavmine ismini veren renk, Petra'nın rengi ("Zamanın yarısı kadar yaşlı, gül kırmızısı renkli şehir"). Maalesef ki yanılmıştım. Fotoğraf gül kırmızısını abartılı koyulukta gösteriyordu. Bu isim, Kuzey Kutup Dairesi Devoniyen'ine yapılan keşif gezisinin gerçekleşmesi için bağışta bulunan bir kimsenin onuruna seçilmişti. Keşfedildikten kısa bir zaman sonra *Tiktaalik roseae*'yi, kendisiyle Philadelphia'da öğlen yemeği yediğim zaman Dr. Daeschler'in bana göstermesi ayrıcalığını yaşadım ve ömür boyu içimde taşıdığım hayvanbilimci (ya da belki de içimdeki balık) söyleyecek söz bulamadı. Gözlüklerimin hafif kırmızı renklendirilmiş camından bakarken, dosdoğru atam olan bir fosilin yüzüne baktığımı düşündüm. Bu düşünce her ne kadar gerçekçi olmasa da, pek de gül kırmızısı renkli olmayan bu fosille karşılaşmam, zamanın yarısı yaşındaki gerçek atalardan biriyle tanışmaya büyük olasılıkla en çok yaklaştığım ve yaklaşacağım, anlardan biriydi.

Canlı kanlı bir *Tiktaalik* ile burun buruna gelseydiniz, muhtemelen bir timsah tarafından tehdit edilmişçesine geriye sıçrardınız, zira *Tiktaalik*'in yüzü tam da bir timsaha benziyor. Bir balığın kuyruğuna ve alt gövdesine eklenmiş bir semender gövdesinin üzerine konmuş bir timsah başı. Diğer balıkların aksine, *Tiktaalik*'in bir de boynu vardı. Başını çevirebiliyordu. *Tiktaalik*, her hususta mükemmel bir "kayıp halkadır"; mükemmeldir, çünkü balıklarla ikiyaşayışlıların ikiye ayrıldığı noktadadır ve mükemmeldir çünkü artık kayıp filan değildir. Fosil elimizde. Onu görebilir, ona dokunabilirsiniz; ne kadar yaşlı olduğunu tahayyül etmeye çalışabilir ama bunu başaramayabilirsiniz.

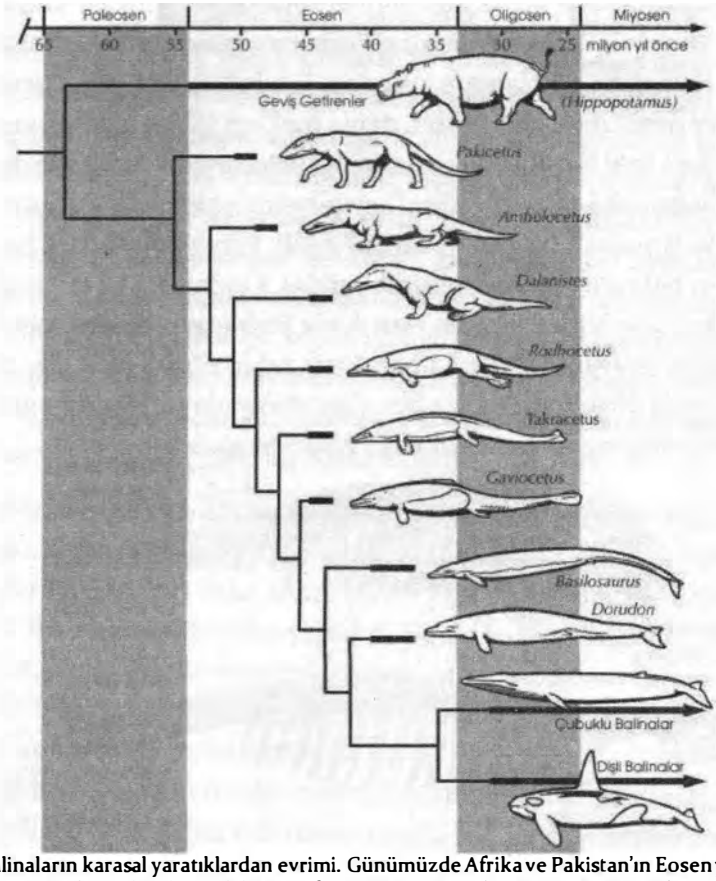
YENİDEN DENİZLERE DÜŞMELİYİM

Sudan karaya çıkış, nefes almaktan üremeye kadar hayatın her alanının yeniden tasarlanması sürecini tetikledi: biyoloji uzayında muhteşem bir yolculuktu bu. Yine de, neredeyse oyunbaz bir dik başlılıkla, ciddi sayıda kusursuz bir kısım kara hayvanı yollarından döndüler, zor bela kazandıkları karasal alet edevatlarını bıraktılar ve sulara geri akın ettiler. Foklar ve deniz aslanları yarım bir dönüş yaptılar; ki bu ikisi bize balinalara ve dugonglara giden o upuzun yol boyunca ara formların neye benzeyeceğini gösteriyor aslında. Balinalar (yunus adını verdiğimiz küçük boyutluları da dâhil olmak üzere) ve yakın kuzenleri manatiler ile birlikte dugonglar, hep birlikte kara canlıları olmaktan vazgeçip çok uzak atalarının tamamen denizcil olan yaşam tarzlarına geri döndüler. Üremek için bile kıyılara yaklaşmıyorlar. Fakat hala nefes alarak soluyorlar, çünkü eski denizcil dedelerindeki solungaçlara denk bir yapı geliştirmediler. Karalardan sulara, en azından ara sıra da olsa dönüş yapan diğer hayvanlar arasında göl salyangozları, su örümcekleri, su böcekleri, timsahlar, su samurları, deniz yılanları, su sivrifareleri, Galapagos'un uçamayan karabatakları, Galapagos'un denizcil iguanaları, yapoklar (Güney Amerika'dan sucul bir keseli memeli), ornitorenkler, penguenler ve kaplumbağalar var.

Balinalar uzun süre çözülemeyen bir bilmeceydi, fakat son yıllarda balina evrimi hakkındaki bilgilerimiz oldukça zenginleşti. Moleküler genetiğin kanıtları gösteriyor ki balinaların yaşayan en yakın akrabaları suaygırları, domuzlar ve nihayet geviş getiren hayvanlardır (moleküler genetiğin kanıtlarını anlamak için 10. Bölüme bakınız). Daha da hayret verici olan, moleküler kanıtlara göre suaygırlarının, balinalarla, çift toynaklı ve kendilerine görünüşte daha çok benzeyen (domuz ve geviş getirenler gibi) hayvanlarla olduğundan daha yakın akraba olması. Bu durum, kuzenlerin yakınlığından ve fiziksel görünüşün benzerliğinden doğabilen yanlış eşleştirmenin bir başka örneğidir. Bu konuya yukarıda, bize diğer balıklara olduklarından daha yakın kuzenler olan balıklardan bahsederken değindik. O durumdaki anormallik, bizim soyumuzun suları terk edip karalara çıkmış olmasından, dolayısıyla da evrimin akıntısına kapılıp yakın kuzenlerimiz olan akciğerli balıkları ve sölekantları, aslında daha uzak kuzenler olan balıklara daha çok benzer bir halde bırakmış olmalarından kaynaklanıyordu, çünkü hep birlikte sularda kalmışlardı. Şimdi yine aynı hadiseyle karşı karşıyayız, fakat bu defa tersinden. Suaygırları kısmen karada kaldılar,

bu yüzden de hala karada yaşayan uzak kuzenlerine, yani geviş getirenlere benziyorlar; bununla birlikte daha yakın kuzenleri balinalar, denize girdiler ve o kadar çok değiştiler ki, suaygırları ile olan ilişkileri moleküler genetikçiler dışında bütün biyologların gözünden kaçtı. Balinaların ataları yerçekiminin kısıtlayıcı yükünden kurtularak süzülmeye başladığında ve kendilerini kuru topraklara bağlayan prangaları kırdıklarında, bu durum aynen balık atalarının karalara doğru tersi yöndeki yolculuğunda olduğu gibi sanki uzaya uçmak ya da en azından bir zeplini ateşleyip uçurmak gibiydi.

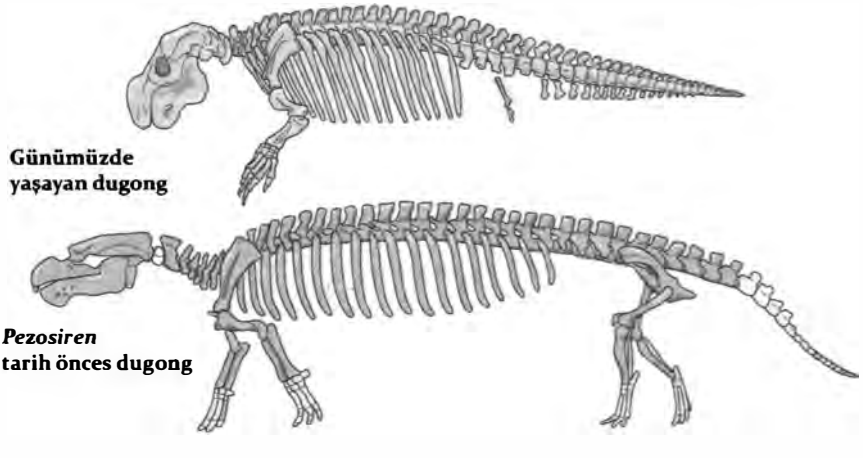
Bu arada, balina evriminin bir zamanlar oldukça kıt olan fosil kayıtları, özellikle Pakistan'da bulunan "define" sayesinde artık ikna edici biçimde doluvermiş bulunuyor. Fakat balina fosillerinin hikâyesi yakınlarda çıkan başka kitaplarda, mesela Donald Prothero'nun *Evrim: Fosiller Neler Söylüyor ve Bu Neden Önemli* (*Evolution: What the Fossils Say and Why it Matters*) kitabında ve daha yakın tarihlerde Jerry Coyne'nin *Evrim Neden Doğrudur* (*Why Evolution is True*) ki-



Şekil 14.16. Balinaların karasal yaratıklardan evrimi. Günümüzde Afrika ve Pakistan'ın Eosen yataklarında bulunup belgelenmiş olan pek çok sayıdaki geçiş fosilini gösteriyor. (Çizimler: Carl Buell)

tabında o kadar güzel işlendi ki, aynı detayları burada anlatmamaya karar verdim. Onun yerine, kendimi Prothero'nun kitabından aldığım, fosil dizilerini zaman çizelgesine göre gösteren bir şemayla (yukarıda) sınırlandırdım. "Şemanın nasıl da özenlice çizilmiş olduğuna dikkat edin. Fosil dizilerini, eski kitapların çoğu zaman yaptığı gibi, yaşlıdan gence oklarla göstererek çizmenin çekici bir yanı var. Ama kimse, mesela *Ambulocetus*'un *Pakicetus*'tan geldiğini söyleyemez. Ya da *Basilosaurus*'un *Rodhocetus*'tan geldiğini. Bunu yapmak yerine, bu şema daha temkinli olan yolu izliyor ve örneğin balinaların *Ambulocetus*'un daha çağdaş bir kuzeninden geldiğini öneriyor, ki bu kuzen büyük ihtimalle daha çok *Ambulocetus*'a benziyordu (hatta belki *Ambulocetus*'un ta kendisiydi). Şemada gösterilen fosiller balina evriminin çeşitli aşamalarının temsilcileri. Arka bacakların aşamalı olarak ortadan kayboluşu, ön uzuvların yürüyen bacaklardan yüzmeyi sağlayan yüzgeçlere dönüşümü ve kuyruğun balinadaki gibi yassılaşması bu şık kademeler sırasında ortaya çıkmış değişiklikler arasındadır.

Balinaların fosil tarihi konusunda söyleyeceklerim bu kadar, çünkü bu konu sözünü ettiğim kitaplarda çok güzel anlatılıyor. Sayıları ve çeşitleri daha az olan ama en azından balinalar kadar sucul olan bir diğer deniz memelisi grubu, deniz inekleri (*Sirenia*) (dugonglar ve manatiler) fosil kayıtlarında o kadar iyi belgelenmiş durumda değildir, fakat olağanüstü güzellikte bir "kayıp halka" yakın zaman önce keşfedildi. Bu Jamaikalı "yürüyen manati" fosili, *Pezosiren*, kabaca Eosen'in "yürüyen balinası" *Ambulocetus*'la çağdaş. Önde bacak yerine yüzgeçleri, arkada ise hiç bacağı olmayan deniz ineklerinin aksine, tastamam yürümeye yarayan ön ve arka bacaklara sahip olması dışında, bir manatiye ya da dugonga oldukça benziyor. Resimde üstte günümüzde yaşayan bir dugong iskeleti, altta da *Pezosiren* görülüyor.



Aralarında önemli moleküler kanıtların da bulunduğu pek çok kanıtın doğruladığı üzere, balinaların suaygırlarıyla akraba olması gibi, deniz inekleri de fillerle akrabadır. Buna rağmen *Pezosiren*, büyük olasılıkla, bir suaygırı gibi zamanının çoğunu suda geçirip ayaklarını su tabanında yürümek ve aynı zamanda yüzmek için kullanarak yaşıyordu. Kafatası şüphe götürmez biçimde bir deniz ineğininki gibidir. *Pezosiren* günümüz manatilerinin ve dugonglarının esas atası olmayabilir, fakat kesinlikle bu rol için biçilmiş kaftan.

Bu kitap baskıya girmek üzereyken, *Nature* dergisinden, Kanada'daki Kuzey Kutup bölgesinde bulunan ve (tamamına 'pinipedler' adı verilen) günümüz fokları, deniz aslanları ve morsların atalarında bulunan boşluğu dolduran yeni bir fosile ilişkin heyecan verici haber geldi. *Puijila darwini*'nin yaklaşık yüzde 65'i korunmuş olan tek bir iskeleti, (yaklaşık 20 milyon yıl önceki) erken Miyosen zamanından kalmıştı. Bu aslında göreceli olarak o kadar yakın bir tarih ki, o zamanki dünya haritası bugünküyle aynıydı. Sonuç olarak, fok/deniz aslanının (o zamanlar henüz iki türe ayrılmamışlardı) ilk biçimlerinden biri olan bu hayvan, Kuzey Kutbu'nda yaşayan bir soğuk su sakiniydi. Kanıtlar onun tuzlu değil tatlı suda yaşadığına (bütün diğer fokların aksine, Baykal Gölü'ndeki foklar gibi) ve balıkla beslendiğine işaret ediyor. Kaliforniya'nın ünlü su samurları dışındaki bütün samurların yaptığı gibi . . . *Puijila*'nın yüzgeçleri yoktu ama perdeli ayakları vardı. Büyük olasılıkla, (günümüz pinipedlerinin aksine) karada bir köpek gibi koşuyordu ama zamanının çoğunu, yine günümüz fokları ya da deniz aslanlarının benimsediği iki yüzme tarzının aksine bir köpek gibi yüzerek, suda geçiriyordu. *Puijila*, piniped atalarında karayla su arasında bulunan boşluğu harika bir şekilde dolduruyor. O, gitgide kabaran, artık kayıp olmayan 'halkalar' listemize yapacağımız nefis bir başka ekleme.

Karalardan sulara dönmüş başka bir hayvan grubuna değinmek istiyorum şimdi: bu, özellikle merak uyandıran bir örnek çünkü bu hayvanlardan bazıları daha sonra süreci yeniden tersine çevirdiler ve karalara ikinci bir çıkış daha yaptılar! Deniz kaplumbağaları, balinalarla ve dugonglarla karşılaştırıldığında suya kendilerini daha az vermişlerdir zira yumurtalarını hala plajlara bırakırlar. Suya dönen bütün omurgalılar gibi, kaplumbağalar da havayı solumaktan vazgeçmiş değildir, fakat bu konuda bazıları balinalardan bir adım öndedir. Bu kaplumbağalar, vücutlarının kan damarlarıyla bolca beslenen arka ucunda bulunan bir çift odacıktan geçen sudaki oksijeni ilaveten ayrıştırır

ve kullanırlar. Hatta, Avustralyalı bir nehir kaplumbağası ihtiyacı olan oksijenin büyük miktarını poposundan soluyarak elde eder.

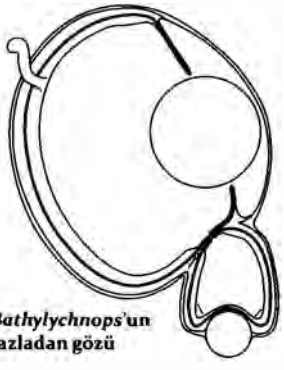
Daha fazla ileri gitmeden önce, terminolojinin insana yorgunluk veren bir noktasından ve George Bernard Shaw'ın "İngiltere ve Amerika ortak bir dille bölünmüş iki ülkedir" dediği üzücü ama doğru gözleminden kaçamayacağım. Britanya'da kaplumbağalar denizde yaşar, tosbağalar karada yaşar ve su kaplumbağaları tatlı veya tuzlu sularda yaşar. Amerika'da, suda veya karada yaşadıklarına bakılmaksızın, bütün bu hayvanların adı "kaplumbağadır." "Kara kaplumbağası" demek kulağa garip geliyor, ama tosbağaları kaplumbağaların karada yaşayan bir alt grubu olarak gören bir Amerikalıya garip duyulmuyor. Bazı Amerikalılar "tosbağa" kelimesini, günümüzdeki kara tosbağalarının bilimsel ismi olan Testudinidae'ye hitaben kısıtlı taksonomik bir manada kullanıyorlar. Fakat biz Britanya'da, Testudinidae'nin bir üyesi olsun ya da olmasın, kaplumbağa cinsinden (kelonyen) herhangi bir karasal hayvana tosbağa deriz (ki az sonra göreceğimiz gibi, karada yaşamış fakat Testudinidae'nin üyesi olmayan "tosbağa" fosilleri bulunmaktadır). Bu noktadan itibaren, Britanya'daki ve Amerika'daki (ve kullanımın yine farklı olduğu Avustralya'daki) okurları hesaba katarak bu karışıklıktan sakınmaya çalışacağım, ama bu kolay olmayacak. Yumuşak bir tabirle, terminoloji karman çorman. Biz İngilizcenin hangi versiyonunu konuşursak konuşalım, hayvanbilimciler bu hayvanların, yani kaplumbağa, tosbağa ve su kaplumbağalarının tamamı için "kelonyen" kelimesini kullanıyorlar.

Kelonyenlerin göze hemen çarpan ilk özelliği kabuklarıdır. Bu kabuk nasıl evrildi ve ara formlar nasıldı? Kayıp halkalar nerede? Yaradılışçı bir partizanın sorabileceği gibi, yarım bir kabuğun yararı ne? Eh, şaşılacak iş ama, bu soruyu pek güzel cevaplayan yeni bir fosil çok yakın zaman önce tanımlanmış bulunuyor. Bu kitabı yayıncılara teslim etmemden hemen önce, sahneye çıkışını *Nature* dergisinde yapıverdi. Bu, Çin'deki geç Triasik tortullarında bulunan sucul bir kaplumbağaydı ve yaşının 220 milyon yıl olduğu tahmin ediliyordu. İsmi *Odontochelys semitestacea*'dır, ki bu isimden onun günümüzdeki kaplumbağa ve tosbağaların aksine, dişlere ve hatta hatta yarım bir kabuğa sahip olduğunu çıkarabilirsiniz. Aynı zamanda, günümüz kaplumbağa ya da tosbağalarına nazaran çok daha uzun bir kuyruğu vardı. Bu üç özellik onu başlıca "kayıp halka" malzemesi yapıyor. Karnı, plastron adı verilen ve modern bir deniz kaplumbağasınınkine benzer bir kabukla

kaplıydı. Fakat kabuğun karapaks olarak bilinen sırt kısmından yoksundu. Hayvanın sırtı, olasılıkla bir kertenkeleninki gibi yumuşaktı, ama bir timsahtaki gibi omurganın üstünde vücudun ortalarına doğru sert, kemiksi kısımlar bulunuyordu ve kaburgaları, adeta evrimsel bir karapaksın tohumlarını atmaya çalışırcasına yassılaşmıştı.

İşte burada ilginç bir tartışma çıkıyor ortaya. *Odontochelys*'i dünyaya duyuran makalenin yazarları Li, Wu, Rieppel, Wang ve Zhao (her ne kadar Rieppel Çinli olmasa da, kolaylık olsun diye kendilerinden Çinli yazarlar diye bahsedeceğim), hayvanın kabuk sahibi olma sürecinin yarısını tamamlamış olduğunu düşünüyorlardı. Fakat başkaları *Odontochelys*'in, kabuğun suda evrildiğini gösterdiği iddiasına karşı çıkıyorlar. *Nature* dergisinin, makalenin yazarları dışındaki uzmanları bir araya getirip o haftanın en ilgi çeken makaleleri hakkında bir yorum yazısı yazmalarını sağlamak gibi hayranlık duyulası bir geleneği var. Bu yorumları "Haberler ve Görüşler" köşesinde yayınlıyorlar. "Haberler ve Görüşler" köşesinde *Odontochelys* makalesi hakkında yayınlanan yorum, Kanadalı iki biyolog olan Robert Reisz ve Jason Head tarafından yazılmıştı ve onlar konuya alternatif bir açıklama getiriyorlardı. Belki de kabuğun tamamı, *Odontochelys*'in ataları suya geri dönmeden önce, karada çoktan evrilmişti. Ve belki de *Odontochelys* karapaksını suya döndükten sonra kaybetti. Reisz ve Head bugün yaşayan bazı deniz kaplumbağalarının da, örneğin kösele derili deniz kaplumbağasında olduğu gibi, ya karapakstan tamamen yoksun olduklarına ya da bu yapının ciddi şekilde küçülmüş olduğuna dikkat çekiyorlar, bu yüzden onların teorisi pek akla yakın görünüyor.

Burada şu "Yarım bir kabuğun yararı ne?" sorusu için küçük bir parantez açmak istiyorum. Daha ayrıntılı soracak olursak, *Odontochelys*'in neden göbeğinde zırh vardı fakat sırtı zırhsızdı? Belki de tehlike alttan geldiği içindir, ki bu da bu yaratıkların zamanın çoğunu yüzeye yakın yüzerek geçirdiklerine işaret edebilir; elbette, yüzeye nefes almak için ille de geleceklerdi zaten. Günümüzde yaşayan köpekbalıkları genellikle aşağıdan saldırıya geçer. Köpekbalıkları *Odontochelys*'in dünyasının tehlikeli şekilde önemli bir parçası olmalıydı ve o zamanlar köpekbalıklarının avlanma alışkanlığının bugünkünden farklı olduğunu düşünmek için hiçbir sebep yok. Buna paralel olarak, evrimin en şaşırtıcı başarılarından biri *Bathylychnops* adı verilen bir balık türünde bulunan ve büyük ihtimalle aşağıdan gelecek avcı saldırılarını tespit etmeye yarayan fazladan bir çift göz. Diğer

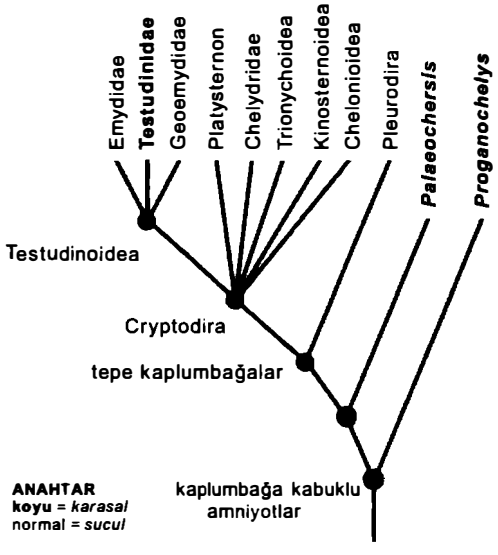

Bathylychnops'un fazladan gözü

normal balıklarda olduğu gibi, asıl gözler dışa doğru bakıyor. Fakat her iki ana gözde, gözün alt kısmına sıkıştırılmış gibi duran, göz merceği ve retinasıyla tastamam, fazladan birer küçük göz var. Eğer *Bathylychnops*, büyük ihtimalle aşağıdan gelecek saldırıları gözetlemek için, fazladan bir çift göz büyütme zahmetine katlanıyorsa (bunu ne manada söylediğimi anladınız, bilgiçlik taslamayın), *Odontochelys*'in aynı yönden gelecek saldırıları savuşturmak için bir zırh geliştirmiş olması da gayet makul görünüyor. Yani plastron sahibi olmak mantıklı. Ve eğer derseniz ki, tamam ama neden sırtta da bir karapaks sahibi olmuyor, hani daha da güvende olmak için, cevabı kolay. Kabuklar ağır ve hantallaştırıcıdır, kabuğu oluşturmak da taşımak da masraflıdır. Evrimde her zaman bir ödünleşim söz konusudur. Kara tosbağaları söz konusu olduğunda, bu ödünleşim altta ve üstte heybetli ve ağır bir zırhtan yana oluyor. Çoğu deniz kaplumbağası söz konusu olduğunda ödünleşim altta dayanıklı bir plastron, üstteyse hafif bir zırhtan yanadır. Ve *Odontochelys*'in bu modayı biraz ileri götürdüğünü söylemek gayet mantıklı bir önerme.

Bununla birlikte, eğer Çinli yazarlar *Odontochelys*'in bütün bir kabuk sahibi olacak şekilde evrilme yolunda olduğu ve kabuğun suda evrildiği konusunda haklıysa, bu fikrin devamı iyi gelişmiş kabukları olan modern kara kaplumbağalarının sucul kaplumbağalardan geldiği yönünde olacaktır. Bu da, az sonra göreceğimiz gibi, büyük olasılıkla doğru. Ama bu hakikaten dikkate değer bir fikir, çünkü bugünkü kara kaplumbağalarının sudan karaya *ikinci* bir göçü temsil ettikleri anlamına geliyor. Şimdiye kadar hiç kimse balinaların, ya da dugongların, suları istila ettikten sonra karalara *döndüğünü* iddia etmedi. Kara kaplumbağalarıyla ilgili anlatılan diğer hikâye ise onların hep karada yaşadıkları ve kabuklarının da bağımsız, sucul kuzenlerine paralel olarak, evrildiği. Bu elbette imkânsız değil; fakat durum şu ki, deniz kaplumbağalarının hakikaten ikinci bir kez karalara dönüp kara kaplumbağalarına dönüştüklerine inanmak için çok iyi sebeplerimiz var.

Eğer, moleküler ve diğer karşılaştırma araçlarını temel alarak, bütün modern kaplumbağa ve tosbağaların aile ağacını çıkarırsanız, neredeyse bütün dalların sucul olduğunu görürsünüz (şemada koyu

renkle yazılmamış olanlar). Kara kaplumbağalarını koyu renkli yazı temsil ediyor ve gördüğünüz gibi bugün kara kaplumbağaları, *Testudinidae* adı verilen ve zengin sucul kelonyen dalları arasına gömülmüş sadece bir dalı oluşturuyorlar. Bütün yakın kuzenleri suda yaşıyor. Modern kara kaplumbağaları, tamamı sucul kaplumbağa dallarından oluşan bir çalıda incecik bir dal. Sucul ataları karaya geri döndü. Bu durum, kabuğun sularda *Odontochelys* gibi bir yaratıkta evrilmiş olduğu hipotezi ile uyuşuyor. Fakat şimdi de önümüzde başka bir zorluk var. Eğer aile ağacına bakarsanız, *Testudinidae*'ye (bütün modern tosbağalara) ek olarak bir de bütün kabuğu olan *Proganochelys*[1] ve *Palaeochersis* isimli hayvanlardan oluşan iki fosil cinsi olduğunu fark edeceksiniz. Bunların ikisi de karada yaşayan gruplar olarak çizilmiş, bunun sebeplerine bir sonraki paragrafta değineceğiz. Suda yaşayan kaplumbağaları temsil eden dalın hemen dışında bulunuyorlar. Bu iki cins adeta kadim karasallar gibi görünüyor.



Tosbağa ve kaplumbağaların aile ağacı

Bu iki fosil, *Odontochelys* keşfedilmeden önce bilinen en eski kelonyenlerdi. *Odontochelys* gibi, ama ondan yaklaşık 15 milyon yıl sonra, Triyasik dönemde yaşamışlardı. Bazı uzmanlar onları tatlı suda yaşayan yaratıklar olarak resmettiler, fakat yakın zamanda edindiğimiz bilgiler, şemadaki koyu renkli yazıların da gösterdiği üzere, onların yerini kesinlikle karalar olarak belirliyor. Fosil hayvanların, özellikle de sadece bazı vücut parçaları bulunmuşsa, karada mı yoksa suda mı yaşadığını nasıl anladığımızı merak edebilirsiniz. Bazen bu oldukça

1- Bana söylenene göre bu kelime Yunanca'da pek bir anlam ifade etmiyor. Eğer *Progonochelys* denmiş olsaydı çok mantıklı olurdu. Çünkü "atasal tosbağa" ya da "ilkel tosbağa" gibi bir anlama gelecekti ve yazarların bu fosile isim verirken kullanmak istedikleri kelimenin aslında bu olduğunu düşünmeden edemiyorum. Ne yazı ki hayvanbilimsel isimlendirmenin kuralları çok sıkıdır ve çok bariz hatalar bile, isim bir dergide yayınlanıp "kutsandıktan" sonra değiştirilemez. Sınıflandırma bilimi bu tip fosilleşmiş hatalarla kirlenmiş durumdadır. Benim en sevdiğim örnek, Afrika maun ağacı *Khaya*'dır. Efsaneye göre (ki buna inanmak istiyorum), yerel bir dilde bu söz "bilmiyorum" anlamına geliyormuş, olasılıkla beraberinde "Ve umrumda da değil, niçin bitki isimleri hakkında aptalca sorular sormayı bırakmıyorsun" manasını taşıyormuş.

açıktır. Yüzgeçleri ve aerodinamik vücutları olan ihtiyozorlar, dinozorlarla aynı çağda yaşamış sürüngenlerdi. Fosilleri yunuslara benziyor ve sularda yunuslar gibi bir yaşam sürdükleri kesin. Kaplumbağalar ve tosbağalar söz konusu olduğunda bu o kadar da rahat yapılabilen bir çıkarım değil. Tahmin edebileceğiniz gibi, en büyük ipucu bacakları. Yüzmek için kullanılan kürek gibi bacaklar, yürümek için kullanılan bacaklardan oldukça farklıdır. Yale Üniversitesi'nden Walter Joyce ve Jacques Gauthier bu son derece açık ve basit fikri aldılar ve onu destekleyen rakamlar ortaya koydular. Yaşayan yetmiş bir kelonyen türünün kol ve el kemiklerinden üç ana ölçüm aldılar. Yaptıkları mükemmel hesaplamaların ayrıntısına girme isteğimi bastıracağım, fakat vardıkları sonuç çok açıktı. Bu fosil hayvanların yürümeye yarayan bacakları vardı, kürek şekilli yüzgeç bacakları değil. Yani İngiltere'deki kullanıma göre, "tosbağaydılar", "kaplumbağa" değil. Karada yaşıyorlardı. Modern tosbağaların uzak kuzenleriydiler.

Sanki yine bir problemle karşı karşıyayız. Eğer *Odontochelys*'i tanıtan makalenin yazarlarının inandığı gibi, onların yarım kabuklu fosili, kabuğun suda evrildiğini gösteriyorsa, bundan 15 milyon yıl sonra tam kabuklu ve karada yaşayan "tosbağalardan" oluşan iki cinsi nasıl açıklayacağız? *Odontochelys*'in keşfine kadar, *Proganochelys* ve *Palaeochersis*'in suya geri dönüşten *önce* karada yaşayan kelonyenlerin ataları olduğunu söylemekte tereddüt etmezdim. Kabuk karada evrilmişti. Bazı kabuklu tosbağalar aynı foklar, balinalar ve dugongların daha sonra yapacağı gibi, sulara geri dönmüşlerdi. Diğerleri karada kalmışlar ya da yok olmuşlardı. Ve sonra bazı deniz kaplumbağaları yeniden karaya çıkmışlar, bütün modern tosbağaların atası olmuşlardı. Diyeceğim şey bu olurdu – hatta aslına bakarsanız *Odontochelys*'in duyurulmasından önce bu bölümün ilk taslağını yazdığım sırada dediğim şey tam da bu olmuştu. Fakat *Odontochelys* bütün spekülasyonları kaynayan kazana geri atıyor. Şimdi elimizde, her biri eşit derecede ilginç, üç olasılık var.

1. *Proganochelys* ve *Palaeochersis*, daha önceden aralarında *Odontochelys*'in atalarının da bulunduğu bazı temsilcilerini suya göndermiş olan karasal hayvanlardan hayatta kalanlar olabilir. Bu hipotez kabuğun erken bir zamanda karada evrildiğini ve *Odontochelys*'in karapaksını suda kaybedip plastrona sahip olmaya devam ettiğini söylüyor.

2. Çinli yazarların belirttiği gibi kabuk, önce karnın üzerinde plastron sonra da sırtın üzerinde karapaksın ortaya çıkması suretiyle suda evrilmiş olabilir. Bu durumda *Odontochelys* yarım kabuğuyla sularda yaşam sürdükten *sonra* ortaya çıkmış olan *Proganochelys* ve *Palaeochersis*'i ne yapacağız? *Proganochelys* ve *Palaeochersis*'in kabuğu bağımsız olarak evrilmiş olabilir. Fakat bir başka olasılık daha var:

3. *Proganochelys* ve *Palaeochersis* aslında sulardan karalara daha önce gerçekleşmiş bir yeniden dönüşü temsil ediyor olabilir. Bu sizce de ürkütücü derecede heyecan verici bir düşünce değil mi?

Hâlihazırda, kaplumbağaların karaya çıkışta evrimsel bir ikileme yapmayı başardıkları yönündeki fevkalade gerçek konusunda kendimizden oldukça eminiz: kara "tosbağalarının" erken bir versiyonu önceki balık atalarının sucul ortamına geri döndü, bunlar deniz kaplumbağası oldu, sonra yeniden karaya çıktı, kara tosbağaları yeniden vücut bulmuş oldu ve bunlara *Testudinidae* adını verdik. İşte bildiklerimiz bu kadar, ya da neredeyse emin olduklarımız. Fakat şimdi bir de, bu ikilemenin *iki kez* gerçekleştiği iddiasıyla karşı karşıyayız. Sadece modern tosbağaları ortaya çıkarmak için değil, çok çok daha önce, Triyasik dönemde *Proganochelys* ve *Palaeochersis*'i meydana getirmek için.

Başka bir kitabımda DNA'nın "Ölülerin Genetik Kitabı" olduğunu söylemiştim. İnsanda doğal seçilimin işleyiş tarzı yüzünden, bir hayvanın DNA'sının onun atalarının doğal seçildikleri dünyaların yazılı betimlemesi olduğu hissi oluşuyor. Bir balık için ölülerin genetik kitabı atasal denizleri tarif eder. Bizim ve memelilerin çoğu için, kitabın ilk bölümleri denizde geçer, sonraki bölümleri karada. Balinalar, dugonglar, denizcil iguanalar, penguenler, foklar, deniz aslanları ve kaplumbağalar için, kitapta üçüncü bir bölüm vardır ve uzak geçmişlerinin tecrübe sahasına yaptıkları destansı dönüşün hikâyesini anlatır. Fakat kara tosbağaları için, belki de birbirinden bağımsız olarak, üstelik de çok uzak aralıklarla iki ayrı kez, karaya yeniden ve son kez (acaba hakikaten son mu?) çıkışa ayrılmış dördüncü bir bölüm vardır bu kitapta. Acaba ölülerin genetik kitabının sayfalarının tekrar tekrar yazılan evrimsel U dönüşleriyle dolu olduğu böyle başka bir hayvan var mıdır? Giderayak söylemezsem olmaz, kara tosbağalarının yakın kuzenleri olan şu tatlı su ve tuzlu su biçimleri ("terrapinler") konusu-

nu merak etmeden duramıyorum. Acaba ataları denizlerden doğruca diğer tuzlu sulara ve nihayet tatlı sulara mı geçtiler? Denizlerden karalara geçişin ara aşamalarını mı temsil ediyorlar? Ya da modern kara tosbağaları olan atalardan bir başka kez daha suya dönüş yapanlar olmaları mümkün mü? Kelonyenler evrimsel süreçte suyla karalar arasında gidip geliyor muydu? Kitabın tekrar yazılan bu kısımları düşündüğümüzden de fazla sayıda olabilir mi?

NOT:

19 Mayıs 2009'da, ben bu kitabın deneme baskısını düzelttiğim sırada, internet üzerinde yayın yapan bilimsel bir dergi olan *PLOS One*, lemur benzeri bir primatla maymunsu bir primat arasındaki "kayıp bir halkayı" duyurdu. İsmi *Darwinius masillae* olan bu yaratık 47 milyon yıl önce, şimdi Almanya olan bir yağmur ormanında yaşamıştı. Yazarlar tarafından bu fosilin şimdiye dek bulunan en eksiksiz primat fosili olduğu iddia ediliyor: sadece kemikleri değil, derisi, kılları, bazı içorganları ve yediği son yemek de korunmuş. *Darwinius masillae*'nin ne kadar güzel olduğuna hiç şüphe yok ama, konu hakkında berrak düşünmemizi engelleyen bir reklam dalgasıyla karşımıza çıktı. *Sky News*'e göre, bu fosil "en nihayet Charles Darwin'in evrim kuramını doğrulayan" "dünyanın sekizinci harikası" imiş. Üstüme iyilik sağlık! "Kayıp halkanın" fasa fiso esrarı, gücünden hiçbir şey kaybetmemişe benziyor.

BÖLÜM 7

KAYIP İNSANLAR MI? ARTIK KAYIP DEĞİLLER

EN ÜNLÜ ESERİ olan *Türlerin Kökeni*'ninde Darwin, insan evriminden bahsedişini şu muhteşem dokuz kelimeyle sınırlı tutuyor: "İnsanın kökeni ve insanlığın tarihi üzerine bir ışık tutulacak." Bu, kitabın ilk baskısında kullanılan cümle, ki aksini belirtmediğim sürece ben hep bu baskıya atıfta bulunuyorum. Altıncı (ve sonuncu) baskıya gelindiğindeyse, Darwin kendisine bir istisna yapmak için izin verdi ve bu cümle "İnsanın kökeni ve insanlığın tarihi üzerine güçlü bir ışık tutulacak" halini aldı. Bu büyük adamı, kalemi beşinci baskının üzerinde ve "güçlü" kelimesini kullanma lüksüne kendisini bırakıp bırakmaması gerektiğine sağduyululukla kafa yorarken hayal etmek hoşuma gidiyor. Yaptığı bu eklemeye rağmen cümlede tasarlanmış bir hafiflik var.

Darwin insan evrimini anlatmayı bilerek yavaştan almış ve bir başka kitaba ertelemişti: *İnsanın Türeyişi*. *Bu* sonraki eserin iki cildi boyunca, bir altbaşlık olan *Cinsiyet Açısından Seçilim* konusuna (ki bu konu çoğunlukla kuşlarda incelenmişti) insanın evriminden daha çok yer ayrılmış olması şaşırtıcı olmasa gerek. Şaşırtıcı değil, çünkü Darwin bu kitapları yazdığı zamanlarda, maymunlar içindeki en yakın akrabalarımızla bizim aramızda bağ kuran hiçbir fosil yoktu. Darwin'in bakabileceği maymunlar sadece yaşayanlardan ibaretti ve o da bunları iyi kullandı. Doğru (ve neredeyse tek bir) argüman ortaya koyarak en yakın akrabalarımızın hepsinin Afrikalı (goriller ve şempanzeler; bonobolar o zamanlar şempanzelerden ayrı bir tür olarak tanınmıyordu, ama onlar da Afrikalıydı) olduğunu söyledi ve eğer insanların atalarının fosilleri bulunacaksa, aranacak yerin Afrika olduğu tahminini yürüttü. Darwin fosillerin azlığından yakındı ama yine de duruma dair kararlı bir iyimserlik gösterdi. Hocası ve aynı zamanda o zamanların büyük taşılbilimcisi olan Lyell'e atıfta bulunarak, "bütün omurgalı sınıfları açısından fosil kalıntılarının keşfinin son derece yavaş ve rastlantısal bir süreç olageldiğine" işaret etti ve ekledi, "Ayrıca, insan ile soyu tükenmiş bir tür maymunsu yaratık arasında bağlantı kuracak kalıntıları bize sağlama potansiyeli yüksek olan bölgelerin henüz taşılbilimciler tarafından araştırılmamış olduğu da unutulmamalı." Afrika'yı kastediyordu ve kendisinden hemen sonra gelenlerin onun bu önerisini görmezden gelip Afrika yerine Asya'da arama yapmaları bu arayışa fayda sağlamadı.

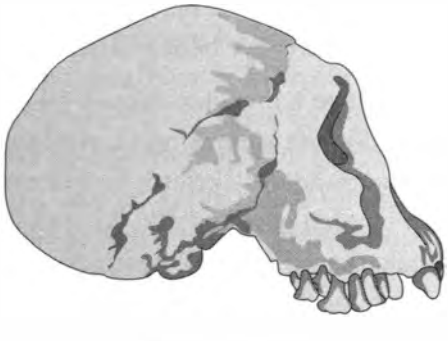
Yine de "kayıp halkaların" gitgide daha az kayıp hale gelişleri Asya'da başladı. Fakat ilk bulunan bu fosiller görece daha yakın zamana aitti, bir milyon yaşının altındalardı, hominidlerin (insansılar) günümüz insanına oldukça yakın oldukları ve Afrika'dan çıkıp Uzak Doğu'ya göç ettikleri dönemlere aitlerdi. Bu fosillere, keşfedildikleri yer göz önünde bulundurularak "Java Adamı" ve "Pekin Adamı" isimleri verildi. Java Adamı, Hollandalı insan bilimci (antropolog) Eugene Dubois tarafından 1891'de keşfedilmişti. Hayatının amacına ulaştığına ve "kayıp halkayı" bulduğuna olan inancını ifade etmesi bakımından fosile *Pithecanthropus erectus* adını verdi. Tepkiler iki farklı kaynaktan geldi, ki bu da sanki onun çıkarımını doğruluyordu: kimileri bunun tamamen insan olduğunu söylediler, kimileri de dev bir şebek olduğunu. Hırçın ve küskün hayatının ileriki yıllarında Dubois, daha yakın zamanda keşfedilen Pekin fosillerinin kendi Java Adamı'na benzediği yönündeki yorumlara içerledi. Fosilini şiddetle sahiplenen Dubois, Java Adamı'nın tek gerçek kayıp halka olduğuna inanıyordu. Çeşitli Pekin Adamı fosilleriyle aradaki farkı vurgulamak için, Pekin fosillerini, modern insana çok daha yakın olarak ve Trinil'den çıkarılan kendi Java Adamı'nı insan ve maymun arasındaki form olarak tanımladı.

> *Pithecanthropus* [Java Adamı] bir insan değildi, şebeklere bağlı büyük bir cinsti, fakat beyninin fazlasıyla büyük boyutlu olması yüzünden şebeklerden üstündür ve iki ayak üzerinde durup yürüyebilme becerisiyle şebeklerden ayrılır. Genellikle insansı maymunların iki katı, insanların da yarısı kadar sefalizasyona [beyin hacminin vücudun hacmine oranı] sahipti . . .
>
> Trinil'in "Maymun Adamı" Java'nın, günümüzde neredeyse genel geçerlik kazanmış olan ilkel bir insan olduğu yönündeki görüşün doğmasına sebep olan şey, insansı bir maymun için çok çok büyük ve ortalama insan beyniyle karşılaştırıldığında küçük olan beyninin (her ne kadar en küçük insan beyninden daha küçük olmasa da) şaşırtıcı boyutuydu. Bununla birlikte, kalvaryası [kafatası kubbesi] insansı maymunlara, özellikle de şebeklerinkine, biçimsel olarak yakından benziyor. . .

Diğerlerinin Dubois'in bu sözünü, *Pithecanthropus*'un sadece kocaman bir şebek olduğu ve şebeklerle insanlar arasında bir geçiş formu olmadığı şeklinde yorumlamalarının Dubois'in asabiyetine bir faydası olmadığına eminim. Bu yüzden Dubois daha önceki duruşunu tekrar vurgulamak için çok çabaladı: "Trinil'in *Pithecanthropus*'unun gerçek 'kayıp halka' olduğuna hala ve eskisinden de güçlü olarak inanıyorum."

Yaradılışçılar zaman zaman, *Pithecanthropus*'un ara form olan bir maymun-adam olduğu iddiasından Dubois'in geri adım atışını politik bir silah olarak kullandılar. Bununla birlikte, yaradılışçı bir organizasyon olan Tekvin'deki Cevaplar (Answers in Genesis) bu iddiayı, geçersiz hale gelen savlar listesine ekledi ve iddianın artık kullanılmaması gerektiğini söyledi. Böyle bir liste tuttukları için onlara saygı duymak lazım. Daha önce söylediğim gibi, *Pithecanthropus*'un hem Java hem de Pekin örneklerinin oldukça genç yani bir milyon yıldan daha genç oldukları gösterilmiş bulunuyor. Artık bizimle birlikte *Homo* cinsi içinde, fakat Dubois'in koyduğu tür ismi olan *erectus*'u koruyarak sınıflandırılıyorlar: *Homo erectus*.

Dubois azimle başladığı "kayıp halka" macerasına atılmak için dünyanın yanlış yerini seçmişti. Bir Hollandalı olarak ilk önce Hollanda Doğu Hint Adaları'na yönelmesi doğaldı, fakat onun kararlılığında bir adamın Darwin'in nasihatini dinlemesi ve Afrika'ya gitmiş olması gerekirdi: zira, az sonra göreceğimiz gibi, atalarımızın evrildiği yer Afrika'ydı. Peki o zaman bu *Homo erectus* örnekleri neden Afrika'dan ayrılmışlardı ve Asya'da işleri neydi? "Afrika'dan çıkış" sözü, atalarımızın Afrika'dan gerçekleştirdikleri muazzam göçü tanımlamak için Karen Blixen'den[1] alınmıştır. Fakat yapılan iki farklı göç vardı ve bunları birbirine karıştırmamamız çok önemli. Görece daha yakın zamanda, belki de 100.000 yıldan da az bir süre önce, bize bayağı benzeyen gezgin *Homo sapiens* grupları Afrika'dan ayrıldı ve bugün dünyanın her yerinde gördüğümüz ırklara ayrıldı: Eskimo, Kızılderili, Aborijin, Çinli, vesaire. İşte "Afrika'dan çıkış" sözü aslında bu yakın zaman göçü için söylenir. Fakat Afrika'dan bunun öncesinde de bir göç gerçekleşmişti ve bu *erectus* öncüler Asya ve Avrupa'da, aralarında Java ve Pekin örneklerinin de olduğu fosiller bıraktılar. Afrika dışından bildiğimiz en eski fosil orta Asya'da bir ülke olan Gürcistan'da bulunmuştu ve kendisine "Gürcü Adam" lakabı verilmişti: (oldukça iyi korunmuş) kafatasının



Homo georgicus

1- Mahlası Isak Dinesen olsa da ben onun gerçek ismini kullanmayı seviyorum çünkü çocukluk yıllarımın bir kısmını Karen'in yakınında, adını ondan alan "Ngong Tepeleri'nin eteklerindeki" köyde geçirdim.

bugünkü modern yöntemlerle 1,8 milyon yıl yaşında olduğu belirlenen minyon bir yaratıktı bu. Hepsi de *Homo erectus* olarak sınıflandırılan Afrikalı ilk mültecilerden daha ilkel olduğunu belirtmek için (bazı taksonomlar (sınıflandırmacılar) tarafından, zira diğerleri onu ayrı bir tür olarak tanımıyorlar) *Homo georgicus* olarak isimlendirildi. Daha yenilerde, Gürcü Adam'dan biraz daha eski bazı taş aletler Malezya'da keşfedildi ve bu keşif bu yarımadada fosil kemiklerin yeniden aranmaya başlamasını tetikledi. Ama her koşulda, bütün bu erken Asya fosilleri çağdaş insanlara oldukça yakınlar ve bugünlerde *Homo* cinsinde sınıflandırılıyorlar; çok daha eski atalarımız için Afrika'ya gitmemiz gerekiyor. Fakat ondan önce, bir "kayıp halkadan" neler beklemeliyiz sorusunu sormak için bir duralım.



Şempanze

Bu tartışmanın uğruna, farzedin ki, "kayıp halka" kavramını başlangıçtaki allak bullak anlamıyla ciddiye alalım ve şempanzelerle (solda) aramızda bir ara form arayalım. Biz doğruca şempanzelerden türemedik, fakat onlarla paylaştığımız ortak atanın bizden çok şempanzelere benziyor olduğunu söylemek kulağa adil geliyor. Bu atanın, özellikle bizimki gibi kocaman bir beyni yoktu, büyük ihtimalle dik yürümüyordu, bizden çok daha kıllıydı ve kesinlikle konuşma dili gibi gelişmiş insan özellikleri yoktu. Yani, sık karşılaştığımız bu yanlış anlama karşısında her ne kadar şempanzelerden türemediğimize dair tutumumuzu korumamız gerekse de, biz insanlar ve şempanzeler arasındaki bir form acaba nasıl bir şeye benzerdi diye sormanın bir zararı yok.

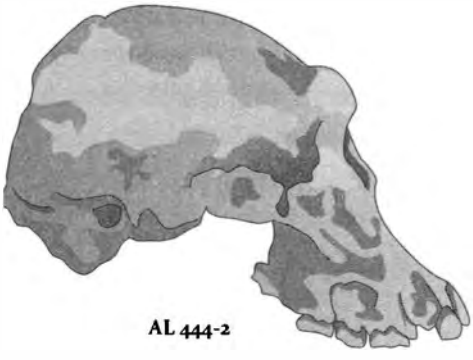
Eh, kıl ve konuşulan dil pek iyi fosilleşmiyor, fakat beynin büyüklüğü hakkında kafatasından, yürüme biçimiyle ilgili olarak da iskeletin tamamından (iskelette *foramen magnum*, yani omuriliğin kafatasının içinden geçtiği delik, iki ayak üzerinde yürüyenlerde aşağı doğru bakarken dört ayak üzerinde yürüyenlerde geriye doğru baktığı için kafatası da dâhil olmak üzere bütün iskeletten) iyi ipuçları elde edebiliriz. Kayıp halka olmaya aday örnekler şu özelliklerden birine sahip olabilir:

1. Orta seviyede beyin büyüklüğü ve orta seviyede yürüme biçimi: belki de başçavuşlar ve hanımefendilerin tercih ettiği gururlu bir dik yürüyüşten ziyade bir çeşit kambur ve badi badi yürüme biçimi.
2. Şempanzeninki büyüklüğünde bir beyin ve insan gibi dik yürüme biçimi.
3. Büyük, insanınki gibi bir beyin, şempanze gibi dört ayak üzerinde yürüme.

Şimdi bu olasılıkları aklımızda tutarak, bizim elimizde olan ama Darwin'in inceleme şansına sahip olmadığı pek çok Afrikalı fosilden bir kısmını inceleyelim.

HAYLAZ BİR RUH HALİ İÇİNDE HALA UMUYORUM Kİ...

10. Bölümde anlatacağım moleküler kanıtlar, şempanzelerle ortak atamızın yaklaşık altı milyon yıl ya da biraz daha önce yaşamış olduğunu gösteriyor, öyleyse haydi aradaki farkı ikiye bölelim ve yaklaşık üç milyon yıl yaşında olan fosillere bakalım. Bu devrin en ünlüsü olan fosil, kendisini Etiyopya'da keşfeden Donald Johanson tarafından *Australopithecus afarensis* olarak sınıflandırılan "Lucy'dir". Ne yazık ki elimizde Lucy'nin kafatasının sadece bazı parçaları var, fakat alt çenesi beklenmedik şekilde iyi korunmuş. Lucy, günümüz standartlarına göre küçük yapılıydı, ama *Homo floresiensis* kadar değil. Gazeteler, şok edecek kadar yakın bir zaman önce, Endonezya'daki Flores adasında soyu tükenmiş olan bu küçük yaratığa sinir bozucu şekilde "Hobit" ismini takmışlardı. Lucy'nin iskeletinin parçaları, onun iki ayak üzerinde yürüdüğüne ama büyük ihtimalle çevik bir şekilde tırmanabildiği ağaçlarda saklandığına işaret edecek bütünlükte. Lucy'e ait olduğu düşünülen kemiklerin hepsinin gerçekten de sadece tek bir bireye ait olduğuna dair iyi kanıtlar var. Öte yandan aynı durum, Lucy'e benzeyen veya hiç olmazsa aynı dönemden olan ve yine Etiyopya'da, bir şekilde birlikte gömülmüş en az on üç bireyin bir yığın kemiklerinden oluşan "İlk Aile" için geçerli değil. Lucy'nin ve İlk Aile'nin parçaları *Australopithecus afarensis*'in nasıl göründüğüne ilişkin iyi bir ilk izlenim yaratıyor, ama pek çok farklı bireyden elde edilen parçalarla güvenilir ve gerçeğe uygun bir canlandırım yapmak çok zor. Neyse ki, 1992'de Etiyopya'nın aynı bölgesinde, AL 444-2 ola-



rak bilinen oldukça eksiksiz bir kafatası bulundu (solda) ve bu keşif daha önce yapılan ama kesinleşmeyen canlandırımları da doğrulamış oldu.

Lucy ve benzerleriyle ilgili çalışmaların vardığı sonuç, bunların beyinlerinin şempanzelerinkiyle yaklaşık aynı büyüklükte olduğu fakat şempanzelerin aksine, aynı bizim gibi arka ayakları üzerinde dik yürüdükleridir; yani yukarıda varsaydığımız üç farklı senaryodan ikincisi: "Lucyler" biraz dik yürüyen şempanzeler gibiydi. Onların ikiayaklılık özelliği Mark Leakey'in fosilleşmiş bir volkan külünde bulduğu kuvvetli çağrışımlar yapan bir dizi ayak izi tarafından çarpıcı biçimde doğrulanmıştır. Bunlar daha güneyde, Tanzanya'daki Laetoli'dedir ve Lucy'den de AL 444-2'den de yaşlıdır: yaklaşık 3,6 milyon yıl yaşında. Genellikle yanyana yürüyen (belki de el ele?) bir çift *Australopithecus afarensis*'e ait oldukları düşünülür ama burada asıl önemli olan şudur ki, 3,6 milyon yıl öncesine varılana dek, iki ayağı üzerinde dik duran bir maymun Dünya üzerinde yürüyordu, ayakları bizimkine bayağı benziyordu ve beyni bir şempanzeninki kadardı.

Australopithecus afarensis adını verdiğimiz türün (Lucy'nin türü) üç milyon yıl öncesinden olan atalarımızı içermekte olduğu çok olası görünüyor. Diğer fosiller aynı cins altında farklı türler olarak sınıflandırıldılar ve bizim atalarımızın bu cinsin üyeleri olduğu neredeyse kesin. Keşfedilen ilk *Australopithecus* ve bu cinsin ilk numunesi, Taung Çocuğu adı verilen bir fosildi. Taung Çocuğu henüz üç buçuk yaşındayken bir kartal tarafından yenmişti. Kanıtların gösterdiğine göre, fosilin göz yuvalarındaki izler günümüzde yaşayan kartalların yine günümüz maymunlarının gözlerini çıkarırken maymunlarda bıraktıkları izlerin tıpatıp aynısı. Zavallı küçük Taung Çocuğu, göklerde kartalların gazabıyla taşınırken, rüzgâra acı bir çığlık bırakıyorsun, kaderine yazılmış olan kavuşacağın ünü bilmek bile seni rahatlatamaz bu anda, iki buçuk milyon yıl sonra, *Australopithecus africanus*'un ilk numunesi olacaksın. Zavallı anne Taung, Pliosen'de gözyaşları döküyor.

İlk numune, bir türün isimlendirilen ve bir müze tarafından kendisine etiket verilen ilk bireyidir. Teorik olarak, daha sonra bulunan

örnekler, türe uygunluklarının belirlenmesi için bu ilk numune ile karşılaştırılır. Taung Çocuğu 1924 yılında Güney Afrikalı insan bilimci Raymond Dart tarafından keşfedildi ve Dart ona yeni bir cins ve tür ismi verdi.

Peki "tür" ile "cins" arasındaki fark nedir? Daha ileri gitmeden gelin bu soruyu hızlıca yanıtlayıp önümüzden kaldıralım. Cins daha içerikli bir bölümdür. Bir tür bir cinse dâhildir ve genellikle bu cinsi başka türlerle paylaşır. *Homo sapiens* ve *Homo erectus*, *Homo* cinsi içindeki iki türdür. *Australopithecus africanus* ve *Australopithecus afarensis*, *Australopithecus* cinsi içindeki iki türdür. Bir hayvanın ya da bitkinin Latince ismi her zaman büyük harfle başlayan bir cins ismini takiben küçük harfle başlayan tür isminden oluşur. Her iki isim de eğik (italik) yazılır. Bazen bunlara ek olarak bir de alt-tür ismi bulunabilir, bu da örneğin *Homo sapiens neanderthalensis*'te olduğu gibi tür isminden hemen sonra gelir. Sınıflandırmacılar isimler konusunda sık sık anlaşmazlık yaşarlar. Örneğin çoğu sınıflandırmacı *Homo sapiens neanderthalensis* yerine *Homo neanderthalensis* der, böylece Neandertal'leri alt-türden tür statüsüne yükseltmiş olur. Cins isimleri ve tür isimleri genellikle tartışma konusu olur ve bilimsel literatürde sürekli yapılan gözden geçirmeler sonucu değişebilir. Zamanında, *Paranthropus boisei*'nin ismi *Zinjanthropus boisei* ve *Australopithecus boisei*[1] idi ve hala da gayri resmi olarak (yukarıda sözünü ettiğimiz iki "zayıf" (çelimsiz) *Australopithecus* türlerinden değil de) gürbüz bir *Australopithecus* olarak anılır. Bu bölümün ana mesajlarından biri hayvanbilimsel sınıflandırmanın biraz gelişigüzel olan doğasıyla da ilgili.

Raymond Dart, o zamanlar Taung Çocuğu'na, yani cinsin ilk numunesine *Australopithecus* ismini vermişti ve atamıza verilen iç karartıcı derecede hayal gücünden yoksun bu isim üzerimize yapışıp kaldı. Bu kelime sadece "güneyli maymun" manasına geliyor. "Güney ülkesi" anlamına gelen Avustralya (Australia) ile hiçbir alakası yok. Dart böyle önemli bir cins için çok daha yaratıcı bir isim düşünebilirdi. Hatta, bu cinsin diğer üyelerinin daha sonraları ekvatorun kuzeyinde keşfedileceğini de düşünebilirdi.

1- Kendilerini keşfeden kişilerin ismini alan hastalıkların aksine, yeni türler kendilerini keşfedenler *tarafından* isimlendirilirler ama hiçbir zaman o *kişilerin* ismini almazlar. Bu bir biyologun bir başkasını ya da bir bağışçıyı onurlandırması için iyi bir fırsattır. Nitekim seçkin meslektaşım W. D. Hamilton'un bu şekilde onurlandırılmış olması bir sürpriz değil. Yirminci yüzyılda Darwin'in en büyük varislerinden biri sayabileceğimiz bu adamın üslubu, A.A. Milne'nin Eeyore'undan (elbette, Walt Disney'in içler acısı [Winnie-the-Pooh] versiyonundan değil) kalma bir kasvete sahipti. Küçük bir deniz motoru ile bir zamanlar keşif gezisine çıktığı Amazon'da Hamilton'u bir eşekarısı sokmuştu. Onun ne kadar iyi bir böcekbilimci olduğunu bilen arkadaşı ona "Bill, bu eşekarısının ismi ne biliyor musun?" demişti. Hüzünle "Evet," demişti Bill, Eeyore'a en çok benzeyen ses tonuyla. "Aslına bakarsan bu arıya benim ismim verildi."

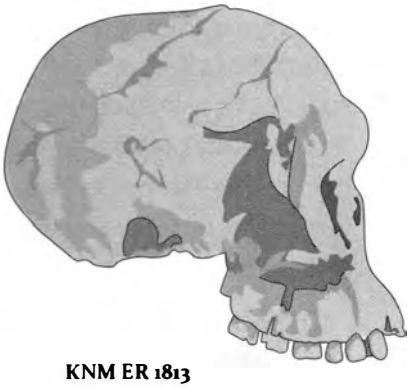


"Bayan Ples"

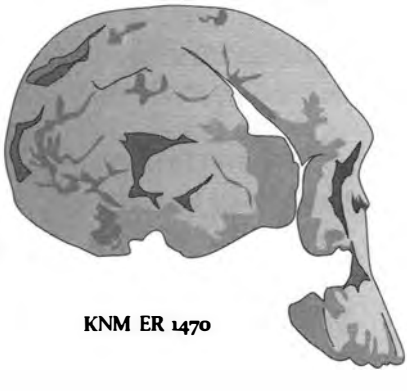
Her ne kadar alt çenesi olmasa da elimizdeki en harika şekilde korunmuş kafataslarından biri, Taung Çocuğu'ndan biraz daha yaşlı olan Bayan Ples. Bayan Ples, ki kendisi aslında irice bir dişiden ziyade ufak bir erkek de olabilir, ilk başta *Plesianthropus* cinsi altında sınıflandırıldığı için bu takma adı almıştır. *Plesianthropus* "neredeyse insan" anlamına gelir ki bu "güneyli maymundan" çok daha iyi bir isimdir. İnsan istiyor ki, sınıflandırmacılar daha sonraları Bayan Ples ve benzerlerinin aslında Taung Çocuğu ile aynı cinsten olduğuna karar verdiklerinde *Plesianthropus* ismi bütün bu türlerin ismi haline gelsin. Ne yazık ki, hayvanbilimsel isimlendirmenin kuralları kölelik derecesinde katıdır. Hangi ismin daha önce ortaya atıldığı, mana ve uygunluktan önce gelir. "Güneyli maymun" berbat bir isim olabilir ama ne yapalım: çok daha anlamlı olan *Plesianthropus*'tan daha önce ortaya atılmış ve başka seçeneğimiz yok, tabi eğer . . . Haylaz bir ruh hali içinde hala umuyorum ki bir gün biri Güney Afrika'daki bir müzenin tozlu bir rafında uzun zaman önce unutulmuş bir fosil bulacak ve bu fosilin Bayan Ples ve Taung Çocuğu ile aynı çeşitten olduğu apaçık olacak, ama fosilin üzerindeki bir etikette kargacık burgacık bir yazı olacak ve o yazı şunu diyecek: "*Hemianthropus* ilk numune, 1920". Böylece, bir anda, dünyanın dört bir yanındaki bütün müzeler ellerindeki *Australopithecus* örneklerini ve alçılarını yeniden etiketlemek zorunda olacak ve hominid tarihiyle ilgili kitaplarla makaleler de aynı şeyi yapmak zorunda kalacak. Dünyanın her yerinde kelime işlemci-si programlar, metinlerde beliren *Australopithecus*'ları tek tek bulup *Hemianthropus* ile değiştirmek için fazla mesai yapacak. Uluslararası kuralların dilde, hem dünya çapında geçerli hem de geçmişe yönelik olan bir değişimi zorunlu kılabileceği başka bir yol aklıma gelmiyor.

Şimdi, sözde kayıp olan halkalarla ve isimlerin gelişigüzelliği ile ilgili söylemek istediğim diğer önemli noktaya gelelim. Bayan Ples'in ismi *Plesianthropus*'tan *Australopithecus*'a çevrildiğinde gerçekte hiçbir şeyin değişmediği açık. Yani normalde kimse bu konuda farklı bir şey düşünmeye meyletmez. Yine de, bir fosilin benzer şekilde ye-

niden incelendiği ve anatomik sebeplerden dolayı bir cinsten diğerine aktarıldığı bir durum varsayalım. Ya da, birbirine rakip insan bilimciler arasında fosilin hangi cinse ait olması gerektiğinin tartışma konusu olduğunu varsayalım ki bu çok sık olan bir şeydir. Ne de olsa, bir cinsten diğerine geçiş noktasında, mesela *Australopithecus* ve *Homo* cinslerinin sınırında bulunan bireylerin olması evrimin mantığının temelinde yatıyor. Bayan Ples'in ve günümüz *Homo sapiens*'inin kafatasına bakıp, "evet, bu iki kafatası kesinlikle farklı cinslere ait olmalı" demek kolay. Eğer günümüzdeki insan bilimcilerin hemen hepsinin *Homo* cinsinin üyelerinin *Australopithecus* cinsinden atalardan türediğini kabul ettiğini varsayarsak, bu varsayımda, türlerin birbirinden türeyiş zincirinin bir noktasında, sınır çizgisinde oturan en azından bir birey mutlaka olmalıydı. Bu önemli bir nokta, bu yüzden izin verirseniz bu konuyu biraz uzatacağım.



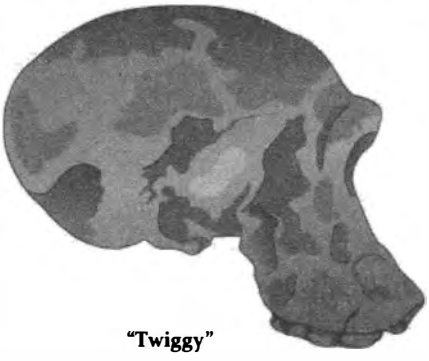
KNM ER 1813



KNM ER 1470

Bayan Ples'in kafatasının şeklini, 2,6 milyon yıl önce yaşamış *Australopithecus africanus*'un bir temsilcisi olarak aklınızda tutarak KNM ER 1813 adı verilen sağdaki kafatasına bir göz atın. Sonra onun altındaki KNM ER 1470 isimli kafatasına bakın. Her ikisinin de yaşının yaklaşık 1,9 milyon yıl olduğu düşünülüyor ve her ikisi de yetkililer tarafından *Homo* cinsi altında sınıflandırılmış. 1813 bugün *Homo habilis* olarak sınıflandırılmış olsa da, bu her zaman böyle değildi. Yakın zamana dek 1470 de böyle sınıflandırılmıştı fakat son zamanlarda onu *Homo rudolfensis* olarak yeniden sınıflandırmaya yönelik bir hareketlenme var. İşte yine gördünüz; kullandığımız isimler ne kadar değişken ve geçici. Ama önemli değil: her ikisi de *Homo* cinsine demir atmış görünüyorlar. Onların Bayan Ples'ten ve benzerlerinden en belirgin farkı, Bayan Ples'in öne çıkık bir yüzünün ve beynin içinde bulunduğu kafatası boşluğunun daha küçük olmasıydı.

1813 ve 1470 bu özelliklerin her ikisi açısından da insana, daha maymunsu olan Bayan Ples'ten daha yakınlar.



"Twiggy"

Şimdi solda Twiggy adı verilen kafatasına bakın. Twiggy de bugünlerde genellikle *Homo habilis* olarak sınıflandırılıyor. Fakat Twiggy'nin ileri çıkık burnu onun, 1470 ve 1813'tense Bayan Ples'i andırmasına sebep oluyor. Büyük olasılıkla, Twiggy'nin bazı insan bilimciler tarafından *Australopithecus* cinsine bazıları tarafından ise *Homo* cinsine dâhil edildiğini duyunca şaşırmayacaksınız. Hatta aslına bakılırsa bu üç fosilin her biri, ayrı ayrı zamanlarda *Homo habilis* ve *Australopithecus habilis* olarak sınıflandırıldılar. Daha önce belirttiğim gibi, bazı yetkililer kimi zaman 1470'in ismini *habilis*'ten *rudolfensis*'e değiştirmek suretiyle ona farklı tür isimleri vermişlerdi. Bütün bunlar yetmiyormuş gibi, tür belirleyici isim olan *rudolfensis* her iki cins ismine de, yani *Australopithecus* ve *Homo*'ya, eklenmiştir. Özetle, bu üç fosil, yetkililer tarafından farklı zamanlarda farklı şekillerde aşağıda listelenen şu isimlerle anılmıştır:

KNM ER 1813:	*Australopithecus habilis, Homo habilis*
KNM ER 1470:	*Australopithecus habilis, Homo habilis,*
	Australopithecus rudolfensis, Homo rudolfensis
OH 24 ("Twiggy"):	*Australopithecus habilis, Homo habilis*

Peki isimlendirmedeki bu karışıklık bizim evrim bilimine olan güvenimizi sarsmalı mı? Aksine. Bu yaratıkların hepsinin evrimsel ara formlar, yani bir zamanlar kayıp olan fakat artık bulduğumuz bağlantılar olduğu düşünüldüğünde, bu durumun tam da görmeyi beklediğimiz şey olması gerekiyor. Eğer sınıra bu kadar yakın ve sınıflandırması bu kadar zor olan ara formlar olmasaydı o zaman kesinlikle endişelenmemiz gerekirdi. Nitekim, evrimsel bakış açısından ele alındığında, eğer fosil kayıtları daha eksiksiz olsaydı fosillere ayrı ayrı isimler verilmesinin imkansız hale gelmesi gerekirdi. Fosillerin

bu kadar az bulunur olmaları bir bakıma talihli bir durum. Eğer elimizde kesintisiz ve aralıksız bir fosil kaydı olsaydı türlere ve cinslere birbirinden farklı isimler vermek imkansız, ya da en azından çok problemli olurdu. Taşılbilimciler (paleontologlar) arasındaki, falanca fosilin filanca türe/cinse ait olup olmadığı şeklindeki geçimsizliklerin ana kaynağının ilginçtir ki son derece beyhude olduğu sonucuna varırsak haksızlık etmiş olmayız.

Şans eseri, evrimsel değişimin tamamının hiçbir kayıp halkası olmayan kesintisiz bir fosil kaydının bize bahşedildiği varsayımını aklınızda tutun. Şimdi 1470'e verilen dört Latince isme bakın. İlk bakışta ismin *habilis*'ten *rudolfensis*'e çevrilmesi, *Australopithecus*'tan *Homo*'ya çevrilmesinden daha küçük bir değişim gibi görünebilir. Bir cinse ait iki tür birbirlerine, iki cinsin birbirine olduğundan daha çok benzemeli, değil mi? Sınıflandırma hiyerarşisinde cins seviyesiyle (mesela Afrikalı maymunsuların iki alternatif cinsi olarak *Homo* ya da *Pan*) tür seviyesi (mesela şempanzeler içinde *troglodytes* ya da *paniscus*) arasındaki ayrımın temeli bu değil midir? Eh, evet, evrimsel ağacın dallarının ucu gibi düşünebileceğimiz günümüz hayvanlarını sınıflandırırken bu doğru, çünkü geride kalmış ataları ağacın tepesindeki, uçların hemen altına doğru bulunan dallarda rahatça yatmaktadır, ayak altında değildir zira ölüdür bu atalar. Doğal olarak daha geride (ağacın içeride kalan kısımlarına doğru) birleşen dallar birbirlerine, birleşme yeri uçlara daha yakın olan (daha yakın zamanda yaşamış ortak ataları olan) dalların birbirine benzediğinden daha az benzeyecektir. Ölmüş ataları sınıflandırmaya çalışmadığımız sürece bu sistem güzelce işler. Fakat ne zaman ki az önce varsaydığımız kesintisiz fosil kaydını bu ağaca dâhil etmeye çalışırız, o zaman o güzelim bölümler bozuluverir. Birbirinden ayrı isimler koymak, genel bir kural olarak, imkânsızlaşır. Eğer 2. Bölüm'de tavşanlarla yaptığımız gibi zamanda durmadan geriye gidersek bunu rahatlıkla görebiliriz.

Modern *Homo sapiens*'in atalarının izini geriye doğru sürersek, bugün yaşayan insanlarla aradaki farkın yeni bir tür ismini (mesela *Homo ergaster*'i) gerektirecek kadar çok olduğu bir zaman gelmeli. Yine de yolda atılan her adımda muhtemelen bireyler kendi ebeveynlerine ve kendi çocuklarına, hepbirlikte aynı türün içine yerleştirilmeye yetecek kadar çok benziyor olacaktır. Şimdi daha da geriye gidip *Homo ergaster*'in atalarının izini sürdüğümüzde, başlıca *ergaster*'lerden farklı bir tür ismiyle, mesela *Homo habilis* olarak adlandırılmayı hakedecek

derecede farklı olan bireylere ulaştığımız bir zamana ulaşmalıyız. Bu tartışmanın ana fikrine gelmiş bulunuyoruz. Geri gitmeye devam edersek belli bir noktada modern *Homo sapiens*'ten, kendilerine farklı bir cins ismi verilmesini, diyelim *Australopithecus*'u, hakedecek derecede farklı bireyleri bulmaya başlamalıyız. Problem şu ki, "*Homo sapiens*'ten yeterli derecede farklı" demek "en baştaki *Homo*'dan yeterince farklı" (burada *Homo habilis*) demekten tamamen farklı bir şeydir. Doğan ilk *Homo habilis* numunesini düşünün. Anne babası *Australopithecus* idi. Ebeveynlerinden farklı bir cinse mi dâhildi yani? Ne budalaca! Tabi ki öyleydi. Ama bu budalalık gerçeğin hatası değil, hatalı olan bizim her şeyi isimlendirilmiş bir kategori ile göstermeye yönelik insanca inadımız. Gerçekte, ilk *Homo habilis* diyebileceğimiz bir yaratık filan yoktu. Hiçbir türün ya da cinsin ya da sınıfın ya da şubenin ilk numunesi diye bir şey yoktu. Eğer tarih boyunca ortalıkta her an sınıflandırmayı yapabilecek bir hayvanbilimci olsaydı, şimdiye kadar hayata gelmiş olan her yaratık, ebeveynleri ve çocukları ile tamı tamına aynı türe dâhil olacak şekilde sınıflandırılırdı. Buna rağmen, çağdaşlığın getirdiği yavaş kavrayış ve pek çok halkanın kayıp olması *sayesinde* (evet, çelişkisel bir anlamda *sayesinde*) farklı türlere, cinslere, ailelere, takımlara, sınıflara ve şubelere sınıflandırma işi mümkün oldu.

Keşke gerçekten elimizde tastamam ve kesintisiz bir fosil yolumuz, evrimsel değişim gerçekleşirken yapılmış sinematik bir kayıt olsaydı. Bunu istiyorum çünkü aslında biraz da, falanca fosilin filanca türe ya da cinse ait olup olmadığına dair tartışıp birbirleriyle hayat boyu kanlı bıçaklı olan hayvan bilimcilerin ve insan bilimcilerin yüzlerinin utançtan kızardığını görmek çok hoşuma giderdi. Beyler (bu tartışmaları bayanlar neden yapmıyor acaba) kelimeleri tartışıyorsunuz, gerçeği değil. Darwin'in de *İnsanın Türeyişi* kitabında dediği gibi, "Maymunsu bir yaratıktan insanın bugün olduğu yaratığa bilinçsizce yol alan formların oluşturduğu bir dizide 'insan' kelimesinin kullanılması gereken kesin bir nokta belirlemek imkânsızdır."

Fosillerden bahsetmeye devam edelim ve daha yakın zamana ait olan, her ne kadar Darwin'in zamanında kayıp olsalar da artık kayıp olmayan halkalara bakalım. Kendimizle, kimi zaman *Homo* kimi zaman *Australopithecus* olarak adlandırılan 1470 ve Twiggy gibi çeşitli yaratıklar arasında hangi ara formları bulabiliriz? Aslında bazılarıyla çoktan tanıştık, Java Adamı ve Pekin Adamı normalde *Homo erectus* olarak sınıflandırılır. Ama bu ikisi Asya'da yaşamışlardı ve elimizde in-



Homo erectus

san evriminin Afrika'da gerçekleştiğine dair iyi kanıtlar var. Java Adamı ve Pekin Adamı ve benzerleri ana kıta Afrika'dan göçmüşlerdi. Onların Afrika'da kalmış eşlenikleri ise, her ne kadar bir zamanlar hepsine *Homo erectus* adı verilmiş olsa da, bugünlerde genel olarak *Homo ergaster* olarak sınıflandırılıyor ki bu da isimlendirme yöntemlerimizin kaypaklığını gösteren bir başka örnek. Şimdiye kadar bulunan insan öncesi fosillerin en eksiksiz olanlarından biri ve *Homo ergaster*'in en ünlü örneği, Richard Leakey'in taşılbilimci takımının yıldız fosil kâşifi Kamoya Kimeu tarafından keşfedilen Turkana Oğlanı, ya da Nariokotome Oğlanı'dır.

Turkana Oğlanı yaklaşık 1,6 milyon yıl önce yaşamıştı ve 11 yaşında ölmüştü. Eğer yetişkinlik yıllarına dek yaşayabilseydi 1 metre 80 santim boy atabileceğine dair işaretler var. Yetişkin beyninin hacmi yaklaşık 900 santimetre küp (cc) olurdu. Bu da beyinleri 1000 cc civarında olan *Homo ergaster/erectus* için tipiktir. Bu, hacmi 1300 ile 1400 cc arasında değişen çağdaş insanın beyninden ciddi miktarda küçük, ama *Homo habilis*'in beyninden (yaklaşık 600 cc) büyük; *Homo habilis*'in beyni de *Australopithecus*'tan (yaklaşık 400 cc) ve şempanzelerden (yaklaşık aynı) büyük. Üç milyon yıl öncesindeki atamızın şempanzeninki gibi bir beyne sahip olduğu ve arka ayakları üzerinde dik yürüdüğü sonucuna vardığımızı hatırlarsınız. Buradan hareketle, öykünün ikinci yarısının, yani 3 milyon yıldan bugüne geçen sürenin, artan beyin büyüklüğünün öyküsü olduğunu farzedebiliriz. Ve zaten de öyle.

Pek çok fosil örneğine sahip olduğumuz *Homo ergaster/erectus*, bugünkü *Homo sapiens*'le iki milyon yıl önceki *Homo habilis* arasındaki yolun yarısını simgeleyen ve artık kayıp olmayan çok ikna edici bir halka. *Homo habilis* de, yukarıda bahsettiğimiz gibi kendisini dik yürüyen bir şempanze olarak tanımlayabileceğimiz üç milyon yıl önceki *Australopithecus*'tan sonraki muhteşem halka. Artık "kayıp" olmadıklarını kabul etmek için daha kaç tane daha halkaya ihtiyaç var? Ve ayrıca, *Homo ergaster* ile modern *Homo sapiens* arasında köprü kurabilir miyiz? Evet: bu ikisi arasında geçiş formu olan son birkaç bin yıla ait zengin fosil yataklarımız var. Bunlardan bazılarına

tür ismi verildi, mesela *Homo heidelbergensis*, *Homo rhodesiensis* ve *Homo neanderthalensis* gibi. Diğerlerine (kimi zaman da bu saydıklarımıza) "arkaik" yani eski *Homo sapiens* deniyor. Ama sürekli söylediğim gibi, isimlerin önemi yok. Önemli olan, halkaların artık kayıp olmadığı. Ortalık ara form kaynıyor.

SADECE GİDİP BİR BAKIN

O halde, aşamalı değişimin, ta üç milyon yıl önceki "dik yürüyen şempanze" Lucy'den biz modern insanlara dek çok güzel bir fosil belgesi var. Tarih inkârcıları bu kanıtlarla nasıl başa çıkıyor? Kimisi lâfzî inkârla. Buna 2008'de *Charles Darwin'in Dehası* isimli bir Kanal Dört (Channel Four – Bir İngiliz TV kanalı) belgeseli için yaptığım bir röportaj sırasında rastladım. "Amerika'nın Endişeli Kadınları" oluşumunun başkanı Wendy Wright'la röportaj yapıyordum. Kendisinin "Ertesi gün hapı[1], bir çocuk sapığının en yakın dostudur" şeklindeki yorumları nasıl bir mantığa sahip olduğu hakkında iyi bir fikir veriyor ve nitekim söyleşimiz sırasında beni bu konuda hiç hayal kırıklığına uğratmadı. Televizyondaki belgesel için bu söyleşinin çok küçük bir bölümü kullanıldı. Şimdi okuyacağınız ise söyleşinin daha uzun yazılı bir nüshası, fakat bu bölümün amacına yönelik olarak kendimi Wright'la insanın atalarının fosil kayıtlarını konuştuğumuz kısımla sınırlandırdım.

Wendy: Geri dönmek istediğim konu evrimcilerin hala evrimi destekleyecek bilime sahip olmamaları. Onun yerine, evrimi desteklemeyen bilim sansürleniyor. Mesela evrimin, bir türden diğerine gidildiğini gösteren hiçbir kanıtı yok. Eğer olsaydı, eğer evrim gerçekleşmiş olsaydı o zaman mutlaka, ister kuşlardan memelilere ya da, ya da daha ötesine gitsin, mutlaka en azından bir tane kanıt olurdu.

Richard: Ama inanılmaz miktarda kanıt var zaten. Özür dilerim ama sizin gibiler bunu adeta bir mantra gibi tekrarlayıp duruyorsunuz çünkü, siz, siz sadece birbirinizi dinliyorsunuz. Yani, eğer gözlerinizi açıp da kanıtlara bir bakabilseydiniz . . .

Wendy: Tamam bana gösterin, bana şeyi gösterin, kemikleri gösterin, bir vücut gösterin, bana bir türden diğerine geçişin aşamalarının kanıtını gösterin.

1- Ertesi gün hapı (ing. the morning-after pill) korunmadan cinsel ilişki ya da tecavüz sonrası durumlarda kişinin hamile kalmasını engellediği düşünülen bir hap. *–çev. n.*

Richard: Ne zaman iki tür arasında olan bir fosil bulunsa siz hep "Aaa işte bakın, şimdi bir yerine iki boşluk daha oluştu" diyorsunuz. Yani, bulunan fosillerin hemen hepsi zaten bir şeyle başka bir şey arasındaki bir geçiş formu.

Wendy [*gülüyor*]: Eğer dediğiniz doğru olsaydı, Smithsonian Doğa Tarihi Müzesi bütün bu örneklerle dolup taşıyor olurdu, ama öyle değil.

Richard: Hayır öyle, tabi ki öyle . . . insanlar açısından, Darwin'den bu yana, insan fosillerindeki ara formlara ilişkin artık muazzam miktarda kanıt ve mesela *Australopithecus*'un da bir sürü türü var, ve . . . sonra, *Homo habilis* var – bunlar daha yaşlı bir tür olan *Australopithecus* ile daha genç olan *Homo sapiens* arasındaki formlar. Yani, peki neden bunları ara form olarak kabul etmiyorsunuz?

Wendy: . . . eğer evrimin gerçek kanıtları olsaydı bunlar müzelerde gösteriliyor olurdu, sadece çizimlerle değil.

Richard: Size az önce *Australopithecus*, *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo sapiens* – arkaik *Homo sapiens* ve nihayet modern *Homo sapiens*'ten bahsettim – bunlar güzel bir dizi ara formdur.

Wendy: Ama hala cismen bir kanıtınız yok, bu yüzden . . .

Richard: Kanıt cismen orada. Müzeye gidin ve görün . . . Yani herhalde onları buraya getirmiş değilim, ama istediğiniz herhangi bir müzeye gidebilir ve bir *Australopithecus*, bir *Homo habilis*, bir *Homo erectus*, bir arkaik *Homo sapiens* ve bir de modern *Homo sapiens* görebilirsiniz. Harika bir dizi ara form. Niçin sürekli size kanıt gösterdiğim halde "Bana kanıt göster" deyip duruyorsunuz? Müzeye gidin ve kendi gözlerinizle görün.

Wendy: E gittim zaten. Müzelere gittim ve buna rağmen hala benim gibi ikna olmamış bir sürü insan var. . .

Richard: Peki, peki *Homo erectus*'u gördünüz mü?

Wendy: Ve bana kalırsa, bizi inanmaya zorlamak ve sansürlemek yönünde bir çaba var, biraz da saldırgan bir çaba bu. Bu sanki pek çok insanın hala evrime inanmamasının hüsranından kaynaklanıyor. Şimdi eğer evrimciler inançlarında kendilerine güvenli olsalardı bilgiyi sansürleme gibi bir çaba olmazdı. Bu evrimin hala eksik ve kuşkulu olduğunu gösteriyor.

Richard: Ben . . . Hüsrana uğramış olduğumu itiraf ediyorum.

Bu hüsran söylediğiniz sebepten değil, size dört beş fosilden bahsetmiş olduğum halde . . . [*Wendy gülüyor*] . . . sizin hala benim ne söylediğimi kulakardı etmenizden kaynaklanıyor . . . Niçin gidip o fosillere bakmıyorsunuz?

Wendy: . . . Eğer müzede olsalardı, ki müzelere defalarca gittim, onlara objektif olarak bakardım, ama benim dönmek istediğim konu . . .

Richard: İyi de müzedeler zaten.

Wendy: Asıl gelmek istediğim konu evrim felsefesinin insan ırkını yıkıma uğratabilecek ideolojilere yol açabilecek olması . . .

Richard: Evet ama Darwinciliğin politik olarak iğrenç bir şekilde kullanılmış olan yanlış yorumlanışlarına işaret edip durmak yerine, Darwinciliği anlayıp sonra bu korkunç yanlış anlamaların üstesinden gelebileceğiniz bir pozisyonda olmak daha iyi bir fikir olmaz mıydı?

Wendy: Eh zaten evrim yandaşı olanlar tarafından buna o kadar sık itiliyoruz ki. Sürekli önümüze sürdüğünüz bu bilgiden saklanıyor değiliz ki. Sanki bu bilginin orada olduğunu bilmiyoruz sanmayın, çünkü ondan uzaklaşamıyoruz bile. Habire kafamıza sokulmaya çalışılıyor. Ama bana kalırsa sizin hüsranınız, pek çoğumuzun, satmaya çalıştığınız bilgileri yutmadığımız ve ideolojinizi hala kabul etmediğimiz gerçeğinden kaynaklanıyor.

Richard: *Homo erectus*'u gördünüz mü? *Homo habilis*'i gördünüz mü? *Australopithecus*'u gördünüz mü? Size bunu soruyorum.

Wendy: Benim müzelerde ve ders kitaplarında gördüğüm, ne zaman bir türden diğerine evrimsel farklılaşma olduğunu iddia etseler, bu iddianın çizimlere ve resimlere dayandığı . . . gerçekte cismen var olan bir kanıta değil.

Richard: Eh, o zaman Nairobi Müzesi'ne gidip oradaki orjinal fosilleri görmeniz gerekiyor belki de. Ama isterseniz bu fosillerin tıpatıp kopyası olan alçı fosilleri de herhangi büyük bir müzede görebilirsiniz.

Wendy: Hmm, peki o zaman izin ver de sana neden bu kadar saldırgan olduğunu sorayım. Neden senin inandığın şeye herkesin inanması senin için bu kadar önemli?

Richard: Ben inançtan bahsetmiyorum, ben gerçeklerden bahsediyorum. Size belli başlı fosillerden bahsettim ve size bu konu

hakkında ne zaman soru sorsam soruyu geçiştirip başka bir konuya atlıyorsunuz.

Wendy: . . . Sadece izole olmuş bir şeye dair bir kanıtın değil, insanı şaşkına çeviren tonlarca kanıtın olması gerekir, ama yine söylüyorum, hiç kanıt yok.

Richard: Sırf onlar daha çok ilginizi çeker diye düşündüğüm için insansı fosillerini örnek olarak seçmiştim, ama herhangi bir omurgalı grubunda benzer fosilleri bulabilirsiniz, adını siz koyun . . .

Wendy: Ama sanırım herkesin evrime inanması senin için neden bu kadar önemli, bu konuya döneceğim . . .

Richard: İnanç kelimesini sevmiyorum. Ben insanlardan kanıtlara bakmalarını istemeyi tercih ediyorum ve sizden de kanıtlara bakmanızı rica ediyorum . . . Müzelere gitmenizi ve sağlam gerçeklere bakmanızı ve size kanıt olmadığını söyleyenlere inanmamanızı istiyorum. Sadece gidin ve kanıtlara bir bakın.

Wendy [*gülüyor*]: Ve evet, ben de diyorum ki . . .

Richard: Bu gülünecek bir şaka değil. Yani cidden, gidin, gidin. Size insansı fosillerinden bahsettim ve siz de gidip atın evrimini görebilirsiniz, gidip ilk memelilerin evrimine bakabilirsiniz, gidip balıkların evrimine bakabilirsiniz, gidip balıklardan karada yaşayan ikiyaşamlılara ve sürüngenlere geçişe bakabilirsiniz. Bunların herhangi birini herhangi iyi bir müzede bulabilirsiniz. Sadece gözlerinizi açın ve kanıtlara bakın.

Wendy: Ben de diyorum ki gözlerinizi açın ve bizi seven ve her birimizi yaratmış olan Tanrı tarafından meydana getirilmiş toplulukları görün diyorum . . .

Bu fikir alışverişinde ben, gereksiz bir inatçılıkla Wendy'nin bir müzeye gidip bakması dileğimi onun kafasına zorla sokmaya çalışıyormuşum gibi görünüyor olabilirim, ama dediklerimde samimiydim. Bu insanlar "Hiç fosil yok ki, bana kanıtları göster, bana bir tek fosil göster . . ." demek üzere yetiştirilmişler ve bunu o kadar sık tekrar ediyorlar ki nihayet buna inanıyorlar. Ben de bu yüzden bu kadın üzerinde, ona üç ya da dört tane fosilden bahsetmeye ve bunları görmezden gelerek benden kaçmasını engellemeye yönelik bir deney yaptım. Sonuç gerçekten iç karartıcı ve tarih inkârcılarının, tarihi kanıtlarla karşı karşıya kaldıklarında en sık kullandığı taktiğe güzel bir örnek

yani görmezden gel ve mantrayı tekrar et: "Bana fosilleri göster. Fosiller nerede? Hiç fosil yok. Bana ara form olan bir fosil göster, senden bütün istediğim bu . . ."

Diğerlerinin aklı isimlere takılıyor, gerçekte bir bölünme olmasa da isimlerin ister istemez sözde bölümler oluşturma eğilimi var. Ara form olma potansiyeline sahip her fosil eninde sonunda ya *Homo* ya da *Australopithecus* olarak sınıflandırılıyor. Hiçbir fosil bunların arasında bir form olarak sınıflandırılmıyor. Ama yukarıda açıkladığım gibi bu, hayvanbilimsel isimlendirmenin geleneklerinin bir sonucu, bu bölümler ve sınıflar gerçek dünyanın bir esası değil. Hayalinizde canlandırabileceğiniz en mükemmel ara form bile kendisini ya *Homo* ya *Australopithecus*'lara sıkıştırılırken bulacaktır. Ama gerçekte, büyük olasılıkla taşılbilimcilerin yarısı tarafından *Homo* yarısı tarafındansa *Australopithecus* olarak isimlendirilecektir. Ve ne yazık ki taşılbilimcilere, bu muğlâk olarak arada kalmış fosillerin evrim kuramı için tam da beklediğimiz şeyler olduğu konusunda birlik olacakları yerde, terminolojik anlaşmazlıkları yüzünden saç saça baş başa gelmek üzere oldukları izlenimini verecekleri hakkında bel bağlayabiliriz.

Bu sanki biraz yetişkin ile çocuk arasındaki ayrıma benziyor. Yasal durumlar için ya da genç bir insanın oy verebilecek veya orduya katılabilecek kadar olgun olduğuna karar vermek için kesin bir ayrım yapmak gerekliliği söz konusu. 1969'da Britanya'da yasal oy verme yaşı yirmibirden onsekize düşürülmüştü (aynı değişiklik ABD'de 1971'de yapıldı). Şimdi oy verme yaşını onaltıya düşürme konusu konuşuluyor. Ama yasal oy verme yaşı ne olursa olsun, hiç kimse on sekizinci (ya da yirmi birinci veya on altıncı) yaş gününün insanı bir gecede farklı bir kişiye çevirdiğini ciddi ciddi düşünmüyor. Hiç kimse, insanların hakikaten çocuk ve yetişkin olmak üzere ve "ara form" olmaksızın sadece iki türünün olduğu inancına sahip değil. Haliyle hepimiz, büyümek denilen dönemin, arada kalmışlığın uzun bir antrenmanı olduğunu biliyoruz. Aramızdan bazılarının hiç büyümediğini bile söyleyebiliriz. Buna benzer şekilde insan evrimi, *Australopithecus afarensis*'ten *Homo sapiens*'e, çağdaş bir sınıflandırmacı tarafından ebeveynlerin kendileriyle aynı türe dâhil edilecek çocuklar doğurduğu kesintisiz bir dizi oluşturuyor. Öngörü eksikliğine ve kuralcılığa yakın sebeplerden dolayı, çağdaş sınıflandırmacılar her fosile, üzerinde *Australopithecus* ya da *Homo* benzeri bir şey yazan bir etiket yapıştırmakta ısrar ediyor. Müze etiketlerinde kesinlikle "*Australopithecus africanus* ve

Homo habilis'in tam ortasında bir yerde" yazmasına *izin yok*. Tarih inkârcıları bu isimlendirme geleneğini, sanki gerçekte ara formların olmadığının bir *kanıtıymış* gibi hemen benimsiyor. Yani o zaman diyebilirsiniz ki ergenlik dönemi diye bir şey yoktur çünkü baktığınız insanların her biri ya oy verebilen bir yetişkin (onsekiz yaş ve üstü) ya da oy veremeyen bir çocuktur (onsekiz yaşın altı). Bu adeta, "oy verme yaşı eşiğinin yasal olarak gerekliliği, ergenlerin olmadığını kanıtlar" demekle eşdeğer.

Fosillere geri dönelim. Eğer yaradılışçılar haklıysa, *Australopithecus* "sadece bir maymundur", yani ondan sonra gelenlerin arasından "kayıp halkaları" aramak konu dışıdır. Her şeye rağmen, bu fosillere yine de bir bakalım. Her ne kadar bölük pörçük de olsa birkaç iz var. 4-5 milyon yıl önce yaşamış olan *Ardipithecus*, çoğunlukla dişleriyle tanınıyor ama ona dikkatle bakan anatomicilerin çoğunun onun dik yürüdüğü sonucuna varmalarına yetecek miktarda kafatası ve ayak kemikleri de bulundu. Çok daha yaşlı olan iki fosilin, *Orrorin* ("Milenyum Adamı") ve *Sahelanthropus*'un ("Toumai", aşağıda) kâşifleri de aynı sonuca vardılar.



Sahelanthropus

Sahelanthropus, çok yaşlı olması (altı milyon yıl yaşında, şempanzelerle olan ortak atanın yaşına yakın) ve Rift Vadisi'nin batısında (takma adı "Toumai'nin" "yaşam umudu" anlamına geldiği Çad'da) bulunmuş olması bakımından dikkat çekicidir. Diğer paleoantropologlar[1], *Orrorin* ve *Sahelanthropus*'un kâşifleri tarafından bu fosiller hakkında yapılan iki ayaklılık iddialarına şüpheci yaklaşıyorlar. Ve insanların kötü niyetli olduğuna inanan birinin işaret edebileceği gibi, bu tip problemli fosillere şüpheyle yaklaşanların arasında her zaman başka fosilleri keşfedenler bulunur!

Paleoantropoloji diğer bilim alanlarından daha sık olarak rekabetlerle kirlenir. Ya da renklenir mi demeli? Kabul etmeliyiz ki dik yürüyen *Australopithecus*'u, şempanzelerle paylaştığımız (olası) dört

1- Eski insanları inceleyen bilimciler –*çev.n.*

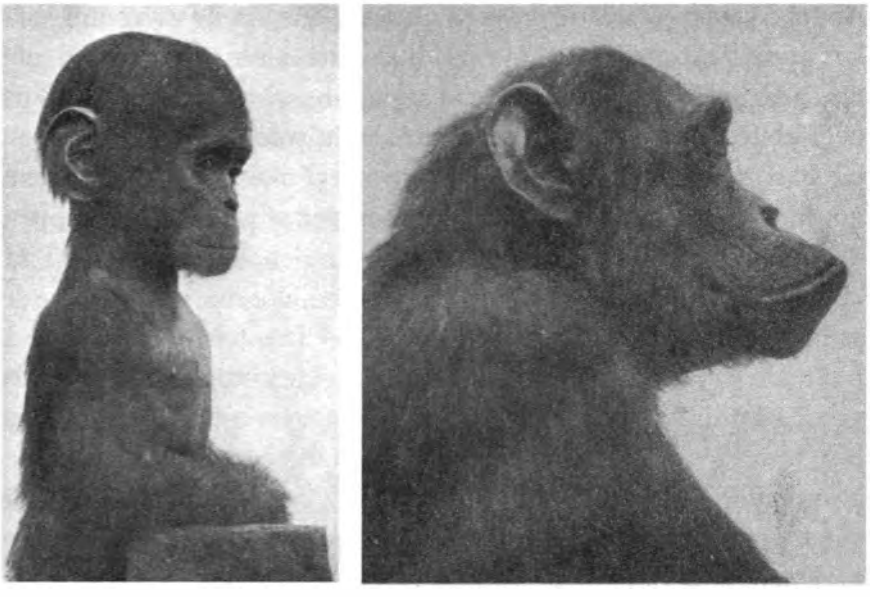
ayaklı ataya bağlayan fosil kayıtları hala yeterince zengin değil. Atalarımızın arka ayakları üzerinde nasıl doğrulduklarını bilmiyoruz. Daha çok fosile ihtiyacımız var. Ama en azından, Darwin'in aksine bugün bizim elimizde bulunan ve şempanzeninki kadar büyük bir beyni olan *Australopithecus*'tan, balon gibi kafatasımız ve kocaman beynimizle biz modern *Homo sapiens*'e geçişi gösteren iyi bir fosil kaydı olmasına bayram edelim.

Bu bölüm boyunca sizlere kafatası resimleri gösterdim ve bunları karşılaştırmanızı istedim. Mesela bazı fosillerdeki burun boşluğunun ya da kaş sırtının öne çıkıklığını belki de farketmişsinizdir. Bazen arada farketmesi zor bir fark bulunur, ki bu da bir fosilden daha sonraki diğer bir fosile olan aşamalı geçişi anlamamıza yardımcı olur. Fakat bu noktada işi güçleştiren bir duruma dikkat çekmek istiyorum, ki bu durum kendince ilginç bir noktaya dönüşecek. Bir bireyin hayatı boyunca, birey büyüdükçe gerçekleşen değişiklikler her koşulda, birbiri ardından nesiller boyunca gelen yetişkinleri karşılaştırdığımızda gözlemlediğimiz değişikliklerden daha çarpıcıdır.

Aşağıdaki kafatası, doğumdan hemen önceki bir şempanzeye ait. Bunun, 174. sayfada gösterilen yetişkin şempanzenin kafatasından tamamen farklı olduğu ve bir insanınkine (hem yetişkin hem de yeni doğmuş bir insana) çok daha fazla benzediği açık. Genellikle insan evriminde çocukluk dönemi özelliklerinin yetişkinlikte devam ettiği yönündeki (ya da -aynı şey olmasa da- cinsel açıdan olgunlaştığımız halde vücutlarımızın hala çocuk olduğu yönündeki) ilginç bir fikri anlatmak için pek çok yerde kullanılan bir çocuk ve yetişkin şempanze fotoğrafı vardır. Bu fotoğraf bana gerçek olamayacak kadar iyi göründü ve uzman fikri almak için fotoğrafı meslektaşım Desmond Morris'e gönderdim. Sence bu uydurma olabilir mi, diye sordum ona. Daha önce, bu derecede insana benzeyen bir şempanze yavru-



Doğumdan hemen önce şempanze



Lang'ın çektiği yavru ve yetişkin şempanze fotoğrafları

su görmüş müydü? Dr. Morris örneğin sırtı ve omuzları konusunda şüpheli olsa da kafasının görünüşünden tatmin olmuş. "Şempanzeler karakteristik olarak kambur dururlar ama bu şempanzenin insanınki gibi dik duran harika bir boynu var. Ama sadece kafasına bakarsak bu fotoğrafa güvenebiliriz." Bu kitabın yayımcısının resim seçicisi Sheila Lee, bu ünlü fotoğrafın orjinal kaynağını aradı ve kaynağın Amerikan Doğa Tarihi Müzesi'nin 1909-15 yılları arasında Kongo'da düzenlediği bir keşif gezisi olduğu bilgisine ulaştı. Hayvanlar fotoğrafları çekildiği sırada ölülerdi ve Sheila fotoğrafçı Herbert Lang'ın aynı zamanda bir tahnitçi[1] olduğuna dikkat çekiyor. İnsan, şempanze yavrusunun garip bir şekilde insansı bir duruşunun olmasının nedeni, postun kötü doldurulmuş olmasından mı kaynaklanıyor diye düşünmeden edemiyor. Ama müzeye göre Lang örneklerin fotoğrafını onları doldurmadan *önce* çekmişti. Her şeye rağmen, ölü şempanzenin vücudunun duruşunu, yaşayan bir şempanzenin yapamayacağı şekilde düzenlemek mümkün. Desmond Morris'in vardığı sonuç doğru gibi görünüyor. Yavru şempanzenin omuzlarının insanınkine benzeyen duruşundan şüphe edebiliriz ama kafasına güvenebiliriz.

Her ne kadar omuzları gerçeğin yükünü taşıyamasalar da, şempanzenin kafasının dış görünüşüne bakarak yetişkin fosillerini karşılaştırmanın bizi nasıl yanlış yönlendirebileceğini hemen görebilirsiniz. Ya

1- Hayvan postu dolduran kimse -*çev.n.*

da daha yapıcı şekilde söyleyecek olursak, yetişkin ile yavrunun kafaları arasındaki çarpıcı farkın bize, burun deliğinin öne çıkıklığı gibi bir özelliğin daha çok (ya da daha az) insansı olma yönünde nasıl da değişebileceğini gösteriyor. Şempanze embriyolojisi insana benzeyen bir başı nasıl oluşturabileceğini "biliyor", çünkü bebeklik ve çocukluk döneminden geçerken bunu her şempanze yavrusu için yapıyor. *Australopithecus*'un pek çok ara form üzerinden, burun boşluğu kısalarak *Homo sapiens*'e evrilişini, yavrunun özelliklerine yetişkinlikte de sahip olmaya devam etme yolundan giderek (neoteni adı verilen ve 2. Bölümde bahsettiğimiz bir yöntemle) gerçekleştirdiği düşüncesi akla yakın görünüyor. Her koşulda, evrimsel değişimin büyük çoğunluğu bazı vücut kısımlarının diğerlerine kıyasla büyüme oranlarındaki değişimlerden oluşuyor. Buna heterokronik ("farklı zamanlamalı") büyüme denir. Sanırım söylemek istediğim şey, embriyolojik değişimin gözlenen esaslarını bir kez kabul ettiğinizde evrimsel değişimin adeta çocuk oyuncağı olduğu. Embriyolar farklı büyüme hızı ile şekillendirilir yani embriyonun farklı kısımları farklı hızlarda büyür. Bebek bir şempanzenin kafatası, çene kemiği ve burun boşluğunun, diğer kafatası kemiklerine kıyasla görece daha hızlı kemik büyümesi göstermeleri sayesinde bir yetişkinin kafatasına dönüşür. Tekrar etmeliyim ki, her türdeki her hayvan, kendi embriyolojik gelişimi sırasında, tipik bir yetişkin biçimin nesilden nesile coğrafi çağlar boyunca değiştiğinden çok daha çarpıcı biçimde değişir. Ve işte bu da benim, embriyolojiyi ve embriyolojinin evrimle ilgisini anlatan bir sonraki bölüme attığım pas olsun.

BÖLÜM 8

SİZ KENDİNİZ DOKUZ AYDA BAŞARDINIZ

YENİ DARWİNCİLİĞİN önde gelen üç mimarından biri olmanın yanı sıra pek çok başka işler yapan, zehir gibi deha olan J.B.S.Haldane'ye bir defasında, halka açık bir konuşmasından sonra bir hanımefendi tarafından meydan okunmuştu. Bu, ağızdan ağıza dolaşan bir hikâyedir ve maalesef John Maynard Smith ne dendiğini kelimesi kelimesine doğrulamak için aramızda değil, ama bu görüş alışverişi yaklaşık olarak şöyle gerçekleşmiş:

> *Evrimden kuşkulu kimse*: Profesör Haldane, evrim için mevcut bulunduğunu söylediğiniz milyarlarca yıla rağmen, tek bir hücrenin, kemikleri ve kasları ve sinirleri, onlarca yıl durmadan kan pompalayan bir kalbi, kilometrelerce ve kilometrelerce kan damarını ve böbrek tüpünü ve düşünme, konuşma ve hissetme yetisine sahip bir beyni oluşturacak şekilde bir araya gelmiş trilyonlarca hücreye sahip karmaşık insan vücuduna dönüşmüş olacağına inanamıyorum, elimde değil.
>
> *JBS*: Ama hanımefendi, siz kendiniz bunu başardınız. Ve bunu yapmak yalnızca dokuz ayınızı aldı.

Soruyu soran kişi, belki de bir anlığına dahi olsa Haldane'nin bu cevabının, dümeni beklenmedik bir yöne kırışı karşısında sendelemiş olabilir. Haldane verdiği cevapla onun hevesini kursağında bıraktı desek az bile. Fakat Haldane'nin yapıştırıverdiği cevap hanımefendiyi bir bakımdan tatminsiz bırakmış olabilir. Bunun ardından bir soru daha sordu mu bilmiyorum ama eğer sormuş olsaydı, söyledikleri şuna benzer bir şey olurdu herhalde:

> *Evrimden kuşkulu kimse*: Ah evet, ama gelişen bir embriyo, genetik komutları izler. Profesör Haldane, sizin evrildiğini iddia ettiğiniz şey, karmaşık bir vücudun nasıl inşa edileceğini anlatan bu *komutlardır*. Ve ben de evrimin gerçekleşmesi için hazır bulunan milyarlarca yıla rağmen buna inanmakta hala zorlanıyorum.

Belki de haklı bir noktaya parmak basıyordu. Ve ilahi bir zekânın yaşamın karmaşasını tasarladığı ortaya çıksaydı bile, bu ilahi zekânın, can taşıyan vücutları *şekillendirme* işine, örneğin kilden heykeller yapanların, ya da marangozların, çömlekçilerin, terzilerin ve araba üreticilerinin yapacakları işe yaklaştıkları gibi yaklaştığı kesinlikle doğru değil. "Harika bir şekilde gelişiyor" olabiliriz ama "harika *yapılmış*" değiliz. Çocuklar, "O, onlara parlayan renklerini verdi / O, onların minicik kanatlarını yaptı"[1] diye ilahi söylerken, çocuklara özgü aşikârlığı olan bir yanlışı gözler önüne seriyorlar. Tanrı her ne yapıyor olursa olsun, parlak renkler ve minicik kanatlar *yaratmadığı* kesin. Hakikaten bir şey yapmış olsaydı, bu, varlıkların embriyonik gelişiminin idaresi olurdu; mesela otomatikleşmiş gelişim sürecini yöneten gen dizilimlerini kesip bir araya getirmek gibi. Kanatlar yaratılmamıştır, bir yumurtanın içindeki kanat tomurcuklarından (aşamalı olarak) büyürler.

Çok açık olması gereken ama olmayan bu önemli noktayı tekrar edeyim: Tanrı sonsuz yaşamı boyunca hiçbir küçük kanat yaratmadı. Eğer yarattıysa (ki benim görüşüme göre yaratmadı, ama bunu geçelim, ne de olsa bunları yazmamın amacı bu değil), yaptığı şey minik bir kanadın (ve daha pek çok diğer şeyin de) embriyonik gelişimini adeta bir bilgisayar programı gibi yöneten embriyonik bir *tarifti*. Elbette Tanrı, bir kanat tarifini ya da programını tasarlamanın, kanatın kendisini yaratmakla aynı derecede zekice ve aynı derecede nefes kesen ustaca bir beceri olduğunu iddia edebilir. Ama şimdilik ben sadece kanat gibi bir şeyi *yaratmak* ile embriyolojide nelerin vuku bulduğu arasındaki farkı açıklamak istiyorum.

KOREOGRAF OLMAKSIZIN

Embriyolojinin ilk dönem tarihi, birbiriyle zıtlaşan ve preformasyonizm (önoluşçuluk) ve epigenez (sıralıoluşçuluk) adı verilen iki öğreti ile bölünmüştür. Bu öğretiler arasındaki fark her zaman yeterince iyi anlaşılmaz, bu yüzden ben bu iki kavramı açıklamaya biraz

1- Bütün parlak ve güzel şeyler'in *(All things bright and beautiful)* bende yarattığı nostalji hissinin okurlarda oluşmayabileceğine dair beni uyardılar. İngiliz kilisesinin çocuklar için Bayan C.F.Alexander tarafından 1848'de yazılmış bu ilahisi, doğanın güzelliklerini (ve kıtalardan birinde de politik statükoyu) "Bunların hepsini Tanrı yarattı" nakaratı ile methediyor. Bu ilahi aynı zamanda, Eric Idle tarafından yazılan ve Monty Python takımı tarafından söylenen harika parodinin konusu:

Bütün mat ve çirkin şeyler / Bütün kısa ve bodur yaratıklar / Bütün kaba ve terbiyesizler/ Hepsini Ulu Tanrı yarattı.
Zehirli her küçük yılanı / Sokan her eşek arısını / Yarattı onların hayvani ağusunu / Yarattı korkunç kanatlarını.
Hasta ve kanserli her şeyi / Büyük küçük her belayı / Her hileli ve tehlikeliyi / Tanrı yarattı hepsini.
Her lanet küçük sivrisineği / Her küçük çirkin denizanasını / Dikenli kirpiyi kim yaptı? / Köpekbalıklarını kim yaptı? O!
Kabuk bağlayıp su toplanış her şeyi/ Büyük ve küçük her su çiçeğini/ Çürüyeni, kokuşanı ve kangrenliyi/ Tanrı yarattı bunların hepsini.

vakit ayıracağım. Preformasyoncular yumurtanın içinde (ya da spermin, zira preformasyoncular da "yumurtacılar" ve "spermciler" olarak ikiye ayrılmıştı) minyatür bir bebek yani "homunkulüs" olduğuna inanıyorlardı. Bebeğin bütün kısımları en ince ayrıntısına kadar yerli yerindeydi, birbirine göre doğru konumlandırılmıştı ve bebeğin tek beklediği bölmeleri olan bir balon gibi şişirilmekti. Bunun nasıl problemler doğurduğu ortada. Öncelikle, en azından en baştaki toy haliyle bu fikir, herkesin artık yanlış olduğunu bildiği bir şeye ihtiyaç duyuyor: özelliklerimizi sadece bir ebeveynden (yumurtacılara göre anneden, spermcilere göre babadan) alıyor olmamız lazım. İkincisi, bu tür preformasyoncular, matruşka bebekler gibi birbirinin içinde bulunan sonsuz sayıda (ya da sonsuz değilse bile en azından bizi Havva'ya [spermcilere göreyse Adem'e] kadar götürecek sayıda) homunkulüsler olması gerektiği problemiyle karşı karşıyaydı. Homunkulüsleri bu şekilde geriye doğru takipten tek kaçış yolu, önceki neslin yetişkin bireyinin vücudunu ayrıntılı şekilde tarayıp homunkulüsü her yeni nesilde taze taze yapıyor olmaktı. Bu "sonradan kazanılmış özelliklerin kalıtım yoluyla aktarılması" olgusu gerçekleşmiyor; gerçekleşseydi Yahudi oğlanlar sünnetli doğardı ve vücut geliştiren spor salonu müdavimleri (televizyon bağımlısı ikizlerinin aksine) baklava dilimli bir karına, gelişmiş göğüs ve kalça kaslarına sahip çocuklar yaparlardı.

Preformasyoncuların hakkını yememeli, zira iç içe homunkulüsler meselesini, ne kadar saçma görünürse görünsün, adil ve dürüstçe göğüslediler. En azından içlerinden bazıları ilk kadının (ya da erkeğin) kendisinden sonra gelecek bütün soylarının matruşka bebekler gibi birbiri içinde saklanan minyatür embriyolarına sahip olduğuna gerçekten inandı. Ve buna inanmalarının mantıklı bir yönü vardı: bahsetmemiz gereken bir şey bu, zira bu bölümün özü hakkında önceden fikir veriyor bize. Eğer Adem'in doğduğuna değil de "yaratıldığına" inanıyorsanız, Adem'in genleri olmadığını ima etmiş olursunuz. Ya da en azından gelişmek için onlara ihtiyacı olmadığını. Adem'in embriyolojisi filan yoktu, bir anda oluvermişti. Bununla ilgili bir çıkarım Viktoryen yazar Philip Gosse'yi (Edmund Gosse'nin *Baba ve Oğul*'undaki baba), hiçbir zaman doğmamış olduğu halde Adem'in bir göbek deliğine sahip olması gerektiğini tartışan *Omphalos* (Yunanca "göbek deliği") adında bir kitap yazmaya itmişti. Omfalojik uslamlamanın daha karmaşık bir sonucu, uzaklığı bizden birkaç bin ışık yılından fazla olan yıldızların neredeyse bize kadar esneyen hazır ışık ışınlarından

yapılmış olmaları gerektiği. Çünkü başka türlü onları uzak bir geleceğe dek görmemize imkân olmazdı! Omfalojiyle dalga geçmek kulağa biraz ciddiyetsiz geliyor olabilir, ama burada embriyolojiyle ilgili ciddi bir nokta var ve bu da bu bölümün konusunu oluşturuyor. Kavraması zor bir nokta bu (gerçekten, ben bile hala kavrama aşamasındayım) ve konuya çeşitli yönlerden yaklaşıyorum.

Preformasyonizm, saydığımız sebepler yüzünden en azından en baştaki "matruşka bebek" versiyonuyla başından beri başarısız olmaya mahkûmdu. Peki preformasyonizmin DNA çağında makul bir şekilde yeniden canlanması mümkün bir versiyonu var mı? Eh, belki de ama ben pek sanmıyorum. Biyoloji ders kitapları sürekli DNA'nın, vücudu meydana getirmek için detaylı bir "proje planı" olduğunu yazıyor. Hayır, değil. Mesela bir arabanın ya da evin proje planı, kâğıt üzerindeki plandan tamamlanmış olan son ürüne kadar birebir haritalama içerir. Bundan dolayı da, bir proje planı tersine çevrilebilir. Bir eve bakıp proje planını tastamam çıkarmak kolaydır, tersi de öyledir, çünkü bu plan birebir haritalamadır. Aslında, daha bile kolaydır, çünkü evi *inşa etmeniz* gerekir ama tersi için tek yapmanız gereken bazı ölçümler yapmak ve sonra proje planını *çizmektir*. Eğer bir hayvanın vücudu söz konusuysa, ne kadar detaylı ölçümler yaparsanız yapın, onun DNA'sını yeniden oluşturamazsınız. İşte DNA'nın bir proje planı olduğunu söylemeyi hatalı kılan da budur.

Teoride DNA'nın vücudun kodlanmış bir tanımlaması olabileceğini hayal etmemiz mümkün, belki de uzayda başka bir gezegende işler böyle yürüyordur: üç boyutlu bir haritanın DNA "harflerinden" oluşan doğrusal bir koda dönüştürülmesi. Bu gerçekten de tersine çevrilebilir olurdu. Genetik proje planını oluşturmak için vücudu taramak tamamen gülünecek saçmalıkta bir fikir değil. Eğer DNA böyle çalışıyor olsaydı, onu bir tür "yeni preformasyonizm" olarak ortaya sürebilirdik. Matruşka bebekler problemi hortlamış olmazdı. Fakat kalıtımın tek ebeveynden geliyor olması problemi hortlar mı hortlamaz mı emin değilim. DNA'nın, babadan gelen bilginin tam olarak yarısıyla anneden gelen bilginin tam olarak yarısını nefes kesen bir kusursuzlukla kesip birleştirme yöntemi var, fakat annenin vücut taramasının yarısıyla babanın vücut taramasının yarısını nasıl birleştirebilir? Bırakalım gitsin: bütün bunların gerçekle hiç ilgisi yok.

Bu durumda DNA kesinlikle bir proje planı değil. Yetişkin olarak yaratılmış Adem'in aksine, bütün gerçek vücutlar tek bir hücreden

yola çıkıp, embriyo, fetüs, bebek, çocuk ve ergen aşamalarından geçerek gelişir ve büyür. Belki uzaydaki başka bir gezegende yaşayan yaratıklar kendilerini, tepeden tırnağa düzenle yerleştirilen kodlanmış bir tarama planının çıktısı olan üç boyutlu biyopiksel gruplarından bir araya getiriyorlardır. Ama bizim gezegenimizde işler böyle yürümüyor ve aslına bakılırsa ben bunun hiçbir gezegende böyle olamayacağına dair sebepler olduğunu düşünüyorum ki bundan başka bir yerde bahsettim ve burada bu konuya girmeyeceğim.[1]

Preformasyonizmin tarihi alternatifi epigenezdir. Eğer preformasyonizm proje planlarına dairse, epigenez daha çok bir tarif ya da bilgisayar programı gibidir. *Kısa Oxford İngilizce Sözlüğü'nün* tanımı biraz daha modern ve kavramı ortaya atan Aristo'nun bu tanıma bakıp epigenezi tanıyabileceğinden emin değilim:

> **epigenez (sıralıoluşçuluk)**: Başlangıçta farklılaşmamış olan bir bütünün kademeli farklılaşması yoluyla organizmanın gelişmesine ilişkin teori.[2]

Lewis Wolpert ve çalışma arkadaşları tarafından yazılan *Gelişimin İlkeleri*, epigenezi, yeni yapıların kademeli olarak ortaya çıkması fikri olarak tarif ediyor. Epigenezin ilk bakışta doğru görünmesi mantıklı, ama asıl önemli olan detaylar ve tehlike basmakalıp ifadelerde gizli. Bir organizma kademeli olarak nasıl gelişir? Başlangıçta farklılaşmamış olan bütün, eğer bir proje planını izlemiyorsa, kademeli olarak nasıl farklılaşacağını nereden "biliyor"? Bu bölümde ortaya koymak istediğim ve büyük ölçüde preformasyonizm ile epigenez arasındaki

1- Biyologlar ve bilgisayar bilimcileri arasında köprü olan meslek sahipleri için bir not: Seçkin bir yazılım geliştiricisi olmanın verdiği uzmanlıkla Charles Simonyi, bu bölümün ilk taslaklarından birini okuduktan sonra şöyle dedi: " . . (gözün, beynin, kanın vesaire) yapılış tarifi, aynı şeyler için yapılmış bir proje planından (bitler ya da baz çiftleri açısından) çok çok daha basittir, yani proje planıyla evrim (10 üzeri 100 yıldan daha kısa bir sürede) kelimenin tam manasıyla imkansız olurdu, özellikle proje planındaki küçük farklılıkların herhangi olumlu bir etki gösterme olasılığının çok düşük olması ama bunun aksine, bir tarifteki farklılıkların etkili olabilecek olması yüzünden." Benim "bilgisayar biyobiçimleri" ve "eklembiçimlerimi" kastederek (bkz. Bölüm 2) Dr. Simonyi devam ediyor: "*Kör Saatçi (The Blind Watchmaker)* ve *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak (Climbing Mount Improbable)* için programladığın yapay yaratıklar hep tariflerle tanımlanmış, proje planıyla değil (proje planı siyah çizgilerden oluşan vektörlerin birbirine girdiği bir şey olurdu) siyah çizgilerin bittikleri noktaların her seferinde bir ya da hatta iki tanesini değiştirerek üzerlerinde evrim oynamaya çalıştığını aklında canlandırabiliyor musun?" Bill Gates'in "tüm zamanların en büyük programcılarından biri" diye tanımladığı birinden bekleyeceğiniz gibi bu söz, hem bilgisayar biyobiçimleri için, hem de tabi ki canlılar için kesinlikle doğru.

2- Burada "epigenez" kelimesinin, biyoloji cemaatinde on beş dakikalık ünün tadını çıkaran yeni moda bir sözcük olan "epigenetik" ile karıştırılma tehlikesi var. "Epigenetik" her ne anlama geliyorsa gelsin (ki hayranları bile, bırakın kendi aralarında uzlaşmayı, kendi kendileriyle bile uzlaşamıyor), burada demek istediğim tek şey epigenetik ile epigenezin aynı şey olmadığıdır.

farka tekabül eden ayrım, planlı bir mimari ile *kendi kendine kurulum* arasındaki farktır. Planlı mimarinin ne anlama geldiğini açıkça görebiliriz çünkü onu çevremizdeki binalarda ya da insan yapımı diğer her şeyde görüyoruz. Kendi kendine kurulum bize biraz daha yabancı ve benim bu konuya ilgi göstermem gerekecek. Kendi kendine kurulum, gelişim alanında, doğal seçilimin evrimdeki yerine eş bir konuma sahip, bununla birlikte kesinlikle doğal seçilim ile aynı şey değil. Her ikisi de, otomatik, kasıtsız, plansız araçları kullanarak, yüzeysel bakan bir göze adeta titizlikle planlanmışlar gibi görünen sonuçlar meydana getiriyorlar.

J.B.S.Haldane, kuşkucu soru sahibine basit gerçeği söylemişti, ama insan vücudunun ve bütün karmaşıklığının tek bir hücreden oluştuğu gerçeğinin, mucizenin eşiğinde olan (ama yine de hiçbir zaman o eşiğe varmayacak da olan) bir gizem olduğunu inkâr etmezdi ve bu gizemin sis perdesi, DNA'nın talimatlarının yardımıyla gerçekleşen ustalıklar sayesinde ancak kısmen dağılabilmiş durumda. Gizemin hala çözülememiş olmasının sebebi, bizim, teoride bile olsa, bir vücudu inşa edecek talimatları vücudun gerçekte inşa edildiği şekliyle, yani az önce "kendi kendine kurulum" adını verdiğim ve bilgisayar programcılarının kimi zaman ("yukarıdan aşağıya" değil de) "aşağıdan yukarıya" adını verdikleri yöntemle, yazmaya nereden ve nasıl başlayacağımızı hayal etmekte güçlük çekmemizdir.

Bir mimar, muhteşem bir katedral tasarlayabilir. Sonra, hiyerarşik bir dizi komut sonucunda, binayı yapma süreci farklı bölümlere, bölümler farklı alt-bölümlere ayrılır ve katedral, mimarın başlangıçtaki çizimine uygun olarak tamamen inşa edilinceye kadar çalışacak olan tek tek duvarcıların, marangozların ve camcıların eline talimatlar geçene dek, bu bölümlere ayrılma devam eder. Buna yukarıdan aşağıya tasarım denir.

Aşağıdan yukarıya tasarım ise tamamen farklı işler. Hiçbir zaman inanmadım ama bir ara ortalıkta, Avrupa'daki ortaçağ katedrallerinin en güzellerinden bazılarının mimarsız yapılmış olduğu efsanesi dolaşıyordu. Katedralin tasarımını kimse yapmamıştı. Her duvar ustası ve marangoz, kendi ustalığı doğrultusunda, binada kendine ait bir köşede meşgul olmaya başlar, diğerlerinin ne yaptığına çok az dikkat eder ve genel bir plana hiç bakmazdı bile. Bu gerçekten olmuş olsaydı adına aşağıdan yukarıya mimari derdik. Efsaneye rağmen, katedraller

için bu iş böyle gerçekleşmedi.[1] Ama bu, bir termit ya da karınca yuvasının yapılışı (ve bir embriyonun gelişimi) sırasında gerçekleşen şeyin ta kendisidir. Embriyolojiyi, biz insanların yapı ve üretim bakımından aşinası olduğumuz herhangi başka bir şeyden böylesine çarpıcı şekilde farklı kılan da budur.

Aynı ilke, bazı bilgisayar programları, kimi hayvan davranışı türleri ve (her ikisini bir araya getiren) hayvan davranışını simüle etmek için tasarlanmış bilgisayar programları için de geçerlidir. Farzedelim ki sığırcıkların sürü haline gelip uçma davranışlarını anlamak istiyoruz. YouTube'de, renkli sayfalar 16 ve 17'deki ekran görüntülerinin alındığı nefes kesen bazı filmler mevcut. Bu baleye benzer hareketlerin fotoğrafları Dylan Winter tarafından, Oxford yakınlarındaki Otmoor'da çekilmiş. Sığırcıkların bu davranışını fevkalade kılan şey ise, dışarıdan öyle görünmemesine rağmen bildiğimiz kadarıyla bir koreografın ya da liderin olmaması. Her bir kuş bulunduğu yere göre kuralları izliyor sadece.

Bu muazzam kuş sürülerindeki kuşların sayısı binlerce olabilir, ama buna rağmen hiçbir zaman birbirleri ile çarpışmazlar. Bu iyi haber, çünkü ne kadar hızlı uçtuklarını göz önünde bulundurursak böyle bir çarpışma onların ciddi şekilde yaralanmalarına sebep olurdu. Genellikle sürünün tamamı, görünüşte yekvücut gibi daireler çizerek ve dönerek sanki tek bir bireymiş gibi davranıyor. Böyleyken de, birbirine zıt yönde hareket eden ayrı ayrı sürüler, sanki birbirlerinin içinden geçiyormuş ve bunu yaparken de ayrı sürüler olarak bağlarını koruyormuş gibi görünüyorlar. Bu durum olayın neredeyse bir mucize gibi görünmesine sebep oluyor ama aslında sürüler kameradan farklı uzaklıktalar ve gerçekte birbirlerinin içinden geçmiyorlar. Sürülerin sınırlarının son derece keskin tanımlanmış olması estetik keyfe keyif katıyor. Sayıları kenarlara doğru yavaş yavaş azalmıyor, birdenbire kesiliveriyor. Kuşların bu sınırın hemen içindeki yoğunluğu, sürünün orta kısımlarından az değildir, ama sınırın dışında bu yoğunluk sıfırdır. İşe bu şekilde baktığınız zaman, sizce de bu inanılmaz şaşırtıcı değil mi?

Bütün bu performans, bilgisayar için sıra dışı zarafette bir ekran koruyucu olurdu. Ama bu iş için sığırcıkların gerçek bir filmini istemezsiniz, çünkü ekran koruyucunuz sürekli aynı balesel hareketleri ardı ardına gösterir ve sonuç olarak bütün pikselleri aynı derecede

1- Ortaçağ tarihçisi arkadaşım Dr. Christopher Tyerman bunun gerçekten de Viktoryen dönemde idealist sebeplerle uydurulan bir efsane olduğunu ve efsanede zerre kadar gerçek payı olmadığını doğruladı.

çalıştırmamış olur. Aradığınız şey, sığırcık sürülerinin bir bilgisayar *simülasyonudur*; ve her yazılım geliştiricisinin size söyleyeceği gibi, bu işi yapmanın bir doğru bir de yanlış yolu vardır. Balenin tamamının koreografisini yapmaya kalkmayın çünkü bu, böyle bir iş için fena halde kötü bir programlamadır. Size, bu işi yapmanın doğru yolundan bahsetmeliyim çünkü kuşların kendi beyinlerinin nasıl programlandığı buna kesinlikle çok benziyor. Yani demek istediğim bu, embriyolojinin nasıl çalıştığına ilişkin güzel bir benzeşim.

İşte size sığırcıklarda sürü halinde uçma davranışının nasıl programlanması gerektiği. Enerjinizin hemen hepsini, tek bir bireyin davranışını programlamaya harcayın. Robo-sığırcığınıza nasıl uçacağı ve hemen yanındaki sığırcıklarla ilgili, onların uzaklığı ve görece konumları doğrultusunda nasıl hareket edeceği ile ilgili kurallar yükleyin. Yön değiştirme konusunda komşu sığırcığın davranışının ve bireysel inisiyatifin etkisinin ne miktarda olacağına ilişkin kurallar oluşturun. Bu model kurallar, hareket halindeki gerçek kuşlar üzerinde yapılan ölçümlerden yola çıkılarak yapılmalıdır. Siber kuşunuza kurallarını rasgele değiştirmeye dair belli bir eğilim de bahşedin. Tek bir sığırcığın davranışsal kurallarını belirleyen karmaşık bir program yazdıktan sonra iş, kitabın bu bölümünde üzerinde durduğum tanımlayıcı adıma geldi. Sakın sürünün tamamının davranışını programlamaya *çalışmayın*. Onun yerine programladığınız tek bilgisayar sığırcığının kopyalarını yapın. Robo-kuşun binlerce kopyasını yapın, mesela kimisi birbirinin tıpatıp aynısı olsun, veya aralarından bazılarının izlediği kurallarda hafif rasgele çeşitlenmeler bulunsun. Ve şimdi bilgisayarınızdaki binlerce model sığırcığı "serbest bırakın" ki, aynı kurallara uyarak birbirleriyle etkileşmekte özgür olsunlar.

Eğer tek bir sığırcık için yazdığınız davranış kuralları doğruysa, binlerce bilgisayar sığırcığı, yani ekrandaki her bir nokta, gerçek bir sığırcık sürüsünün kış mevsiminde bir araya gelişi gibi davranacaktır. Eğer sürü oluşturma davranışı yeterince doğru değilse, geri dönüp birey bazında ve belki de gerçek sığırcıklar üzerinde yapacağınız yeni ölçümlerin ışığında, sığırcığın davranışında yeni ayarlar yapabilirsiniz. Şimdi, pek iyi işlemeyen önceki bin kopyanın yerine yeni versiyonun binlerce kopyasını yapın. Binlercesinin ekrandaki sürü oluşturma davranışı gerçekçi bir ekran koruyucu için tatmin edici olana dek, kopyalanan tek bir sığırcığı yeniden programlama işine devam edin. Craig Reynolds 1986'da buna benzer şekilde (ama sığırcıklara özel olarak değil) "Boids" adını verdiği bir program yazdı.

Buradaki anahtar nokta bir koreografın ya da liderin olmaması. Düzen, organizasyon, yapı: bunlar küresel olarak değil, *yerel* olarak ve defalarca uyulan kuralların yan ürünleri olarak *ortaya çıkıyor*. Ve embriyoloji de aynen böyle işliyor. Her şey, farklı seviyelerde ama özellikle de tek bir hücre seviyesinde yerel kurallarla yapılıyor. Bir koreograf yok. Orkestra şefi yok. Merkezi planlama yok. Mimar yok. Embriyo gelişimi, veya endüstriyel üretim süreçlerinde bu türden programlamanın eşleniği kendi kendine kurulumdur.

Bir insanın, kartalın, köstebeğin, yunusun, çitanın, leoparın, kurbağanın ve kırlangıcın vücudu: bunların hepsi o kadar güzel bir araya getirilmiştir ki, bu organizmaların gelişimini programlayan genlerin bir proje planı, tasarım ve ana plan gibi işlev görmediğine inanmak imkânsız görünür. Ama hayır: aynı bilgisayar sığırcıklarında olduğu gibi, bu iş tek tek hücrelerin yerel kurallara uymasıyla olur. "Tasarımı" muazzam şekilde yapılmış olan vücut, genele yönelik küresel bir plan diyebileceğimiz hiçbir kaynağa başvurmaksızın, tek tek hücreler tarafından kurallara *yerel olarak* uyulmasının bir sonucu olarak *ortaya çıkar*. Gelişen bir embriyonun hücreleri, aynı devasa sürüler oluşturmuş sığırcıklar gibi birbirleri etrafında döner ve dans ederler. Arada kimi farklar vardır ve bunlar önemli farklardır. Sığırcıkların aksine hücreler, fiziksel olarak birbirine katmanlar ve bloklar halinde tutunmuş durumdadırlar: onların "sürülerine" "doku" adı verilir. Minyatür sığırcıklar gibi dönüp dans ettikleri zaman, sonuç üç boyutlu yapıların oluşmasıdır, çünkü dokular hücre hareketlerinin bir sonucu olarak içeri katlanır ve kıvrılırlar; ya da hücre büyümesi veya ölümünün yerel örüntüleri doğrultusunda şişer veya sönerler. Bununla ilgili sevdiğim benzeşim, güzide embriyolog Lewis Wolpert'in *Bir Embriyonun Zaferi* isimli kitabında ortaya attığı üzere, kâğıt katlama sanatı olan origamidir; ama buna gelmeden önce (insan zanaatlarından ve üretim süreçlerinden dolayı) akla gelebilecek bazı diğer benzeşimleri ayıklayıp önümüzden kaldırayım.

GELİŞİMLE İLGİLİ BENZEŞİMLER

Yaşayan bir dokunun gelişmesiyle ilgili iyi bir benzeşim bulmak şaşırtıcı derecede zor, ama bu sürecin belli başlı kısımlarına ilişkin kısmi benzerlikler bulabilirsiniz. Tarif, gerçeğin bir kısmını yakalıyor ve tarif benzeşimi, kimi zaman benim de "proje planının" neden uygun olma-

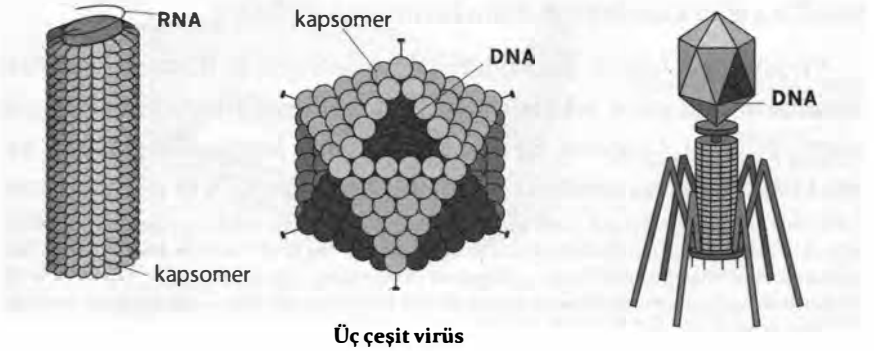
dığını anlatmak için kullandığım bir örnek. Proje planının aksine, bir tarifi tersine çevirmek mümkün değildir. Bir kek tarifini adım adım izlerseniz elinizde bir kek olur. Fakat keki alıp ondan tarifi çıkaramazsınız (yani tarifi kelimesi kelimesine yeniden yazamayacağınız kesin). Bununla birlikte, az önce gördüğümüz gibi, bir evden yola çıkarak orijinal proje planına yakın bir şey ortaya çıkarabilirsiniz. Bunun sebebi, ev ile proje planının parçalarının birebir haritalandırılmış olmasıdır. Kekin üzerine konmuş bir kiraz tanesi gibi çok bariz bazı istisnalar dışında, kekin parçaları ile tarifin kelimeleri ya da cümleleri arasında birebir haritalama söz konusu değildir.

İnsanın üretim faaliyetlerinden filizlenen başka hangi benzeşimler olabilir? Heykelcilik genellikle çok yanlış bir örnektir. Bir heykeltıraş, iri bir parça taş ya da ahşapla işe başlar ve bu malzemeyi, geriye kalan tek şey istenen şekil olana dek, parçalar çıkararak ve yontarak şekillendirir. Kabul etmeliyim ki, embriyolojide apoptozis adı verilen tek bir süreçle arasında oldukça keskin bir benzerlik var. Apoptozis, programlı hücre ölümüdür ve mesela el ve ayak parmaklarının gelişmesinde rol alır. İnsan embriyosunda el ve ayak parmakları birbirine birleşmiş durumdadır. Anne karnında, sizin de benim de perdeli el ve ayaklarımız vardı. Bu perdeler (insanların çoğunda: çünkü çok nadiren istisnalar oluyor) programlı hücre ölümü sayesinde ortadan kaybolurlar. Bu durum heykeltıraşın bir şekil yontmasını biraz andırıyorsa da, embriyolojinin normalde nasıl işlediğini tamamen açıklayacak kadar yaygın ya da önemli değil. Embriyologlar bir an için "heykeltıraşın keskisini" akıllarına getirebilirler ama bu düşüncenin uzun süre kafalarını meşgul etmesine izin vermezler.

Bazı heykeltıraşlar ise yontup çıkararak değil, bir parça kili ya da yumuşak mumu şekil alacak şekilde yoğurarak çalışırlar (ki bu şeklin sonunda kalıbı dökülecek ve şekil, mesela bronza dönüştürülecek olabilir). Bu da yine embriyoloji için iyi bir benzeşim değildir. Terzilik ve kıyafet üretimi zanaatı da iyi bir örnek değildir. Hâlihazırda var olan kumaş, daha önceden planlanmış bir deseni oluşturacak parçalara kesilir ve diğer kesilmiş parçalarla birbirine dikilir. Genellikle dikiş izlerini gizlemek için içi dışına çıkarılır ve işin (en azından) bu kısmı embriyolojinin bazı aşamalarıyla ilgili iyi bir benzeşimdir. Ama genelinde embriyoloji, terziliğe, heykeltıraşlığa benzediğinden daha çok benzemez. Örneğin, bir kazağın şeklinin tamamının tek tek pek çok ilmekten (aynı tek tek hücreler gibi,) oluşması bakımından örgü daha iyi bir örnek olabilir. Ama az sonra göreceğimiz gibi, çok daha iyi benzeşimler mevcut.

Bir arabanın ya da diğer karmaşık bir makinenin fabrika kurulum hattında bir araya getirilişine ne dersiniz: bu iyi bir benzeşim olabilir mi? Heykeltıraşlıkta ve terzilikte olduğu gibi, daha önceden üretilmiş parçaların bir araya getirilmesi, bir şeyi yapmanın verimli bir yoludur. Bir araba fabrikasında parçalar önceden ve çoğunlukla dökümhanedeki kalıplara dökülerek yapılmıştır (ve sanırım embriyolojide uzaktan dahi olsa döküm yapmaya benzeyen hiçbir şey yok). Daha sonra bu hazır parçalar kurulum hattında bir araya getirilir ve birbirine vidalanır, perçinle tutturulur, kaynak yapılır veya yapıştırılır. Bunların hepsi, detayları ince ince çizilmiş bir plana göre adım adım yapılır. Bakın yine, embriyolojinin önceden çizilmiş bir planla hiç alakası yok. Fakat bir araba montaj tesisinde önceden üretilmiş karbüratörlerin, distribütör başlarının, vantilatör kayışının ve silindir başlarının bir araya getirilip doğru yerlere takılmasında olduğu gibi, daha önceden bir araya getirilmiş parçaların bir düzene göre birleştirilişine benzeyen yanları var.

İşte size üç çeşit virüs. Soldaki, tütün bitkisine ve *Solanaceae* ailesinin, aralarında domatesin de bulunduğu diğer üyelerine parazit olan tütün mozaik virüsü (TMV). Ortadaki, aralarında bizim de bulunduğumuz pek çok hayvanın solunum sisteminde hastalığa yol açan bir adenovirüs. Sağdaki, başka bakterilere parazit olan T4 bakteriofajı. Aya iniş yapan bir mekik gibi görünüyor ve aslına bakarsanız (kendisinden çok daha büyük olan) bakterinin üzerine "iniş yaparak" ve örümceksi "ayakları" ile eğilip, tam ortasından çıkardığı iğneyi bakterinin hücre duvarından geçirerek sapladıktan sonra kendi DNA'sını bakteriye zerk ederek biraz da mekik gibi davranıyor. Bundan sonra virüs DNA'sı, bakterinin protein üretme mekanizmasını gasp ediyor ve onu yeni virüsler yapacak şekilde altüst ediyor. Resimdeki diğer iki virüs de benzer bir şey yapıyorlar ama görünüşleri veya davranışları aya iniş yapan uzay araçlarına benzemiyor. Her şekilde, bu virüslerin genetik malzemesi, içine girdiği konak hücrenin protein yapma araçlarını ele geçirdikten sonra, bu araçları normal ürünler yerine virüsleri seri üretmek için kendi moleküler üretimine yönelik değiştiriyor.



Üç çeşit virüs

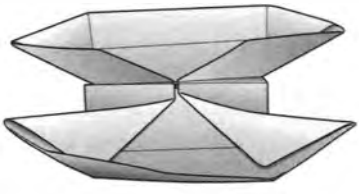
Resimlerde gördüklerinizin pek çoğu, genetik malzemenin proteinden yapılmış saklama kabıdır; T4 ("uzay aracı") söz konusu olduğundaysa saklama kabı aynı zamanda konak hücreyi enfekte etme aparatıdır. İlginç olan şeyse, proteinden yapılmış bu aygıtın nasıl bir araya geldiği. Aygıt gerçekten de kendi kendine kurulmuştur. Her virüs hazır yapılmış pek çok protein molekülünün bir araya getirilmesiyle oluşur. Her bir protein molekülü, az sonra göreceğimiz bir yolla, özel amino asit diziliminin bir sonucu olarak ortaya çıkan kimyasal yasalar doğrultusunda kendine has "üçüncül yapısına" daha önceden kendi kendine katlanmış durumdadır. Ve bundan sonra, protein molekülleri, virüsün içinde "dördüncül yapı" adı verilen bir şekilde ve yine yerel kuralları izleyerek birbirlerine bağlanır. Küresel bir plan ya da bir proje planı yoktur.

Protein alt-birimleri, kapsomer adı verilen dördüncül yapıyı oluşturmak için Lego parçaları gibi birleşir. Bu küçük yapıların geometrik olarak nasıl da mükemmel olduklarına dikkat edin. Ortadaki adenovirüsün, burada küçük toplar olarak çizilmiş ve ikozahedron olacak şekilde dizilen tam tamına 252 kapsomeri var. İkozahedron, 20 üçgensel yüzeyi olan mükemmel Platonik cisimdir.[1] Kapsomerler ikozahedron oluşturmak için bir araya gelirken bunu herhangi bir krokiye ya da proje planına göre yapmazlar. Her biri kendine benzer bir başka proteine çarptığı zaman sadece bulunduğu yerdeki kimyasal çekim yasalarına uyar. Kristaller böyle oluşur ve aslına bakılırsa, adenovirüsü çok küçük ve içi boş bir kristal olarak tanımlayabiliriz. Özellikle virüslerin "kristalleşmesi", canlıların oluşmasının ana ilkelerinden biri olarak simsarlığını yapmaya çalıştığım kendi kendine kurulumun çok güzel bir örneğidir. T4 "uzay aracı" fajının da DNA'sını muhafaza etmek için bir ikozahedronu var ama onun kendi kendine kurulan dördüncül yapısı, içine başka protein birimlerini de alan, ayrıca enjeksiyon aygıtı ve ikozahedrona birleşen "bacaklar" gibi farklı bölümlerde farklı yerel kurallara göre kurulan çok daha karmaşık bir yapıdır.

Virüslerden büyük yaratıkların embriyolojisine dönecek olursak, insanların inşa etme teknikleri arasında en sevdiğim benzeşime geliyoruz: origami. Origami, en ileri seviyelerinin Japonya'da geliştiği, yapısal kâğıt katlama sanatıdır. Bildiğim tek origami, "Çin yelkenlisi'nin"

1- Platonik cisim: "Düzgün çokyüzlü cisim" olarak da adlandırılan ve bütün yüzeyleri birbirinin aynı olan çokgenler için kullanılan terimdir. Böyle sadece beş adet çokyüzlü şekil bulunur. İkozahedron bunlardan birbirinin aynı 20 üçgensel yüzeye sahip olanıdır. Platonik cisim olarak adlandırılmalarının sebebi, Plato'nun bu cisimlerden her birini, dünyayı oluşturduğuna inandığı beş elementten bir tanesi ile ilişkilendirmeyi denemiş olmasıdır. *-çev.n.*

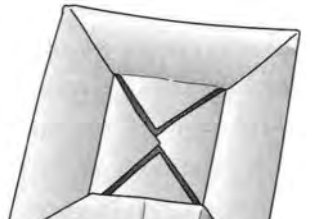
nasıl yapıldığı. Bunu bana babam öğretmişti, ki kendisi de bunu 1920'lerde gittiği yatılı okulu kasıp kavuran bir origami çılgınlığı sırasında öğrenmişti.[1] Çin yelkenlisinin biyolojik açıdan gerçekçi bir özelliği, "embriyolojisinin" çeşitli "larva" aşamalarından geçiyor olmasıydı, ki bu larvalar da kendilerince insana keyif veren oluşumlardı, aynı kelebeğe giden yolda ama ona hiç benzemeyen ara formun, yani tırtılın, güzel olması gibi. Süreç bir parça kare kâğıtla başlıyor.

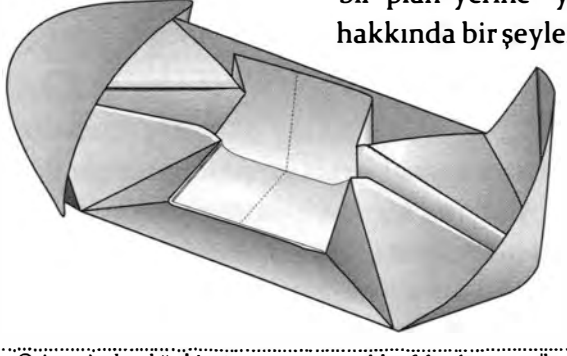


Kâğıdı sadece katlıyoruz (hiçbir zaman kesmiyor, yapıştırmıyor ve ona dışarıdan başka parçalar eklemiyoruz) ve "yetişkin" Çin yelkenlisi ortaya çıkmadan önce, tanımlanabilir üç "larva aşamasından" geçiyor: bir "katamaran" (üstte), "iki kapısı olan bir dolap" (ortada) ve "çerçeveli bir resim" (altta).



Origami benzeşiminin hakkını vermeli, zira Çin yelkenlisini yapmayı ilk öğrendiğiniz zaman, sadece yelkenlinin kendisi değil "larva" aşamalarının her biri de (katamaran, dolap, resim çerçevesi) insana sürpriz oluyor. Kâğıdı elleriniz katlıyor olabilir, ama kesinlikle Çin yelkenlisi ya da larva aşamalarından herhangi biri için bir proje planı izlemiyorsunuz. En nihayet kozasından çıkan bir kelebek gibi beliriveren son ürünle hiçbir ilgisi yokmuş gibi görünen bir dizi kuralı izliyorsunuz. Bu durumda origami benzeşimi, küresel bir plan yerine "yerel kuralların" önemi hakkında bir şeyler anlatıyor.





Çin yelkenlisi origamisi ve üç "larva aşaması": "katamaran", "iki kapısı olan bir dolap" ve "çerçeveli bir resim"

1- Origami çılgınlığı bir süre sonra unutuldu, fakat ben 1950'lerde aynı şeyi aynı okulda yeniden başlattım, sanki salgın bir hastalık gibi okula ikinci kez yayıldı.

Yine origami benzeşiminin lehine, katlama, kıvırma ve kendi içine katlama ve tersyüz etme gibi işlemler embriyonik dokuların vücudu oluştururken kullanmayı en çok sevdikleri numaralardandır. Benzeşim özellikle erken embriyonik aşamalar için iyi sonuç veriyor. Fakat hata verdiği yerler var ve işte bunlardan göze hemen çarpan iki tanesi. Birincisi, katlamayı yapmak için insan ellerine ihtiyaç var. İkincisi, gelişmekte olan kâğıt "embriyo" daha fazla büyümüyor. Ağırlığı aynı başladığındaki ağırlığına eşit. Aradaki bu farkı ifade etmesi için, biyolojik embriyolojiye sadece "origami" demek yerine zaman zaman "şişen origami" diyeceğim.

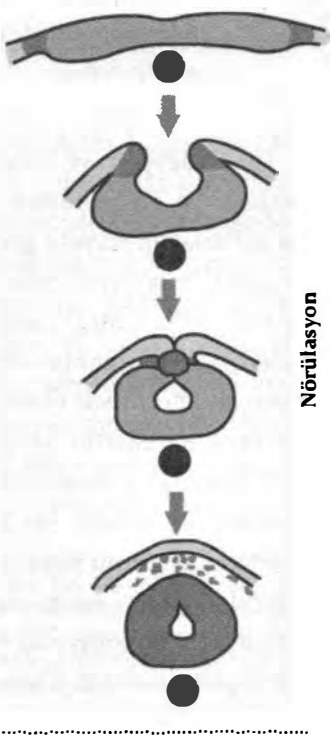
Aslında, bu iki hata bir anlamda birbirini götürüyor. Gelişen bir embriyoda kendi içine kıvrılıp tersyüz olarak katlanan doku tabakaları bir yandan da büyüyor ve işte bu büyüme, origamide insan eli tarafından sağlanan hareket gücünü embriyodaki dokular için kısmen sağlıyor. Eğer cansız bir parça kağıt yerine bir tabaka canlı dokuyla origami modeli yapmak isterseniz ve eğer bu tabaka her yerde eşit değil de, bazı bölgelerinde diğer kısımlarına nazaran daha hızlı büyürse, bu durumun, doku tabakasının onu çekip katlayacak ellere ya da küresel bir plana ihtiyaç duymadan sadece yerel kurallar doğrultusunda otomatik olarak belli bir şekli almasını (ve hatta belli bir şekilde katlanmasını veya içeri kıvrılmasını veya tersyüz olmasını) sağlama ihtimali var. Ve aslına bakarsanız bu ihtimal oldukça yüksek, çünkü bu olay gerçekten meydana geliyor. Dilerseniz adına "oto-origami" diyelim. Peki oto-origami pratikte embriyoloji için nasıl işe yarıyor? İşe yarıyor çünkü, gerçek bir embriyoda bir doku tabakası büyürken aslında hücreler bölünmektedir. Tabakanın farklı bölgelerinde farklı büyüme hızları olmasını sağlayan şey, tabakanın her yerinde o bölgenin yerel kurallarının belirlediği bir hızda bölünen hücrelerdir. Yani, döndük dolaştık ve yine "yukarıdan aşağıya" küresel kurallardan ziyade "aşağıdan yukarıya" yerel kuralların temelde ne kadar önemli olduğuna geldik. Embriyonik gelişimin erken aşamalarında gerçekleşen şey, bu basit ilkenin (çok çok daha karmaşık) bir dizi çeşitleridir.

Omurgalı gelişiminin erken aşamalarında gerçekleşen origami şöyle işler. Döllenmiş tek bir yumurta hücresi bölünerek iki hücre meydana getirir. Sonra bu ikisi bölünür ve dört tane olurlar. Ve hücrelerin sayısı hızla ikiye katlanarak bu durum böylece devam eder. Bu aşamada hiç büyüme yoktur (yani balon şişmez). Döllenmiş yumurtanın en baştaki hacmi sanki bir kekin dilimlenişi gibi bölünür ve sonunda eli-

mizde başlangıçtakiyle aynı büyüklükte ama birçok hücreden oluşan bir küre kalır. Bu kürenin içi dolu değil boştur ve adına blastula denir. Bir sonraki aşama, yani gastrulasyon, Lewis Wolpert'in şu ünlü nüktesinin kahramanıdır: "Hayatınızın gerçekten en önemli olayı doğum, evlilik ya da ölüm değil, gastrulasyondur."

Gastrulasyon adeta, blastulanın yüzeyini planlı bir şekilde yıkıp döken ve yapının tamamını değiştiren mikrokozmik bir deprem gibidir. Embriyonun dokuları büyük parçalar halinde yeniden düzenlenir. Gastrulasyon tipik olarak, içi boş bir top olan blastulanın, dış dünyaya açılan bir deliği ve iki katmanı olan bir yapıya dönüşecek şekilde bir noktadan içe göçüp katlanması işlemini içerir (sayfa 212'deki bilgisayar simülasyonuna bakın). Bu "gastrulanın" dış katmanına ektoderm, iç katmanına endoderm ve bu iki katman arasındaki boşluğa serpiştirilmiş hücrelere ise mezoderm denir. Bu ilksel katmanların üçü de vücudun ana bölümlerini yapma görevini üstlenmiştir. Örneğin, üst deri ve sinir sistemini ektoderm oluşturur; mide, bağırsaklar ve diğer iç organları endoderm yapar; mezoderm de vücudu kas ve kemikle donatır.

Embriyo origamisinin bir sonraki aşaması nörülasyondur.[1] Şema, nörülasyon aşamasındaki bir ikiyaşayışlı embriyosunun (kurbağa ya da semender olabilir bu) sırtının ortasından alınmış bir kesiti gösteriyor. Oradaki siyah daire, omurganın öncülü sert bir çubuk olan "notokorddur". Her ne kadar biz, modern omurgalıların birçoğu gibi, notokorda sadece embriyo iken sahip olsak da, notokordun varlığı biz ve diğer bütün omurgalıların içinde bulunduğu Kordalılar şubesinin işaretçisidir. Katlanarak içe kıvrılma, aynı gastrulasyonda olduğu gibi nörülasyon sırasında da rahatlıkla gözlenir. Sinir sisteminin ektodermden oluştuğunu söylediğimi hatırlıyorsunuzdur. İşte bakın bu olay şöyle gerçekleşiyor. Ektodermin bir parçası katlanıp içe kıvrılmaya başlıyor (ve bu kıvrılma bir fermuar gibi yavaş yavaş geriye



1- Sinir sisteminin oluşmaya başlaması. -*çev.n.*

doğru ilerliyor), nihayet iyice yuvarlanıp bir tüp halini alıyor ve sonra "tüp fermuarın" kenarları, dış katman ile notokord arasında vücut boyunca uzanır hale gelecek şekilde birleşme yerlerinden koparak ayrılıyor. İşte bu tüpün kaderi, vücudun birincil sinir gövdesi olan omuriliğe dönüşmektir. Bu tüpün üst ucu şişerek beyni oluşturur. Geri kalan diğer bütün sinirler, daha sonra gerçekleşen hücre bölünmeleriyle, bu ilksel tüpten türerler.

Gastrulasyonun veya nörülasyonun muhteşem olaylar olduğunu ve origami mecazının her ikisine de çok uyduğunu söylemek dışında bu süreçlerin daha fazla detayına girmek istemiyorum. Asıl odaklanmak istediğim, embriyonun balon gibi "şişen origami" aracılığıyla çok daha karmaşık hale gelişinin genel ilkeleri. Aşağıda, embriyonik gelişim sırasında, mesela gastrulasyonda, hücre katmanlarının yaptığını gözlemlediğimiz şeylerden biri var. Bu kıvrılıp içe katlanmanın, şişen origamide ne kadar yararlı olabileceğini rahatça görebilirsiniz ve nitekim hem gastrulasyon hem de nörülasyon sırasında önemli bir rol oynuyor.

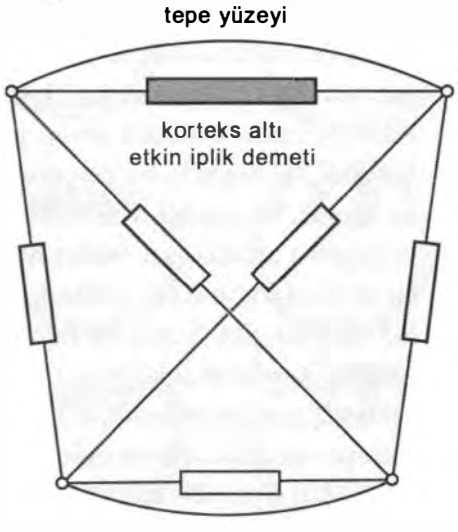


Hücre katmanında kıvrılıp içe katlanma

Gastrulasyon ve nörülasyon, gelişimin erken safhalarında gerçekleşir ve embriyonun şeklinin tamamını etkiler. Erken gelişimin bu safhalarını hayata geçiren, kıvrılarak içe katlanma ve diğer "şişen origami" manevralarıdır; hem bunlar hem de benzeri numaralar gelişimin daha sonraki aşamalarında, yani göz ve kalp gibi belirli özelliklere sahip organlar oluşturulurken de kullanılır. Fakat, katlamayı yapacak ellerin var olmadığını göz önünde bulundurduğumuzda, bu dinamik hareketler hangi mekanik süreçler tarafından gerçekleştiriliyor? Daha önce de söylediğim gibi, kısmen basit genişleme ve büyüme işlemleri sayesinde. Bir doku katmanı boyunca hücreler çoğalıyor. Bu yüzden katmanın yüzeyi artıyor ve bu yüzey genişleyecek yer bulamadığından çareyi eğilip bükülmekte buluyor. Ama bu süreç göründüğünden daha kontrollü işliyor ve aralarında parlak zekâlı matematiksel biyolog George Oster'in de bulunduğu Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nden bir grup bilim insanı bu sürecin şifresini çözdüler.

HÜCRELERİ SIĞIRCIKLAR GİBİ MODELLEMEK

Oster ve çalışma arkadaşları, bizim bu bölümde daha önce sığırcıkların sürü haline gelişlerinin bilgisayar benzeşimini yaparken kullandığımız stratejinin aynısını kullandılar. Bu kez, bütün bir blastulanın davranışını programlamak yerine, tek bir hücrenin davranışını programladılar. Sonra hücrelerin, her biri birbirinin aynısı olan kopyalarını oluşturdular; bilgisayardaki bu hücreler biraraya geldiklerinde ne olacağını gözlemlediler. Tek bir hücrenin davranışını programladılar derken, aslında tek bir hücrenin matematiksel bir modelini programladılar ve modele hücreyle ilgili bilenen belli başlı bilgileri basitleştirilmiş şekilde eklediler demek daha doğru olur. Özellikle, hücrelerin iç kısmını çaprazlama geçen mikroiplikler olduğu biliniyor: bir nevi minyatür elastik bantlar, ama aynı zamanda kas gibi etkin kasılma becerisine de sahipler. Hakikaten de mikroipler kas liflerinin kullandığı kasılma ilkesinin aynını kullanırlar.[1] Oster Modeli, modelin bilgisayar ekranına çizilebilmesi için hücreyi iki boyuta ve yukarıdaki şemada da görebileceğiniz gibi hücre içinde stratejik olarak yerleştirilmiş sadece altı tane ipliğe sadeleştirmişti. Bilgisayar modelinde bütün mikroipliklere, bir fizikçiye anlam ifade eden isimleri olan belli sayısal özellikler verilmişti: "akışkan yumuşatma katsayısı" ve "elastik yay sabiti" gibi. Bunların tam olarak ne anlama geldiğini umursamayın: bunlar fizikçilerin bir yayda ölçmekten hoşlandıkları türden şeyler. Her ne kadar gerçek bir hücrede kasılma yeteneğine sahip pek çok iplik olsa da, Oster ve çalışma arkadaşları, altı iplikten sadece bir tanesine bu

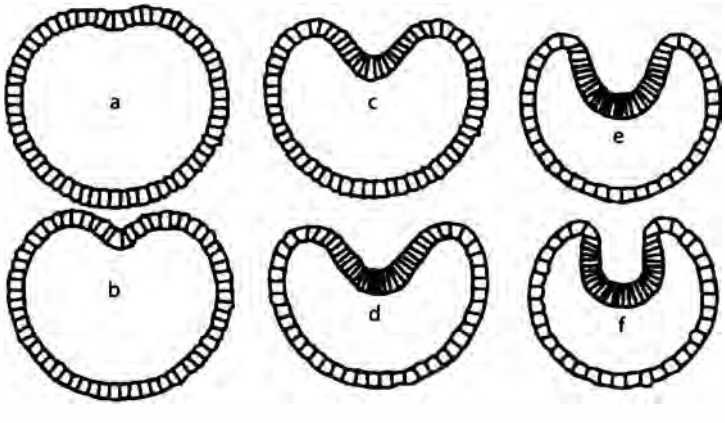


Oster'in model hücresindeki mikroiplikler

1- Ki bu da kendi çapında hayret verici bir öyküdür bu arada. Cambridge'li müthiş fizyolog Joseph Needham (o kadar bilgili biridir ki, daha sonraları Çin'de bilim tarihi konusunda önde giden bir uzman olarak ismini duyurdu), okuduğum okulda o sıralar stajyer öğretmen olan yeğeninin daveti üzerine okulumuza gelip bu olayı gösterdiğinden beri aklımı meşgul ediyor: akraba kıyağının hala minnettar olduğum bir nimeti. Dr. Needham'ın rehberliğinde, mikroskoplarımızdan kas liflerine baktık ve üzerlerine bir damla ATP, yani vücudun evrensel enerji birimi olan adenozin trifosfat damlattığımızda onları sanki bir büyünün eseriymişçesine kasılıp boyları kısalırken seyrettik.

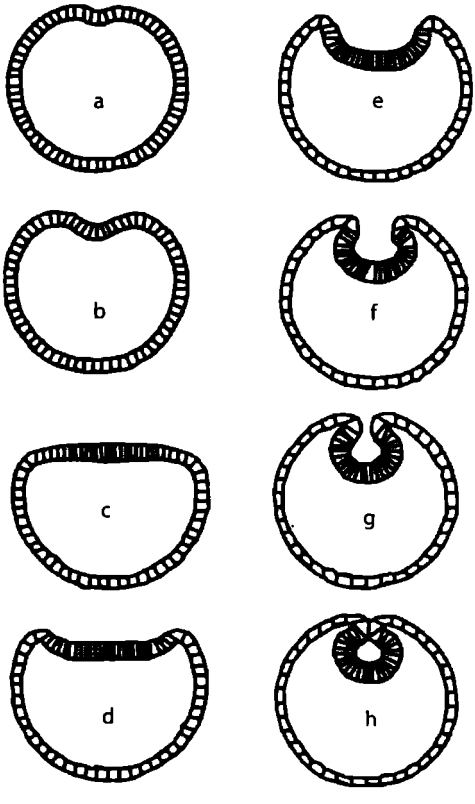
yeteneği bahşederek işleri sadeleştirdiler. Eğer hücrenin bilinen özelliklerinden bir kısmını dışarıda bıraktıktan sonra dahi gerçekçi sonuçlar alabilirlerse, bu özelliklere sahip daha karmaşık bir modelde en azından iyi sonuçlar almaları olasıydı. Modelde kasılabilen tek ipliğin kendi isteğiyle kasılması yerine, ona belli türden kas liflerinde sık görülen bir özellik koydular: belli bir kritik uzunluğun ötesine gerildiğinde iplik normal denge uzunluğundan çok daha kısa olacak şekilde kasılır.

Bu durumda elimizde tek bir hücre için oluşturulmuş modelimiz var: içinde, aralarından özel bir tanesi dışarıdan uygulanan gerilime etkin biçimde kasılarak cevap verme özelliğine sahip altı elastik yay bulunan iki boyutlu bir çerçeveden oluşan son derece sadeleştirilmiş bir model. Bu, modelleme sürecinin ilk aşaması. İkinci aşamada, Oster ve çalışma arkadaşları model hücrelerinden birkaç düzine kopyaladılar ve bunları bir daire şeklinde düzenlediler, yani adeta (iki boyutlu) bir blastula gibi. Sonra bir hücreyi aldılar ve bu hücrenin kasılabilen ipliğini, kasılacak şekilde uyarılması için büktüler. Bunun üzerine gerçekleşen şey dayanılamayacak kadar muhteşem. Model blastula gastrulasyon geçirdi! İşte ne olduğunu gösteren altı ekran görüntüsü (aşağıda a'dan f'ye). Bir kasılma dalgası uyarılan hücrenin kenarlarından yayıldı ve hücrelerden oluşan top kendiliğinden kıvrılıp içeri katlandı.



Oster'in gastrulasyon geçiren model blastulası

Daha da iyisi var. Oster ve arkadaşları bu bilgisayar modelinde kasılan ipliklerin "ateşleme eşiğini" düşürmeyi denediler. Bu defa sonuç, öncekinden daha da ileri giderek bir "nöral borunun" oluşup kopmasını sağlayan bir kıvrılma ve katlanma dalgasıydı (a'dan h'ye ekran görüntüleri, yandaki sayfa). Bunun gibi bir modelin ne olduğunu anlamak önemlidir. Bu model, nörülasyonun tam tamına doğru bir



Oster modelinde "nöral borunun" oluşumu

temsili değil. Modelin iki boyutlu olması ve başka pek çok açıdan da sadeleştirilmiş olmasının yanı sıra, "nörülasyon" geçiren (ekran görüntüsü *a*) hücre topu normalde olması gerektiği gibi iki katmanlı bir "gastrula" değil. Yukarıdaki gastrulasyon modelinde gördüğümüz blastula benzeri başlangıç yapısının aynısı. Ama bu önemli değil, modeller her ayrıntıya kadar tamı tamına doğru olmak zorunda değil. Bu model her şeye rağmen, erken aşamadaki bir embriyodaki hücrelerin davranışının çeşitli yönlerini taklit edebilmenin ne kadar kolay olduğunu gösteriyor. Model gerçek durumdakine göre çok daha basit olduğu halde, iki boyutlu hücre "topunun" dışarıdan uygulanan etkene kendiliğinden cevap vermiş olduğu gerçeği bunu çok güçlü bir kanıt yapıyor. Gelişimin erken süreçlerinde gerçekleşen çeşitli işlemlerin evriminin o kadar da zor olmadığına dair bize yeniden güvence veriyor. Burada, modelin ortaya koyduğu fenomenin değil, modelin kendisinin basit ve sade olduğuna dikkat edin. İşte bu, iyi bir bilimsel modeli diğerlerinden ayıran en önemli özelliktir.

Oster modellerini izah etmekteki amacım, tek tek hücrelerin vücudu oluşturmak üzere bütün vücudu temsil eden bir proje planı olmaksızın birbiriyle etkileşmede izledikleri genel ilkeleri göstermekti. Origami gibi katlama, Oster tarzı kıvrılıp içe katlanma ve kopup ayrılma: bunlar embriyo yapmak için en basit numaralardan sadece birkaçı. Daha ayrıntılı olan diğer bazı yöntemler embriyonik gelişimde daha sonra devreye girecekler. Örneğin dâhiyane deneyler gösteriyor ki sinir hücreleri omurilikten ya da beyinden uzayıp büyüdüklerinde hedef organa giden yolu herhangi bir plana uyarak değil, tamamen kimyasal çekimlere göre, adeta kızgınlık dönemindeki bir dişiyi kok-

layarak bulan bir köpek gibi buluyor. Nobel ödüllü embriyolog Roger Sperry tarafından yapılan bu konu hakkındaki klasik ilk deneylerden biri, söz konusu ilkeyi mükemmel biçimde gösteriyor. Sperry ve bir çalışma arkadaşı, bir kurbağa iribaşının sırtından kare şeklinde küçücük bir parça deri aldılar. Aynı büyüklükte ve yine kare şeklinde diğer bir parça deriyi de karın bölgesinden kesip çıkardılar. Sonra bu iki kareyi birbirlerinin yerine naklettiler: karından alınan deri sırta, sırttan alınan deri karna yapıştırıldı. Bu iribaş büyüyüp kurbağaya dönüştüğünde, (embriyoloji deneylerinde genellikle olduğu gibi) sonuç oldukça güzeldi: koyu benekli sırtın ortasında muntazam bir posta pulu şeklinde beyaz göbek derisi vardı ve benekli muntazam posta pulu da beneksiz beyaz göbeğin ortasındaydı. Şimdi öykünün ana fikrine gelelim. Normalde, bir kurbağanın sırtını sertçe bir kılla gıdıklarsanız, kurbağa sanki rahatsız edici bir sineği uzaklaştırmak ister gibi, ayağını bu bölgeye sürterek derinin üzerinden geçirir. Fakat Sperry denek kurbağasının sırtındaki beyaz "pul şekilli" deriyi gıdıkladığında, kurbağa göbeğini kaşımış! Ve Sperry göbekteki koyu renkli pul şekilli deriyi gıdıkladığında kurbağa sırtını kaşımış.

Sperry'nin bu duruma dair açıklaması, normal embriyonik gelişim sırasında aksonların (uzun "teller", yani tek bir sinir hücresinin dar ve tüp gibi uzantıları) omurilikten büyürken sanki bir köpek gibi koklayarak göbek derisini aradıkları yönünde. Omurilikten çıkan diğer aksonlar ise sırt derisinin kokusunun izini sürüyor. Ve normalde bu işlem doğru bir sonuç veriyor: sırttaki gıdıklanmalar sırttaymış gibi, göbekteki gıdıklanmalar ise göbekteymiş gibi hissediliyor. Ama Sperry'nin deneyindeki kurbağada göbek derisinin izini süren bazı sinirler, deriyi göbek yerine sırtta buldular, büyük ihtimalle normalde olması gerektiği gibi koku aldıkları için. Aynı şey sırttan alınıp göbeğe yapıştırılan deri için de geçerli. Bir çeşit *tabula rasa* teorisine (hani hepimizin bembeyaz sayfa gibi bir zihinle doğduğumuz ve bu sayfayı deneyimlerimiz doğrultusunda doldurduğumuz fikrine) inanan insanlar Sperry'nin vardığı bu sonuca şaşırabilirler. Zira onlar kurbağaların kendi derilerinin nerede olduğunu hissederek ve doğru hisleri derinin doğru bölgesiyle ilişkilendirerek deneyim aracılığıyla öğreneceğini öngöreceklerdir. Bunun aksine, omurilikteki her bir sinir hücresi, ilgili deri bölgesiyle temas kurmadan çok önce etiketlenmiş gibi görünüyor, yani mesela, göbek sinir hücresi ya da sırt sinir hücresi gibi. Bu sinir, belirlenmiş hedef deri pikselini, her nerede olursa olsun daha

sonra bulacak. Eğer bir sinek Sperry'nin kurbağasının sırtı üzerinde boylu boyuna yürüyecek olursa, kurbağanın, sineğin aniden sırtından göbeğine atlayıverdiği, biraz yürüyüp yine aniden göbekten sırta geri atladığı sanrısına kapılmasını bekleriz.

Bunun gibi deneyler Sperry'i "kimyasal çekim" hipotezini oluşturmaya itti; bu hipoteze göre sinir sistemi genel bir proje planına göre değil, her bir aksonun ulaşması gereken ilgili organı, organla arasındaki belli bir kimyasal çekime göre aramasıyla vücuda döşeniyor. İşte yine, elimizde yerel kuralları izleyen küçük yerel birimler var. Hücreler genellikle "etiketlerle" doludur, yani "ortaklarını" bulmalarına yarayan kimyasal rozetlerle. Şimdi etiketleme ilkesinin işe yaradığı başka bir yer bulmak için origami benzeşimine geri dönebiliriz. İnsanların kağıt katlama sanatında yapıştırıcı kullanılmaz, ama kullanılabilirdi de. Ve hayvan vücutlarının kendi kendilerini kurdukları embriyo origamisinde de aslında yapıştırıcıya eşdeğer bir şey kullanılır. Daha doğrusu yapıştırıcılar kullanılır, çünkü pek çok yapıştırıcı çeşidi vardır; işte tam burada etiketleme muzaffer bir şekilde sahneye çıkar. Hücrelerin yüzeyinde oldukça karmaşık bir "yapışma molekülleri" repertuarı bulunur ve hücreler, bu moleküller aracılığıyla diğer hücrelere yapışırlar. Fakat, bizim aşina olduğumuz yapıştırıcılardan çok ciddi bir farkı vardır bunların. Bizim için yapıştırıcı yapıştırıcıdır. Bazı yapıştırıcılar diğerlerinden daha güçlüdür ve bazıları diğerlerinden daha çabuk yapıştırır, mesela bazıları ahşap için uygundur, ama diğerleri metal ya da plastik üzerinde daha iyi sonuç verir. Ama yapıştırıcı çeşitleri işte bu kadardır.

Hücrenin yapışma molekülleri bundan çok daha beceriklidir. Daha incelikli ve şaşaalı olduklarını söyleyebiliriz. Bizim kullandığımız çoğu yüzeye yapışabilen yapay yapıştırıcıların aksine, hücrenin yapışma molekülleri ancak ve ancak tamamen doğru türden olan belirli hücre yapışma moleküllerine bağlanır. Bildiğimiz kadarıyla, omurgalılarda bir yapışma molekülü sınıfı olan kadherinlerin yaklaşık seksen farklı çeşidi vardır. Bazı istisnalar dışında, bu seksen kadar kadherin sadece kendi cinsinden kadherinlere bağlanır. Bir dakikalığına yapıştırıcıları unutun: her çocuğun bir hayvan rolünü üstlendiği ve çocukların odanın içinde kendilerine atanmış bu hayvanın sesini çıkararak dolaştıkları oyun daha iyi bir benzeşim olabilir. Her çocuk, diğer çocuklardan yalnızca bir tanesine aynı hayvanın atandığını biliyor ve çiftlik sesi taklitlerinin kakofonisi içinden sesleri dinleyerek eşini bulması gerekiyor. Kadherinler de böyle çalışır. Belki de siz de benim gibi, stratejik bölgelerde

toplanmış belirli kadherinlerle incelikle donatılmış hücre yüzeylerinin, embriyo origamisinde kendi kendine kurulum ilkelerini nasıl rafine edebileceğini ve karmaşıklaştıracağını hayal meyal aklınızda canlandırabiliyorsunuzdur. Dikkat edin, yine görüyoruz ki, bu durum genel bir plana değil, yerel kuralların parça parça birleşmesine işaret ediyor.

ENZİMLER

Hücre tabakalarının embriyoyu şekillendirirken nasıl origami oyunu oynadığını gördükten sonra, şimdi de hücrenin içine dalarsak, orada da aynı kendi kendine katlama ve kıvrışma ilkelerini daha küçük ölçekte, tek bir protein boyutunda göreceğiz. Proteinler, inanılmaz derecede önemlidir, hem de açıklamak için kesinlikle vakit ayırmam gereken sebeplerden dolayı. Proteinlerin kendilerine has öneminin coşkusunu yaşamak için işe muzip bir spekülasyonla başlayacağım. Evrenin başka yerlerindeki canlılığın buradakinden garip bir şekilde farklı olacağını beklemek gerektiği üzerine spekülasyon yapmaya bayılıyorum, ama yaşam nerede bulunursa bulunsun, bir iki şeyin evrensel olduğunu düşünüyorum. Herhangi bir yerde ortaya çıkacak hayatların hepsi de genlerin Darwinci doğal seçilimine bağlı olan evrimsel bir sürece sahip olacaktır. Ayrıca, mutlaka proteinlere (veya kendilerini çok çeşitli şekillere katlama yeteneğine sahip, protein gibi moleküllere) bağımlı olacaktır. Protein molekülleri oto-origamik sanatların, şimdiye dek incelediğimiz hücre tabakalarından çok daha küçük ölçekteki virtüözleridir. Protein molekülleri, yerel ölçekteki yerel kurallara uyulduğunda neler elde edilebileceğinin baş döndürücü koleksiyonlarıdır.

Proteinler çok daha küçük moleküller olan amino asit zincirlerinden oluşmuşlardır ve bu zincirler, aynen az önce incelediğimiz hücre tabakaları gibi, keskin şekilde belirlenmiş biçimde ama çok çok daha küçük bir ölçekte kendi kendilerine katlanabilirler. Doğal yollarla ortaya çıkan proteinlerde sadece yirmi çeşit amino asit bulunur (ki bu durum büyük olasılıkla uzaylı dünyalarda farklı olacak şeylerden biridir) ve bütün proteinler, işte sadece bu yirmi amino asit repertuarından dizilen zincirlerdir. Şimdi oto-origamiye gelelim. Protein molekülleri basitçe kimya ve termodinamik yasalarını izlerler ve kendi kendilerine otomatik olarak bükülerek hatasız üç boyutlu yapılarına kavuşurlar. Neredeyse yapı yerine "ilmek" diyecektim ama balık asalaklarının[1] aksine (eğer izin verirseniz bu sebepsizce alakasız ama bir o kadar çekici gerçeği açığa vuracağım) proteinler kendilerini ilmek

1- Yazar burada İngilizcesi "hagfish" olan, *Mixinidae* ailesine mensup ve yılan balığına benzer bir tür deniz hayvanının kendini düğümleme davranışına gönderme yapıyor. *-çev.n.*

şeklinde düğümlemezler. Bir protein zincirinin kendisini katlayıp büktükten sonra sahip olduğu üç boyutlu yapıya "üçüncül yapı" denir, ki bundan virüslerin kendi kendine kurulmaları sırasında kısaca bahsettik. Herhangi bir amino asit dizilimi belirli bir katlanma örüntüsünü zorunlu kılar. Kendisi de genetik koddaki harflerin dizilimi tarafından belirlenen amino asit dizilimi, üçüncül örgünün şeklini belirler.[1] Üçüncül yapının şekli de daha sonra ortaya çıkan kimyasal sonuçlar için çok ama çok önemlidir.

Protein zincirlerinin katlanma ve kıvrılma yöntemi olan oto-origami, kimyasal çekim yasaları ve atomların birbirine hangi açıyla bağlanacaklarını belirleyen yasalar tarafından yönetilir. İlginç şekilli mıknatıslardan oluşan bir kolye düşünün. Bu kolye endamlı bir boyundan, endamlı bir zincir gibi sallanmayacaktır. Aksine kolye, mıknatıslar yapışıp zincir boyunca farklı noktalarda birbirlerinin kıyısına köşesine oturdukça, buradaki şekilde gösterilen protein gibi (bkz. renkli sayfalar 12 ve 13) bambaşka bir şekil alır. Protein zincirindeki durumun aksine, mıknatıs kolyedeki bu dolaşmanın tam şeklini tahmin etmek mümkün olmaz çünkü mıknatıslardan herhangi biri, bir diğerini çekebilir. Fakat bu örnek, amino asit zincirlerinin bir zincir ya da kolye gibi görünmek zorunda olmayan karmaşık düğüm gibi bir yapıyı kendiliklerinden oluşturabileceklerine işaret ediyor.

Bir proteinin üçüncül yapısının kimya yasaları tarafından nasıl belirlendiğinin ayrıntıları henüz tamamen anlaşılmış değil: kimyacılar,

1- Bu ifadenin anlattıklarına yer ayırmamız önemli. Amino asit dizisinin ne olacağı genler tarafından kesin bir şekilde belirleniyor. Fakat tek boyutlu amino asit diziliminin ortaya koyacağı üç boyutlu şekil her zaman aynı olmayabilir ve bu da çok önemli. Bazı amino asit dizilimleri iki tane alternatif üç boyutlu şekle girme yeteneğine sahip. Mesela prion adı verilen proteinlerin kararlı iki şekli var. Bunlar kararlı ara formları olmayan birbirinden farklı alternatifler, aynı bir ışık düğmesinin yukarı ya da aşağı konumda kararlı olması ama bu ikisinin bir arasının olmaması gibi. Bu tür "devre anahtarı proteinler" felakete yol açabilir ya da işe yarayabilir. Söz konusu prionlarsa, onlar felakete yol açan cinsten proteinlerdir. Deli dana hastalığında, beyindeki faydalı bir protein (hücre zarlarının normal bir bileşeni) işe bakın ki bir de alternatif forma sahip; yani oto-origamiyle kendisini farklı bir şekilde katlayabiliyor. Bu alternatif form normalde hiç görülmüyor, ama eğer bir kere bir molekülde ortaya çıkarsa, çevredeki diğer molekülleri de aynı hareketi yapmaya itiyor: diğerleri alternatif formu taklit ediyor ve şekillerini onunkine değiştiriyorlar. Devrilen domino taşları gibi ya da dedikodunun pervasızca yayılması gibi, alternatif yapılı prion beyne yayılıyor ve bunun dana için (ya da Creutzfeldt-Jakob hastalığı söz konusuysa hastalığa kapılmış olan insan için veya hastalığın koyunlardaki türünde koyun için) sonuçları korkunç oluyor. Ama kendilerini oto-origamiyle farklı yapılara sokma yeteneğine sahip olan moleküller kimi zaman da faydalı olabilir. Işık düğmesi mecazının yakınlarında güzel bir örnek bulabiliriz. Gözümüzde ışığa duyarlı olabilmemizi sağlayan rodopsin proteinin, retinal adı verilen (kendisi protein olmayan) kendisine bağlı bir parçası bulunur, bu parça, ışık fotonları üzerine düşünce genel kararlı halinden alternatif haline geçer. Sonra hızla eski haline döner, sanki enerji tasarrufu yapsın diye bir kronometreye bağlanmış ışık düğmesi gibi, ama bu esnadaki geçiş beyinde kaydedilir: "İşte tam bu noktada ışık tespit edildi." Jacques Monod'un muhteşem kitabı, *Şans ve Gereklilik (Chance and Necessity)*, özellikle bu türden çift kararlılığa sahip devre anahtarı moleküller konusunda iyi bir kitap.

hiç bir durumda belli bir amino asit diziliminin nasıl sarılıp dolanacağını çıkaramıyor. Buna rağmen, üçüncül yapının *prensipte* amino asit diziliminden çıkarılabileceğine ilişkin çok sıkı kanıtlar var. "Prensipte" sözüne dair gizemli olan bir şey yok. Hiç kimse atılan bir zarın ne geleceğini tahmin edemez, ama hepimiz gelen sayının zarın nasıl atıldığının ince detayları ve ona ek olarak ortamdaki esintinin sebep olduğu direnç ve benzeri etkenler tarafından belirlendiğini kabul ederiz. Belli bir amino asit diziliminin her zaman aynı şekli, ya da belirli alternatif şekillerden birini alacak şekilde katlandığı ortaya konulmuş bir gerçektir (bkz. bir önceki sayfadaki uzun dipnot). Ve (evrim için önemli olan nokta) amino asit diziliminin de tamamen genetik kodun kurallarının uygulamaya geçirilmesi aracılığıyla, gendeki (üçerli) "harflerin" dizilimi tarafından belirleniyor olmasıdır. Her ne kadar kimyacıların, belli bir genetik mutasyonun sonucunda ortaya çıkacak protein yapısındaki değişikliğin ne olacağını tahmin etmesi hiç kolay değilse de, şu bir gerçek ki mutasyon bir kere meydana geldiğinde, bunun proteinin şeklinde doğuracağı değişiklik prensipte tahmin *edilebilir* olacaktır. Yine bu mutant gen, şekli değişmiş proteini (ya da belirli alternatiflerden oluşan menüyü) eksiksiz üretecektir. İşte doğal seçilimin ihtiyacı olan budur. Doğal seçilimin, genetik değişikliklerin neden belirli sonuçları olduğunu anlaması gerekmez. Durumun bu olması yeterlidir. Eğer söz konusu değişikliğin sonucu hayatta kalmayı etkiliyorsa, değişen genin kendisi, baskın gen havuzundaki yarışmada ya ayakta kalacak ya da elenecektir, biz bu genin proteini tam olarak nasıl etkilediğini ister anlayalım ister anlamayalım.

Proteinlerin çok çeşitli şekillere sahip olabileceğini ve bunun da genler tarafından belirlendiğini göz önünde tutarsak, bu durum neden böylesi bir önem taşıyor? Kısmen, kimi proteinler vücutta doğrudan yapısal roller üstlenmiş oldukları için. Kolajen gibi ipliksi proteinler dayanıklı halatlar oluşturacak şekilde bir araya gelirler. Ama proteinlerin çoğu ipliksi değildirler. Onun yerine kendi kendilerini hafif girintilerle tamamlanan karakteristik küresel şekillerine katlarlar ve bu şekil, proteinin bir *enzim*, yani bir *katalizör* olarak oynayacağı kendine has rolü belirler.

Katalizörler, başka maddeler arasındaki kimyasal bir tepkimeyi bir milyar hatta bir trilyon kat hızlandıran fakat kendisi bu işlemden hiç etkilenmeden ve değişmeden çıkıp yeniden katalizörlük yapabilen kimyasal maddelerdir. Protein yapılı katalizörler olan enzimler, *öz-*

güllüklerinden dolayı katalizörlerin şampiyonudur: tam olarak hangi kimyasal tepkimeyi hızlandıracaklarına dair son derece titizdirler. Ya da şöyle diyebiliriz: canlı hücrelerde gerçekleşen kimyasal tepkimeler, kendilerini hangi enzimin hızlandıracağına ilişkin pek seçicidirler. Hücre kimyasındaki pek çok tepkime o kadar yavaştır ki pratik sebeplerden dolayı, doğru enzim olmadan gerçekleşmezler bile. Ama doğru enzim oradaysa tepkimeler çok çabuk gerçekleşir ve seri üretim olur.

Ben bunu şöyle açıklamayı seviyorum. Bir kimya laboratuarının raflarında, her biri saf haldeki farklı bir maddeyi içeren yüzlerce şişe ve kavanoz bulunur: bileşikler ve elementler, çözeltiler ve tozlar. Belli bir kimyasal tepkimeyi gerçekleştirmek isteyen kimyacı, bunlardan iki ya da üç şişe seçer. Her birinin içinden biraz örnek alır. Örnekleri test tüpünde ya da cam bir kapta karıştırır. Belki ısı verir ve tepkime gerçekleşir. Laboratuarda gerçekleşme olasılığı olan diğer kimyasal tepkimeler gerçekleşemezler çünkü şişelerin ve kavanozların cam duvarları, tepkime için gereken malzemelerin birbirleri ile temasını engeller. Eğer farklı bir kimyasal tepkime istiyorsanız, başka bir cam kapta bu malzemeleri karıştırırsınız. Laboratuarın her yerinde saf maddeleri şişe ve kavanozlarda birbirinden ayrı tutan ve farklı tepkime kombinasyonlarının da ayrı ayrı test tüpleri ve cam kaplarda gerçekleşmesini sağlayan camdan bariyerler vardır.

İşte canlı hücre de harika bir kimya laboratuarıdır ve içinde böyle geniş yelpazeli bir kimyasallar deposu bulunur. Fakat bu kimyasal maddeler ayrı şişe ve kavanozlarda tutulmazlar. Hepsi birbirine karışmıştır. Bu sanki bir barbarın veya kötü diktatör bir kimya lordunun laboratuara girip raflardaki bütün şişeleri ele geçirmesi ve anarşik bir coşkuyla kocaman bir kazana boşaltması gibidir. Felaketle sonuçlanabilecek bir hareket değil mi? Eh, eğer maddeler hücrede olası bütün kombinasyonlarda birbirleriyle tepkimeye girselerdi evet. Ama tepkimeye girmiyorlar. Ya da giriyorlarsa da, tepkime hızları o kadar yavaş ki, hiç tepkimiyorlar diyebiliriz. Bir *istisna* dışında, ki ana fikir de burada: eğer ortamda bir enzim varsa tepkimeye girerler. Maddeleri birbirinden uzak tutacak cam şişelere ve kavanozlara ihtiyaç yok, çünkü ne olursa olsun, birbirleriyle tepkimeye girmeyecekler zaten; tabi *eğer* doğru enzim ortamda değilse. Siz aralarından belli bir çifti (diyelim A ve B maddeleri olsun) karıştırmak isteyene kadar kimyasalları ucu tıpalı şişelerde tutmaya eşdeğer hareket, yüzlerce maddeyi bir cadı kazanında karıştırıp sadece A ile B'nin arasında (başka hiçbir madde

arasında değil) gerçekleşecek tepkimenin katalizörü olan doğru enzimi kazana koymak olurdu. Aslına bakarsanız, şişeleri kazana boşaltan anarşik eğilimli adam mecazı biraz fazla. Hücreler elbette içinde ve arasında kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği zar altyapısına sahip. Bu zarlar bir aşamaya kadar test tüpleri ve kapların sağladığı cam bölme görevini üstleniyorlar.

Bu bölümün bu kısmında anlatılanların ana fikri "doğru enzimin" "doğruluğuna" büyük ölçüde fiziksel şekli sayesinde sahip olduğu (ve bu çok önemli bir şey, çünkü fiziksel yapı genler tarafından belirlenir ve doğal seçilim tarafından tercih edilen ya da elenen de genlerin bu çeşitleridir). Bol miktarda molekül, hücrenin içini dolduran çorbada oradan oraya gitmekte, eğilip bükülmekte ve kendi etrafında dönmektedir. Bir A maddesi molekülü, B maddesi molekülü ile tepkimeye girmekten mutluluk duyacaktır, ama ancak doğru yönde ve doğru yüzleri birbirine dönük olarak çarpışabilirlerse. Kritik bir şekilde (*eğer* doğru enzim araya girmezse) bu olay çok nadiren gerçekleşiyor. Enzimin, kendisini manyetik bir kolye gibi katlayarak elde ettiği kendine has yapısında oyuklar ve göçükler var, bunların her birinin de belirli bir şekli var. Her enzimde, o enzimi kendine has yapan bir şekli ve kimyasal özellikleri olan, genellikle bir göçük ya da cepten oluşan ve adına "etkin bölge" denilen bir bölüm bulunur. "Göçük" kelimesi enzimin kendine has özellikleri olmasını, keskin doğruluğunu ve mekanizmasını tam olarak yansıtmıyor. Belki de elektrik prizi daha iyi bir karşılaştırma olabilir. Hayvanbilimci arkadaşım John Krebs'in "büyük priz komplosu" adını verdiği şeye göre, dünya üzerindeki farklı ülkeler sinir bozucu biçimde birbirinden değişik keyfi priz ve fiş geleneklerini sahiplenmiştir. İngilizlerin fişleri Amerikan ya da Fransız prizlerine uymaz, vesaire. Protein moleküllerinin yüzeyindeki etkin bölgeler, ancak belli moleküllerin girebileceği prizlerdir. Fakat dünya çapındaki büyük priz komplosu sadece yarım düzine şekil etrafında dönerken (ki bu, bir yolcu için sürekli sinir bozukluğu yaratmaya yetecek bir sayıdır), enzimlerin gösterişle sergiledikleri farklı türde prizlerin sayısı bundan çok daha fazladır.

PQ bileşiği yapmak için, P ve Q molekülleri arasındaki kimyasal yanmanın katalizörü olan belli bir enzimi düşünün. Etkin bölge "prizinin" bir yarısı sadece P molekülüne uygundur, bir yapboz parçası gibi. Aynı prizin diğer yarısı ise Q molekülünün yerleşebilmesi için eşit derecede kesin bir doğrulukla şekillenmiştir: yani, hâlihazırda

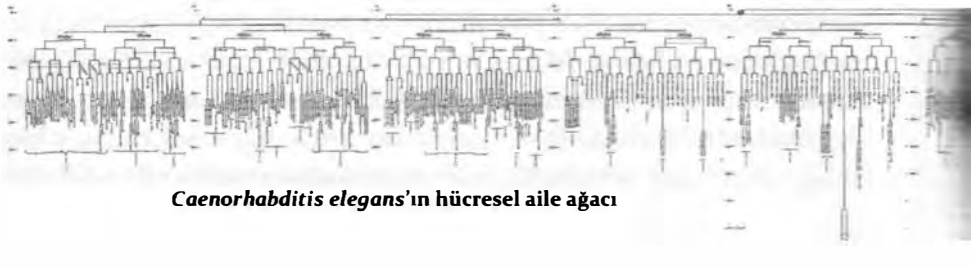
orada bulunan P molekülü ile Q molekülünü kimyasal olarak birleştirmek için tam doğru yöne bakacak şekilde. Bir göçüğü paylaşan P ve Q, arabulucu enzim molekülü tarafından hatasız bir açıda sımsıkı bir araya getirilince birleşir. Ortaya çıkan PQ bileşiği enzimden ayrılıp çorbaya karışır ve enzimdeki etkin göçüğü bir başka P ve Q molekülünü bir araya getirmek üzere boşaltmış olur. PQ'yu hücre boyutlarındaki endüstriyel miktarlarda seri üreten ve her biri araba fabrikasındaki robotlar gibi çalışan, birbirine özdeş enzim moleküllerinden bir hücrede bolca bulunur. Aynı hücreye farklı bir enzim koyarsanız, farklı bir ürünün, belki de PR ya da QS veya YZ'nin seri üretimini yapacaktır. Ham maddeler aynı olsa bile son ürün farklıdır. Başka enzim türleri ise yeni bileşikler üretmekle değil, eskileri parçalamakla meşguldür. Bu enzimlerin bir kısmı yiyeceklerin sindirimine katılır ve bir kısmı da "biyolojik" deterjan olarak kullanılır. Fakat bu bölüm embriyoların nasıl yapıldığına ilişkin olduğundan, bizim için burada önemli olan, yeni kimyasal bileşiklerin sentezlenmesine aracı olan yapıcı enzimlerdir.

Bu noktada bir problemin farkına varmış olabilirsiniz. Belli bir kimyasal tepkimeyi trilyonlarca kat hızlandırabilme yeteneğine sahip, son derece özel etkin bölgeler olan bu yapboz girintilerinden ve prizlerden bahsetmek iyi güzel. Fakat bu, kulağa gerçek olamayacak kadar iyi gelmiyor mu? Tam olarak doğru şekle sahip olan enzim molekülleri, başlangıçta daha az mükemmel olan moleküllerden nasıl evriliyor? Rasgele şekillenmiş bir prizin, P ve Q moleküllerinin birbirleri ile doğru açıda karşılaşmalarını incelikle ayarlayıp aralarında nikâh kıymasını sağlayacak tam da doğru şekle ve doğru kimyasal özelliklere sahip olabilmesi olasılığı nedir? "Tamamlanmış bir yapbozu" (ya da "büyük priz komplosunu") düşünürseniz durum pek iç açıcı değil. Bunlar yerine, aklınızda "aşamalı yumuşak bir geliştirme" canlandırabilirsiniz. Karmaşık ve olasılığı çok düşük şeylerin evrimle ortaya çıkabileceği bilmecesiyle sık sık karşılaştığımızda olduğu gibi, bugün gördüğümüz mükemmelliğin son halinin hep bu haliyle var olduğunu varsaymak bir mantık hatasıdır. Tam donanımlı, son derece evrilmiş enzim molekülleri, katalizörü oldukları tepkimeleri trilyonlarca kat hızlandırıyor ve bunu da kesin doğru şekle güzelce yoğrulmuş olmaları sayesinde yapıyorlar. Fakat doğal seçilim tarafından tercih edilmek için trilyon kat hızlandırmaya ihtiyaç yok. Bir milyon kat da olur! Bin kat da olur. Hatta sadece on kat ya da iki kat hızlanma bile doğal seçilimin işleri ele alması için yeterli olabilir. Bir enzimin performansında, neredeyse hiç göçük sahibi olmadığı bir noktadan, şöyle böyle şekillenmiş bir göçüğe ve nihayet tam doğru şekle ve kimyasal imzaya sahip bir pri-

ze gelene dek aşamalı yumuşak bir gelişme söz konusudur. "Aşamalı" demek, her adımda ne kadar hafif olursa olsun, bir öncekine göre fark edilebilir bir gelişme anlamına gelir. Ve doğal seçilim için "fark edilebilir" demek bizim fark etmemiz için gereken minimumdan da küçük bir gelişme anlamına gelebilir.

İşte, nasıl çalıştığını görüyorsunuz. Çok zarif ve incelikli! Hücre, hangisinin yapılacağının kararı orada bulunan enzim tarafından verilen çeşit çeşit maddeyi inanılmaz büyük miktarlarda üretebilme kapasitesine ve bir sürü beceriye sahip bir fabrikadır. Peki bu *karar* nasıl verilir? Hangi gen *ifade edilir*?[1] Nasıl ki hücre, sadece çok azı birbiriyle tepkimeye giren bir sürü kimyasalla dolu bir fıçıdır, her hücre çekirdeği de genomun tamamını içerir ama genlerin sadece az bir kısmı ifade edilir. Bir gen, mesela pankreasın bir hücresinde ifade edilirken, genin harf kodunun dizilimi proteinin amino asit dizilimini doğrudan belirler ve amino asit dizilimi de proteinin kendi kendini katlayacağı şekli belirler (manyetik kolye resmini hatırladınız mı?); proteinin katlanış tarzı da, hücrenin içinde oradan oraya dolaşan maddelerle eşlenecek olan ve hatları kesin olarak belirlenmiş prizlerin şekillerini belirler. Al yuvarlar gibi çekirdeği olmayan az sayıda istisna dışında her hücre, bütün enzimleri yapabileceği genleri içerir. Fakat herhangi bir hücrede belli bir zamanda sadece bazı genler "açık" durumdadır. Mesela, tiroid bezi hücrelerinde tiroid hormonu yapımının katalizörü olan enzimleri üreten genler ifade edilmektedirler. Bu durum, farklı türde hücreler için de geçerlidir. Neticede, hücre içinde gerçekleşen kimyasal tepkimeler hücrenin nasıl şekilleneceğini ve nasıl davranacağını, ayrıca diğer hücrelerle origami tarzı etkileşimlere nasıl katılacağını belirlerler. Yani embriyonik gelişimin bütün gidişatı, karmaşık bir olaylar dizisi aracılığıyla, genler tarafından belirlenir. Genler amino asit dizilimlerini, amino asit dizilimleri proteinlerin üçüncül yapılarını, üçüncül yapılar belli şekilleri olan etkin bölgeleri, etkin bölgeler hücrenin kimyasını ve hücrenin kimyası da hücrenin embriyo gelişimi

1- İngilizcesi "gene expression" olan gen ifadesi kavramı, genetik malzeme olan DNA'dan RNA'nın üretildiği (transkripsiyon), dolayısıyla bu genin söz konusu hücrede "kapalı" durumda değil de "açık" olması, yani genin işlevsel ürünlerinin üretiliyor olması anlamına gelir. *–çev.n.*



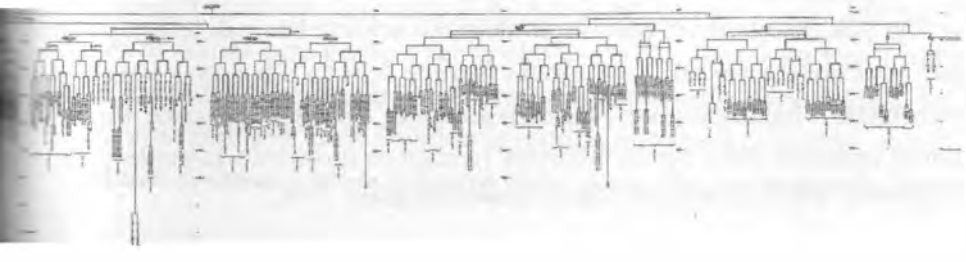
***Caenorhabditis elegans*'ın hücresel aile ağacı**

sırasında "sığırcık kuşu gibi" olan davranışını belirler. Demek ki, karmaşık olaylar dizisinin bir ucunda bulunan genlerdeki değişiklikler, embriyonun gelişim tarzında ve dolayısıyla yetişkin bireyin şekil ve davranışlarında değişikliklere yol açabilir. Yetişkin bireylerin hayatta kalma ve üreme becerisinin ucu, başarı ile başarısızlık arasındaki farka yol açan genlerin gen havuzunda hayatta kalmalarına dokunur. İşte bu doğal seçilimdir.

Embriyoloji oldukça karmaşık görünüyor (nitekim öyle de) ama önemli noktayı kavramak zor değil, yani karşı karşıya olduğumuz şeyin her aşamada yerel bir kendi kendine kurulum işlemi olmasını. Neredeyse bütün hücrelerin bütün genleri içerdiğini göz önünde bulundurursak, farklı hücre türlerinde hangi genlerin ifade edileceğine nasıl karar verildiği ise ayrı bir konudur. Şimdi kısaca bu konuya değinmeliyim.

O ZAMAN SOLUCANLAR DENESİN

Belli bir hücrede belli bir genin belli bir zamanda ifade edilip edilmeyeceği, genellikle devre anahtarı ya da kontrol genleri adı verilen ardışık bir dizi başka gen aracılığıyla hücredeki kimyasal ortam tarafından belirlenir. Her ne kadar aynı genleri taşıyor olsalar da tiroid hücreleri kas hücrelerinden oldukça farklıdırlar. Diyebilirsiniz ki, embriyonun gelişimi bir kez başlamış ve devam ediyorken ve tiroid bezi ya da kaslar gibi farklı dokular zaten hâlihazırda varken bunların hepsine tamam. Ama her embriyo tek bir hücre olarak yola çıkar. Tiroid hücreleri ve kas hücreleri, karaciğer hücreleri ve kemik hücreleri, pankreas hücreleri ve deri hücreleri, bunların hepsi döllenmiş bir yumurta hücresinden ve dallanan bir aile ağacı üzerinden gelmektedir. Bu, gebe kalış anından daha eskiye gitmeyen hücresel bir aile ağacıdır ve milyonlarca yıl önceye giden ve bu kitabın diğer bölümlerinde sürekli karşınıza çıkan evrimsel ağaçla bir ilgisi yoktur. Gelin size, mesela yumurtadan yeni çıkmış bir toprak solucanı olan *Caenorhabditis elegans* larvasının, 558 hücresinin tamamının aile ağacını göstereyim (lütfen bu şemanın her ayrıntısına özellikle dikkat edin). Bu arada, bu minik solucanın tür



ismi olan *elegans*'a[1] layık görülmek için ne yaptığını bilmiyorum, ama bu isme neden layık olduğuna dair iyi bir sebep geliyor aklıma. Okurlarımın hepsinin benim konudan böyle kopmamdan hoşlanmadığını biliyorum, ama *Caenorhabditis elegans* üzerinde yapılan araştırmalar bilimin öylesine parlak başarılarıdır ki, beni durduramayacaksınız.

Caenorhabditis elegans, Güney Afrikalı biyolog Sydney Brenner tarafından 1960'larda ideal bir deney hayvanı olarak seçilmişti. Cambridge'de Francis Crick ve diğerleriyle birlikte genetik kodun sır perdesini araladıkları çalışmayı henüz bitirmiş olan Brenner, çözecek daha büyük bir bilmece arıyordu. Onun bu yaratıcı seçimi ve bu seçimin genetiği ve nöro-anatomisi üzerine yaptığı öncülük eden araştırmaları, bugün sayıları binlere ulaşan *Caenorhabditis* araştırmacılarından oluşan dünya çapında bir topluluğun ortaya çıkmasını sağladı. Şu anda *Caenorhabditis elegans*'a dair *her şeyi* biliyoruz demek durumu sadece birazcık abartmak olur! Genomunun tamamını biliyoruz. 558 hücresinin her birinin vücudunun neresinde olduğunu biliyoruz (558 rakamı larva için, yetişkin çift cinsiyetli [hermafrodit] formunda üreme hücrelerini saymazsak 959 hücre var) ve bu hücrelerin her birinin embriyonik gelişim boyunca "aile geçmişini" biliyoruz. Anormal solucanlara sebep olan çok sayıda mutant gen biliyoruz ve bu mutasyonların vücudun neresinde etkin olduğunu ve anormalliğin nasıl geliştiğinin eksiksiz hücre geçmişini biliyoruz. Bu ufak hayvan baştan sona, içinden dışına, kafasından kuyruğuna ve aradaki bütün duraklarında en ince ayrıntısına kadar biliniyor ("Ey kutlu gün!"). Brenner 2002'de Nobel Fizyoloji Ödülü'ne layık görüldü ve benzer bir tür, onun onuruna *Caenorhabditis brenneri* olarak adlandırıldı. *Güncel Biyoloji (Current Biology)* dergisinde "Syd Amca" isimiyle yazdığı köşesi zekice ve dobra bir bilimsel nüktedanlık örneğidir ve ilham kaynağı olduğu dünya çapındaki *C. elegans* araştırmaları kadar da şahanedir. Ama moleküler biyologların (Brenner gibi) hayvan bilimcilerle sohbet etmelerini ve *Caenorhabditis*'ten bahsederken sanki başka solucan türleri yokmuş gibi konuşmamayı öğrenmelerini gönülden diliyorum.

Elbette şemanın en altındaki hücre tiplerinin isimlerini okumanıza imkân yok (bu şemanın tamamını okunaklı şekilde basmak için toplam yedi sayfa gerekirdi), ama orada "yemek borusu", "bağırsak kası", "vücut kası", "halka ganglion", "lumbar ganglion" gibi şeyler yazıyor. Bu hücre tiplerine dâhil bütün hücreler hakikaten birbirinin kuzenleri:

1- İngilizcede "zarif, şık" anlamındaki "elegant" kelimesinden geliyor. --*çev.n.*

tek bir solucanın yaşamı süresince oluşan hücre akrabalığı vasıtasıyla kuzenler. Örneğin, Mspappppa adı verilen belli bir vücut kas hücresine bakıyorum. Bu hücre, vücuttaki başka bir kas hücresinin kardeşi. İki diğer vücut kas hücresinin ilk göbekten kuzeni. Başka iki vücut kas hücresinin kuzen çocuğu. Altı yemek borusu hücresinin ikinci göbekten kuzeni. On yedi yemek borusu hücresinin üçüncü göbekten kuzeni vesaire . . . "Kuzen çocuğu" gibi ifadeleri, bir hayvanın vücudunda isimlendirilmiş ve tekrar tekrar teşhis edilebilen hücreleri anlatmak için son derece kesin ve şüpheye düşmeden kullanabiliyor olmamız sizce de harika değil mi? Dokuları başlangıçtaki yumurtadan ayıran hücre "nesillerinin" sayısı o kadar da fazla değil. Ne de olsa vücutta sadece 558 hücre var ve teoride on nesil hücre bölünmesiyle 1024 (2 üzeri 10) tane hücre elde edebilirsiniz. İnsandaki hücreler için gereken hücre nesillerinin daha büyük sayıda olması gerekir. Her şeye rağmen, teoride (dişi *C. elegans* larvasında bulunan 558 hücreye karşılık) trilyonlarca hücrenizin her birinin döllenmiş yumurtaya dek soyunun izini sürüp hepsi için benzer bir aile ağacı çıkarabilirsiniz. Bununla birlikte, memelilerde belirli ve yinelenebilen isimlere sahip hücreler teşhis etmek mümkün değil. Bizdeki durum daha çok, ayrıntıları insandan insana değişen istatistiksel hücre popülasyonlarıdır.

Umarım *Caenorhabditis* ile ilgili araştırmaların harikalığını anlatmak için böyle heyecanla konudan sapmam yüzünden ilgimiz hücre tiplerinin embriyonik aile ağacında birbirinden dallanıp uzaklaştıkça nasıl şekil ve özellik değiştirdiği konusunda anlatmak istediğim noktadan çok uzaklara dağılmamıştır. Kaderi yemek borusu olmak olan bir hücre ile onun kopyası olan ve kaderine halka ganglion hücresi olmak yazılmış "kuzen" hücrenin birbirinden ayrıldığı dallanma noktasında, bu iki hücreyi birbirinden farklı kılan bir şey olmak zorunda. Yoksa farklı genleri ifade etmeleri gerektiğini nereden bilecekler? Bunun cevabı şu: bu iki kopyanın en yakın zamandaki atası olan hücre bölündüğünde, bölünmeden önce hücrenin iki yarısı birbirinden farklıydı. Bu yüzden de, hücre bölününce, yavru hücreler her ne kadar aynı genlere sahip olsalar da (genler bütün yavru hücrelere tam kadro iletilir) etraflarındaki kimyasallar aynı değildi. Bu da aynı genlerin ifade edilmemiş olduğu anlamına geliyordu: sonuç olarak soyların kaderi değişmiş oldu. Aynı ilke, en başından itiba-

ren embriyoloji için de geçerlidir. Tüm hayvanlarda, farklılaşmanın anahtarı asimetrik hücre bölünmesidir.[1]

Sör John Sulston ve çalışma arkadaşları, solucanın vücudundaki bütün hücrelerin izini, isimleri AB, MS, E, D, C ve P_4 olan en baştaki altı kurucu hücreden birine dek sürmüşlerdi ki bu kurucu hücrelere "ana reisler" desek yeridir.[2] Bu hücrelerin isimlendirilmesinde, her birinin geçmişini özetleyen bir simgelem kullandılar. Her hücrenin ismi, hücre bu altı kurucu hücrenin hangisinden geliyorsa o kurucunun ismiyle başlıyor. Ondan sonra, hücrenin ismi bir dizi harften oluşuyor, bu harfler söz konusu hücrenin ortaya çıkmasını sağlayan hücre bölünmesi hangi yöndeyse o yönün baş harfidir: anterior (ön için "a"), posterior (arka için "p"), dorsal (sırt için "d"), ventral (karın için "v"), left (sol için "l"), right (sağ için "r"). Örneğin, C ana reisinin yavruları olan Ca ve Cp hücreleri, sırasıyla ön (anterior) ve arka (posterior) yavrular. Her bir hücrenin ikiden fazla yavrusu olmadığına (ki bunlardan biri de ölebilir) dikkat edin. Şimdi belli bir vücut kas hücresine bakalım, Cappppv ismi onun geçmişini kısa ve öz bir şekilde gözler önüne seriyor: C'nin anterior bir yavrusu vardı. Bu yavrunun posterior bir yavrusu oldu. Onun da posterior bir yavrusu oldu. Bu yavrunun da posterior yavrusu oldu. Sonraki yavrunun posterior yavrusu oldu. Bu yavrunun ventral bir yavrusu oldu ve işte bu ventral yavru da adı geçen vücut kas hücresidir. Vücuttaki her hücre birbiriyle karşılaştırılabilen

1- *Caenorhabditis*'te Z adı verilen en baştaki hücrenin ön ucu arka ucundan daha farklıdır ve bu farklılık en sonunda vücudun tepeden tırnağa sahip olacağı eksenlerle neticelenir: anterior (ön) ve posterior (arka). Hücre bölündüğü zaman, AB adı verilen bu anterior yavru hücre, P_1 adı verilen posterior yavru hücreden daha fazla ön uç malzemesine sahiptir ve aradaki bu fark da ileride daha çok farka sebep olacak bir önyükleyici olacaktır. AB'nin kaderi, sinir sisteminin büyük bölümü de dahil olmak üzere vücut hücrelerinin yarısından fazlasını meydana getirmektir ve AB'den bahsedeceklerim bu kadar. P_1'in, yine birbirlerinden farklı iki yavrusu oluyor. Bunların isimleri EMS (sonunda ortaya çıkacak solucanın karın kısmını tanımlıyor) ve P_2 (sırt kısmını tanımlıyor). Bunlar Z'nin torunları ("yavruları" ve "torunları" gibi ifadeler kullandığımda, tek tek solucanlardan değil de gelişmekte olan embriyonun vücudundaki hücrelerden bahsettiğimi unutmayın). Şimdi EMS'nin E ve MS adı verilen iki yavrusu, P_2'nin ise C ve P_3 adı verilen iki yavrusu oluyor. E, MS, C ve P_3, Z'nin torunlarının çocukları (Z'nin diğer torun çocukları ise AB'den türediler ama onları buraya yazmayacağım, sadece ABa$_1$ ve Abp$_1$ adı verilen iki tanesinin, en sonunda oluşacak solucanın vücudunun sol tarafını, bunların kuzenleri olan ABar ve ABpr'nin de vücudun sağ tarafını tanımladığını söylemekle yetineceğim). P_3'ün D ve P_4 adında iki yavrusu oluyor, ki bunlar da Z'nin torunlarının torunları. MS ve C'nin de yavruları oluyor, ama onların isimlerinden bahsetmeyeceğim. P_4'ün kaderi eşey hücrelerinin öncüllerini meydana getirmek. Eşey hücrelerinin öncülleri vücudun yapımında değil de, üreme hücrelerinin oluşturulmasında görev alan hücrelerden oluşur. Bu hücre isimlerini hatırlamak ya da bir yere not almak gerekmediği aşikar. Buradaki esas konu her ne kadar genetik açıdan birbirlerinin aynısı olsalar da, embriyodaki art arda hücre bölünmelerinin yazdığı geçmişlerinin biriken bir sonucu olarak kimyasal doğalarının farklı olması.

2- Brenner Amerika'ya gittikten sonra Cambridge'de kalan Sulston, *Caenorhabditis* çalışmaları için Nobel Ödülü kazanan üç kişiden bir diğeriydi. Sulston, Amerika'da James Watson ve daha sonra Francis Collins tarafından başlatılıp yürütülen İnsan Genomu Projesi'nin İngiltere ayağının başındaydı.

ve altı kurucu hücreden biriyle başlayan bir dizi harf ile gösterilir. Diğer bir örnek de, solucanı boydan boya geçen karındaki sinir şeridinde bulunan bir sinir hücresi olan Abprpapppap'dir. Söylememe gerek yok, ayrıntılara girmemiz gereksiz. Buradaki güzel nokta şu ki, vücuttaki her bir hücrenin böyle bir ismi var ve bu isim, o hücrenin embriyoloji sırasındaki geçmişini tamı tamına betimliyor. Abprpapppap'yi ve diğer her hücreyi oluşturan on adet hücre bölünmesinin her biri, oluşan yavru hücrelerde farklı genlerin ifade edilme potansiyeline sahip asimetrik bölünmelerdi. Ve bu, bütün hayvanlarda dokuların farklılaşma ilkesidir, her ne kadar vücuttaki bütün hücreler aynı genleri taşısalar da. Hayvanların çoğu tabi ki *Caenorhabditis*'in 558 hücresinden daha fazla sayıda hücreye sahiptir ve embriyonik gelişimleri de çoğu durumda daha esnek kurallarla belirlenir. Özellikle, Sör John Sulston'un bana kibarca hatırlattığı ve benim de daha önce kısaca bahsettiğim gibi, bir memelide hücrelerimizin "aile ağacı" her bir birey için farklıdır ve buna karşılık *Caenorhabditis*'te aile ağaçları (mutant bireyler hariç) her bireyde neredeyse birbirinin aynısıdır. Her şeye rağmen, ilke temelde aynı. Herhangi bir hayvanda hücreler genetik olarak birbirlerinin aynısı olsalar bile, vücudun farklı bölümlerinde, kısacık embriyonik gelişim süresince sahip oldukları asimetrik hücre bölünmesi geçmişi yüzünden birbirlerinden farklıdırlar.

Konunun tamamına dair sonucu görelim şimdi. Gelişimin genel bir proje planı, mimari planı veya mimarı yoktur. Embriyonun ve nihayet yetişkin bireyin gelişimi yerel kuralları uygulayan, birbirleri ile yerel ölçekte etkileşen hücreler tarafından sağlanır. Hücrelerin içinde gerçekleşenler de yine kendileri gibi başka moleküllerle hücrede veya hücre zarında etkileşim içinde olan moleküller, özellikle proteinler için geçerli olan yerel kurallar tarafından yönetilir. Tekrar ediyorum, kurallar tamamen yerel yerel ve yereldir. Kimse, döllenmiş bir yumurtanın DNA'sındaki harflerin dizilimini okuyup bu yumurta hücresinin oluşturacağı hayvanın şeklini tahmin edemez. Bunu yapmanın tek yolu yumurtayı büyütüp neye dönüştüğünü görmektir. Doğal biyolojik sürecin kendisini simüle etmek üzere programlanmadığı sürece hiçbir elektronik bilgisayar bunu çözemez, ki zaten bunu yapmaktansa elektronik versiyonunu bir kenara bırakıp, gelişme aşamasındaki embriyoyu kendi kendisinin bilgisayarı olarak kullanmak çok daha mantıklıdır. Büyük ve karmaşık şeyleri tamamen yerel kuralları uygulamaya sokma yoluyla ortaya çıkarmanın, bir şeyleri proje planına

göre yapmakla arasında çok derin bir fark var. Eğer DNA bir tür doğrusal proje planı olsaydı, bir bilgisayarı harfleri okuyup hayvanı çizecek şekilde programlamak nispeten sıradan bir alıştırma olurdu. Fakat bu durumda hayvanın en başta evrilmiş olması hiç ama hiç kolay olmazdı. Hatta imkânsız olurdu.

Ve şimdi, embriyolar hakkındaki bu bölüm, evrim hakkında yazılmış bir kitaptaki safi bir konu sapmasından ibaretmiş gibi olmasın diye, Haldane'ye soru soran bayanın samimi ikilemine geri dönmeliyim. Genlerin, yetişkin bireyin şeklinden ziyade, embriyonik gelişim sırasındaki süreçleri kontrol ettiğini göz önünde bulundurursak; doğal seçilimin (Tanrı gibi) minik kanatlar yaratmadığını ama embriyolojinin bunu yapabildiğini de göz önünde bulundurursak; doğal seçilim nasıl oluyor da hayvanlar üzerinde onların vücut şekillerini ve davranışlarını değiştirecek şekilde işliyor? Nasıl oluyor da, doğal seçilim embriyolar üzerinde işliyor, başka bir deyişle, onları kanatlarıyla ya da yüzgeçleriyle, yapraklarıyla veya vücudu kaplayan bir zırhla, iğneleriyle ya da duyargalarıyla veya hayatta kalmak için gereken her ne ise onunla donatılmış başarılı vücutlar yapma konusunda daha da usta hale gelecek şekilde hassas ayarlıyor?

Doğal seçilim, başarılı genlerin gen havuzundaki diğer başarısız alternatiflere göre daha çok hayatta kalmasıdır. Doğal seçilim genleri doğrudan seçmez. Bunun yerine genlerin vekillerini, yani bireylerin vücutlarını seçer; ve seçilen bireyler bu genlerin kopyalarını çoğaltmak için hayatta kalıp kalamadıklarına göre seçilirler. Bu seçilim otomatiktir ve bilinçli bir müdahale değildir. Bir genin hayatta kalması, yapımında rol aldığı vücutların hayatta kalmasıyla sıkı sıkıya ilişkilidir, çünkü gen bu vücutlarda taşınır ve onlar ölünce ölür. Herhangi bir gen kendisini ya da kopyalarını çok sayıda vücutta taşınırken bulabilir: hem aynı anda aynı popülasyonda bulunan bireylerde hem de nesillerden yeni nesiller türedikçe. Bu durumda, içinde bulunduğu vücutların hayatta kalmasına ortalamada iyi etki gösterme eğilimi olan bir genin gen havuzundaki sıklığı, istatistiksel olarak artma eğilimi gösterecektir. Sonuçta, ortalamada bir gen havuzunda karşımıza çıkan genler vücut inşa etmede başarılı olan genler olacaktır. Bu bölüm genlerin vücutları inşa ederken kullandıkları yöntemlerle ilgiliydi.

Haldane'nin muhatabı, mesela bir milyar yılda kendisi gibi bir insanı inşa edebilecek genetik bir tarifin doğal seçilim tarafından ortaya konabileceği düşüncesini mantıksız bulmuştu. Ne kendim ne de bir

başkası size bunun nasıl olduğunu tam ayrıntılarıyla anlatamayacak olsa da, ben bunu gayet akla yakın buluyorum. Akla yakın olmasının sebebi kesinlikle bu işin yerel kurallar tarafından yapılıyor olmasıdır. Doğal seçilimin herhangi bir perdesinde, seçilen bir mutasyonun (pek çok hücrede ve pek çok bireyde paralel olarak) protein dizilerinin kendi kendilerine aldıkları şekle çok *basit* bir etkisi olur. Dolayısıyla bu da genlerin ifade edildiği hücrelerdeki mesela belli bir kimyasal tepkimeyi katalitik etki yoluyla hızlandırır. Bu belki de ilk evrelerindeki embriyonun çenesinin büyüme hızını değiştirir. Bununla bağlantılı olarak, bütün yüzün şeklini etkileyen sonuçlar ortaya çıkar, mesela daha insansı ve daha az "maymunsu" bir görünüş sağlayacak şekilde ağzın daha az çıkık olması gibi. Şimdi, bir geni tercih eden ya da etmeyen doğal seçilim baskıları istediğiniz kadar karmaşık olabilir. Bu baskılar arasında eşeysel seçilim olabilir; belki de olası cinsel eşlerin daha yüksek seviyede bir estetik beğeni göstermeleri gibi. Ya da çene yapısındaki değişimin hayvanın kabuklu yemişleri kırma veya rakipleriyle kavga etme yeteneğine hafif bir etkisi olabilir. Seçilim baskılarının, şaşırtıcı bir karmaşa içinde birbiriyle zıtlaşan ya da ödünleşen son derece detaylı kombinasyonu, kendisini gen havuzunda çoğaltmakta olan söz konusu bu genin istatistiksel başarısına etki edebilir. Ama genin bunlardan haberi yoktur. Onun tek yaptığı, bir protein molekülündeki özenle yontulmuş göçüğü farklı vücutlarda ve arka arkaya gelen nesillerde yeniden tekrar etmektir. Öykünün kalanı, eninde sonunda bütün bir vücudun oluşmasını sağlayan art arda dallanan yerel sonuçlar şeklinde otomatik olarak devam eder.

Hayvanın ekolojik, eşeysel ve sosyal çevrelerindeki seçilim baskısından daha da karmaşık olan şey ise gelişmekte olan hücrelerin içinde ve arasında gerçekleşmekte olan kalabalık bir etkileşim ağıdır: genlerin proteinlere etkileri, genlerin genlere, proteinlerin genlerin ifadesine, proteinlerin proteinlere etkileri; zarlar, dereceli olarak değişen kimyasal yoğunluklar, embriyodaki fiziksel ve kimyasal kılavuz rayları, belli bir uzaklıktan etki gösteren hormonlar ve diğer aracılar, kendileriyle aynı türden ya da kendilerini tamamlayan etiketlere sahip diğer hücreleri arayan etiketli hücreler. Kimse resmin tamamını anlamıyor ve doğal seçilimin enfes mantığını kabul edebilmek için kimsenin resmin tamamını anlamasına gerek de yok. Doğal seçilim, embriyolarda çok önemli değişiklikler yapmaktan sorumlu genetik mutasyonların gen havuzunda hayatta kalmalarından yana oluyor.

Resmin tamamı, incelemek için yeterli sabra sahip herkes için teoride her biri anlaşılabilir olan (fakat pratikte çözümlemesi çok zor ve çok vakit alıcı olan) yüz binlerce küçük yerel etkileşimin bir sonucu olarak beliriyor. Resmin tamamı pratikte kafa karıştırıcı ve gizemli olabilir, ama teoride hiçbir gizem yok. Ne embriyolojide ne de kontrol genlerini gen havuzunda öne çıkaran evrimsel geçmişte. Karmaşa evrimsel süreçte aşama aşama birikmiştir: her adım bir öncekinden sadece birazcık farklıydı ve her adım mevcut yerel bir kuraldaki küçük ve hafif bir değişiklik tarafından ortaya çıkarılmıştı. Elinizde, her biri kendi seviyesinde yerel kurallara uyan ve diğerleriyle etkileşen yeterli sayıda küçük birimler (hücreler, protein molekülleri, zarlar) olduğu zaman ortaya çıkacak sonuç çok çarpıcıdır. Eğer genlerin hayatta kalıp kalmamaları, böyle yerel birimler ve genlerin bu birimlerin davranışı üzerindeki etkilerinin bir sonucuysa, bunu kaçınılmaz olarak başarılı genlerin doğal seçilimi (ve onların başarılı ürünlerinin ortaya çıkışı) izleyecektir. Haldane'yi sorguya tutan kişi hatalıydı. Teoride onun gibi birini meydana getirmek zor değildir.

Ve Haldane'nin dediği gibi: bu sadece dokuz ay sürer.

BÖLÜM 9

KITALARIN GEMİSİ

ÜZERİNDE HİÇ ADA bulunmayan bir dünya düşünün.

Biyologlar "ada" kelimesini genellikle sadece etrafı sularla çevrili toprak parçası olarak değil, başka anlamlarda da kullanırlar. Tatlı su balığı açısından göl bir adadır: etrafı, üzerinde yaşanamayacak karalarla çevrili ve içinde yaşanabilen, sudan bir ada. Belli bir yüksekliğin altında gelişip büyüyemeyen Alp böceğine göre, aralarında geçilmesi neredeyse imkânsız vadiler bulunan yüksek zirveler birer adadır. Zarif *Caenorhabditis*'in akrabası olan küçücük iplik kurtları, yaprağın içeri karbondioksit alıp dışarı oksijen verdiği mikroskobik delikleri olan stomalardan içeri girerek yaprakların içinde yaşar (fena halde istilaya uğramış bir yaprakta kurtçukların sayısı 10.000'lere ulaşabilir). *Aphelencoides* gibi yapraklarda yaşayan bir yuvarlak solucan için ada, tek bir yüksükotudur. Bir bit için ada, insan kafası ya da kasığı olabilir. Çöldeki bir vahanın, düşmanca bir kum denizi ile çevrili ikamet edilebilir serin ve yeşil bir ada olduğunu düşünen pek çok hayvan ve bitki olmalı. Ve hazır bir hayvanın bakış açısından kelimeleri yeniden tanımlıyorken, takımada bir ada zinciri ya da öbeği olduğuna göre, sanırım tatlı su balıklarının takımada tanımı da, aynı Afrika'daki Büyük Yarık Vadisi'ndeki göller gibi bir göl zinciri ya da öbeği olabilir. Alpler'de yaşayan bir dağ sıçanı, takımadayı vadilerle ayrılmış bir dizi dağ zirvesi olarak tanımlayabilir. Yaprak yiyen bir böcek, ağaçlı bir caddeyi bir takımada olarak görebilir. Bir sineğe göre büyük baş hayvan sürüsü, hareket eden bir takımada olabilir.

"Ada" kelimesini yeniden tanımladığımıza göre izin verin bölümün başında yazdığım cümleye geri döneyim. Üzerinde hiç ada bulunmayan bir dünya düşünün.

Denizleri gösteren büyük bir harita satın almıştı
Üzerinde karadan eser yoktu:
Ve bunun anlayabilecekleri bir harita olduğunu gördükleri zaman
Tayfalar bu işe pek sevinmişti.

Biz işi Bellman kadar ileri götürmeyeceğiz ama bütün karaların dümdüz bir denizin ortasında tek bir anakara olarak toplandığını hayal edin. Denizde hiç ada yok, karadaysa hiç göl ya da sıradağ yok: pürüzsüz bütünlüğün monotonluğunu bozacak hiçbir şey yok. Bu dünyada bir hayvan bir yerden bir yere çok rahatça ve önüne düşmanca bariyerler çıkmaksızın gidebilir, tek mânisi uzaklıktır. Bu, evrimin dostu bir dünya değildir. Eğer hiç ada olmasaydı, Dünya üzerindeki yaşam inanılmaz sıkıcı olurdu ve ben de bu bölüme bunun sebebini açıklayarak başlamak istiyorum.

YENİ TÜRLER NASIL DOĞAR?

Bütün türler birbirinin kuzenidir. Herhangi iki tür, ikiye bölünmüş atasal bir türden türemiştir. Örneğin, insanların ve muhabbet kuşlarının ortak atası yaklaşık 310 milyon yıl önce yaşamıştır. Atasal tür ikiye bölünmüş ve yeni türlerin ikisi de o zamandan sonra kendi yollarına gitmişlerdir. Bu örnek için insan ve muhabbet kuşunu seçtim ki akılda daha iyi canlansın, ama sözünü ettiğimiz atasal tür aslında bölünmenin bir tarafında bütün memelilerin, diğer tarafında da bütün sürüngenlerin atasıdır (hayvanbilim açısından Bölüm 6'da da gördüğümüz gibi kuşlar da sürüngendir). Eğer beklenmedik bir şey olsaydı ve bu atasal türün bir fosili bulunsaydı, ona bir isim vermemiz gerekirdi. İsterseniz adına *Protamnio darwinii* diyelim. Elimizde onunla ilgili ayrıntılı bilgi yok. Bu tartışma için ayrıntıların önemi de yok. Ama onun böcek yakalamak için kollarını bacaklarını iki yana açmış oradan oraya koşturan kertenkele gibi bir yaratık olduğunu hayal edersek çok ileri gitmiş olmayız. O zaman işte size ana fikir. *Protamnio darwinii* iki alt-popülasyona bölündüğü zaman, bu ikisi dışarıdan birbirinin aynısı görünecekti ve birbirleri ile mutlu mesut çiftleşeceklerdi; ama bunlardan sadece biri ileride memelileri, diğeri ise kuşları (ve dinozorları ve yılanları ve timsahları) oluşturacaktı. Bu iki *Protamnio darwinii* alt-popülasyonu çok uzun bir süre boyunca ve çok ciddi şekilde birbirinden ayrılıp uzaklaşmak üzereydi. Ama eğer birbirleri ile çiftleşmeye devam etselerdi bu ayrılma gerçekleşmeyecekti. İki gen havuzu da sürekli birbirlerine gen akıtıp duracaktı. Ayrılıp uzaklaşmaya yönelik herhangi bir eğilim, diğer popülasyondan gelen gen akışı yüzünden boğulup daha en başından engellenecekti.

Yolların bu destansı ayrılışında gerçekte ne oldu kimse bilmiyor. Bu çok uzun zaman önce olmuştur ve bunun nerede olduğuna dair hiçbir fikrimiz yok. Ama modern evrim teorisi, şuna benzer bir geçmişi

güvenilir biçimde yeniden canlandırabilir: İki *Protamnio darwinii* alt-popülasyonu bir şekilde birbirinden ayrı hale geldi; büyük olasılıkla, iki adayı birbirinden veya bir adayı anakaradan ayıran bir deniz bandı gibi coğrafi bir engel tarafından. Bu engel, iki vadiyi birbirinden ayıran bir sıradağ ya da iki ormanı birbirinden ayıran bir nehir de olabilirdi: az önce tanımladığım genel anlamıyla iki "ada". Burada önemli olan tek şey, iki popülasyonun yeterince uzun bir süre birbirinden ayrı kalmış olmaları. Öyle ki zaman ve şans onları eninde sonunda yeniden bir araya getirdiğinde, artık birbirleriyle çiftleşemeyecek kadar birbirlerinden uzaklaşıp farklılaşmış olduklarını fark ettiler. Peki yeterince uzun derken ne kadar uzun bir süreyi kastediyoruz? Eh, eğer çok güçlü ve iki grup arasındaki farklılıkları belirginleştirici seçilim baskılarına maruz kalmışlarsa, bu süre birkaç yüzyıl hatta daha kısa olabilir. Örneğin anakarada av bulmak amacıyla sinsi sinsi dolaşan açgözlü bir avcı tür adada bulunmuyor olabilir. Ya da ada popülasyonu, Bölüm 5'teki Adriyatik kertenkelelerinin yaptığı gibi, böcekle beslenmek yerine artık vejetaryen bir beslenme şekline geçmiş olabilir. Burada da, *Protamnio darwinii*'nin nasıl iki dala ayrıldığının ayrıntılarını bilemiyoruz, ama bilmemiz de gerekmiyor. Günümüzde yaşayan hayvanlardan edindiğimiz bilgiler, herhangi bir hayvan veya diğer bir canlı türüyle atalarının yollarının her ayrılışında, size az önce anlattığım öyküye benzer bir şeyin, o geçmiş tarihlerde meydana gelen şey olduğunu varsaymamız için sağlam bir zemin hazırlıyor.

Bariyerin iki tarafındaki koşullar birbirinin aynısı olsaydı bile, aynı türün coğrafi olarak birbirinden ayrılmış iki gen havuzu, eninde sonunda coğrafi ayrılık ortadan kalksa bile birbirleri ile çiftleşip üreyemeyecek kadar sürüklenip birbirinden uzaklaşır. Her iki gen havuzundaki rasgele değişiklikler zamanla birikir, öyle ki her iki taraftan bir erkek ve bir dişi karşılaşırsa bile genomları kısır olmayan yavrular meydana getiremeyecek kadar birbirinden farklılaşmış olur. Sebep ister sadece rasgele sürüklenme olsun, isterse de sürüklenmeye ek olarak ayırıcı doğal seçilim baskıları da rol oynamış olsun, iki gen havuzu genetik olarak birbirlerinden farklı kalabilmek için coğrafi yalıtıma ihtiyaç duymadıkları bir noktaya geldiklerinde, artık onları iki farklı tür olarak kabul edebiliriz. Yukarıda varsaydığımız olayda, ortamda avcıların olmaması ve vejetaryen beslenme tarzına geçiş yüzünden belki de adadaki popülasyon anakaradaki popülasyondan daha çok değişim geçirmişti. Yani o dönemde yaşamış bir hayvan bilimci, ada popülasyonunun yeni bir tür haline gelmiş olduğunu fark edebilir ve

ona yeni bir isim, mesela *Protamnio saurops* ismini, verebilirdi. Eski isim *Protamnio darwinii* de anakaradaki popülasyonun ismi olmaya devam ederdi. Bu varsayımsal senaryomuzda belki de soropsid sürüngenleri (yani bugün sürüngen adını verdiğimiz her şeyi ve buna ek olarak kuşları) oluşturacak olan popülasyon, ada popülasyonuydu. Bu esnada anakaradaki popülasyon da memelileri meydana getirecekti.

Tekrar üzerinde durmalıyım ki, bu küçük öykümün *ayrıntıları* tamamıyla hayal ürünü. Memelileri meydana getirenin ada popülasyonu olması da aynı derecede mümkündü. Burada "ada", suyla çevrili bir kara olmak yerine, çölün ortasında bir vaha da olabilir. Ve elbette, bu büyük bölünmenin Dünya yüzeyinin neresinde gerçekleştiği hakkında en ufak bir fikrimiz dahi yok; hatta dünya haritası o zamanlar şimdikinden o denli farklıydı ki, bu soru neredeyse hiçbir anlam ifade etmiyor. Burada hayal ürünü olmayan şey ise hikâyenin ana fikri: böylesi bereketli bir çeşitlilikle Dünya üzerinde yer etmiş milyonlarca evrimsel yol ayrımının, hepsi olmasa da çoğu, iki alt-popülasyonun şans eseri ve her zaman değilse de çoğunlukla deniz, nehir, sıradağ ya da çöl vadisi gibi bir coğrafî engelin iki yanında birbirinden yalıtılmış hale gelmesiyle başladı. Biyologlar "türleşme" kelimesini bir türün iki yavru türe çatallanması için kullanıyorlar. Çoğu biyolog size coğrafî yalıtımın türleşmenin bilindik giriş müziği olduğunu söyleyecektir. Fakat kimileri, özellikle böcekbilimciler söze karışıp "aynıyurtlu türleşme"nin de önemli olabileceğini ekleyeceklerdir. Aynıyurtlu türleşme için de, başlangıçta tesadüfî bir çeşit yalıtımın olayları tetiklemesine ihtiyaç var. Fakat bu yalıtımın coğrafî yalıtımdan farklı olması gerekiyor. Mesela, mikroiklimde yerel bir değişim olabilir. Bunun ayrıntılarına girmeyeceğim. Sadece aynıyurtlu türleşmenin özellikle böcekler açısından önemli olduğunu söyleyeceğim. Her şeye rağmen, konuyu basit ve sade tutabilmek adına, bu bölümün kalanında bir türleşme olayından önce gerçekleşen ilk yalıtımın genelde coğrafî olduğunu varsayacağım. Bölüm 2'de evcil köpek cinslerinden bahsederken, cins hayvan yetiştiricilerinin uyguladığı kuralların "sanal adalar" yaratmaya benzediğini söylediğimi hatırlıyor olabilirsiniz.

"İNSAN, TASAVVUR EDEBİLİR . . ."

Peki o zaman, bir türe ait iki popülasyon nasıl oluyor da kendilerini coğrafî bir engelin iki yanında buluyorlar? Kimi zaman engel aslında bir yeniliktir. Depremler aşılması olanaksız yarıklar açabilir ya da bir nehrin akış yönünü değiştirebilir ve çifteşip üreyen bireyleriyle

tek bir popülasyon halinde olan bir tür kendini ikiye ayrılıvermiş bulur. Daha da olağanı, engelin zaten hep orada buluna gelmesi ve hayvanların nadir rastlanan anormal bir olay sırasında bu engelin diğer yanına geçmeleridir. Buna sebep olan olayın nadiren gerçekleşmesi gerekiyor çünkü diğer türlü buna bir engel denmesi anlamsız. 4 Ekim 1995'ten önce Karayip adası Anguilla'da *Iguana iguana* türünün hiçbir üyesi bulunmuyordu. Bu tarihte, bu büyük kertenkelelere ait bir popülasyon bir anda adanın doğusunda beliriverdi. Rastlantı eseri, tam da adaya varırlarken görüldüler. Komşu bir adadan, büyük olasılıkla yaklaşık 250 kilometre uzaklıktaki Guadeloupe'den, suyla sürüklenen ağaç dallarına ve kimisi 9 metreden uzun olan sökülmüş ağaçlara tutunmuşlardı. Önceki ay iki kasırga, 4–5 Eylül'deki Luis ve ondan iki hafta sonra Marilyn kasırgaları, o bölgeyi kasıp kavurmuştu ve pekala ağaçlarda vakit geçirme huyu olan iguanalarla birlikte ağaçları yerinden sökmüş olabilirlerdi. 1998'e gelindiğinde bile, Anguilla'daki yeni popülasyon hala varlığını koruyordu ve bu konuda en başta yapılan çalışmaları yürütmüş olan Dr. Ellen Censky onların bugün dahi hala adada çoğaldıklarını söylüyor, hatta Anguilla üzerinde bu istilacılardan önce yaşayan diğer iguana türlerinden de hızlı.

Bu tip anormal saçılma olaylarının ana fikri, bu olayların türleşmeye sebep olacak kadar sık gerçekleşmesi, ama gereğinden sık gerçekleşmemesi gerektiği. Eğer çok sık gerçekleşirlerse (diyelim, iguanalar her sene Guadelupe'den Anguilla'ya sürükleniyor olsaydı) Anguilla'ya başlangıçta ilk gelen türleşme popülasyonu sürekli yeni gelen gen akışına maruz kalır ve bu yüzden Guadeloupe'deki popülasyondan farklı bir yöne gidemezdi. Bu arada, "türleşmeye sebep olacak kadar sık gerçekleşmesi gerekir" gibi ifadeler sizi yanıltmasın. Bu söz, sanki adaların birbirinden türleşmenin gerçekleşmesini sağlayacak belli bir uzaklıkta olmalarının sağlanması için bir çeşit girişimde bulunulmuş gibi anlaşılabilir! Elbette bu, at arabasını atın önüne bağlamak gibi bir şey olurdu. Bu daha çok, adaların (her zamanki gibi adanın geniş anlamını kastediyoruz) birbirine göre türleşmenin gerçekleşmesini sağlayacak uygun mesafede dağılmış olduğu herhangi bir yerde türleşmenin meydana geleceği anlamına geliyor. Buradaki uygun mesafe söz konusu hayvanın ne kadar kolay seyahat edebildiğine bağlı. Guadeloupe ve Anguilla arasındaki 250 kilometreyi geçmek, fırtına kuşu gibi güçlü, uçabilen herhangi bir kuş için çocuk oyuncağıdır. Fakat, birkaç yüz metrelik bir suyu aşmak bile, mesela yeni bir kurbağa ya da kanatsız böcek türüne gebe olacak kadar zor olabilir.

Galapagos takımadaları Güney Amerika anakarasından yaklaşık 1.000 kilometre uzakta, yani iguanaların bindikleri sökülmüş ağaçtan salın üzerinde Anguilla'ya gittiği yolun neredeyse dört katı uzaklıkta ve açık sularda bulunur. Adaların hepsi de coğrafi kıstaslar açısından volkanik ve gençtir. Hiçbiri, hiçbir zaman anakaraya bağlı olmamıştır. Yani adalardaki hayvanların ve bitki örtüsünün tamamı, büyük olasılıkla Güney Amerika anakarasından oraya göçmüş olmalı. Küçük kuşlar uçabilseler de, 1.000 kilometrelik bir uzunluğun, ispinozların geçmesi için bile zor bir mesafe olması bu olayı nadir rastlanan bir olay yapıyor. Bununla birlikte, hiç olmayacak kadar da nadir değil ve zaten ataları tarihte belli bir zamanda, belki de anormal bir kasırga tarafından Galapagos'a uçuruluvermiş ispinozlar mevcut. Bu ispinozların hepsi de tanımlanabilir Güney Amerika cinsinden, fakat aynı zamanda Galapagos adalarına da özgü türler. Hem duygusal sebeplerle hem de Darwin'in adaların, günümüzdeki İspanyolca isimleri yerine, bahriyeli jargonunu andıran İngilizce isimlerini kullanmış olmasından dolayı burada kullanmayı seçtiğim Darwin tarafından hazırlanan haritaya bir bakın. 60 millik (yaklaşık 100 kilometre) ölçeğin, bir hayvanın anakaradan takımadalara ulaşmak için gitmesi gereken yolun



Artık çok nadiren kullanılan İngilizce isimleriyle Galapagos adalarının Darwin tarafından çizilen haritası

yaklaşık onda biri olduğuna dikkat edin. Adalar birbirlerinden sadece onlarca kilometre, ama anakaradan yüzlerce kilometre uzakta. Türleşme için ne kadar harika bir reçete! Bir deniz engelinin ötesindeki adaya şans eseri uçurulma ya da suda sürüklenerek geçme olasılığı, engelin genişliğiyle ters orantılıdır demek işi fazlasıyla basitleştirmek olacaktır. Buna rağmen, uzaklıkla engeli aşma olasılığı arasında bir çeşit ters orantı olacağı aşikâr. Adalar arası onlarca kilometrelik ortalama mesafe ile anakaraya olan 1.000 kilometrelik mesafe arasındaki fark o kadar büyüktür ki takımadanın bir türleşme fabrikası olmasını beklersiniz. Zaten Darwin'in de, her ne kadar bir daha oraya geri dönemeyeceği bir zamanda, adalardan ayrıldıktan sonra en nihayet farkına vardığı gibi öyledir de.

Takımadadaki her bir ada arasında bulunan onlarca kilometrelik uzaklıkla, takımadanın tamamının anakaradan olan yüzlerce kilometrelik uzaklığı arasındaki fark, evrimcileri, farklı adalarda birbirine çok benzeyen türler bulunacağı fakat bu türlerin anakaradaki eşleniklerinden daha farklı olacakları tahminini yürütmeye itti. Ve gerçekten de adalara baktığımızda bunu görüyoruz. Darwin de bunu çok güzel anlatıyor, üstelik henüz fikirlerini tam olarak açık ve kesin bir hale getirmeden önce evrimsel söyleme şaşkınlık verici benzerlikte bir anlatım ile. Buradaki anahtar cümleciği eğik olarak belirttim ve onu bu bölüm boyunca farklı bağlamlarda tekrar edeceğim.

> Çok yakın akraba olan küçük bir grup kuşta böylesi bir yapısal derecelenme ve çeşitlenme görünce, *insan bu takımadada başlangıçta var olan kuş kıtlığından tek bir türün alınıp farklı yönlere doğru değiştirildiğini tasavvur edebilir.* Benzer şekilde, başlangıçta şahin olan bir kuşun, Amerika kıtasının leşle beslenmekle görevli Polybori[1] Bölge Bayisi olma vazifesini üstlenmek üzere buraya gelmeye ikna edildiği hayal edilebilir.

Buradaki son cümle, kendisine yine sadece Galapagos'ta rastlanan fakat anakaradaki türlere, özellikle Kuzey ve Güney Amerika arasında yıllık göç eden ve anormal bir olay esnasında yolundan çıkarılıp adalara sürüklenmiş olabilecek *Buteo swainsoni*'ye biraz benzeyen Galapagos atmacasından, yani *Buteo galapagoensis*'ten, bahsediyor. Günümüzde Galapagos atmacasını ve uçamayan karabatağı adanın "endemik" türleri olarak anmalıyız. Bunun anlamı, bu türlerin bulun-

1- Polybori buradaki kuşlara verilen genel addır. *-ed.n.*

duğu tek yerin Galapagos olması. O tarihte henüz evrimi tam anlamıylà benimsememiş olan Darwin de, Tanrı'nın onları başka hiçbir yerde değil, sadece orada yarattığı manasına gelen zamanının geçerli deyimi "aborijin yaratıklar"ı kullanmıştı. Aynı ifadeyi, o zamanlar bütün adalarda bol bol bulunan dev kaplumbağalar ve ayrıca iki iguana türü olan Galapagos kara iguanası ve Galapagos deniz iguanası için de kullanmıştı. Denizcil iguanalar, dünya üzerinde herhangi başka bir yerde görebileceğiniz her şeyden çok farklı ve hakikaten dikkate değer yaratıklardır. Deniz tabanına doğru dalar ve buradaki deniz yosunundan yerler ve adeta yedikleri tek şey budur. Her ne kadar zarif yüzücüler olsalar da Darwin'in dobra sözlerine bakılırsa pek yüzüne bakılası güzellikte değiller:

> Kirli siyah rengi, aptal[1] ve uyuşuk hareketleri olan gudubet bir yaratıktır. Yetişkin bir bireyin olağan uzunluğu yaklaşık 1 metredir, ama kimileri 1,2 metreye kadar çıkabilir . . . kuyrukları kenarlarda yassıdır ve ayaklarının dördü de perdelidir . . . Bu kertenkele sudayken mükemmel bir rahatlıkla ve çeviklikle, vücudunu ve yassı kuyruğunu yılan gibi hareket ettirerek (ayakları vücudunun iki yanına kapalı ve hareketsiz olacak halde) yüzer.

Denizcil iguanalar bu kadar iyi yüzücü oldukları için, kara iguanalarının aksine, anakaradan takımadaya kadar olan uzun yolu geçtikleri ve nihayet takımadada türleşip kara iguanalarını meydana getirdikleri tahmin edilebilir. Fakat işin aslı kesinlikle bu değil. Galapagos kara iguanaları, halen anakarada yaşayan iguanalardan pek de farklı değiller, bununla birlikte denizcil iguanalar tamamen Galapagos takımadasına özgü. Şimdiye dek, dünya üzerinde hiçbir yerde, bu denizcil davranışlara sahip başka hiçbir kertenkeleye rastlanmadı. Artık güvenle söyleyebiliyoruz ki, belki de aynen modern kertenkelelerin Guadeloupe'den Anguilla'ya sürüklendikleri gibi, başlangıçta Güney Amerika anakarasından dalgaların sürüklediği bir odun parçasına binip gelmiş olan kara iguanasıydı. Galapagos'a vardıktan sonra, denizcil iguanayı meydana getirecek şekilde türleşmeye uğradı. Ve atasal kara iguanaları ile yeni türleşen denizcil iguanaları başlangıçta ayıran şeyin, adaların aralıklı dağılımının sebep olduğu coğrafi yalıtım oldu-

1- *Beagle Gemisi'yle Yolculuk*. Victoria dönemi doğa bilimcilerinin kitaplarında böyle değer yargılarından bahsetme özgürlüğü vardı. Büyükannem ve büyükbabamın sahip olduğu bir kuş kitabında, karabatakla ilgili bölüm son derece dobra bir şekilde şöyle başlıyor: "Bu içler acısı kuş hakkında söylenecek bir şey yok."

ğu neredeyse kesin. Olasılıkla, bazı kara iguanaları kaza eseri o zamana dek üzerinde iguana bulunmayan bir adaya sürüklenmişlerdi ve burada, ilk adada kalan kara iguanalarının genleri onlara bulaşmadan, denizcil bir davranış biçimini benimsediler. Çok daha sonraları, diğer adalara yayıldılar ve sonunda ta en başta karasal atalarının toplaştığı adaya geri döndüler. Fakat artık, karasal iguanalarla çiftleşip üreyemezlerdi ve genetik olarak kalıtılan denizcil davranışlarının, kara iguanası genleriyle karışma tehlikesi yoktu.

Darwin, ardı ardına gelen örneklerde aynı şeyi fark etti. Galapagos'taki hayvanlar ve bitkiler çoğunlukla bu takımadanın endemik türleriydi ("aborijin yaratıklardı"), ama aynı zamanda adadan adaya ayrıntılı olarak bakıldığında esasında kendilerine has idiler. Özellikle bitkiler onu bu hususta çok etkilemişti:

> Sonuç olarak elimizde şu harika gerçek var: Hyani James Adası'ndaki [Santiago] otuz sekiz Galapagos bitkisi arasından, ya da dünyanın başka hiçbir yerinde bulunmayanlardan otuz tanesi sadece bu adada yaşamaktadır; ve Albemarle Adası'ndaki [İsabela] yirmi altı aborijin Galapagoslu bitkiden yirmi iki tanesi sadece bu adada yaşamaktadır. Yani aralarından sadece dört tanesinin şu anda takım adadaki diğer adalarda yaşadığı bilinmektedir; vesaire . . . Chatham [San Cristobal] ve Charles [Floreana] Adaları'ndan bitkilerle birlikte.

Aynı şeyi adalardaki alaycı kuş dağılımında da farketti.

> Bendenizin ve gemideki pek çoklarının vurduğu çok sayıda alaycı ardıç kuşu örneğini birbiriyle kıyaslayıp, şaşkınlıkla Charles Adası'ndan olanların hepsinin tek bir türe (*Mimus trifasciatus*'a); Albermarle Adası'ndan olanların hepsinin *M. parvulus* türüne; ve (aralarında, bağlantı noktaları olan iki başka adanın konuşlandığı) James ve Chatham Adaları'ndan olanların hepsinin *M. Melanotis*'e ait olduğunu keşfedince adamakıllı dikkat kesildim.

Yani buna dünyanın her yanında rastlanıyor. Belli bir bölgedeki hayvanların ve bitki örtüsünün tam da olmasını beklediğimiz gibi; yani, artık kendi ismini taşıyan ispinozlar hakkında Darwin'in söylediklerini alıntılayacak olursak, adeta "tek bir türün alınıp farklı yönlere doğru değiştirilmiş olması" gibi.

Galapagos Adaları'nın vali yardımcısı Mr. Lawson, Darwin'e şu bilgiyi vererek onu şaşırtmıştı:

> kaplumbağalar adadan adaya değişiklik gösteriyordu ve kendisi, herhangi bir kaplumbağanın hangi adadan geldiğini kesin olarak tespit edebilirdi. Bu söze bir süre yeterli ilgiyi göstermedim; adaların ikisinden toplanmış örnekleri çoktan bir araya getirip karıştırmıştım. Birbirinden yaklaşık 90–100 kilometre uzaklıkta, tamamen aynı kayalardan oluşan, çok benzer iklimlere sahip, neredeyse aynı rakımdaki adaların bu kadar farklı sakinleri olacağını hiç düşünmezdim.

Bütün dev Galapagos kaplumbağaları anakaradaki belli bir kara kaplumbağası türüne, hepsinden küçük olan *Geochelone chilensis*'e, benzerlik gösterir. Adaların var olageldiği birkaç milyon yıllık sürecin bir aşamasında, bu anakara kaplumbağalarından bir ya da birkaç tanesi istemeyerek suya düşüp suyla karşıya sürüklenmiş olmalı. Pek çetin olduğuna şüphe olmayan bu yolculukta hayatta kalmayı nasıl başardılar? Çoğunluğu tabi ki yaşamadı. Fakat sadece bir tek dişinin hayatta kalması da yeterliydi. Kaplumbağalar bu geçişte hayatta kalmak için hayret verici derecede iyi donanıma sahipler.

İlk balina avcıları binlerce dev kaplumbağayı Galapagos adalarından gemilerine yemek için aldılar. Eti taze tutabilmek için, kaplumbağaları ete ihtiyaçları olana kadar öldürmüyorlardı, ama kesilmeyi bekleyen kaplumbağalara bu esnada ne yiyecek ne de su veriliyordu. Yürüyememeleri için kaplumbağalar sırt üstü çevriliyordu, kimi zaman üst üste birkaç tane konuyordu. Bu öyküyü sizi dehşete düşürmek için değil (gerçi söylemeliyim ki bu barbarca acımasızlık beni dehşete düşürüyor), bir noktayı açıklamak için anlatıyorum. Kaplumbağalar yiyecek ya da içme suyu olmadan haftalarca hayatta kalabilir, ki bu da Güney Amerika'dan Humbolt Akıntısı'na kapılıp Galapagos takımadasına gelmeye yetecek uzunlukta bir süredir. Ve evet, kaplumbağalar batmadan su üstüne kalabilir.

İlk Galapagos adasına varıp üremeye başladıktan sonra, kaplumbağalar görece daha kolay bir şekilde (ve yine şans eseri) aynı yöntemi kullanarak takımadaların kalanını bir adadan diğerine çok daha kısa mesafeler giderek dolaştılar. Ve pek çok hayvanın bir adaya vardığında yaptığı şeyi yaptılar: daha büyük boyutlara sahip olacak şekilde evril-

diler. Bu, uzun zamandır dikkatleri üzerine çekmiş olan ada devliği hadisesidir (ki kafa karıştırıcı biçimde aynı derecede çok bilinen bir de ada cüceliği hadisesi vardır).[1] Eğer kaplumbağalar Darwin'in ünlü ispinozlarının izinden gitmiş olsalardı, her bir adada farklı bir türe evrilmiş olmaları gerekirdi. Daha sonra, bir adadan diğerine şans eseri sürüklenmeler sonucunda, tekrar çiftleşip üremeleri mümkün olmazdı (hatırlayın, farklı türlerin tanımı bu) ve genetik karılma tehlikesi olmadan farklı bir yaşam tarzına sahip olacak şekilde evrilmekte özgür olurlardı.

Diyebilirsiniz ki, farklı türlerin uyumsuz çiftleşme davranışları ve tercihleri, farklı adalar üzerinde coğrafi olarak yalıtılmanın genetik eşleniğidir. Her ne kadar yaşadıkları coğrafya örtüşse de, artık sadece belli bireylerle çiftleştikleri farklı çiftleşme "adalarında" yalıtılmış durumdalar. Bu durumda birbirlerinden daha da farklılaşabilirler. Büyük, Orta ve Küçük Yer İspinozu başlangıçta farklı adalar üzerinde bir ayrılma göstermişti; bu üç tür şimdi çoğu Galapagos adasında hep birlikte yaşıyor, ama hiçbir zaman türler arası çiftleşme göstermiyor. Her biri kendi farklı tohum yeme alışkanlıklarına sahip.

Kaplumbağalar da buna benzer bir şey yaptılar. Farklı adalar üzerinde farklı kabuk şekillerine sahip olacak şekilde evrildiler. Daha büyük adalarda yaşayan türlerin daha yüksek tepeli kabukları, daha küçük adalarda yaşayanların ise, ön tarafta baş için yüksek ağızlı penceresiyle, şekli eyere benzeyen kabukları var. Bunun sebebi, büyük adaların üzerinde ot yetişecek kadar sulak olması gibi görünüyor, zira kaplumbağalar da otla beslenirler. Küçük adalar ise otun yetişmesi için fazlasıyla kuru ve bu yüzden kaplumbağalar çareyi kaktüs yemekte buluyorlar. Yüksek ağızlı ve eyer yapılı kabuk sayesinde kaplumbağanın boynu, kendilerini yiyerek sürekli otlayan kaplumbağalarla evrimsel bir silahlanma yarışına girişen ve bu silahlanma yarışı sonucunda daha da uzunlaşan kaktüsün üst taraflarına rahatça ulaşacak şekilde hareket edebiliyor.

Kaplumbağa öyküsünde, ispinozdakinden daha karışık bir durum var. Çünkü kaplumbağalar için adaların üzerindeki yanardağlar da birer adadır. Yanardağlar otlayan dev bir kaplumbağa için daha alçaklarda bulunan misafirperverlikten uzak, kuru lav tarlalarıyla çevrili,

1- Öyle görünüyor ki işin kuralı şu: adalarda büyük hayvanlar küçülürken (mesela, Akdeniz adaları olan Sicilya ve Girit'te boyu büyükçe bir köpek kadar olan cüce filler bulunuyordu), küçük hayvanlar da büyükleşiyor (Galapagos kaplumbağalarında olduğu gibi). Bu ıraksama eğilimiyle ilgili pek çok teori var ama bunun ayrıntılarına girmek bizi yolumuzdan çok uzaklara saptıracak.

yüksek, serin, nemli ve yeşil vahalar sağlarlar. Her bir küçük adada, kendine has dev kaplumbağa türlerine (ya da alt-türlerine) sahip olan tek bir yanardağ bulunur (üzerinde hiç kaplumbağa bulunmayan birkaç ada hariç). Büyük İsabela adası (Darwin için "Albemarle") başlıca beş yanardağdan oluşan bir dağ sırasına sahiptir ve her bir yanardağın kendine has dev kaplumbağa türü (ya da alt-türü) vardır. İsabela hakikaten bir takımada içinde bulunan başka bir takımadadır: bir adada bulunan ikinci bir adalar sistemi. Ve, türün mecazi genetik anlamındaki adaların evrilmesi için zemin hazırlayan coğrafi anlamındaki adalar ilkesi, hiçbir zaman Darwin'in kutsanmış gençliğinin bu takımadalarındaki kadar şık ortaya konulmamıştı.[1]

Güney Atlantik'te, Afrika kıyısından yaklaşık 1.900 kilometre uzaklıkta tek başına bir yanardağ olan St. Helena'dan daha yalıtılmış halde bir ada bulmak zor. Burada yaklaşık 100 endemik bitki türü var (ki genç Darwin olsaydı onlara "aborijin yaratıklar" der, yaşlı Darwin ise onların burada evrilmiş olduklarını söylerdi). Bunlar arasında papatya ailesine mensup orman ağaçları var (ya da vardı, çünkü bunlardan bazılarının soyu tükenmiş bulunuyor).



St. Helena'daki orman ağaçları

Bu ağaçlar davranış bakımından Afrika anakarasındaki ağaçlara benziyorlar ama bu ağaçlarla yakın akraba değiller. Akrabası oldukları anakara bitkileri çalılar ve bodur ağaçlardır. Çalıların ve bodur ağaçların birkaç tohumu Afrika'dan çıkıp, 1.900 kilometrelik bir aralığı şans eseri geçip St. Helena'ya yerleşmiş ve orman nişi bu adada henüz doldurulmamış olduğu için, çok daha büyük ve odunsu gövdelere sahip olacak şekilde, gerçek bir ağaca dönüşene dek evrim geçirmiş olmalı. Benzer ağaç tarzı papatyalar, Galapagos takımadasında bundan bağımsız olarak evrilmiştir. Dünyanın dört bir yanında adalarda rastlanan örüntü aynı.

1- Dev kaplumbağalar hakkındaki bu paragraflar daha önce *Beagle* isimli bir gemide (maalesef çoktan yok olmuş gerçek Beagle Gemisi değil) Galapagos takımadasında seyahat ederken yazdığım ve 19 Şubat 2005'te *Guardian*'da yayınlanan bir makaleden alındı.

Büyük Afrika göllerinin her biri, çiklit adı verilen bir grubun baskın olduğu kendine has bir balık faunasına sahiptir. Victoria Gölü'nün, Tanganyika Gölü'nün ve Malawi Gölü'nün çiklit faunalarının her biri yüzlerce türe sahiptir ve birbirlerinden tamamen farklıdırlar. Bu türler belli ki üç gölde de ayrı ayrı evrilmiştir, ki bu durum onların aynı "zanaatın" sahibi olmaya yakınsamalarını çok daha hayranlık verici kılıyor. Bu göllerin her birinde, buraya gelen yolu başlangıçta bir ya da iki kurucu tür belki de nehirlerden geçerek bulmuş gibi görünüyor. Daha sonra her gölde bu kurucu türler türleştiler ve tekrar türleştiler. Ta ki gölde bugün yaşadığını gördüğümüz yüzlerce tür ortaya çıkana kadar. Bir gölün sınırları içinde tomurcuklanan yeni türler, başlangıçta nasıl oldu da onları farklı türlere dallandıracak coğrafi yalıtıma maruz kaldılar?

Başta adaların ne anlama geldiğini anlatırken, bir balığın bakış açısından gölün karalarla çevrili bir ada olduğunu açıklamıştım. Bunun kadar açık olmayan şey ise, geleneksel anlamda dört tarafı sularla çevrili bir adanın da, balık için bir "ada" olabileceği: özellikle de söz konusu sadece sığ sularda yaşayan bir balıksa. Denizde, mercan kayalıklarında hiçbir zaman derin sulara gitmeye teşebbüs etmeyen bir balığı düşünün. Onun bakış açısından, mercan adasının sığ saçakları bir "ada" ve Büyük Bariyer Kayalıkları ise bir takımadadır. Bunun bir benzeri, gölde bile meydana gelebilir. Özellikle büyükçe olan bir gölün içindeki kayalık bir çıkıntı, davranışları onu sığ sulara iten balık için "ada" gibidir. Afrika'nın büyük göllerindeki çiklitlerin başlangıçta yalıtıma maruz kalmalarının bu şekilde gerçekleştiği hemen hemen kesindir. Bireylerin çoğu adaların ya da koyların veya menfezlerin etrafındaki sığ sularda toplaşmışlardı. Bu durum, Galapagos gibi bir takımadanın sulu bir eşleniğini oluşturacak biçimde, aralarındaki derin sulardan nadir geçişlerle birbirine bağlanan bu sığ su ceplerinin birbirinden yalıtılmasını sağladı.

Malawi Gölü'nün (ben kumdan kaleler yaptığım ilk tatillerimi orada geçirirken ismi Nyasa Gölü'ydü) seviyesinin yüzyıllar boyunca ciddi şekilde yükselip alçaldığına ve on sekizinci yüzyılda şu anki seviyesinin 100 metre altındaki bir seviyeye ulaştığına dair (mesela çökeltilerin içindeki örneklerden elde edilen) iyi kanıtlar var. Gölün adalarının birçoğu bu zaman zarfında ada gibi değil de, o zamanlar küçük olan bu gölün etrafındaki karadaki tepelerdi. Göl seviyesi, on dokuzuncu ve yirminci yüzyıllarda yeniden yükseldiğinde, tepeler adalara dönüştü, sıra sıra tepeler takımadalar halini aldı ve sığ sularda

yaşayan ve yerliler tarafından Mbuna diye adlandırılan çiklitler arasındaki türleşme süreci başlamış oldu. "Neredeyse her kaya çıkıntısının ve adanın sonsuz renk biçimleri ve türleriyle kendine has bir. Mbuna faunası vardı. Bu adaların ve çıkıntıların çoğu, geçen 200–300 yıl boyunca kuru topraklar olduğundan, faunaların oluşması bu zaman diliminde gerçekleşmişti."

Böylesi hızlı bir türleşme tarzı, çiklit balıklarının son derece başarılı oldukları bir konu. Malawi ve Tanganyika gölleri yaşlı göllerdir, ama Victoria Gölü son derece gençtir. Gölün havzası sadece yaklaşık 400.000 yıl önce oluşmuştur ve o zamandan bu yana göl defalarca kurumuştur; bunlardan en yakın zamanda olanı 17.000 yıl öncedir. Bu da gölün, sayısı 450 civarında olan çiklit balığı türlerinin oluşturduğu endemik faunasının, normalde böyle büyük çaplı evrimsel bir ıraksamayla ilişkilendireceğimiz şekilde milyonlarca yılla değil de, yüzyıllarca yılla ölçülen bir zaman zarfında evrilmiş olabileceği anlamına geliyor. Afrika göllerinin çiklitleri, evrimin kısa bir zamanda neler yapabileceğini göstererek bizi derinden etkiliyorlar. Neredeyse "gözlerimizin önünde" bölümüne dâhil edilmeyi hak edecekler.

Avustralya'nın koruları ve ormanları, tek bir cinsin ağaçlarıyla, yani okaliptüs (*Eucalyptus)* ile kaplıdır ve çok geniş yelpazede nişler dolduran bu ağaçların 700'den fazla türü bulunur. Yine, Darwin'in ispinozlar hakkında vardığı yargı buraya uygulanabilir: "*İnsan, tek bir okaliptüs türünün alınıp farklı yönlere doğru değiştirildiğini tasavvur edebilir.*" Ve buna paralel, çok daha ünlü bir örnek de Avustralya'nın memeli faunasıdır. Avustralya'da kurtların, kedilerin, tavşanların, köstebeklerin, sivrifarelerin, aslanların, uçan sincapların ve daha pek çok hayvanın ekolojik eşleniği bulunuyor. Ya da yakın bir tarihte aborijin insanların kıtaya varışının, soylarının tükenmesine sebep oluşuna dek, bulunuyordu. Ama bunlara benzemelerine rağmen hepsi de keselidir ve dünyanın geri kalanında kendilerine aşina olduğumuz plasentalı memeliler olan kurtlardan, kedilerden, tavşanlardan, köstebeklerden, sivrifarelerden, aslanlardan, uçan sincaplardan . . . çok farklılar. Bunların Avustralyalı versiyonlarının hepsi de "*farklı yönlere doğru değiştirilmiş*" birkaç, hatta belki de tek bir atasal keseli memeli türünden geliyor. Bu muazzam keseli memeli faunası aynı zamanda, Avustralya'nın dışında benzerlerini bulmakta zorlanacağımız yaratıkları da ortaya çıkardı. Pek çok kanguru türü çoğunlukla antilop tarzı nişleri (ya da eğer ağaç kangurusu söz konusuysa, maymun veya lemur tarzı nişleri)

dolduruyor, ama dörtnala koşmak yerine kangurular zıplayarak ortalıkta dolaşıyor. Büyük kırmızı kangurudan (ve aralarında korku salan sıçrayan etçil bir tanesinin de bulunduğu daha büyük ama nesli tükenmiş kimi kanguru türlerinden) küçük kangurulara ve ağaç kangurularına kadar pek çok çeşitleri bulunur. Bir zamanlar, Diprodont adı verilen, gergedan büyüklüğünde, günümüz vombatlarıyla akraba olan fakat yaklaşık 3 metre uzunluğunda, omuzları 2 metre genişliğinde ve ağırlığı 2 ton olan devasa keseli memeliler vardı. Avustralya'nın keseli memelilerine bir sonraki bölümde geri döneceğim.

Şimdi söyleyeceklerimden bahsetmek fazlasıyla gülünç olsa da, birinci bölümde hayıflandığım üzere, Amerikan nüfusunun yüzde 40'ından fazlası İncil'de söylenenleri kelime manasıyla birebir doğru kabul ettiği için, korkarım bunu yapmak zorundayım: eğer hepsi Nuh'un Gemisi'nden dağılmış olsaydı, hayvanların coğrafi yayılımı nasıl olurdu bir düşünün. Merkez üssünden (belki Ağrı Dağı'ndan) uzaklaştıkça türlerin çeşitliliğinin azalacağını söyleyen bir yasa filan olması gerekmiyor mu? Gözlemlediğimiz şeyin bu olmadığını söylememe gerek yok.

Neden bu keseli memelilerin hepsi (küçücük keseli fareden koalalara ve bilbilere, koala ve bilbiden dev kangurulara ve Diprodontlara kadar), ama neden hiçbir plasentalı memeli değil de bütün bu keseli memeliler, Ağrı Dağı'ndan Avustralya'ya öbek öbek göçtüler? Hangi rotayı izlediler? Ve neden bunların tek bir üyesi bile yolda durup sürüden ayrılarak mesela Hindistan'a, ya da Çin'e yerleşmedi ya da aralarından bazıları Büyük İpek Yolu'na demir atmadı? Neden *Edentata* takımının tamamı (yani aralarında soyu tükenmiş olan dev armadillonun da bulunduğu yirmi armadillo türü, aralarında yine soyu tükenmiş dev tembel hayvanların da bulunduğu tembel hayvan türlerinin tamamı olan altı tür ve karıncayiyen türlerinin tamamı olan dört tür) Güney Amerika'ya hiç eksiksiz alaylar halinde yürüdüler ve geçtikleri yerlerde ne bir yuva, ne bir in, ne de saç ya da yerleşimcilere ait bir zırh plakası bırakmadılar? Neden, aralarında hint domuzu, aguti, paka, mara, kapibara, şinşila ve diğer pek çokları bulunan ve tipik olarak Güney Amerikalı kemirgenler olup dünyada başka hiçbir yerde bulunmayan *Caviomorpha* kemirgenleri takımının tamamı da onlara katılmıştı? Neden bir maymun alt-takımının tamamı olan platirin maymunları, başka hiçbir yere değil de Güney Amerika'ya düştüler? En azından birkaç tanesinin Asya'da ya da Afrika'da diğer maymunla-

ra, yani katarinlere katılmış olması gerekmez miydi? Peki ya, en azından bir tanecik katarin türünün kendini Yeni Dünya'da, platirinlerle birlikte bulmuş olması gerekmez miydi? Neden bütün penguenler Antarktika'nın güneyine uzun uzun pati pati yürüdüler de, bir tanesi bile aynı derecede misafirperver Kuzey Kutbu'na gitmedi?

Yine çok büyük ihtimalle tek bir tür olan atasal bir lemur kendini Madagaskar'da buldu. Şu anda, burada otuz yedi lemur türü var (artı soyu tükenmiş bazı türler). Bunların büyüklükleri, cüce fare lemurundan (ki hamsterden daha küçüktür), dev lemura kadar (ki yakın zamanda soyu tükenen bu hayvan gorilden daha büyüktü ve ayıya benziyordu) geniş bir aralıkta seyrediyor. Ve hepsi ama hepsi Madagaskar'da yaşıyor. Dünyanın başka hiçbir yerinde lemur yok ve Madagaskar'da da hiç maymun yok. Yüzde 40 oranındaki tarih inkârcıları bu durumu nasıl açıklıyorlar? Otuz yediden fazla lemur türünden oluşan bu bölük, Nuh'un Gemisi'nin güvertesinden yek vücut aşağı atlayıp, yolda, Afrika'nın enine boyuna hiçbir yerinde tek bir tanesi bile sürüden ayrılmadan alelacele Madagaskar'a mı gitmişlerdi?

Yine, küçük ve kırılgan bir fındığı balyozla kırmaya çalıştığım için özür dilerim ama bunu yapmak zorundayım çünkü Amerikan halkının yüzde 40'ından fazlası Nuh'un Gemisi hikâyesini mecaz olarak almak yerine bu hikâyeye kelimesi kelimesine inanıyor. Bu insanları görmezden gelip bilimsel işlerimizin başına dönmeliyiz. Ama bunu yapmak elimizden gelmiyor çünkü bu insanlar okul heyetlerini yürütüyor, sırf fen bilgisi öğretmenleriyle etkileşim içinde olamasınlar diye çocuklarını okula göndermeyip evde eğitim veriyorlar ve bunların arasında Birleşik Devletler Meclisi'nin pek çok üyesi, kimi eyalet valileri ve hatta başkan ve başkan yardımcısı adayları var. Bu insanların o kadar çok parası ve gücü var ki, enstitüler, üniversiteler ve hatta çocukların gerçeğe uygun boyutta mekanik dinozor modellerine binebildikleri ve kendilerine insanların dinozorlarla aynı dönemde yaşadığı bilgisinin ciddi ciddi verildiği müzeler kurabiliyorlar. Ve yakın zamanda yapılan anketler gösteriyor ki, Avrupa'nın kimi bölgeleri ve İslam dünyasının büyük çoğunluğu ile birlikte İngiltere'nin de bundan geri kalır yanı yok (ya da "ileri kalır yanı yok" mu demeli?).

Ağrı Dağı'nı bir kenara bıraksak da ve kendimizi tutup, Nuh'un Gemisi efsanesine mecazen değil de kelimesi kelimesine inananları hicvetmesek de, benzer problemler türlerin tek tek yaratıldığını söyleyen herhangi bir teori için yine ortaya çıkacaktır. Her şeye kadir bir ya-

ratıcı neden, özenle yaptığı türlerini, tam da onların evrildiklerini ve evrim geçirdikleri yerden yayıldıklarını karşı konulamaz şekilde akla getirecek bir örüntüyle adalara ve kıtalara serpiştirmeye karar versin? Neden lemurları Madagaskar'dan başka hiçbir yere yerleştirmedi? Neden platirin maymunlarını sadece Güney Amerika'ya ve katarin maymunlarını sadece Afrika ve Asya'ya yerleştirdi? Yeni Zelanda'da neden, oraya uçabilecek yarasalar dışında hiç memeli yok. Bir ada zincirindeki hayvanlar neden komşu adalardakilere benziyorlar ve neden hemen hemen her zaman en yakındaki kıtadaki ya da en yakındaki büyük adadaki türlere (belki daha az ama hataya yer bırakmayacak derecede) benziyorlar? Yaratıcı neden Avustralya'ya sadece (yine oraya uçabilecek yarasalar ve insan yapımı kanolarla gelebilecek olan memeliler hariç) keseli memelileri yerleştirdi? Gerçek şu ki, eğer her kıtayı ve her adayı, her gölü ve her akarsuyu, her dağın zirvesini ve her Alp vadisini, her ormanı ve her çölü incelersek, hayvanların ve bitkilerin dağılımından bir anlam çıkarabilmenin tek yolu, işte yine, Darwin'in Galapagos ispinozları ile ilgili anlayışını takip etmek olur: "*İnsan, . . . başlangıçta var olan [kıtlıktan] tek bir türün alınıp farklı yönlere doğru değiştirildiğini tasavvur edebilir.*"

Darwin, adalar karşısında büyülenmişti ve *Beagle* yolculuğu sırasında bu adalardan büyük bir kısmını enine boyuna dolaşmıştı. Hatta önemli ada sınıflarından birinin, mercan ismi verilen hayvanlar tarafından nasıl meydana getirildiğine ilişkin şaşırtıcı gerçeği keşfetmişti. Darwin daha sonraları adaların ve takımadaların, teorisi açısından öneminin farkına vardı ve coğrafi yalıtımın türleşmeye (gerçi o bu kelimeyi kullanmamıştı) öncülük ettiği teorisine dair soruları cevaplamak için pek çok deney yaptı. Mesela, deneylerinin bir kısmında, tohumları uzun zaman boyunca deniz suyunda bekletti ve tohumların, kıtalardan ya da komşu adalardan sürüklenmeye yetecek uzunlukta su altında kaldıktan sonra bile hala filizlenme yeteneğini koruduklarını gösterdi. Bununla birlikte, kurbağa yumurtalarının tuzlu suda hemen öldüklerini gördü ve bu bilgiyi kurbağaların coğrafi yayılımını açıklamak amacıyla kullandı:

> Kimi takımların tamamının adalarda hiç varlık göstermemesi konusuyla ilgili olarak, Bory St. Vincent de çok uzun zaman önce batrakiyenlere (yani sucul kurbağalar, kara kurbağası ve semenderlere) büyük okyanuslarla çevrili adaların pek çoğunda hiç rastlanmadığına dikkat çekmişti. Bu iddianın ispatını yapma yükünü

> üzerime aldım ve onun kesinlikle doğru olduğunu buldum. Bununla birlikte, büyük bir ada olan Yeni Zelanda'nın dağlarında bir kurbağanın bulunduğu konusunda bana garanti verildi; fakat (eğer bana verilen bilgi doğruysa) bu istisnanın buzulların aracı oluşuyla açıklanabileceğini sanıyorum. Sucul kurbağaların, kara kurbağalarının ve semenderlerin genel olarak, okyanusta bulunan pek çok adada bulunmayışı, adaların fiziki koşullarıyla açıklanamaz; nitekim, öyle görünüyor ki adalar garip bir şekilde bu hayvanlara çok uygunlar; zira, Madira, Azores ve Mauritius adalarına sonradan getirilen kurbağalar, başa bela olacak derecede çoğaldılar. Fakat bu hayvanların ve yumurtalarının deniz suyunda hemen öldükleri bilindiğinden, bana kalırsa onların denizi geçecek şekilde taşınmalarındaki ciddi zorluğu ve sonuç olarak neden okyanusta bulunan hiçbir adada varlık göstermediklerini görebiliriz. Ama, yaradılış teorisine göre neden buralarda yaratılmadılar, işte bunu açıklaması çok zor.

Darwin, türlerin coğrafi dağılımının evrim teorisi için ne kadar önemli olduğunun oldukça farkındaydı. Hayvanların ve bitkilerin evrim geçirdiğini varsayarsak pek çok gerçeğin açıklamasını yapabileceğimizin farkına varmıştı. Buradan hareketle günümüzdeki hayvanların, kendi ataları olabilecek ya da kendi atalarına yakın akraba olabilecek fosillerle aynı kıta üzerinde bulunmalarını beklememiz gerekir ve zaten durumun bu olduğunu keşfetmiş bulunuyoruz. Aynı zamanda, hayvanların kendilerine benzeyen diğer türlerle aynı kıtada yaşamalarını beklememiz gerekir ve nitekim bunun da geçerli olduğunu keşfetmiş bulunuyoruz. İşte Darwin, özellikle Güney Amerika'daki çok iyi tanıdığı hayvanlara odaklanarak, bu konuda şunları söylüyor:

> doğa bilimci, mesela kuzeyden güneye yolculuğu sırasında her daim, varlıkların peş peşe, özellikle kendilerine has ama aynı zamanda açık şekilde birbirleriyle akraba oluş tarzına çarpılmaktan kendini alıkoyamıyor. Birbirine çok yakın ama farklı kuş türlerini dinliyor. Sesleri birbirine neredeyse benziyor ve onların benzer şekilde kurdukları, ama birbirinin aynısı olmayan fakat içindeki yumurtaların neredeyse aynı tarza sahip olduğu yuvalarını görüyor. Macellan Boğazı'ndaki topraklarda bir tür Amerikan devekuşu yaşar ve kuzeye doğru La Plata'nın topraklarında aynı cinse dâhil başka bir tür yaşar; fakat Afrika ve Avustralya'nın aynı enlemdeki

> bölgelerinde yaşayan hakiki devekuşu ve emu gibiler buralarda bulunmaz. La Plata'nın aynı topraklarında, bizim tavşanlarımıza vs . . . benzeyen fakat açıkça Amerikalı tipi bir yapı gösteren aguti ve vizkaçaya rastlarız. Cordillera'nın yüksek zirvelerine çıkarız ve orada çok yükseklerde yaşayan bir tür olan vizkaçayı buluruz; sulara bakarız ve kunduza veya misk faresine rastlamayız ama Amerikan tipi kemirgenler olan bataklık kunduzu ve kapibaraya rastlarız.

İnsan bu sonuçların çoğuna sağduyuyla varabilir ve nitekim Darwin'in muazzam çeşitlilikteki gözlemlerini açıklayabilmesi de sağduyu aracılığıyla olmuştu. Fakat hem hayvanların ve bitkilerin coğrafi dağılımına hem de kayaların coğrafi dağılımına dair belli başlı öyle gerçekler var ki, farklı bir tür açıklamayı gerektiriyorlar: sağduyuyla hiç alakası olmayan ve hakkında bilgisi olsaydı Darwin'i hayrete düşürecek ve büyüleyecek bir açıklamayı.

DÜNYA YERİNDEN OYNADI MI?

Darwin'in zamanında herkes dünya haritasının üç aşağı beş yukarı sabit olduğunu düşünüyordu. Darwin'in bazı çağdaşları, mesela Güney Amerika ile Afrika bitki örtüsü arasındaki benzerlikleri açıklamak için, artık su altında kalmış büyük kara köprülerinin olması ihtimalini destekliyordu. Kara köprüsü fikri esasında Darwin'e pek de çekici gelmiyordu ama anakaraların tamamının Dünya yüzeyinde hareket ettiklerine ilişkin günümüzde elde edilen kanıtları görseydi kesinlikle bayram ederdi. Bu, hayvanların ve bitkilerin, özellikle de fosillerin, yayılımına ilişkin belli başlı gerçekler hakkında şimdiye dek yapılmış en iyi açıklama. Örneğin, Güney Amerika, Afrika, Antarktika, Madagaskar, Hindistan ve Avustralya'da bulunan fosiller arasında benzerlikler var, ki bugünlerde bu durumu, bir zamanlar güneyde, günümüzdeki bütün karaların bir arada olduğu büyük tek bir kıta olarak bulunan Gondwana'ya bağlıyoruz. Ve yine, olay mahalline sonradan gelen dedektifimiz evrimin gerçek olduğu sonucuna varmaya mecbur kalıyor.

Daha önceden "kıtaların kayması" olarak anılan teori ilk önce Alman iklimci Alfred Wegener (1880–1930) tarafından ortaya atıldı. Wegener dünya haritasına bakıp da bir kıtanın ya da adanın şeklinin hemen karşıdaki kıyıyla (bu kıyı çok uzakta olsa bile) sanki yapboz parçaları gibi uyumlu olduğunu fark eden ilk insan değildi. Wight

Adası'nın Hampshire kıyısıyla, sanki Solent orada değilmiş gibi, nazik uyumuna benzer küçük yerel örneklerden bahsetmiyorum. Wegener ve ondan önce gelenlerin fark ettiği şey, devasa Afrika ve Amerika kıtalarının birbirine bakan kenarları açısından doğru gibi görünen şeyle aynı tarzda bir şeydi. Brezilya kıyısı, Batı Afrika'nın çıkıntısına tam otursun diye bir terzi tarafından kesilmiş gibi görünürken, Afrika'nın çıkıntısının kuzey kısmı da Kuzey Amerika'nın Florida'dan Kanada'ya kadar olan kıyısına tam oturur. Üstelik şekiller sadece kabaca birbirine uymakla kalmıyor: Wegener aynı zamanda, Güney Amerika'nın doğu kenarı boyunca oluşmuş inişli çıkışlı yapılarla, Afrika'nın onlara uyan batı bölgelerine dikkat çekmişti. Bunun kadar açık olmasa da, Madagaskar'ın batı kıyısı da Afrika'nın doğu kıyısıyla birbirine güzelce oturuyor (bugün tam Madagaskar'ın karşısında kalan Güney Afrika kıyısı değil de, daha kuzeydeki Tanzanya ve Kenya kıyıları). Buna ek olarak, Madagaskar'ın doğu kenarındaki uzun düz kısım da Batı Hindistan'ın düz kenarı ile karşılaştırılabilir. Wegener ayrıca, eğer dünya hep bugünkü gibi olagelseydi, Afrika ve Güney Amerika'da bulunan çok eski fosillerin birbirine bu kadar benzemeyeceğine dikkat çekti. Peki, Güney Atlantik okyanusunun genişliği göz önünde bulundurulduğunda bu nasıl olabilir? Bu iki kıta bir zamanlar birbirine daha yakın ve hatta bitişik miydi? Bu fikir çok heyecan vericiydi ama zamanının ötesindeydi. Wegener, bir de Madagaskar ve Hindistan'da bulunan fosillerin birbirine eş olduklarını fark etmişti. Ve Kuzey Amerika ve Avrupa'da da bu türden bir benzerliği açığa vuran fosiller var.

Bu gözlemler Wegener'i, genel kanıya ters düşen son derece cesurca bir hipotez olan kıtaların kayması hipotezini ileri sürmeye itti. Bir zamanlar dünyadaki bütün büyük kıtalar, diyordu Wegener, Pangaea adını verdiği devasa bir süper-kıta olarak birbirlerine bitişik halde bulunuyorlardı. Muazzam uzunluktaki coğrafi bir zaman zarfında, diyordu, bugün bildiğimiz kıtaları oluşturmak için Pangaea kendisini aşama aşama parçalara ayırdı. Bu yeni kıtalar da yavaşça kayarak bugünkü konumlarını aldılar ve kaymaları henüz sona ermedi.

İnsan, Wegener'in şüpheci çağdaşlarının bugünün sokak ağzını kullanarak "acaba Wegener'in kafası iyi miydi" diye sorduğunu duyar gibi oluyor. Ama artık biliyoruz ki Wegener haklıydı. Ya da hemen hemen haklıydı. Wegener her ne kadar ileri görüşlü ve hayal gücü kuvvetli olsa da, onun kıtaların kayması teorisinin, bugünkü çağdaş levha tektoniği teorimizden ciddi ölçüde farklı olduğunu söylemeliyim.

Wegener kıtaların devasa gemiler gibi okyanusları yararak ilerlediğini düşünüyordu; Dr. Dolittle'ın içi boş Popsipetel adası gibi suyun üstünde yüzerek değil de gezegenin yarı-sıvı mantosu üstünde yüzerek. Diğer bilim insanları haklı olarak kale gibi şüphe duvarları ördüler. Hangi muazzam kuvvet, Güney Amerika ya da Afrika büyüklüğündeki bir nesneyi binlerce kilometre itebilirdi? Çağdaş levha tektoniği teorisinin Wegener'in teorisinden farkını, bu teoriyi destekleyen kanıtlara geçmeden önce açıklayayım.



Wegener'in "kıtaların kayması" teorisinden esinlenerek çizilmiş bir karikatür.

Levha tektoniği teorisine göre, çeşitli okyanusların tabanları da dâhil olmak üzere Dünya yüzeyinin tamamı yer yer birbiriyle üst üste binen bir dizi kayalık levhadan oluşur, aynı bir şövalye zırhı gibi. Bizim gördüğümüz kıtalar, bu levhaların kalınlaşarak deniz seviyesinin üstüne çıkan kısımlarıdır. Her levhanın daha büyük olan kısmı denizin altında bulunuyor. Wegener'in kıtalarının aksine, bu levhalar denize yelken açmış dolaşmıyor ya da Dünya'nın yüzeyini sabanla sürmüyor, çünkü Dünya'nın yüzeyi işte bu levhaların *ta kendisi*. Wegener gibi kıtaların yapboz parçasıymışçasına birbirine oturup birbirinden ayrıldığını düşünmeyin; durum bu değil. Onun yerine, deniz tabanı yayılımı adı verilen, birazdan açıklayacağım bir işlemle, büyüyen bir

kenarından oluşturulmaya sürekli devam eden bir levha hayal edin. Levhanın diğer kenarları komşu levhaların altına girerek batıyor olabilirler. Ya da komşu levhalar birbirinin kenarına sürtünerek kayıyor olabilirler. 17. renkli sayfadaki resimde, Pasifik levhasıyla Kuzey Amerika levhasının kenarlarının birbirini keserek geçtiği yerde bulunan, Kaliforniya'daki San Andreas fayı görünüyor. Deniz tabanı yayılımı ve batmanın bir araya gelmesi, levhalar arasında hiç boşluk olmadığı anlamına gelir. Gezegen yüzeyinin tamamı levhalarla kaplıdır; bu levhaların her biri, komşusu olan levhanın bir kenarından onun altına girerek battığı için ortadan kaybolurken, bir yandan da deniz tabanı yayılımı ile diğer kenarlarından büyümektedir.

Bir zamanlar Gondwana kıtasında, geleceğin Afrika'sı ile geleceğin Güney Amerika'sı arasında yılan gibi kıvrılarak yolunu bulmuş kocaman fay vadisini düşünmek ilham verici. Bugünkü Doğu Afrika fay vadisi gibi başlangıçta göllerden benek benek olduğuna hiç şüphe yok. Daha sonra, Güney Amerika kendisini paralayan tektonik ızdırabın etkisiyle yırtılıp giderken bu fay vadisi de deniz suyuyla doldu. Yavaşça uzaklaşan "Batı Gondwana'daki" uzun ve dar boğazın karşısından etrafa bakan iri yapılı dinazor gibi bir Cortez'i[1] selamlayan manzarayı hayal edin. Wegener, karaların birbirine yapboz parçası gibi oturan şekillerinin tesadüf olmadığı konusunda haklıydı. Fakat kıtaların devasa gemiler gibi aradaki su dolu boşluğu yararak ilerledikleri konusunda haksızdı. Güney Amerika ve Afrika ve bunların kıtasal sahanlığı, kayalık yüzeyinin büyük kısmı deniz altında uzanan iki levhanın kalınlaşmış bölgelerinden başkası değildir. Levhalar sert litosferi oluştururlar; kelimenin tam manasıyla "kaya küresi" olan litosfer, yarı ergimiş sıcak astenosferin (yani "zayıflık küresinin") üzerinde yüzer. Astenosfere zayıf denmesinin sebebi, litosferin kayalık levhaları gibi sert ve kırılgan olmayıp, daha çok bir sıvı gibi davranmasındandır: ille de eriyik olmasa da, macun ya da karamel gibi bir akışkanlığı vardır. İç içe bulunan bu iki küre arasındaki ayrım, "yerkabuğu" ve "manto"dan aşina olduğumuz (ve fiziksel kuvvetten ziyade kimyasal içeriğin temel alındığı) ayrımla, kafa karıştırıcı biçimde, tam olarak örtüşmez.

Levhaların çoğu iki tip litosfer kayasından oluşur. Derin okyanus tabanları, yaklaşık 10 kilometre kalınlıkta, nispeten değişkenlik göstermeyen ve çok yoğun püskürük kayalardan meydana gelmiş bir kat-

1- Yazar, Amerika kıtasının 16. yüzyılda sömürgeleştirilmeye başlanmasının ilk aşamasında rol alan İspanyol sömürgecilerden biri olan ve yaptığı keşif gezileri Aztek İmparatorluğu'nun yıkılmasına sebep olan Hernán Cortés'e gönderme yapıyor. *–çev.n.*

manla kaplıdır. Püskürük kayaç katmanının üzerini tortul kayalardan ve çamurdan oluşan bir katman örter. Tekrar edeceğim, kıta bir levhanın deniz seviyesinin üzerindeki görünür kısmıdır ve levhanın daha az yoğun kaya katmanlarının eklenmesiyle kalınlaşması sonucu bu yüksekliğe erişmiştir. Levhaların deniz altında kalan kısımları, kenarlarından sürekli olarak büyümeye devam etmektedir; söz konusu Güney Amerika levhasıysa doğu kenarı, Afrika levhasıysa batı kenarı. Bu iki kenar, İzlanda'dan başlayıp Atlantik'in ortasından en güneye dek bir yılan gibi geçen orta-Atlantik şeridini oluşturur (İzlanda bu şeridin yüzeye ulaşan önemli bir parçasıdır).

Buna benzer denizaltı şeritleri, dünyanın başka yerlerinde başka levhaları yuvarlıyorlar (bkz. renkli sayfalar 18–19). Bu sualtı şeritleri, daha önce bahsettiğim deniz tabanı yayılımı sırasında eriyik kayalarla dolan uzunlamasına pınarlar gibi iş görürler (yerbiliminin yavaş akan zaman ölçütünde). Atlantik'in ortasında deniz tabanı şeridinin yayılımı Afrika levhasını doğuya doğru, Güney Amerika levhasını da batıya doğru itiyor gibi görünüyor. Daha önce bunu anlatmak için, birbirinden ıraksayan yönlerde bir çift kepenkli çalışma masası imgesi önerilmişti ve bu imge, olan biten hakkında bir fikir veriyor, tabi her şeyin insanların görebileceğinden çok daha yavaş bir zaman ölçüsünde gerçekleştiğini hatırlamamız kaydıyla. Hakikaten de Güney Amerika'yla Afrika'nın birbirlerinden uzaklaşma hızı için, unutulması güç bir benzetme olan tırnağın uzama hızı benzetmesi yapıldı; bu öyle unutulmazdı ki basmakalıp bir söz haline gelmek üzere. Kıtaların şu anda binlerce kilometre uzakta oldukları gerçeği de Bölüm 4'te kendisiyle tanıştığımız radyoaktiflikten elde edilen kanıtlar gibi Dünya'nın İncil'e ters düşen engin yaşının bir başka ispatı.

Az önce "itiyor gibi görünüyor" ifadesini kullandım ve şimdi aceleyle sözümü geri almalıyım. Yukarı doğru hareket eden "kepenkli çalışma masalarının" ilgili kıtasal levhayı arkasından ittirdiğini düşünmek cezbedici. Fakat gerçekçi değil; ölçek tamamen yanlış. Tektonik levhalar, okyanus ortasındaki bir şerit boyunca arkadan onları sürükleyen volkanik kuvvetler tarafından itilmek için fazlasıyla büyükler. Yüzmekte olan bir kurbağa iribaşı, dev bir tanker gemiyi itmeye çalışsın o zaman. Fakat şimdi size işin ana fikrini söyleyeceğim. Kısmen sıvı olması sayesinde astenosferin bütün yüzeyi boyunca ve levhaların alanının tamamının altında uzanan taşınım akımları var. Herhangi bir bölgede, astenosfer bir yönde yavaşça mütemadiyen hareket eder ve

daha sonra daha derin katmanlarda ters yöne doğru geri kıvrılır. Örneğin, astenosferin Güney Amerika levhasının altında kalan üst katmanı acımasızca batıya doğru ilerlemektedir. Ve, her ne kadar insanın aklı, yukarı hareket eden "kepenkli çalışma masasının" bütün bir Güney Amerika'yı önüne katıp itebilecek kuvvete sahip olabileceğini almıyorsa da, bir levhanın *alt yüzeyinin tamamının altında* kararlı bir şekilde belli bir yönde yol almakta olan bir taşınım akımının, üzerinde "yüzen" kıtasal yükünü de birlikte yaşayacağı fikri o kadar da akıl almaz değil. Artık tanker iten iribaşlardan bahsetmiyoruz. Humbolt Akımı'nda motorlarını kapatmış bir süpertanker elbette akıntıyla ilerleyecektir.

İşte bu, modern levha tektoniği teorisinin özeti. Şimdi, bu teorinin doğru olduğuna ilişkin kanıtlara dönelim. Aslına bakılırsa, oturmuş her bilimsel gerçek için normalde olduğu gibi[1] pek çok farklı kanıt türü var ama ben bu kanıtların, insanı zarifliğiyle en çok şaşırtan bir tanesinden bahsedeceğim. Bu, kayaların yaşlarından, özellikle de kayaların içindeki manyetik çizgilerden elde edilen bir kanıt. Neredeyse gerçek olamayacak kadar güzel. Bizim şu "olay mahalline sonradan gelen dedektifimizin" ve onun tek bir sonuca varmaya itilişinin mükemmel bir örneği. Hatta elimizde parmak izi gibi görünen bir şey bile var: kayalardaki devasa manyetik parmak izleri.

Mecazi dedektifimize, çok derin sulardaki korkunç basınca dayanma kapasitesine sahip özel üretim bir denizaltıyla Güney Atlantik'i geçtiği yolculuğunda eşlik edelim. Denizaltı, kaya örnekleri toplamak için deniz tabanının yüzeyindeki çökeltilerden geçip litosferin volkanik kayalarına ulaşana dek yeri delebilecek ekipmana sahip. Üstelik bir de kaya örneklerini radyometrik olarak tarihlendirebilen bir laboratuarı var (bkz. Bölüm 4). Dedektif, Brezilya'nın, ekvatorun 10 enlem derecesi güneyindeki Maceio limanından demir alıyor. Kıtasal sahanlığın (ki şimdilik onu Güney Amerika'nın bir parçası kabul edelim) sığ sularında yaklaşık 50 kilometre yol aldıktan sonra geminin yüksek basınç kapaklarını hazır edip dalışa geçiyoruz (işi nasıl da azımsayan bir ifade bu!), ortamda görebileceğiniz tek ışığın, bu yabancı dünyanın grotesk sakinlerinin ürettiği arada bir parıldayan yeşilimsi bir ışıltı olduğu derinliklere dek dalıyoruz.

Yaklaşık 6.000 metre (yani 3.000 kulaç) derinlikte en dibe ulaştığımızda, volkanik litosfere varana dek bir delik açıyor ve kayanın ortasından bir parça örnek alıyoruz. Denizaltının radyoaktif tarihlendirme laboratuarı çalışmaya başlıyor ve kayanın yaşının Erken Kretase, yani

1- Modern evrim "teorisi" gibi, bu teori de kelimenin olağan anlamıyla oturmuş bir gerçektir (yani Oxford İngilizce Sözlüğünün birinci sırada verdiği ve benim de Bölüm 1'de alıntılayıp "teorum" olarak yeniden isimlendirdiğim anlamıyla).

yaklaşık 140 milyon yıl olduğunu rapor ediyor. Denizaltı onuncu enlem boyunca, belli aralıklarla taş örnekleri alarak ilerliyor. Her örneğin yaşı dikkatle ölçülüyor ve dedektif bir örüntü arayarak bu tarihleri inceliyor. Çok uzaklara bakmasına gerek yok. Dr. Watson'un bile gözünden kaçmazdı bu. Deniz tabanının uçsuz bucaksız ovalarında yol aldıkça, kayalar açık bir şekilde ve hiç istisnasız daha da gençleşiyorlar. Yolculuğumuzun yaklaşık 730. kilometresinde, taş örnekleri artık Geç Kretase, yani hemen hemen 65 milyon yıl yaşında; ki bu, son dinozorların da soyunun tükendiği tarih. Kayaların gitgide daha genç yaştan olmaları eğilimi, biz Atlantik'in ortasına yaklaştıkça devam ediyor ve bu esnada denizaltının arama ışıkları, sualtındaki devasa bir sıradağın eteklerini seçmeye başlıyor. İşte bu, denizaltımızın üzerine tırmanmaya başlaması gereken orta-Atlantik şeridi (bkz renkli sayfa 18 ve 19). Ağır ağır yukarı tırmanıyoruz, yaşları her adımda daha genç olan kaya örnekleri almaya devam ediyoruz. Şeridin zirvelerine ulaştığımızda kayalar o kadar genç ki, yanardağdan çok yakın bir zamanda fışkıran lavın birikmesiyle oluşmuş bile olabilirler. Gerçekten de, burada olan şey hemen hemen bu. Yakın zamandaki patlamaların bir sonucu olarak deniz seviyesinin üzerine çıkmış olan Yükseliş Adası, orta-Atlantik şeridinin bir parçasıdır; eh tabi, yakın zaman derken, belki de 6 milyon yıl öncesinden bahsediyoruz. Denizaltımızla örneklerini toplamakta olduğumuz kayalar açısından bu, görece yakın bir tarihtir.

Şimdi, şeridin diğer yanında, doğu Atlantik'in tabanındaki derin ovalarda Afrika yönünde ilerliyoruz. Kaya örnekleri almaya devam ediyoruz ve evet, doğru tahmin ettiniz, kayalar bu defa biz Afrika'ya yaklaştıkça gitgide daha yaşlanıyor. Orta-Atlantik şeridine ulaşmadan önce fark ettiğimiz örüntünün aynadaki izdüşümü bu. Dedektifin bu duruma getirilecek açıklama konusunda hiç şüphesi yok. Deniz tabanı şeridin iki yanına dağıldıkça, bu iki levha da birbirinden uzaklaşıyor. Iraksayan levhaların ucuna eklenen bütün bu yeni kayalar, şeridin kendisinden, yani volkanik etkinliğinden geliyor ve Afrika levhası ile Güney Amerika levhası adını verdiğimiz devasa kepenkli çalışma masalarının üzerinde zıt yönlere doğru kapılıp sürükleniyor. Renkli sayfalar 18 ve 19'da bulunan ve bu süreci anlatan resimlerdeki renklendirmeler, en genç için kırmızı olmak üzere kayaların yaşlarını belirtiyorlar. Orta-Atlantik şeridinin iki tarafındaki yaş profillerinin nasıl da güzel bir şekilde birbirinin yansıması gibi olduğunu görebilirsiniz.

Ne kadar harika bir hikaye! Hatta dahası var. Denizaltının laboratuarında işlemden geçirilirken, kaya örneklerinde hemen göze çarpmayan bir örüntü, dedektifin dikkatini çekiyor. Litosferin derinliklerinden çıkarılan kaya parçaları, pusula iğnesi gibi hafif manyetik özellik gösteriyor. Bu, iyi bilinen bir olgudur. Erimiş kayalar katılaştıkları anda

Dünya'nın manyetik alanı, ne tür bir püskürük kaya oluşuyorsa onun incecik kristallerinin kutuplaşması yoluyla kayaya işlenir. Kristaller, lav katılaştığı sırada hangi yönü gösteriyorlarsa o yönde kilitlenen minicik donmuş pusula iğneleri gibi davranırlar. Şimdi, Dünya'nın manyetik kutbunun sabit değil de, büyük olasılıkla gezegenin çekirdeğinde bulunan ergimiş demir ve nikel karışımlarının yavaş yavaş sızan akıntıları yüzünden hareketli olduğu uzun zamandır biliniyor. Şu anda dünyanın manyetik kuzeyi, Kuzey Kanada'daki Ellesmere Adası'nın yakınlarında yatıyor ama her zaman orada kalmayacak. Denizcilerin, manyetik bir pusula kullanarak gerçek kuzeyi belirlemek için bir düzeltme faktörüne bakmaları gerekir; bu düzeltme faktörü, gezegenin manyetik alanı dalgalandıkça yıldan yıla değişir.

Dedektifimiz kaya parçaları çıkarıldığı zaman onların tam olarak hangi açıda yattığını büyük bir özenle hesapladığı sürece, her bir parçadaki donmuş manyetik alan ona, kaya lavdan katılaştığı gün Dünya'nın manyetik alanının ne durumda olduğunu gösterecektir. Ve işte şimdi düğümün çözüldüğü an. İşe bakın ki, on veya yüz binlerce yıllık düzensiz zaman aralıkları boyunca, tahminen eriyik nikel/demir çekirdeğindeki büyük değişiklikler yüzünden, Dünya'nın manyetik alanı tamamen tersine döner. Daha önce manyetik kuzey olan yer, esas Güney Kutbu'nun yakınlarında bir yere atlar. Ve elbette, kayalar da derin denizlerin tabanında biriken lavdan katılaştıkları gün manyetik kuzeyin bu yeni konumuna uyarlanırlar. Kutuplaşma her birkaç on bin yılda tersine döndüğünden dolayı, kaya yatağı boyunca uzanan şeritler bir manyetometreyle saptanabilir: kaya örneklerinin manyetik alanlarının hepsinin tek bir yönü gösterdiği şeritlerle, tam tersi yöndeki manyetik alanın yönünü gösteren almaşık şeritler. Dedektifimiz bunları siyah beyaza boyar. Ve haritada parmak izi gibi görünen şeritlere baktığı zaman, hataya yer bırakmayan bir örüntüyü fark edecektir. Resimde renklendirilen şeritlerin kayaların tam yaşını belirtmesi gibi, orta-Atlantik şeridinin batı tarafındaki manyetik parmak izi şeritleri, doğusundaki şeritlerin aynadaki zarif yansımasıdır. Lav ilk katılaştığı anda kayanın manyetik kutuplaşması döşendikten sonra, manyetik kutbun sabit ve çok yavaş bir hızda, zıt yönlerde faydan dışarı doğru hareket ettirildiği koşulda tam da bekleyeceğiniz gibi. Bu kadar basit, sevgili Watson.[1]

Bölüm 1'deki terminolojiye dönecek olursak, Wegener'in kıtaların kayması hipotezinin bugünkü modern levha tektoniği teorisine dönüşmesi, henüz belirgin olmayan bir hipotezin evrensel olarak kabul edilen bir teorum ya da gerçek bir olgu şeklinde sağlamlaşmasının ders

1- Ne yazık ki Holmes hiçbir zaman böyle bir şey söylemedi (tıpkı Burns'un hiçbir zaman Auld Lang Syne'in "hatrına" yazmadığı gibi), fakat buradaki anıştırma yerini buluyor zira herkes onun bu sözü söylediğini sanıyor.

kitaplarına yaraşır bir örneğidir. Levha tektoniği hareketleri bu bölümde önemliydi çünkü onlar olmadan hayvanların ve bitkilerin dünyanın kıtalarına ve adalarına nasıl yayıldığını anlayamazdık. İki türün ayrışmasına sebep olan başlangıçtaki coğrafi engelden bahsettiğimde, akarsuyun akış yönünü değiştiren bir depremi ileri sürmüştüm. Ama orada aynı zamanda, bir kıtayı ikiye bölen ve üzerlerindeki hayvan ve bitki yolcularıyla bu devasa iki parçayı (kıtaların gemisini) zıt yönlere taşıyan levha tektoniği kuvvetlerinden de bahsedebilirdim.

Güney Amerika, Antarktika, Hindistan ve Avustralya'yla birlikte Madagaskar ve Afrika, bir zamanlar var olmuş büyük güney kıtası Gondwana'nın bir parçasıydı. Gondwana bizim algımızın ölçütlerinde meşakkatli bir yavaşlıkta (yaklaşık 165 milyon yıl önce) parçalanmaya başladı. Bu aşamada hala Doğu Gondwana olarak Hindistan'a, Avustralya'ya ve Antarktika'ya bağlı olan Madagaskar, Afrika'nın doğusundan uzaklaşmaya başladı. Yaklaşık aynı zamanda, Güney Amerika da Batı Afrika'dan diğer yönde ayrılmaya başladı. Doğu Gondwana nispeten daha sonra kendi kendine parçalanmaya başladı ve nihayet 90 milyon yıl önce Madagaskar, Hindistan'dan tamamen ayrı hale geldi. Eski Gondwana'nın her bir parçası, kendi hayvan ve bitki yükünü beraberinde götürdü. Madagaskar gerçek bir "gemi" gibiydi. Hindistan da bir başka gemiydi. Örneğin, devekuşlarının ve fil kuşlarının atalarının, Madagaskar ve Hindistan hala birleşikken bu karalarda ortaya çıkmış olma olasılığı var. Daha sonra ikiye ayrıldılar. Madagaskar adı verilen devasa salın üzerinde kalanlar fil kuşları olacak şekilde evrilirken, devekuşlarının ataları Hindistan gemisinde yelken açtılar ve sonunda (Hindistan Asya'yla çarpışıp Himalayaların yükselmesine sebep olduğunda) Asya anakarasında özgürlüklerine kavuştular, ki buradan da en nihayet bugün en önemli yerleşim yerleri olan Afrika'ya giden yolu buldular. Ne yazık ki, filkuşlarını artık görmüyoruz (ya da duymuyoruz, ki bu daha da üzücü çünkü eğer etrafta koşuştursalardı yeri hakikaten sallayabilirlerdi). En büyük devekuşlarından bile büyük olan bu Madagaskar devleri büyük olasılıkla, Denizci Sinbad'ın İkinci Seyahati'nde görülen efsanevi "rok"un çıkış noktası. Her ne kadar bir insan tarafından sürülebilecek kadar büyük olsa da, kanatları yoktu ve bu yüzden de Sinbad'ı iddia edildiği gibi havada taşımaları imkânsızdı.[1]

Artık sapasağlam oturmuş levha tektoniği teorisi sadece fosillerin ve canlıların dağılımı ile ilgili sayısız gerçeği açıklamakla kalmıyor, Dünya'nın son derece eski oluşuna dair daha çok kanıt sağlıyor. Bu durumda, bu teorinin yaradılışçıların başına ciddi şekilde bela olması ge-

1- Nitekim ölçeklendirmenin fizik yasaları, filkuşu kadar büyük kuşların, kanat uzunluğu ne kadar büyük olursa olsun, güç harcamalı ve kanat çırpmalı uçuşa hiçbir şekilde sahip olamayacaklarını garanti altına alıyor. Bunun sebebi şudur: bu kadar büyük kanatlara uçmak için güç verecek kasların o kadar büyük olması gerekir ki, bu kaslar kendi ağırlıklarını bile kaldıramaz.

rekir, en azından "genç Dünya" inancına sahip olan yaradılışçılara. Peki onlar bununla nasıl başa çıkıyorlar? Aslına bakarsanız oldukça acayip bir şekilde. Kıtaların kaydığını inkâr etmiyorlar, ama bunun yakın bir zamanda, Nuh Tufanı sırasında, çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştiğini düşünüyorlar.[1] Evrim gerçeği hakkında mevcut tonlarca ve çeşit çeşit kanıtı bariz bir mutlulukla hafife aldıkları için, sanırsınız ki aynı numarayı levha tektoniği konusundaki kanıtlar için de sergileyecekler. Ama hayır: çok garip bir şekilde, Güney Amerika'nın bir zamanlar Afrika'yla üst üste geldiği gerçeğini kabul ediyorlar. Bununla ilgili kanıtları inandırıcı buluyorlar. Oysa ki evrim gerçeğiyle ilgili kanıtlar bundan bile güçlü, fakat onları kaygısızca inkâr ediyorlar. Kanıt kelimesi onlar için o kadar az şey ifade ediyor ki, neden şu işi tam yapıp levha tektoniğini de hepten inkâr edivermiyolar diye insan meraka kapılıyor.

Jerry Coyne'nin *Evrim Neden Doğrudur* kitabı, coğrafi yayılımdan elde edilen kanıtları ustaca anlatıyor (türleşme hakkında yakın zamanda yazılan en yetkin kitabın en kıdemli yazarından tam da beklenildiği gibi). Coyne aynı zamanda, kanıtlar eğer Kitab-ı Mukaddes'ten *bildikleri* kesinlikle doğru olması gereken durumu desteklemiyorsa, yaradılışçıların kanıtları görmezden gelme tutkusu konusunda da taşı gediğine oturtuyor: "Evrim hakkındaki biyocoğrafi kanıtlar artık o kadar güçlü ki, bunları çürütmeye çalışan herhangi bir yaradılışçı kitap, makale ya da konuşma görmedim. Yaradılışçıların tek yaptığı şey ortada kanıt yokmuş gibi davranmak." Yaradılışçılar sanki, fosiller evrim hakkında olabilecek tek kanıtmış gibi davranıyorlar. Fosil kanıtları gerçekten de gayet kuvvetli. Darwin'in zamanından bugüne kamyon kamyon fosil bulundu ve bu kanıtların hepsi de evrimi ya etkin biçimde destekliyor ya da evrimle uyumlu. Daha etkileyici biçimde ifade edecek olursak, çoktan üstüne basarak anlattığım gibi, evrimle çelişen bir tane bile fosil yok. Bununla birlikte, fosil kanıtları ne kadar güçlü olursa olsun, elimizdeki en güçlü kanıtın fosiller olmadığının altını yeniden çizmek istiyorum. Eğer bir tanecik bile fosil bulunmamış olsaydı, yaşayan hayvanlardan edineceğimiz kanıtlar bile bize Darwin'in haklı olduğu sonucuna varmaktan başka çare bırakmazdı. Suç mahalline her şey olup bittikten sonra gelen dedektif, inkar edilmesi fosillerden bile daha zor olacak olan geride kalmış ipuçlarını toplayabilir. Bu bölümde, her biri çok uzun zaman dilimleri esnasında ortak atalardan evrilmiş kuzenler olduğu durumda hayvanların adalara ve kıtalara dağılımının nasıl da tam olarak beklediğimiz şekilde olduğunu gördük. Bir sonraki bölümdeyse günümüzde yaşayan hayvanları, çeşitli özelliklerin hayvanlar âlemindeki dağılımına bakarak ve özellikle de genetik dizilimlerini karşılaştırarak birbiriyle kıyaslayıp yine aynı sonuca varacağız.

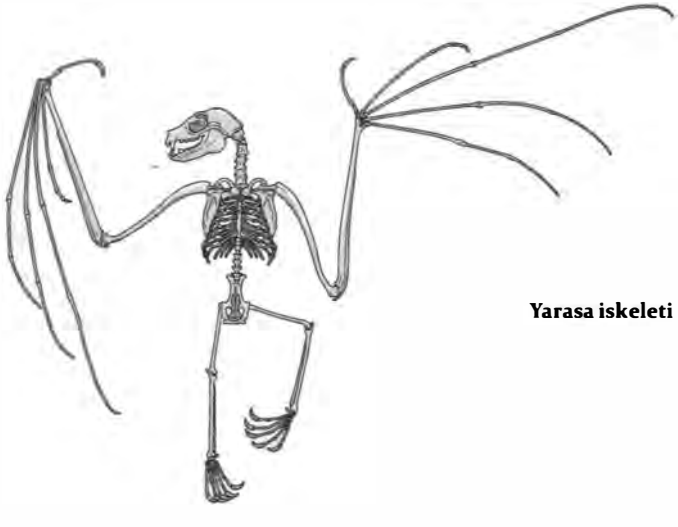
1- İnsanın bu tablo karşısında nutku tutuluyor: Güney Amerika ve Afrika'nın birbirinden, ardı ardına kırk gün boyunca bir insanın yüzebileceğinden de hızlı şekilde uzaklaşmaları.

BÖLÜM 10

KUZENLİK AĞACI

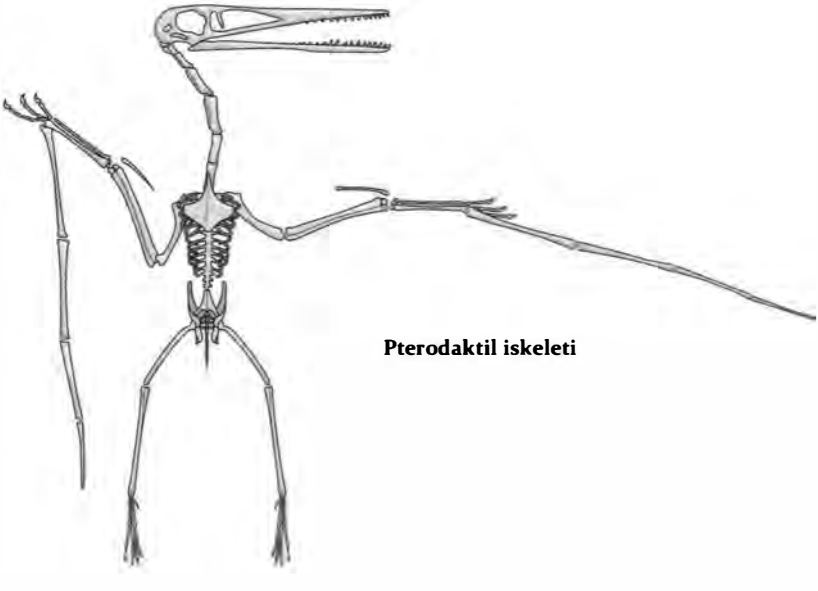
KEMİĞİ KEMİĞİNE

Memeli iskeleti ne muazzam bir şey. Öyle olduğunu düşünsem de, kendisinin ne kadar güzel olduğunu kastetmiyorum. "Tek bir" memeli iskeletinden bahsedebiliyor olmamız gerçeğini kastediyorum: böylesine karmaşık bir kenetlenme gösteren bu yapının nasıl da harika bir şekilde memelilerde (tüm kısımlarıyla) farklı, ama aynı zamanda açıkça aynı şey olduğu gerçeğini. Kendi iskeletimiz bir resim gerektirmeyecek kadar tanıdıktır, fakat aşağıdaki şu yarasa iskeletine bir bakın. Sizce de buradaki her kemiğin, insan iskeletinde tanımlanabilir bir karşılığının olması çok etkileyici değil mi? Tanımlanabilirdir, çünkü kemiklerin birbirine bağlanışları belli bir sıradadır. Sadece oranları farklıdır. Yarasanın elleri oldukça büyüktür (yarasanın toplam boyutuna oranla elbette) ama kimse bizim parmaklarımızla, kanatlardaki o uzun kemiklerin arasındaki benzerliği fark etmekte sorun yaşamayacaktır. İnsan eli ve yarasa kanadı açıkça (aklı başında hiçbir kimsenin inkâr edemeyeceği şekilde) aynı şeyin iki farklı versiyonudur. Bu tip bir benzerlik için kullanılan teknik terim "kökendeşlik (homoloji)"dir. Yarasanın uçmaya yarayan kanadı ve bizim kavrayan ellerimiz "kökendeştirler" (homologturlar). Paylaşılan ortak atanın elleri (ve iskeletin geri kalanı) alınmış, farklı nesiller boyunca, kısım kısım, farklı yönlerde ve miktarlarda çekilerek ya da sıkıştırılarak aktarılmıştır.



Yarasa iskeleti

Aynı şey (gerçi yine farklı oranlarda) pterodaktilin (bu bir memeli değildir ama aynı prensip yine geçerlidir, ki bu durum prensibi daha da etkileyici kılar) kanatları için de geçerlidir. Bu pterodaktilin kanat zarı büyük ölçüde, bizim "küçük" parmak ya da "serçe" parmak olarak isimlendireceğimiz, tek bir parmak tarafından taşınmaktadır. İtiraf ediyorum bu kadar büyük bir ağırlığın, insanlarda oldukça kırılgan görünen beşinci parmak tarafından taşınıyor olması, bende kökendeşlik esinli bir nevroza neden oluyor. Ama tabii ki bu aptalca, çünkü bir preodaktilin beşinci parmağı, "küçük" olmak bir yana, muhtemelen ona, kollarımızın bize geldiği kadar dayanıklı ve güçlü geliyordur. Bu da bizi bir kez daha varmak istediğim noktaya getiriyor. Beşinci parmak kanat zarını taşıyacak şekilde değişmiştir. Tüm detaylar farklılaşmıştır fakat o hala iskeletin diğer kemikleriyle olan uzamsal ilişkisi dolayısıyla, ayırt edilebilecek kadar beşinci parmaktır. Bu uzun, dayanıklı, kanat destekleyici gergi, bizim küçük parmağımızla "kökendeş"tir. "Küçük parmak" kelimesi pterodaktil için "sağlıklı koca bir gergi" anlamına gelmektedir.

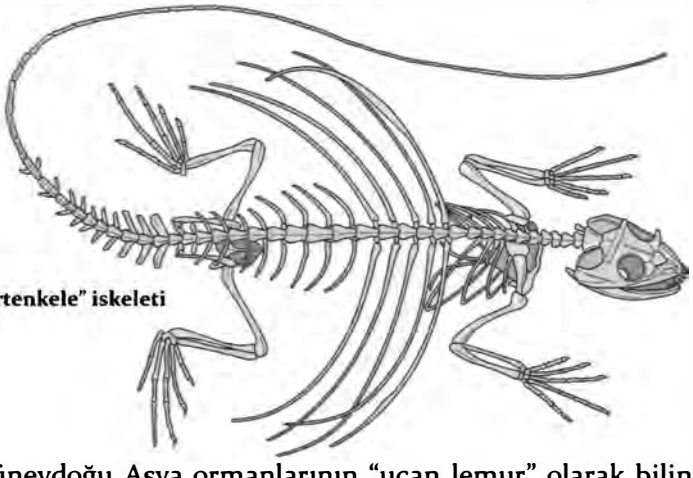


Pterodaktil iskeleti

Gerçek uçuculara (kuşlar, yarasalar, pterozorlar ve böceklere) ek olarak pek çok başka hayvan havada süzülür: bu bize gerçek uçuşun kökenleri hakkında ipucu verebilecek bir alışkanlıktır. Bunlar, iskelet desteğine ihtiyaç duyan süzülme zarlarına sahiptirler ama bu, yarasa ve pterozorların kanatlarında olduğu gibi parmak kemiklerinden gelmek zorunda değildir. Uçan sincaplar (kemirgenlerin iki bağımsız grubu),

ve uçan keseli sincaplar (aynı uçan sincaplar gibi görünen ama onlarla yakın akraba olmayan Avustralya keselileri) kol ve bacakları arasında deriden bir zar uzatırlar. Parmakların teker teker büyük bir yükü taşıyabilmesine gerek yoktur, bu nedenle hiç biri fazlaca büyümemiştir. Ben, küçük parmak nevrozumla, bir pterodaktil olmaktansa uçan bir sincap olarak daha mutlu olurdum, çünkü kolların ve bacakların yükün tamamını taşıma işini paylaşarak yapıyor olması bana "doğru" geliyor.

Şimdi de burada uçan kertenkele olarak adlandırılan diğer bir zarif orman süzülücüsünün iskeletini görüyoruz. "Kanat"ları (uçuş zarlarını) taşımak üzere değiştirilen yerin parmaklar veya kol ve bacaklar değil, kaburgalar olduğunu hemen görebilirsiniz. Bir kez daha, iskeletin bir bütün olarak diğer omurgalı iskeletleriyle taşıdığı benzerlikler apaçıktır. Tek tek, her birinin, bir insan veya yarasa veya pterozor iskeletindeki karşılıklarını belirleyerek, tüm kemiklerin üzerinden geçebilirsiniz.



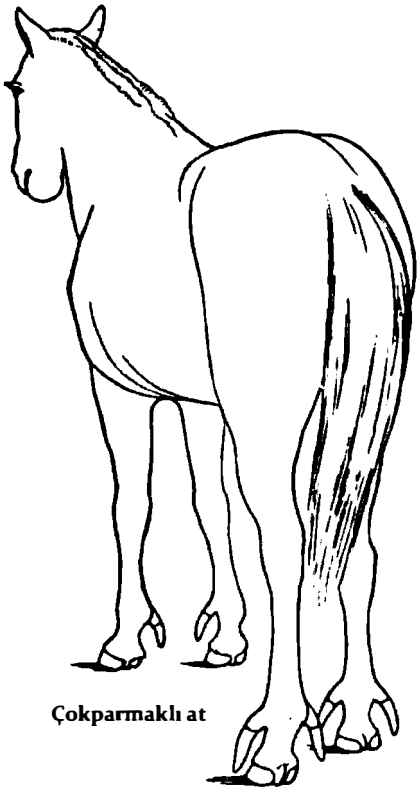
"Uçan kertenkele" iskeleti

Güneydoğu Asya ormanlarının "uçan lemur" olarak bilinen canlısı, kollar ve bacaklara ek olarak kuyruğun da uçuş zarına destek bir yapı olarak katılması dışında, uçan sincaplara ve uçan keseli sincaplara benzer. Ben daha kuyruk sahibi olmanın nasıl bir şey olduğunu bile tasavvur edemediğim için bu bana pek doğru gelmiyor (her ne kadar biz insanlar aslında derimizin altında gömülü körelmiş bir kuyruğa yani kuyruk sokumu kemiğine sahip "kuyruksuz" maymunsular olsak da). Neredeyse kuyruksuz bir maymunsu olarak, kuyruğu tüm omurgasına hükmeden bir örümcek maymun olmanın nasıl bir şey olduğunu anlamamız oldukça zor. Renkli sayfalar 23 ve 24'deki resimdeki kuyruğun, zaten uzun olan kol ve bacaklardan ne kadar daha uzun olduğuna bir bakın. Pek çok Yeni Dünya maymununda olduğu gibi (aslına bakarsanız oldukça merak uyandırıcı ve açıklaması zor bir durum olarak pek

çok Yeni Dünya memelisinde) örümcek maymunun kuyruğu kavrayıcı bir özelliğe sahiptir ve (gerçek bir el ile kökendeş olmasa da) neredeyse ekstra bir el gibidir ve parmakları yoktur. Gerçekten de örümcek maymunun kuyruğu, fazladan bir bacak ya da kol gibi görünür.

Mesajı tekrar etmeme muhtemelen gerek yok. Altta yatan iskelet, diğer herhangi bir memelinin kuyruğundakiyle aynıdır ancak başka bir iş yapmak üzere değişmiştir. Tamam, kuyruğun kendisi tam olarak aynı olmayabilir: örümcek maymunun kuyruğunda ekstra omurlar için yer vardır, ama omurların her biri ayırt edilebilir bir şekilde, bizim kuyruksokumumuz da dâhil olmak üzere, herhangi diğer bir kuyruktaki bir omurla aynı türden bir şeydir. Her birinde neşeyle asılı kalabileceğiniz beş tane kavrayan "el"e (her bacak ve kolda birer tane ve bir de kuyruk) sahip bir maymun olmanın nasıl bir şey olduğunu hayal edebiliyor musunuz? Ben edemiyorum. Ama örümcek maymunun kuyruğunun benim kuyruksokumu kemiğimle kökendeş olduğunu biliyorum, tıpkı pterodaktilin aşırı derecede uzun ve güçlü kanat kemiğinin, benim serçe parmağımla kökendeş olduğu gibi.

İşte şaşırtıcı bir gerçek daha. Bir atın toynağı, el (ya da ayak) orta parmağınızın tırnağı ile kökendeştir. Bizim parmak ucu dediğimizde kastettiğimizden farklı olarak, atlar, gerçek manada parmaklarının uçlarında yürürler. Diğer tüm parmaklarını neredeyse tamamen kaybetmişlerdir. Bizim işaret ve yüzük parmaklarımızın ve bunların arka ayak muadillerinin atlardaki kökendeşleri, incik kemiğine bağlı minik çıkıntı kemikler şeklinde varlıklarını devam ettirirler ve dışarıdan görünmezler. İncik kemiği, elimize (ya da ayağımıza) gömülü bulunan tarak kemiğinin orta kısmıyla kökendeştir. Atın tüm ağırlığı (Shire ve Clydesdale atlarında azımsanmayacak bir ağırlık) orta parmakları tarafından taşınır. Örneğin orta parmaklarımızla veya yarasalarınkilerle olan kökendeşlikler tamamen belirgindir. Kimse bunların doğruluğundan şüphe ede-



Çokparmaklı at

mez; ve adeta bahsedilen noktayı vurgulamak istercesine, bazen her bacağında üç parmak olan ucube atlar doğar, ortadaki normal "ayak" olarak görev yaparken yanlardaki ikisinin minyatür toynakları olur.

Bunun, uçsuz bucaksız zaman zarflarında değiştirilmiş her bir formun, orijinalin izlerini açıkça taşıyacak şekilde neredeyse sınırsız değişikliğe uğraması fikrinin ne kadar güzel olduğunu görebiliyor musunuz? Hiç bir modern hayvanla akrabalığı bulunmayan ve neredeyse aynı bacak ve toynaklara sahip olmaları dışında atlardan oldukça farklı olan Güney Amerika'nın soyu tükenmiş otçulları litopternlerle gurur duyuyorum. (Kuzey Amerika'daki[1]) atların ve (Panama kıstağı henüz uzak bir gelecekte iken devasa bir ada olan Güney Amerika'daki) litopternlerin orta parmakları dışındaki tüm parmaklarının küçülmesi ve bunların uçlarında özdeş toynakların belirmesi, birbirlerinden bağımsız olarak tamamen aynı şekilde evrilmiştir. Muhtemelen otçul bir memelinin hızlı bir koşucu olması için pek fazla seçenek yoktur. Atlar ve litopternler aynı yolu (ortadaki hariç diğer tüm parmakları küçültmek) "keşfetmiş" ve aynı şekilde sonuçlandırmışlardır. İnekler ve antiloplar diğer bir çözüme ulaşmışlardır: iki tanesi hariç tüm parmakları küçültmek.

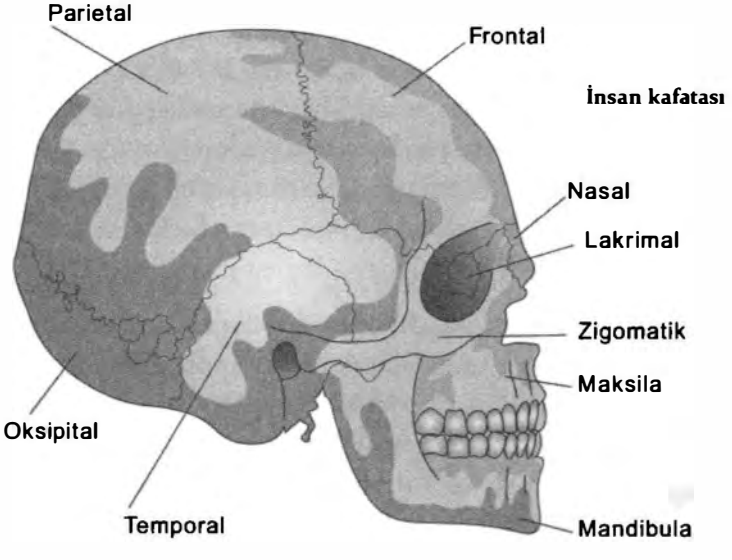
Takip eden açıklama kulağa çelişkili geliyor ama ne kadar mantıklı olduğunu ve bir gözlem olarak ne kadar önemli olduğunu görebilirsiniz. Tüm memelilerin iskeletleri özdeştir ama bireysel olarak kemikleri farklıdır. Bu paradoksun çözümü benim "iskelet" kelimesini, kemiklerin sıralı bir halde birbirlerine tutunup bir araya gelerek oluşturduğu yapı anlamında kullanmamda gizli. Bu görüşe göre teker teker kemiklerin şekilleri, "iskelet"in özellikleri değildir. Bu özel manada "iskelet", kemiklerin şekilleriyle ilgilenmez, sadece onların birbirlerine bağlanış sıralarıyla ilgilenir: Zülkifl'ün sözlerinde olduğu gibi "kemiği kemiğine" ve daha da canlı bir şekilde dile getirmek gerekirse:

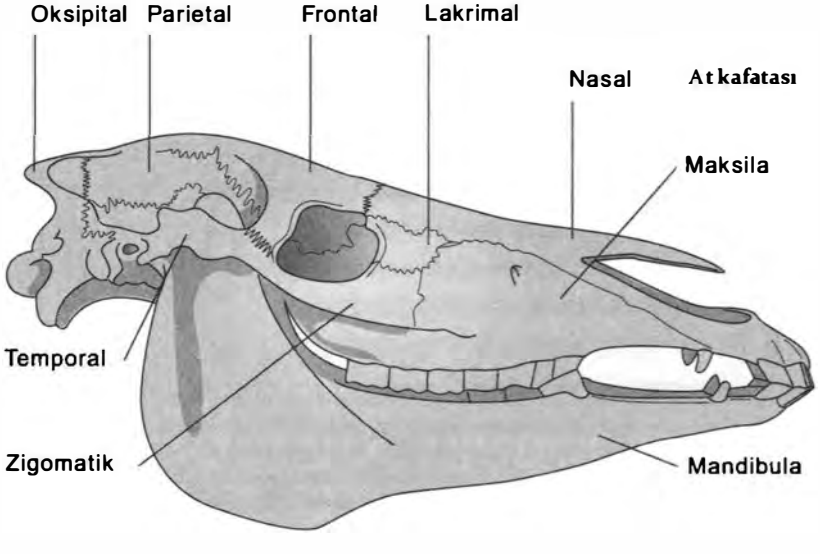
Senin ayak parmağı kemiğin ayak kemiğine bağlı
Senin ayak kemiğin bilek kemiğine bağlı
Senin bilek kemiğin bacak kemiğine bağlı
Senin bacak kemiğin diz kemiğine bağlı
Senin diz kemiğin uyluk kemiğine bağlı

1- Atların Kuzey Amerika'da evrilmiş olduklarını duyunca şaşırmış olabilirsiniz, çünkü Avrupalı işgalcilerin Amerika'ya ilk geldiklerinde at üzerindeki görünüşlerinin yerlileri hayrete düşürdüğü yaygın olarak bilinir. At evriminin büyük bir kısmı gerçekten de Amerika'da gerçekleşmiştir. Atlar daha sonra, Amerika'da soyları tükenmeden (yerbilimsel standartlara göre) kısa bir süre önce dünyanın geri kalanına yayılmışlardır. Onlar Amerikalı hayvanlardır ve insanlar tarafından Amerika'ya yeniden tanıtılmışlardır.

Senin uyluk kemiğin kalça kemiğine bağlı
Senin kalça kemiğin sırt kemiğine bağlı
Senin sırt kemiğin omuz kemiğine bağlı
Senin omuz kemiğin senin boyun kemiğine bağlı
Senin boyun kemiğin kafa kemiğine bağlı
Diye duydum Tanrının kelimelerini!

Buradaki asıl nokta bu şarkının gerçek anlamda tüm memeliler için, hatta tüm kara omurgalıları için (ve aslında bu sözlerin öngördüğünden çok daha detaylı şekilde) geçerli olduğudur. Örneğin sizin "kafa kemiğiniz", veya kafatasınız, önemli bir oynar eklemli kemik (alt



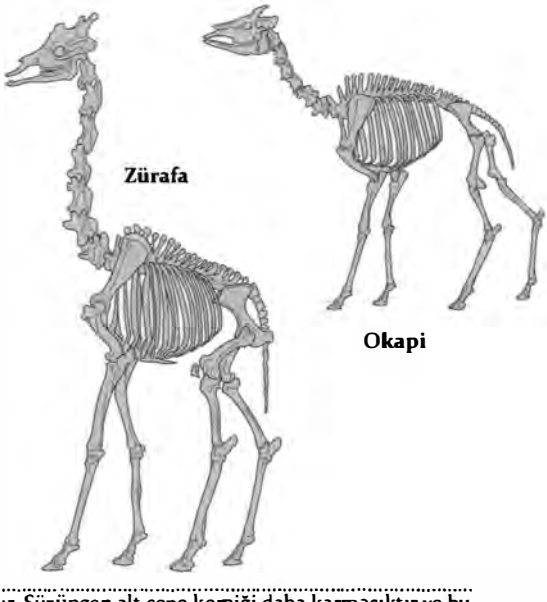


çene kemiği[1]) dışında, çoğu oynamaz "eklemlerle" birbirine bağlı yirmi sekiz kemik içerir ve asıl harika olan şey, kıyıda köşede bulabileceğiniz birkaç istisna kemik dışında, açıkça aynı isimlerle etiketlendirilebilecek olan yirmi sekiz kemiklik aynı kümenin tüm memelilerde bulunmasıdır.

> Senin boyun kemiğin oksipital kemiğine bağlıdır
> Senin oksiputun parietal kemiğine bağlıdır
> Senin parietal kemiğin frontal kemiğine bağlıdır
> Senin frontal kemiğin nasal kemiğine bağlıdır
> ...
> Senin 27. Kemiğin 28. Kemiğine bağlıdır...

Tüm bunlar, belirli kemiklerin şekillerinin memelilerde gösterdiği köklü değişimlerden bağımsız olarak tamamen aynıdır.

Tüm bunlardan ne sonuç çıkarıyoruz? Burada kendimizi modern hayvanlarla sınırlamış olduk. Bu nedenle evrimi iş başında göremiyoruz. Bizler olay mahalline sonradan gelen dedektifleriz. Ve modern hayvanların iskeletlerinde gördüğümüz benzerlik örüntüleri, tamamen onların ortak bir atadan gelmeleri halinde bekleyeceğimiz örüntülerdir. Atasal iskelet çağlar boyunca kademeli olarak değişmiştir. Bazı hayvan çiftleri, örneğin zürafalar ve okapiler, daha yakın bir ortak ataya sahiptirler. Her ikisi de modern hayvanlar olduklarından, bir zürafayı dikey olarak çekilip uzatılmış bir okapi olarak tanımlamak çok doğru değildir. Fakat bu ikisinin sahip oldukları ortak atanın zürafadan çok bir okapiyi andırmakta olduğu iyi bir tahmindir (bu tahmin fosil kanıtlarıyla da desteklenmektedir fakat bu



1- Memelilerde tek bir kemik olarak bulunur. Sürüngen alt çene kemiği daha karmaşıktır ve bu sebeple, istemeyerek de olsa, bu kitaptan çıkarmak zorunda kaldığım büyüleyici bir hikâyeyi barındırır (her zaman her istediğinizi alamazsınız). Evrimsel el çabukluğunun şaşırtıcı marifetiyle, sürüngen alt çene kemiğinin daha küçük olan kemikleri, kulak zarıyla iç kulak arasında zarifçe hassas bir köprü inşa ettikleri memeli kulağına özümsenmişlerdir.

bölümde fosillerden bahsetmiyoruz). Benzer şekilde impalalar ve gnular (Afrika antilopları) birbirlerinin yakın ve zürafa ile okapilerin biraz daha uzaktan kuzenleridir. Bu dördü de (birbirlerinin ve aynı zamanda pekarilerin kuzeni olan) çiftlik ve yaban domuzları gibi çift toynaklı olan diğer hayvanların daha uzaktan kuzenleridirler. Tüm çift toynaklı hayvanlar ise (çift toynaklı olmayan ve birbirine yakın kuzenler olan) at ve zebraların daha da uzak kuzenleridirler. Kuzen çiftlerini gruplayarak, kuzen gruplarını gruplayarak, (kuzen gruplarının (gruplarını (gruplayarak))) parantez içine ala ala bu şekilde istediğimiz kadar gidebiliriz. Parantezleri kullanmaya otomatikman başladım ve sizler bunların ne anlama geldiklerini çok iyi biliyorsunuz. Takip eden satırdaki parantezlerin anlamını hemencecik anlamışsınızdır çünkü siz zaten kuzenlerin ortak bir büyükanne ve büyükbabaya sahip olduklarını, ikinci dereceden kuzenlerin ise ortak büyük-büyük anne ve babaya sahip olduklarını biliyorsunuz:

{(kurt tilki)(aslan leopar)}{(zürafa okapi)(impala gnu)}

Her şey dallanan basit bir atasallık ağacını yani aile ağacını işaret ediyor.

Benzerlikler ağacının gerçekten de bir aile ağacı olduğunu ima ettim ama gerçekten bu sonuca varmak zorunda mıydık? Duruma başka açıklamalar da getirilebilir miydi? Eh, güç bela belki! Benzerliklerdeki hiyerarşik örüntülerin farkına, Darwin öncesi zamanlarda yaradılışçılar tarafından varılmıştı ve onların evrimsel olmayan bir açıklaması vardı: utanç verici derecede zoraki bir açıklama. Onlara göre benzerliklerdeki bu örüntü, tasarımcının aklındaki temaları yansıtmaktaydı. Hayvanları nasıl yapacağına dair yaratıcının çeşitli fikirleri vardı. Düşünceleri bir memeli temasını işlerken, daha sonra bundan bağımsız olarak böcek temasını işlemişti. Memeli teması dâhilinde, tasarımcının fikirleri muntazam ve hiyerarşik bir şekilde alt-temalara (örneğin çift toynaklı temasına) ve alt-alt-temalara (örneğin domuz temasına) bölünmüştü. Bu açıklamada güçlü bir özel muamele talebi ve hayalperestlik unsuru var ve bu nedenle günümüzde yaradılışçılar buna nadiren başvuruyorlar. Aslında, bir önceki bölümde bahsettiğimiz coğrafi dağılımın getirdiği kanıtlarda olduğu gibi, karşılaştırmalı kanıtları nadiren tartışmaya kalkıyorlar. Daha çok, ayaklarının yere sağlam bastığı bir alan olduğunu düşünmelerinin (hatalı bir şekilde) öğretildiği fosillere takmayı yeğliyorlar.

ÖDÜNÇ ALMAK YOK

"Temalara" sıkı sıkıya bağlı bir yaratıcı fikrinin ne kadar garip olduğunu vurgulamak adına şunu düşünelim: makul bir tasarımcı insan, eğer diğer bir üretimine yarar sağlayacaksa, önceki buluşlarından fikir ödünç almaktan oldukça mutlu olur. Belki de tren tasarımı "temasından" farklı olarak, bir uçak tasarımı "teması" vardır. Ama uçağın bir bileşeni, örneğin koltukların üzerindeki okuma ışıkları için gelişmiş bir tasarım, pekala trenlerde kullanılmak üzere ödünç alınabilir. Eğer ikisi de aynı amaç için kullanılacaksa neden alınmasın ki? Motorlu arabalar ilk icat edildiğinde kullanılan "atsız taşıma" bize arabaların icat edilmesindeki ilhamın bir kısmının nereden geldiğini söylüyor. Ama at ile sürülen araçların direksiyona ihtiyacı yoktur (atları yönlendirmek için dizginleri kullanırsınız) yani direksiyonun başka bir kaynağı olmalıdır. Onun nerden geldiğini bilmiyorum ama tamamen farklı bir teknolojiden yani teknelerden geldiğinden şüpheleniyorum. On dokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru tanıştığımız direksiyonlar onları yürürlükten kaldırmadan önce, arabaların orijinal yönlendirme aygıtları (keza teknelerden ödünç alınmış olan) dümenlerdi, ancak dümenler aracın arkasından önüne taşınmışlardı.

Eğer tüyler kuş "teması" için iyi bir fikir idiyse, uçsun uçmasın tüm kuşlar tüye sahipken, neden gerçek manada hiçbir memelinin tüyleri yoktur? Neden tasarımcı bu dahice buluşu, tüyü, en azından bir yarasa türünde kullanmak için ödünç almadı? Evrimcinin açıklaması nettir. Tüm kuşlar tüylerini, paylaştıkları tüylü bir ortak atadan ödünç almışlardır. Hiçbir memeli o atanın soyundan gelmemiştir. Olay bu kadar basittir[1]. Benzerlikler ağacı bir aile ağacıdır. Yaşam ağacının her dalı için, her alt-dalı için, her alt-alt-dalı için hikâye aynıdır.

Şimdi ilginç bir noktaya vardık. Yüzeysel olarak bakıldığında, fikirlerin, ağacın bir kısmından "ödünç alınıp" diğer kısmına aşılanması gibi duran bol miktarda güzel örnek vardır. Küçük bir balina olan yunus, yüzeysel olarak pek çok büyük balıktan farksız gibi durur. Hatta bu balıklardan biri olan doradonun (Corypæna hippuris) zaman zaman "yunus" olarak bile adlandırıldığı olur. Doradolar ve gerçek yunuslar, deniz yüzeyinin yakınlarındaki hızlı avcılar olarak benzer

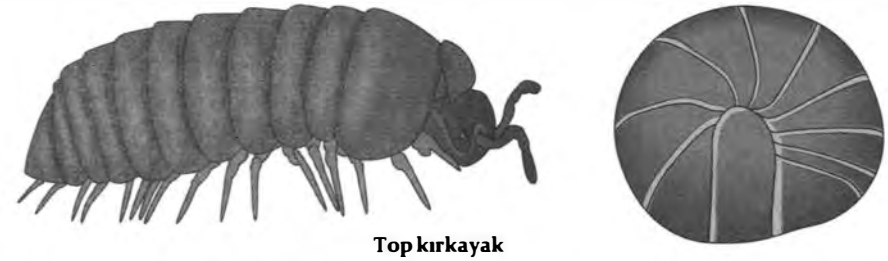
1- Okurlarımın, yarasaların kuş olduğunu düşünen Levililer (Eski Ahit'in üçüncü kitabı) yazar(lar)ından daha bilgili olduğunu farz ediyorum. 11. Bölümün 13-19 mısralarında, kartalla başlayan ve "leylek, balıkçıl ve kızkuşu ve de yarasa" ile biten, uzun bir nefret edilen kuşlar listesi var. Hayvanları tiksinç olarak kınamanın neden gerekli olduğu ayrı bir soru. Bu pek çok dinde yaygın olarak görülen bir uygulamadır.

yaşam tarzlarına uyum sağladıkları için aynı aerodinamik şekle sahiptirler. Ama yüzme yöntemleri yüzeysel olarak benzer olsa da, detaylara bakarsanız hemen göreceğiniz gibi birbirlerinden ödünç alınmış değildir. Her ne kadar ikisi de hızlarını kuyruklarından alsalar da, dorado tüm balıklar gibi kuyruğunu sağa sola sallar. Ama gerçek yunus kuyruğunu aşağı ve yukarı sallayarak memeli geçmişini açığa vurur. Atasal balık omurgalarında nesiller boyunca ilerleyen yanlara doğru yapılan salınım hareketi, neredeyse karada "yüzdüklerini" söyleyebileceğimiz kertenkele ve yılanlara miras kalmıştır. Bunu dörtnala giden bir at veya çitayla karşılaştırabilirsiniz. Hız, balık ve yılanlarda olduğu gibi, omurganın kıvrılmasından gelmektedir; ama memelilerde omurga aşağı ve yukarı eğilir, sağa sola değil. Geçişin memelilerin atalarında nasıl gerçekleştiği ilginç bir sorudur. Belki de, tıpkı bir kurbağada olduğu gibi, hiç bir tarafa bükülmeyen bir omurgaya sahip olunan bir ara aşama olmuştu. Diğer bir yandan timsahlar, sürüngenlere özgü kertenkele benzeri koşma tarzlarına ek olarak (korkutucu bir hızla) *dörtnala koşabilirler. Memelilerin ataları timsah gibi bir şey değildi* ama belki de timsahlar bize aradaki bir atanın iki koşu tarzını nasıl birleştirebileceğini gösteriyorlardır.

Her neyse, şüphesiz ki balina ve yunusların ataları, kırlarda, tundralarda veya çöllerde omurganın yukarı aşağı esnemesiyle dörtnala koşturan kara memelileriydi. Ve denize geri döndüklerinde atalarından kalan yukarı aşağı omurga hareketini yapmayı sürdürdüler. Eğer yılanlar karada "yüzüyor" dersek, yunuslar da denizde "dörtnala" gidiyorlar! Bu nedenle yunusun kuyruğu doradonun çatallı kuyruğuna yüzeysel olarak benziyor olsa da, doradonun kuyruk kanatçıkları dikey düzlemde hizalanmışken, yunuslarda yatay olarak konumlanmıştır. Yunusların geçmişinin, onların her yerlerine yazılmış olduğu sayısız başka durum var ve ben de bunlara, o başlığın altındaki bölümde geri döneceğim.

Yüzeysel benzerlikler bazen çok fazla olabilir ve "ödünç alma" hipotezini reddetmenin oldukça zor olduğu böyle pek çok örnek vardır ama biraz yakından inceleyince reddetmemiz gerektiğini görürüz. Hayvanlar bazen birbirlerine o kadar benzerler ki mutlaka akraba olmaları gerektiğini düşünürsünüz. Ama sonradan bedenin tamamına baktığınızda, farklılıkların oldukça etkileyici olan benzerliklerden sayıca üstün olduğu ortaya çıkar. "Top böcekleri", armadillolar gibi kendilerini korumak için kıvrılıp top halini alan çok bacaklı tanıdık

yaratıklardır. Aslında belki de onların Latince isimlerinin kökeni budur, Armadillidium. Bu, "top böcekleri"nin bir çeşidinin (ki bir kabukludur), karideslerle akraba olan ama nemli tutulması gereken solungaçlarla soluyarak sucul geçmişini açığa vurduğu, karada yaşayan tespih böceğinin adıdır. Ama bu hikâyenin asıl önemli noktası şudur ki, tamamen farklı bir "top böceği" türü olan ama kesinlikle kabuklu olmayan bir kırkayaklı vardır. Onları top haline gelmiş halde görürseniz, nerdeyse aynı olduklarını düşünürsünüz. Ama biri değişim geçirmiş bir tespih böceğiyken, diğeri (aynı yönde değişmiş) bir kırkayaktır.



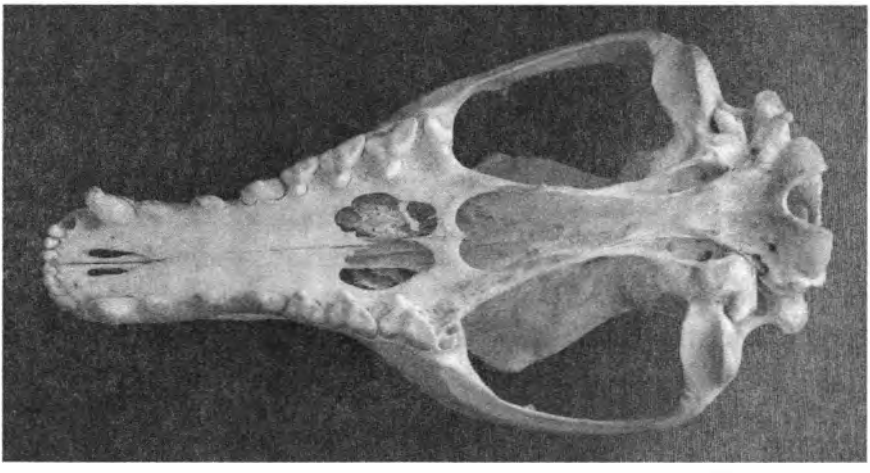
Top kırkayak



Tespih böceği

Eğer onları normal hallerine getirip dikkatlice bakarsanız, derhal en az bir önemli farkı görürsünüz. Top kırkayağın her bölütünde iki çift ayak bulunurken tespih böceğinde sadece bir çift bulunur. Tüm bu sonsuz değişim sizce de güzel değil mi? Daha detaylı bir incelemeyle görürüz ki top kırkayak gerçekten de yüzlerce açıdan geleneksel bir kırkayağa daha çok benzemektedir. Tespih böceğine olan benzerliği yüzeyseldir yani yakınsaktır.

Uzman olmayan neredeyse tüm hayvan bilimciler bir sonraki sayfada bulunan kafatasının bir köpeğe ait olduğunu söyleyecektir. Uzman ise, damaktaki iki belirgin deliği görünce bunun bir köpek kafatası olmadığını söyleyecektir. Bunlar günümüzde çoğunlukla Avustralya'da yaşayan çok büyük bir memeli grubu olan keselilerin karakteristik izleridir. Aslında bu kafatası "Tazmanya kurdu" olarak bilinen Thylacinus'a aittir. Tazmanya kurdu ve gerçek köpekler (ör-



Thylacinus "keseli kurdunun" ya da "Tazmanya kurdunun" kafatası

neğin Avustralya ve Tazmanya'da Tazmanya kurtlarıyla sürekli didişen dingolar) çok benzer bir kafatası yapısına yakınsamışlardır çünkü benzer bir yaşam tarzları bulunmaktadır (bulunmaktaydı, heyhat, şanssız Tazmanya kurdu).

Avustralya'nın görkemli keseli memeli faunasından, hayvanların coğrafi dağılımlarından bahsettiğim bölümde söz etmiştim. Bu bölümle alakalı nokta ise, keseli memeliler ile dünyanın geri kalanına egemen olan çok çeşitli "plasentalı" (başka bir ifadeyle keseli olmayan) memeliler arasındaki tekrarlanan yakınsamalardır. Yüzeysel özelliklerinde bile aynı olmaktan çok uzak olsalar da, çizimdeki her keseli, plasentalı muadiline (yani aynı "zanaatle" uğraşmaya en çok yaklaşan plasentalıya) bizi etkilemeye yetecek kadar benzerdir ama bir yaratıcının "ödünç almış" olduğunu önermeye yetecek kadar benzer değildir.

Genlerin, gen havuzundaki eşeye bağlı karışımı bir çeşit ödünç alma ya da genetik "fikirler"in paylaşımı olarak düşünülebilir ama eşeye bağlı yeniden birleşim tek bir tür içinde sınırlıdır ve bu nedenle keseli ve plasentalı memeliler gibi, türler arası karşılaştırmalarla ilgili bu bölümle alakasız bir konudur. İlginç bir şekilde, üst-düzey DNA ödünç alma olayı bakteriler arasında oldukça yaygındır. Zaman zaman eşeyli üremenin öncüsü olarak anılan bir süreçle, bakteriler DNA "fikirlerini" gelişigüzel bir şekilde değiş tokuş ederler (birbirleriyle oldukça uzaktan akraba olan soylar bile). Gerçekten de "fikirleri ödünç alma", bakterilerin antibiyotik direnci gibi yararlı "numaraları" edinmek için kullandığı ana yollardan birisidir.

Plasentalılar ***Keseliler***

Karıncayiyen





Numbat

Uçan sincap





Uçan keseli sincap

Köstebek





Keseli köstebek

Fare





Keseli fare

Oselot



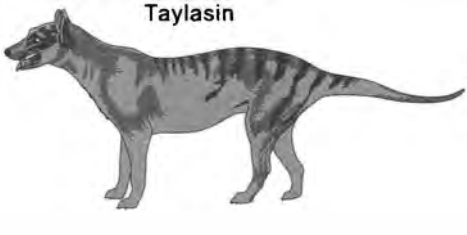
Keseli sansar



Kurt



Taylasin



Plasentalılar ve muadilleri olan keselilere örnekler

Bu olgu genellikle talihsiz bir isim olan "dönüşüm" ile adlandırılır. Bunun sebebi, bu olgu 1928'de Frederick Griffith tarafından keşfedildiğinde kimsenin DNA'yı anlamıyor olmasıdır. Griffith'in bulduğu şey, viral olmayan Streptococcus soyunun, tamamen farklı bir soydan, o viral soy ölü bile olsa virallik özelliğini alabiliyor olmasıydı. Günümüzde bu durumu açıklarken viral olmayan soyun, kendi genomuna, ölü viral soydan (DNA "ölü" olup olmamakla ilgilenmez, o sadece kodlanmış bilgidir) bazı DNA parçaları aldığını söylerdik. Bu bölümün dilinde konuşmak gerekirse, viral olmayan soy, viral soydan genetik bir "fikri" "ödünç almıştır". Elbette, diğer bir bakteriden gen ödünç alan bir bakteri, kendi oluşturduğu bir "tema"dan kendi fikirlerini ödünç alıp başka bir temada yeniden kullanan bir tasarımcıdan oldukça farklıdır. Yine de durum ilginç, çünkü eğer bu davranış hayvanlarda da bakterilerde olduğu kadar yaygın olsaydı, "ödünç alan tasarımcı" hipotezini çürütmek zorlaşırdı. Ya kuşlar ve yarasalar bu açıdan bakteriler gibi davransalardı? Ya kuş genomu, örneğin bakteriyel veya viral bir enfeksiyonla, yığınlar halinde transfer olup yarasanın genomuna yerleşebilseydi? Belki de bazı yarasa türleri, tüy kodlayan DNA bilgisinin, bilgisayarlardaki "Kopyala ve Yapıştır"ın genetik bir versiyonuyla ödünç alınmasıyla bir anda tüylenmeye başlarlardı.

Hayvanlarda, bakteriden farklı olarak, gen transferi neredeyse tamamen tür içindeki eş meclisi ile sınırlıdır. Hatta bir tür gayet de, kendi aralarında gen transferi yapan hayvanlar kümesi olarak tanımlanabilir. Bir türün iki popülasyonu bir kez birbirlerinden eşeysel olarak gen alışverişinde bulunamayacak kadar uzak kalıp farklılaştıklarında (genellikle Bölüm 9'da gördüğümüz gibi coğrafi bir ayrımın zorlamasıyla başlayan bir dönemin ardından), onları farklı iki tür olarak adlandırmaya başlarız ve bu iki tür bir daha asla (genetik mühendislerinin müdahalesi dışında) gen alışverişinde bulunamazlar. Oxford'da genetik profesörü meslektaşım Jonathan Hodgkin, gen transferinin tür içiyle sınırlı kalma kuralını bozan sadece üç tane istisna biliyor: iplik kurtları, meyve sinekleri ve (daha büyük bir biçimde) reçine çokhücrelileri. Bu son grup özellikle ilginçtir çünkü ökaryotlar içinde cinsiyeti olmayan yegâne canlılardır. Acaba cinselliği



Reçine çokhücrelisi

bir kenara atmalarının sebebi, bakterilerin gen değiş tokuşu yöntemlerine geri dönmeleri olabilir mi? Bitkilerde, karşılıklı türler arası gen alışverişi daha yaygın gibi görünmektedir. Parazitik küsküt otu (Cuscuta) etrafına sarıldığı ev sahibi bitkilere genlerini bağışlar.[1]

Genetiği değiştirilmiş gıdalar konusunda henüz kararımı vermiş değilim: tarımdaki potansiyel faydaları ile ihtiyatlı içgüdülerim arasında gidip geliyorum. Ancak daha önce duymamış olduğum bir argüman burada kısaca değinilmeyi hak ediyor. Günümüzde, atalarımızın hayvan türlerini yabancı topraklara sırf eğlence olsun diye taşımasına lanet ediyoruz. Amerikan gri sincabı, Bedford'un önceki düklerinden biri tarafından Britanya'ya getirilmişti: şimdi görüyoruz ki bu anlamsız heves aslında feci bir sorumsuzluk örneği imiş. Geleceğin taksonomistlerini de, örneğin "antifriz" genlerini, kutuplarda yaşayan balıklardan alıp, soğuktan korunmaları için domateslerin içine taşımamız gibi, bizim neslimizin karıştırdığı haltlardan pişmanlık duyup duymayacaklarını düşünmek hayli ilginç. Bilim insanları, sulanmaya ihtiyaçları olduğunda parlaklık yayarak bu durumu haber verecekleri umuduyla, denizanasına flüoresan parlaklığını veren genleri ödünç alıp patatesin genomuna yerleştirdiler. Hatta denizanası genlerinin yardımıyla parlayan köpeklerden oluşan bir "yerleştirme sanatı" planlayan bir "sanatçı"yla ilgili bir şeyler bile okumuştum. Gösterişli bir "sanat" için bilimin böylesine sefahat içinde kullanılması benim tüm hassasiyetimi örseliyor. Ama tahribat bundan daha da ileri gidebilir mi? Bu gibi anlamsız hevesler, evrimsel ilişkilerle ilgili gelecek çalışmaların geçerliliğine şüphe düşürebilir mi? Doğrusu bundan şüpheliyim ama bu noktaya, tedbirli olmak adına, en azından değinmek gerekir. Sonuçta tedbir ilkesinin ana mantığı, şu anda tehlikeli gibi gözükmeyen tercih ve eylemlerin gelecekteki istenmeyen etkilerinin önüne geçmektir.

1- Biyologlar, eskiden bitki hemoglobininin, bitkilerin hayvanlar âleminden DNA ödünç almasının olası bir örneği olduğunu belirtirlerdi. Bezelye ailesinin (Baklagiller) köklerinde, atmosferdeki nitrojeni yakalayıp bitkiler için kullanılabilir hale getiren bakterilerin barındığı "yumrular" bulunur. Bu nedenle çiftçiler, tarlalarının ekim döngülerine yonca ve burçak gibi baklagil hasadını da dahil ederler. Böylece değerli azot toprağa girmiş olur, özellikle de yonca hasadı toprakla beraber sürülerek işlenirse. Yumrular kırmızımsı bir renktedirler çünkü kanımıza kırmızı rengini veren oksijen taşıyıcı molekül olan hemoglobinin benzer bir formunu içerirler. Hemoglobin yapma genleri bitki genomunda bulunurlar, bakteri genomunda değil. Hemoglobin, oksijene ihtiyacı olan bakteriler için önemlidir ve bakterilerle bitkiler arasındaki anlaşmanın bir parçası sayılabilir: bakteri bitkiye kullanılabilir azotu verirken, bitki bakteriye yaşayacak ortam ve hemoglobin vasıtasıyla taşınan oksijen sağlar. Hemoglobini kanla ilişkilendirmeye alışkın olduğumuzdan, onun yapılımı için gerekli genlerin hayvan genomundan bir şekilde (belki bir bakteri tarafından taşınarak) "ödünç" alınıp alınmadığını merak etmemiz çok doğal. Gerçekten de "ödünç alma" fikri çok değerli bir fikir olabilirdi. Bu çekici fikir (nihai kan transferi) için üzücü olarak, eldeki moleküler biyoloji kanıtları hemoglobinlerin, bitki genomlarının çok eski sakinleri olduklarını gösteriyor. Onlar ödünç alınmamışlardır. Çok eski zamanlardan beri oradadırlar.

KABUKLULAR

Bu bölüme, değişmeyen bir örüntünün değişken detayları birbirine bağlamasının güzel bir örneği olan omurgalı iskeletiyle başladım. Neredeyse diğer tüm ana hayvan grupları için de aynı şey geçerlidir. Ama ben sadece bir diğer favori örneğimden bahsetmek istiyorum: ıstakozları, iri karidesleri, yengeçleri ve pavuryaları (ki pavurya bir yengeç değildir) da içeren bir grup olan onayaklı kabuklulardan. Tüm kabukluların vücut planları aynıdır. Bizim yumuşak bedenlerimizin içinde bulunan omurgalı iskeletimiz sert kemiklerden oluşurken, kabuklular, yumuşak kısımlarını korumak üzere sert borulardan oluşan bir dış iskelete sahiptirler. Sert borular, bizim kemiklerimize benzer şekilde eklemlidirler. Örneğin bir yengeç ya da ıstakozun bacaklarındaki nazik eklemleri ve kıskacındaki daha sağlam eklemleri düşünün. Büyük bir ıstakozun kıstırışındaki gücü sağlayan kaslar, kıskacı meydana getiren boruların içindedir. İnsanda elin bir şeyi kıstırmasını sağlayan özdeş kaslar ise orta parmak ve başparmak arasından geçen kemiklere tutunurlar.

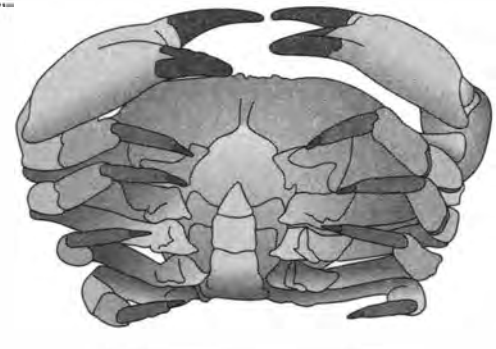
Denizkestaneleri ve denizanalarından farklı ama omurgalılara benzer olarak kabuklularda, baştan kuyruğa kadar vücut boyunca bir dizi bölütle beraber, sağ/sol simetrisi görülür. Bölütler (segmentler) altyapı olarak birbirleriyle aynıdırlar ancak sıklıkla detaylarda farklılık gösterirler. Her bölüt, komşu bölüte ya sabit ya da eklemli olarak bağlı olan, kısa bir borudan oluşur. Omurgalılarda olduğu gibi, kabuklularda da organlar ve organ sistemleri önden arkaya doğru gittikçe tekrar eden bir örüntü gösterirler. Örneğin, kabuklularda ana sinir gövdesi, her bölütte, o bölütle ilgili sinirleri dağıtan bir çift gangliyon (bir çeşit mini-beyin[1]) oluşturacak şekilde (omurgalılarda sırtta ilerleyen omurganın aksine) karın bölgesinden ilerler. Bölütlerin çoğu, her iki yanında yine her biri bir dizi boru ve eklemden oluşan birer uzuv barındırır. Kabuklu uzuvları, pek çok örnekte kıskaç olarak adlandırabileceğiniz yapılarla iki yana dallanarak son bulurlar. Vücudun geri kalanına nazaran örüntüleri daha gizlenmiş de olsa kabukluların (keza omurgalıların) başları da bölütlüdür. Kabukluların baş kısmında, anten ya da çene kısmının bileşenleri olacak şekilde değiştikleri için uzuv olarak adlandırmanın garip kaçacağı, gizli halde beş çift uzuv bulunur. Bu

1- Bazı dinozorların kalçalarında, neredeyse ikinci bir beyin olma unvanını alabilecek kadar büyük (en azından kafalarındaki beyinlerine oranla büyük) bir gangliyonları olduğu az bilinen bir gerçektir. Bu durum, Amerikalı çizgi roman yazarı Bert Leston Taylor (1866-1921) tarafından pek esprili bir dille yazılmış dörtlükte şöyle yer almaktadır (yandaki sayfanın altında):

nedenle bunlara uzuvdan ziyade uzantı denir. Hemen hemen her zaman, başın bölütsel beş uzantısı, önden başlayarak, birinci anten (ya da antencik), ikinci anten (sıklıkla sadece anten denir), alt çene (mandibula), birinci üst çene (ya da çenecik) ve ikinci üst çeneden oluşur. Antencikler ve anten genelde etrafı algılamayla ilişkilidir. Alt çene ve üst çeneler, yiyecekleri çiğneme, öğütme veya sindirim ile ilgilidir. Vücut boyunca geriye doğru gittikçe, bölütsel uzantılar veya uzuvlar da oldukça çeşitlilik gösterir; ortalarda yürümek için bacaklar bulunurken en arkada yüzmek gibi diğer işlevleri sağlayan kısımlar vardır.

Istakozlarda ya da iri karideslerde, olağan beş bölütsel baş uzantısından sonraki ilk uzantılar kıskaçlardır. Sonraki dört çift ise bacaklardır. Kıskaçları ve bacakları taşıyan bölütler bir araya gelerek göğsü (toraksı) oluştururlar. Vücudun geri kalanı ise karın (abdomen) olarak adlandırılır. Kuyruğun ucuna varana kadarki bölütler ise nazik karidesler için oldukça büyük öneme sahip, yüzmeye yardımcı tüysü uzantılar olan "yüzgeç ayak"lardır. Yengeçlerde, baş ve göğüs birleşerek, ilk on uzuv çiftinin tutunduğu, tek ve geniş bir birim halini almıştır. Karın bölgesi kafanın ve göğsün altında ikiye katlanmıştır, bu nedenle yukarıdan baktığınızda onu göremezsiniz ama yengeci ters çevirecek olursanız karnın bölütsel örüntüsünü açıkça görebilirsiniz. Sağ alttaki resimde erkek yengecin tipik dar karnını görüyorsunuz.

Ulu dinozora selam dur,
Tarih öncesi varlığı pek meşhur,
Önünde sadece gücü kuvvetinden değil,
Üstün zekâsından da eğil,
Görebilirsin kalıntılardan bunu,
İki çeşit beyni olduğunu,
Biri (olması gereken yerde) kafasında,
Diğeri leğen kemiğinin arasında,
Böylece düşünebilirdi hem *A priori (önsel)*
Hem de, işe bak, *A posteriori (sonsal)*.
Hiçbir şey sıkamazdı onun canını,
Hem sonunu bilirdi her şeyin hem başını,
Çok bilgeydi, yalnız ve bilge,
Omurgasını doldururdu her bir düşünce,
Eğer fazla baskı hissederse beyinlerden biri,
Öbürüne iletirdi birkaç iyi fikri,
Kaçacak olursa bir şeyler öndeki aklından,
Gerideki gelirdi bunun hakkından.
Ve düşecek olsa bile bir hataya
Aklına gelirdi fikirler sonradan sonraya
Konuşmadan önce iki kere düşünürdü
Bu nedenle geri almazdı hiç sözünü.
Böylece kafasında kurarken tıkanmaz
Her sorunun düşünmediği yanı kalmaz.
Şu ideal hayvana bir bakın güzelce
Yok olup gitmiş en az on milyon yıl önce.



Erkek yengecin dar ve katlanmış karın bölgesi

Dişilerin karın bölgesi daha geniştir ve neredeyse bir siperlik gibidir ve gerçekten de siperlik olarak isimlendirilir. Pavuryalar ise, evleri olan boş yumuşakça kabuğuna tam sığmak için karın bölgelerinin asimetrik olması, yumuşaklıkları ve zırhsız oluşları (zira kabuk onlara koruma sağlar) ile olağandışıdırlar.

Kabuklu vücudunun, vücut planı aynı kalırken detaylarda değişmesinin muazzam yolları hakkında fikir edinmek için, 19. yüzyılın ünlü hayvan bilimcisi ve belki de Darwin'in Almanya'daki en sıkı takipçisi olan Ernst Haeckel'in aşağıdaki çizimlerine bir bakın (Haeckel'in his-



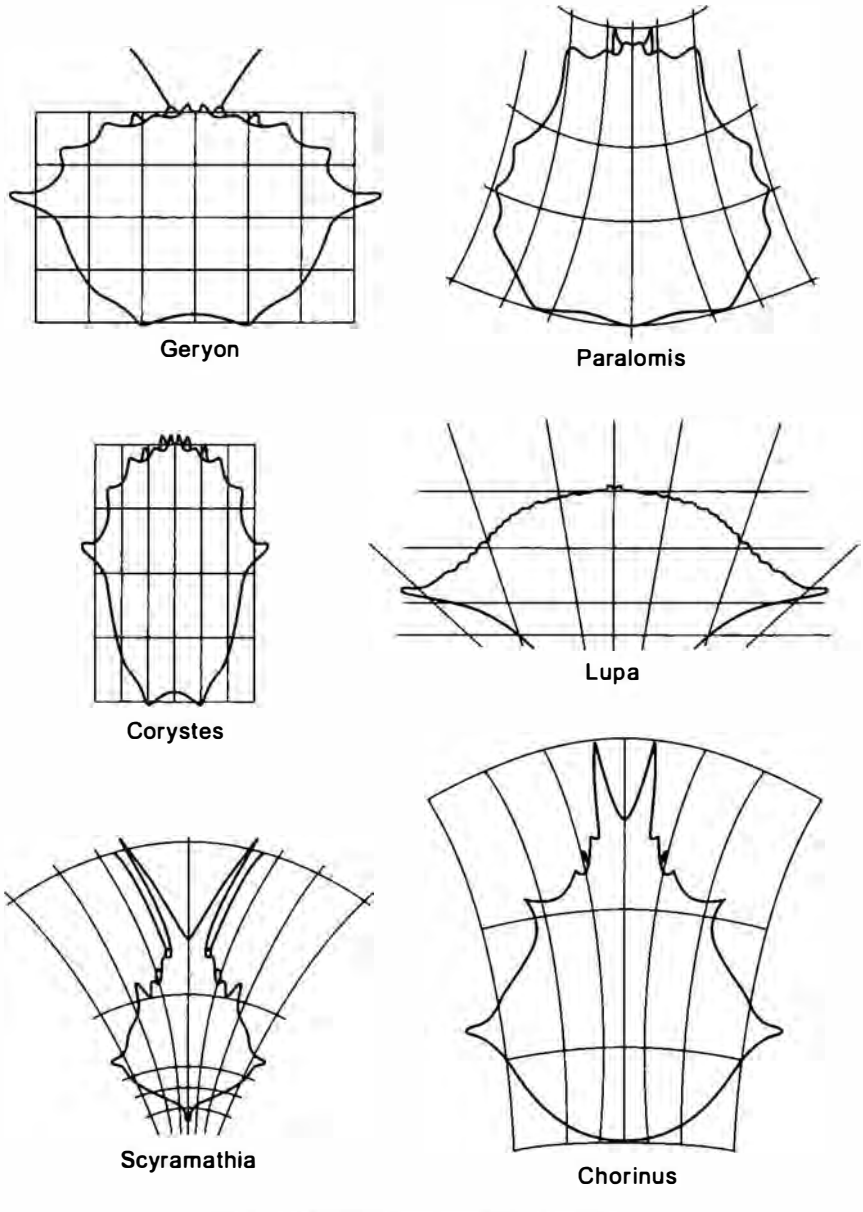
Haeckel'in kabukluları. Ernst Haeckel seçkin bir Alman hayvanbilimci ve mükemmel bir hayvanbilim sanatçısıydı.

leri karşılıklı değildi ama eminim Darwin dahi Haeckel'in çizerliğini takdir ederdi). Tıpkı omurgalı iskeletinde yaptığımız gibi bu yengeçlerin ve kerevitlerin vücudundaki her bir kısma bakıp diğerlerindeki özdeşlerini istisnasız bir şekilde saptayabilirsiniz. Dışiskeletin her bir birimi "aynı" birimlerle birleşir ama kendi başlarına birimlerin şekilleri oldukça farklıdır. Bir kez daha, "iskeletin" değişmezliğini ve iskeletin parçalarının değişmez olmaktan ne kadar uzak olduklarını görüyoruz. Ve yine bir kez daha bunun (tek mantıklı olan diyebilirim) açıklaması, tüm kabukluların iskeletlerinin planını ortak bir atadan miras almış olmalarıdır. Belirli bileşenleri, ayrı ayrı çeşitli şekillere dönüştürmüşlerdir. Ama planın kendisi, aynen atadan miras kaldığı haliyle varlığını sürdürmektedir.

BİR BİLGİSAYARI OLSA D'ARCY THOMPSON NELER YAPARDI?

Büyük İskoç hayvan bilimci D'Arcy Thompson 1917'de, son bölümünde bizlere meşhur "dönüşümlerin yöntemi"ni anlattığı, *Büyüme ve Biçim Üzerine* isimli bir kitap yazdı.[1] Üzerine bir hayvan resmi çizdiği grafik kâğıdını matematiksel olarak tanımlanabilir bir şekilde buruşturup orijinal hayvanın biçiminin nasıl başka, ilişkili bir hayvana dönüştüğünü gösterirdi. Orijinal grafik kâğıdını, üzerine ilk hayvanınızı çizebileceğiniz bir oyun hamuru öbeği olarak düşünebilirsiniz. Bu durumda dönüştürülen grafik kağıdı da, aynı oyun hamuru parçasının matematiksel olarak tanımlanabilir bir şekilde çekiştirilmiş ya da sıkıştırılmış halidir. Örneğin, Thompson altı tür yengeci alıp bunlardan bir tanesini yani Geryon'u, sıradan grafik kâğıdına (biçimi bozulmamış oyun hamurundan kağıda) çizmiştir. Sonra matematiksel "hamur kağıdı"nı beş farklı yolla, diğer beş yengeç türünün temsillerine yaklaşık bir görünüm elde edecek şekilde buruşturmuştur. Her ne kadar büyüleyici olsalar da olayın matematiğindeki detayları boş verin. Net olarak görebileceğiniz şey, bir yengeci diğerine dönüştürmenin hiç de zor olmadığıdır. D'arcy Thompson'un kendisi bizzat evrimle pek ilgilenmemiştir ama bizim için genetik mutasyonların bu çeşit bir değişimi meydana getirmek üzere ne yapmaları gerektiğini hayal etmek kolaydır. Bu, Geryon'u ya da diğer beş türden birini diğerlerinin atası

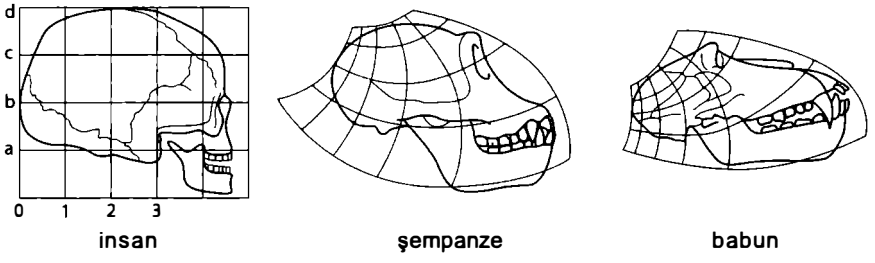
1- D'Arcy Thompson hiç şüphesiz gelmiş geçmiş en bilgili bilim insanlarından birisiydi. Sadece soylu karakteriyle güzel İngilizce yazmakla ve İskoçya'nın en eski üniversitesinde matematik yayınları olan bir Doğa Tarihi Profesörü olmakla kalmamış, kitabı da çevirmeye ihtiyaç duymadığı (zaman nasıl da değişiyor) Latince, Yunanca, İtalyanca, Fransızca ve hatta Provansça (bu sonuncusunu çevirmeye lütfetmiş: Fransızcaya!) alıntılarla bezenmiştir.



D'Arcy Thompson'un yengeç "dönüşümleri"

olarak düşünmemiz gerektiği anlamına gelmiyor. Hiç biri diğerlerinin atası değildi ve zaten burada anlatılmak istenen asıl nokta da bu değil. Asıl anlatılmak istenen, atasal yengeç neye benziyor olursa olsun, bu türden değişimlerle bu altı türden herhangi biri (ya da varsayılan bir ata), bir diğerine dönüşebilir.

Evrim, yetişkin bir bireyi alıp onu başka bir şekle dönüşmeye ikna ederek işlemez. Tüm yetişkinlerin embriyo olarak büyüdüğü bir süreçten geçtiğini hatırlayın. Seçilen mutasyonlar, gelişen embriyoda vücudun kısımlarının büyüme hızlarını, diğer kısımlara kıyasla değiştirerek iş görür. Bölüm 7'de insan kafatasının evrimini, gelişen embriyodaki genlerin kontrolü altında, bazı kısımların diğer bazı kısımlara kıyasla büyüme hızlarındaki değişiklikler dizisi olarak yorumlamıştık. Bu nedenle, eğer "matematiksel hamura" bir insan kafatası çizecek olursak, hamurla matematiksel olarak oynamak suretiyle şempanze gibi yakın kuzenlerimizin ya da (daha da fazla oynayarak) daha uzak bir kuzenimiz olan babunların kafataslarına yaklaşan bir benzerlik elde etmemiz mümkündür ve bu tam da D'arcy Thompson'un gösterdiği şeydir.



D'Arcy Thompson'un kafatası "dönüşümleri"

Bir kez daha, ilk başta insan kafatasını çizip, sonra onu şempanze ve babuna dönüştürme kararının keyfi olarak alındığına dikkat edin. Aynı şekilde, önce şempanzeyi çizip, insan ve babunu elde etmek için gerekli buruşturmaları da yapabilirdi. Ya da, evrimle ilgili bir kitap için daha da ilginç olarak (ki onun kitabı evrimle ilgili değildi), ilk önce bir Australopithecus kafatası çizip, onu nasıl bir insan kafatasına dönüştürebileceği üzerine de çalışabilirdi. Bunda da en az yukarıdaki resimlerde olduğu kadar başarılı olabilirdi ve bu, evrimsel açıdan daha doğrudan anlamlı olurdu.

Bu bölümün başında, insan ve yarasa kollarını kullanarak sizi "kökendeşlik" fikriyle tanıştırmıştım. Dilin nevi şahsına münhasırlığından faydalanıp, kemikler farklılık gösterirken iskeletin farksız olduğunu söylemiştim. D'Arcy Thompson'un dönüşümleri, bu fikri daha da kesin hale getirmek için bir yol sunuyor. Bu ifade tarzıyla, iki organ, (örneğin yarasa ve insan elleri) eğer birini bir hamur üzerine çizdikten sonra hamurun biçimiyle oynayarak diğerini elde edebiliyorsak kö-

kendeşlerdir. Matematikçilerin bu durum için kullandıkları bir kelime var: "homeomorfik (eşyapılı)".[1]

Hayvan bilimciler kökendeşliğin farkına Darwin öncesi zamanlarda varmışlardır ve evrimin keşfinden önceki dönemlerde yaşayanlar, örneğin yarasa kanadı ile insan elini kökendeş olarak tarif ederlerdi. Eğer yeterince matematik biliyor olsalardı, memnuniyetle "homeomorfik" sözcüğünü kullanırlardı. İnsan ve yarasanın ortak bir atayı paylaştığı, Darwin sonrası dönemlerde genel olarak kabul görmeye başlayınca, hayvan bilimciler kökendeşliği evrimsel terimlerle tanımlamaya başladılar. Kökendeş benzerlikler, paylaşılan atadan kalıtılmışlardır. Atasal paylaşımlara değil de işlevsel paylaşımlara bağlı olarak ortaya çıkan benzerlikler içinse "görevdeş" (analog) sözcüğü kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, kökendeş olan yarasa kanadı ve insan kolunun aksine, yarasa ve böcek kanatları görevdeş olarak ifade edilir. Eğer kökendeşliği evrime bir kanıt olarak kullanmak istiyorsak, onu tanımlarken evrimi kullanamayız. Dolayısıyla bu amaç için kökendeşliğin evrim öncesi tanımına geri dönmek uygun olacaktır. Yarasa kanadı ve insan kolu homoemorfiktir: üzerine çizdiğiniz hamurun şeklini bozarak bunlardan birini diğerine dönüştürebilirsiniz. Ancak bu yolla bir yarasa kanadını bir böcek kanadına (böcekte ilgili kısımlar bulunmadığı için) dönüştüremezsiniz. (Evrimsel terimlerle tanımlanmamış olan) homeomorfizmaların bu kadar yaygın olması evrim için bir kanıt olarak kullanılabilir. Evrimin basitçe, embriyo aşamasındaki büyümenin göreli hızlarını değiştirerek, bir omurgalı kolunu, bir diğer omurgalı koluna nasıl dönüştürebileceğini görmek kolaydır.

Bilgisayarlarla 1960'larda bir lisansüstü öğrencisi olarak tanıştığımdan beri, bir bilgisayarı olsaydı D'Arcy Thompson'un neler yapabileceğini merak eder dururum. 1980'lerde bilgisayarların (sadece kâğıt yazıcılarıyla değil) ekranlarıyla beraber satın alınabilir hale gelmesiyle bu soru daha da aklımı kurcalar hale geldi. Gerili bir hamura çizip sonra çizili yüzeyi matematiksel bir şekilde bozmak: bu işlem adeta bilgisayarların işe el atması için yalvarıyordu! Oxford Üniversitesi'ne, D'Arcy Thompson'un dönüşümlerini bilgisayar ekranında gerçekleştirmesi ve kullanıcı dostu bir şekilde ulaşılabilir hale getirmesi için bir programcıyı burslu olarak kabul etmelerini önerdim. Ödeneği sağladık ve sonradan arkadaşım ve programlama projelerimde danışmanım olacak olan,

1- Kelimenin tam anlamıyla söylemek gerekirse, bir şekil kırılmadan ve yeni bir şey eklenip çıkarılmadan, eğrilip bükülerek diğer bir şekle dönüştürülebiliyorsa, bu iki şekil homeomorfiktir (eşyapılıdır) denir.

birinci sınıf bir programcı ve biyolog Will Atkinson'ı işe aldık. Çok zor olan, "hamur"un matematiksel değişimlerinin zengin bir repertuarını programlama problemini çözdükten sonra, bu matematiksel sihirbazlığı, Bölüm 2'de bahsettiğim kendi biyobiçim programlarıma benzer şekilde, biyobiçim tarzı bir yapay seçilim programına dâhil etmesi göreli olarak basit bir iş oldu. Benim programlarıma benzer şekilde burada da "oyuncu", bir ekran dolusu hayvanla karşı karşıya kalıyor ve kendisinden nesiller boyunca "üremesi" için her seferinde bir biçimi seçmesi isteniyordu. Bir kez daha, nesiller boyu sürdürülen "genler" vardı ve bir kez daha, "genler" "hayvanlar"ın biçimlerini etkiliyorlardı. Ama bu sefer genler hayvanların biçimlerine, üzerine hayvanların biçimlerinin çizilmiş olduğu "hamur"un bozulmasını kontrol ederek etki ediyorlardı. Dolayısıyla teorik olarak, işe, bozulmamış "hamur"a çizilmiş örneğin bir Australopithecus kafatasıyla başlayıp, (daha çok insana benzemesi anlamında) ilerlemeli olarak, gittikçe daha büyük beyinleri ve daha geride ağız kısımları olan yaratıklar elde etmek mümkündü. Pratikte ise böyle bir şey yapmanın çok zor olduğu ortaya çıktı ki, bence bu bile başlı başına son derece ilginç gerçek.

Sanırım zor olmasının nedenlerinden biri, bir kez daha, D'Arcy Thompson'un dönüşümlerinin bir yetişkin biçimi diğer bir yetişkin biçime dönüştürmesiydi. Bölüm 8'de de vurguladığım gibi, evrimsel süreçte genler bu şekilde çalışmaz. Her bir bireyin bir gelişim geçmişi vardır. Her biri hayata bir embriyo olarak başlar ve vücudunun farklı kısımlarının orantısız bir şekilde büyümesiyle gelişip bir yetişkin olur. Evrim, bir yetişkinin diğer bir yetişkine genlerin kontrolü altında dönüşmesi değil, gelişim programlarının genlerin kontrolü altında farklılaşmasıdır. (Thomas Huxley'in torunu ve Aldous Huxley'in erkek kardeşi olan) Julian Huxley bunu, D'Arcy Thompson'un kitabının birinci baskısından hemen sonra, "dönüşümlerin yöntemini", embriyoların ilk dönemlerinden ilerleyen dönemlerine veya yetişkinliklerine kadar geçirdikleri süreci incelemek üzere değiştirdiğinde fark etmişti. Şu an için D'arcy Thompson'un dönüşüm yöntemi hakkında söylemek istediklerim bu kadar. Benzer bir noktayı vurgulamak için bu konuya son bölümde geri döneceğim.

Bu bölümün başında da söylediğim gibi, karşılaştırmalı bulgular evrim gerçeğini fosillerden daha da ikna edici bir şekilde ortaya koymaktadır. Darwin'in kendisi de Türlerin Kökeni Üzerine'nin "Organik Varlıkların Karşılıklı Benzerlikleri"ni konu alan bölümünün sonunda benzer bir görüş ortaya koymuştur:

> Sonuç olarak, bu bölümde göz önünde bulundurulan çok sayıdaki bulgu bana açıkça gösteriyor ki, bu dünyayı dolduran organik varlıkların sayısız tür, soy ve ailelerinin hepsi, (her biri kendi sınıfı ya da grubunda) ortak anne babadan geldikleri süreç içerisinde değişmişlerdir ve ben destekleyen diğer gerçekler veya argümanlar olmasaydı dahi hiç çekinmeden bu görüşü benimserdim.

MOLEKÜLER KARŞILAŞTIRMALAR

Darwin'in bilmediği (bilemeyeceği) şey, onun bildiği anatomik karşılaştırmalara moleküler genetiği de dâhil ettiğimizde karşılaştırmalı bulguların daha da ikna edici hale geldiğiydi.

Tıpkı bireysel olarak kemikler farklılık gösterebilirken omurgalı iskeletinin tüm omurgalılarda aynı olduğu gibi ve tıpkı bireysel olarak "borular" farklılık gösterebilirken kabuklu dış iskeletinin tüm kabuklularda aynı olduğu gibi. Bireysel olarak genlerin kendileri farklılık gösterebilirken DNA kodu tüm canlılarda aynıdır. Bu gerçek anlamda hayret verici gerçek, tüm canlıların tek bir atadan türemiş olduklarını diğer her şeyden çok daha açıkça gösterir. Sadece genetik kodun kendisi değil, Bölüm 8'de incelediğimiz, yaşamın devamlılığı için gerekli gen/protein sisteminin tamamı tüm hayvan, bitki, mantar, bakteri, arke ve virüslerde aynıdır. Değişen şey kodun kendisi değil kodda yazılanlardır ve kodlanan bilgiye (tüm bu farklı canlılardaki genetik dizinin kendisine) karşılaştırmalı olarak baktığımızda, aynı tipte hiyerarşik bir benzerlikler ağacı elde ediyoruz. Omurgalı iskeleti ve kabuklu iskeletinde bulduğumuzla ve hatta canlılar âlemindeki anatomik benzerlikler örüntülerinin tamamında bulduğumuzla aynı aile ağacını (ama çok daha detaylı ve ikna edici olarak ortaya konmuş bir şekilde) buluyoruz.

Eğer herhangi iki türün (örneğin bir kirpi ile bir maymunun) ne kadar yakın akraba olduklarını ortaya çıkarmak istiyorsak, bunun en ideal yolu her iki türün de genlerinin tamamının eksiksiz moleküler metinlerine bakıp, (bir İncil âliminin iki farklı Isiah parşömenini karşılaştırırken yapacağı gibi,) her şeyi en ince ayrıntısına kadar karşılaştırmaktır. Ama bu zaman alıcı ve pahalıdır. Tek bir insanın asırlarını alabilecek bir iş olan İnsan Genomu Projesi on yıl kadar sürmüştür. Her ne kadar şu an aynı sonuçları çok daha kısa bir sürede edinmek mümkünse de, yine de bu, tıpkı kirpi genomu projesi gibi kapsamlı ve

pahalı bir uğraş olurdu. Apollo serisinin aya inişleri ve Büyük Hadron Çarpıştırıcısı gibi (ben bunları yazarken Büyük Hadron Çarpıştırıcısı Cenevre'de henüz yeni çalıştırılmaya başlamıştı, orayı ziyaret ettiğimde bu uluslararası projenin devasa boyutu karşısında gözyaşlarımı tutamamıştım), insan genomunun tamamının deşifre edilmesi de, insan olmaktan gurur duymamı sağlayan başarılardan birisidir. Şempanze ve diğer pek çok türün genom projelerinin de başarıyla tamamlanmış olmasından oldukça mutluyum. Eğer bu ilerleyiş bu hızda devam ederse (bkz. aşağıdaki "Hodgkin'in Yasası"), kuzenlik derecelerini ölçmek istediğimiz her tür çiftinin genom dizilerini çıkarmak yakın bir gelecekte ekonomik açıdan olanaklı olacaktır. Bunu beklerken, türlerin çoğu için genomların yalnızca belli bölgelerini örneklemekle yetinmek durumundayız ve bu da oldukça iyi iş görüyor.

Bizler birkaç geni (ya da dizileri doğrudan genlerden tercüme edilmiş olan proteinleri) seçip, türler arasında karşılaştırarak örnekleme yapabiliriz. Buna hemen geri döneceğim. Ama örnekleme yapmanın daha kabataslak ve otomatik yolları da var ve bunu yapacak teknoloji uzun zamandır bizlerle. Şaşırtıcı derecede iyi sonuçlar veren eski bir yöntem, tavşanların (aslında bunun için istediğiniz herhangi bir hayvanı kullanabilirsiniz ama tavşanlar çok iyi iş görür) bağışıklık sistemini istismar eder. Vücudun patojenlere karşı doğal savunmasının bir parçası olarak, tavşanın bağışıklık sistemi, kan dolaşımına giren herhangi bir yabancı proteine karşı antikorlar oluşturur. Tıpkı benim kanımdaki antikorlara bakarak boğmaca geçirmiş olduğumu söyleyebileceğiniz gibi, tavşanın geçmişte nelere maruz kaldığını da şu anki bağışıklık tepkisine bakarak söyleyebilirsiniz. Tavşanda mevcut bulunan antikorlar, tavşanın bedeninde (yapay olarak enjekte edilmiş proteinler de dâhil olmak üzere) miras olarak kalan, geçmişte uğradığı doğal şokların hikâyesini anlatır. Bir tavşana, örneğin bir şempanze proteinini enjekte ederseniz, oluşturacağı antikorlar daha sonra aynı proteinin enjekte edilmesiyle de saldırıya geçeceklerdir. Fakat ikinci kez enjekte ettiğiniz protein bir şempanzeden değil de bir gorilden alınan muadil bir proteinse ne olur? Tavşanın şempanze proteinine önceki maruz kalışı, onu proteinin goril versiyonuna karşı kısmen hazırlamış olur ancak tepki daha zayıf olacaktır. Bu ilk enjeksiyon ayrıca tavşanı proteinin kanguru versiyonuna karşı da hazırlayacaktır, ama kanguru, ilk yüklemeyi yapan şempanzeye, gorilin şempanzeye olduğundan çok daha uzaktan akraba olduğu için tepki çok daha za-

yıf olacaktır. Tavşanın ikinci protein enjeksiyonuna vereceği bağışıklık tepkisinin gücü, o proteinin, tavşanın ilk maruz kaldığı orijinal proteine olan benzerliğinin bir ölçüsüdür. Bu şekilde tavşanları kullanan Berkeley'deki California Üniversitesi'nden Vincent Sarich ve Allan Wilson, 1960'larda insan ve şempanzelerin birbirleriyle daha önce kimsenin tahmin etmediği kadar yakın akraba olduklarını göstermişlerdir.

Kodladıkları proteinlerden ziyade genlerin kendilerini doğrudan türler arasında karşılaştıran başka yöntemler de vardır. Bu yöntemlerin en eski ve en etkili olanlarından biri DNA hibridizasyonudur (melezlemesidir). DNA hibridizasyonu, kişinin sıklıkla duyduğu şu türden bir ifadenin altında yatan yöntemdir: "İnsanlar ve şempanzeler genlerinin %98'ini paylaşırlar." Bu arada, bu türden yüzde ifadeleriyle kastedilenin tam olarak ne olduğu konusu biraz kafa karıştırıcı olabilir. Neyin yüzde doksan sekizi aynıdır? Kesin oran, saydığımız birimlerin ne kadar büyük olduğuna bağlıdır. Basit bir benzeşim bunu daha açık hale getirecektir. Hem de bunu ilginç bir şekilde yapacaktır; çünkü benzeşim ve gerçek olay arasındaki farklılıklar, en az benzerlikler kadar açıklayıcıdır. Elimizde aynı kitabın iki farklı versiyonunun olduğunu ve onları karşılaştırmak istediğimizi varsayalım. Belki de kitap Danyal'ın kitabıdır[1] ve biz de bu kitabın kilise tarafından kabul edilmiş versiyonunu, Ölü Deniz'e yukarıdan bakan bir mağarada yeni bulunmuş antik bir parşömenle karşılaştırmak istiyoruzdur. Bu iki kitabın bölümlerinin yüzde kaçı aynıdır? Büyük ihtimalle yüzde sıfırı, çünkü iki bölümün aynı olmadığını söylemek için bölümün tamamının herhangi bir yerinde sadece bir farklılık bulmak yeterli olacaktır. Peki cümlelerinin kaçta kaçı aynıdır? Yüzde bu sefer çok daha yüksek olacaktır. Aynı olan kelimelerin yüzdesiyse daha da fazla olacaktır çünkü kelimeler cümlelerden daha az harf içerir, böylece özdeşliği bozma şansları azalır. Ama kelimedeki bir harf bile farklı olursa kelime benzerliği de ortadan kalkacaktır. Dolayısıyla, eğer iki metni yan yana koyup, harf harf karşılaştıracak olursanız, aynı harflerin yüzdesi aynı kelimelerin yüzdesinden bile fazla olacaktır. Bu nedenle "yüzde 98'i ortak" gibi bir ifade, karşılaştırdığınız birimin büyüklüğünü açıkça belirtmediğiniz sürece hiçbir anlam ifade etmez. Bölümleri mi, kelimeleri mi, harfleri mi, neyi karşılaştırıyoruz? Aynı durum, iki türün DNA'sını karşılaştırırken de geçerlidir. Eğer kromozomları bütün halinde karşılaştırıyorsanız, paylaşılan yüzde sıfırdır. Çünkü kromo-

1- Eski Ahit'teki kitaplardan biri. *-çev.n.*

zomların farklı olduğunu söylemek için, kromozomun herhangi bir yerindeki ufacık bir farklılık bile yeterli olacaktır.

İnsan ve şempanzelerin paylaştıkları genetik materyali ifade etmek için sıkça sarf edilen yüzde 98 oranı, aslında ne kromozomların ne de genlerin sayısını belirtir. Belirttiği şey, insan ve şempanze genlerinin içinde birbiriyle eşleşen DNA "harfleri"nin (teknik tabirle, baz çiftlerinin) sayısıdır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir nokta var. Eğer sıralamayı düzgün yapmazsanız, (hatalı bir harfin aksine) eksik (ya da fazladan eklenmiş) bir harf, daha sonraki tüm harflerin hatalı eşleşmesine neden olacaktır çünkü tüm harfler bir sıra kaymış olacaklardır (ta ki metni tekrar düzgün eşleştirecek şekilde diğer yönde bir hata olana kadar). Farklılıkların miktarını bu şekilde şişirmek açıkça haksızlık olur. Danyal'ın iki parşömenini tarayan bir âlimin gözü bu sorunla (nicelemenin zor olduğu bir şekilde) otomatik olarak başa çıkabilir. Aynısını DNA söz konusu olduğunda nasıl yapabiliriz? İşte tam bu noktada kitap ve parşömen benzeşimimize veda edip gerçekliğe dönmeliyiz, zira gerçekliği (DNA'yı) anlamak benzeşimi anlamaktan daha kolaydır!

Eğer DNA'yı yavaş yavaş ısıtırsanız, bir noktadan sonra (85 santigrat derece civarında bir yerde) ikili sarmalın iplikleri arasındaki bağlar kopar ve sarmallar ayrılır. 85 santigrat dereceyi (veya o sıcaklık her neyse) "erime noktası" olarak düşünebilirsiniz. Eğer tekrar soğumasına izin verecek olursanız, her bir sarmal kendiliğinden, her nerede ikili sarmalın olağan baz çiftleşmesi kurallarına uygun olarak eşleşebileceği diğer bir sarmal veya sarmal parçası bulursa, onunla yeniden bir araya gelecektir. Birleşeceği bu parçanın her zaman, ayrılmadan önceki ve (elbette) mükemmel şekilde eşleştiği eşi olacağını düşünebilirsiniz. Bu gerçekten de gerçekleşebilir ama çoğu zaman durum bu kadar net değildir. DNA parçaları eşleşebilecekleri diğer DNA parçalarını bulurlar ve bunlar genellikle en başta eşleştikleri orijinal eşleri olmaz. Hatta ortama başka bir türe ait ayrılmış DNA parçaları ekleyecek olursanız, bu parçalar, aynı kendi türününkilerle birleştikleri gibi yanlış türün iplik parçalarıyla da birleşebilirler. Neden birleşmesinler? Watson-Crick'in moleküler biyoloji devriminin olağanüstü sonucu, DNA'nın yalnızca DNA olduğudur. DNA, bir insan DNA'sı mı, şempanze DNA'sı mı yoksa bir elma DNA'sı mı olduğunu "umursamaz". Parçalar, tamamlayıcı bir diğer parça bulduklarında mutlu bir şekilde onlarla birleşeceklerdir. Yine de bağın gücü her zaman eşit olmaz. Tek

şeritli DNA iplikçikleri, kendilerine benzer iplikçiklerle, daha az benzer olanlarla kurduklarından daha güçlü bir bağ kurarlar. Bunun sebebi, daha fazla sayıda DNA "harf"inin (Watson ve Crick'in "baz"larının) kendilerini, bağ kuramayacakları eşlerin karşısında bulmalarıdır. Dolayısıyla (bazı dişleri eksik bir fermuar gibi) ipliklerin arasındaki bağ daha zayıf olur.

Farklı türlerin DNA parçaları birbirlerini bulup bağlandıktan sonraki bağın gücünü nasıl ölçebiliriz? Neredeyse gülünç derecede basit bir yöntemle. Bağların "erime noktaları"nı ölçeriz. Hatırlarsanız ikili sarmallı DNA'nın erime noktasının 85 santigrat derece civarı olduğunu söylemiştim. Bu, örneğin bir insan DNA'sı ipliğinin tamamlayıcı insan DNA'sının ipliğinden "eritilip" ayrılmasındaki gibi normal ve düzgün bir şekilde eşleşmiş ikili sarmallı DNA için geçerlidir. Ancak bağ (insan ve şempanze DNA'sının iplikçiklerinin bağlandığında olduğu gibi) daha zayıf olduğunda, bağın kopması için biraz daha düşük bir sıcaklık yeterli olacaktır. Aynı şekilde, bir insan DNA'sı, daha da uzak kuzenlerimizden birisinin (örneğin balık ya da kara kaplumbağasının) DNA'sıyla bağ kurduğunda, bağı koparmak için daha da düşük bir sıcaklık yeterli olacaktır. İpliğin kendi türünden bir iplikle bağ kurduğu durumdaki erime noktasıyla, başka bir türün ipliğiyle bağ kurduğundaki erime noktası arasındaki fark, o iki türün arasındaki genetik uzaklık için bizim ölçütümüz olacaktır. Temel bir kural olarak, "erime noktası"ndaki her bir santigratlık düşüş, DNA harflerinin eşlenmesindeki yüzde birlik azalışa (ya da fermuardaki eksik diş sayısındaki yüzde 1'lik artışa) tekabül eder.

Bu yöntemin, üzerinde durmadığım zorlukları ve dahice çözümleri olan ince problemleri var. Örneğin insan ve şempanze DNA'sını karıştıracak olursanız, parçalanmış insan DNA'sının çoğu başka insan DNA'sıyla, şempanze DNA'sının çoğu da kendi türününkilerle bağ kurar. Bu durumda, ölçmek istediğiniz "erime noktası"na sahip hibrit (melez) DNA'yı, "aynı tür" DNA'dan nasıl ayırırsınız? Cevap: radyoaktif etiketlenmeyi içeren akıllıca bir numarayla. Ancak bunun detayları bizi konumuzdan çok uzaklaştırır. Buradaki ana nokta DNA hibridizasyonu yönteminin, bilim insanlarını, insan ve şempanze DNA'sının yüzde 98 benzer olduğunu söylemeyle iten yöntem olduğudur ve bu yöntem daha uzak akraba olan hayvan çiftlerinde (öngörülebilir olarak) daha düşük yüzdeler vermektedir.

Farklı türlerin eşleşen gen çiftleri arasındaki benzerliği ölçmek için en yeni yöntem, aynı zamanda en dolaysız ve pahalı olanıdır: İnsan Genom Projesi'ndeki yöntemlerle aynı yöntemler kullanılarak, bizzat

genlerdeki harf dizilerinin okunması. Genomun tamamını karşılaştırmak hala pahalı bir yöntem olsa da, gen numunelerini karşılaştırarak da oldukça iyi bir yaklaşık değer elde edebilirsiniz ve bu yöntem giderek yaygınlaşarak kullanılıyor.

İki tür arasındaki benzerliği ölçmek için, ister tavşan antikorlarını, ister erime noktalarını, isterse de doğrudan dizilemeyi kullanalım, bir sonraki adım hemen hemen hepsinde aynıdır. Her tür çifti arasındaki benzerliği ortaya koyan bir sayı elde ettikten sonra, bu oranları bir tabloya yerleştiririz. Karşılaştırmak istediğimiz türleri oluşturup, isimlerini satırların ve sütunların başına aynı sırayla yazarız. Daha sonra ilgili hücrelere benzerlik oranlarını yazarız. Tablo üçgen şeklinde olacaktır (bir karenin yarısı) çünkü örneğin, insan ve köpek arasındaki benzerlik yüzdesi, köpek ve insanınkiyle aynı olacaktır. Yani eğer kare tablonun tamamını dolduracak olursanız, köşegenin her bir yanı diğer yanın ayna görüntüsü olacaktır.

Şimdi, ne gibi sonuçlar beklemeliyiz? Evrim modelinde, kendinizi insan ve şempanzeyi birleştiren hücreye yüksek bir değer, köpekle insanı bağlayana ise daha düşük bir değer yazarken bulacağınızı tahmin ederiz. İnsan/köpek hücresindeki değer teorik olarak şempanze/köpek hücresindeki değerle aynı olmalıdır çünkü insanlar ve şempanzelerin köpeklerle olan akrabalık ilişkisi tam olarak aynı derecededir. Hatta maymun/köpek ve lemur/köpek hücresindeki değerlerle de aynı olmalıdır. Bunun nedeni, insan, şempanze, maymun ve lemurların hepsinin, köpeklere, daha ilkel bir primat olan (büyük ihtimalle lemuru andıran) kendi ortak ataları aracılığıyla bağlı olmalarıdır. Aynı değer, insan/kedi, şempanze/kedi, maymun/kedi ve lemur/kedi hücrelerinde de yazmalıdır çünkü kediler ve köpekler tüm primatlara, tüm etçillerin paylaştığı ortak ata aracılığıyla bağlıdırlar. Bir mürekkepbalığını herhangi bir memeliyle birleştiren tüm hücrelerde ise çok daha düşük (ideal olarak, eşit miktarda düşük) bir değer olmalıdır ve tüm memeliler mürekkepbalığına eşit uzaklıkta oldukları için hangi memeliyi seçtiğinizin bir önemi olmamalıdır.

Bunlar güçlü teorik beklentiler ama pratikte ihlal edilmemeleri için hiçbir sebep yok. Eğer ihlal edilmiş olsalardı, bu evrime karşıt bir kanıt olurdu. Gerçekte gözlemlediğimiz şeyse, (istatistiksel hata sınırları dâhilinde) evrimin gerçekleştiği varsayımı altında tam da olmasını bekleyeceğimiz şeylerdir. Bu, tür çiftleri arasındaki genetik uzaklıkları bir ağacın dallarına yerleştirecek olursanız, her şeyin tatmin edici bir şekil-

de yerli yerine oturduğunu söylemenin başka bir yoludur. Tabi ki her şey yerli yerine mükemmelce oturmaz. Biyolojide sayısal beklentilerin, yaklaşık kesinlikten daha iyi sonuç vermesi nadiren rastlanan bir durumdur.

Karşılaştırmalı DNA (ya da protein) kanıtları (evrimsel bakış açısıyla) hangi hayvan çiftlerinin birbirlerine diğerlerine olduklarından daha yakın kuzenler olduğuna karar vermekte kullanılabilir. Bunu evrimin aşırı derecede güçlü kanıtı haline getiren şey, her gen için ayrı bir genetik benzerlik ağacı inşa edebilmenizdir ve asıl önemli sonuç, her genin yaklaşık olarak aynı yaşam ağacını ortaya koymasıdır. Bir kez daha tekrar etmek gerekirse, bu tam da elinizde gerçek bir aile ağacı varsa bekleyeceğiniz şeydir. Bir tasarımcının, hayvanlar âleminin tamamını inceleyip, bu alemin neresinde bulunursa bulunsun, bir iş için en iyi proteinleri seçmiş (ya da "ödünç almış") olması durumunda bekleyebileceğiniz şey değildir.

Bu doğrultudaki büyük ölçekli ilk çalışma, Profesör David Penny liderliğindeki bir grup genetikçi tarafından Yeni Zelanda'da yapılmıştır. Penny'nin ekibi, memeliler arasında farklılık göstermelerine karşın hepsinde aynı isme sahip olacak kadar benzer olan beş geni ele aldı. Detayların bir önemi yok ama kayıtlara geçmesi için söyleyelim, bu beş gen şunlardı: hemoglobin A, hemoglobin B (hemoglobin kana kırmızı rengini verir), fibrinopeptid A, fibrinopeptid B (fibrinopeptid kanın pıhtılaşmasında kullanılır) ve (hücresel biyokimyada önemli bir rol oynayan) sitokrom C. Karşılaştırmak için ise on bir memeli seçtiler: rhesus maymunu, koyun, at, kanguru, sıçan, tavşan, köpek, domuz, insan, inek ve şempanze.

Penny ve meslektaşları istatistiksel düşündüler. Eğer evrim doğru değilse, iki molekülün tamamen şans eseri olarak aynı aile ağacını ortaya çıkarmalarının olasılığını hesaplamak istediler. Bu nedenle on bir soyla sonlanacak tüm olası ağaçları düşünmeye çalıştılar. Şaşırtıcı derecede büyük bir sayıya ulaştılar. Kendinizi "ikili ağaçlar"la (yani üç ya da daha fazla kola değil, sadece iki kola ayrılan ağaçlarla) sınırlasanız dahi, olası toplam ağaç sayısı 34 milyondan fazladır. Bilim insanları sabırla bu 34 milyon ağacın her birini diğer 33.999.999 ağaçla karşılaştırdılar. Hayır, tabii ki öyle yapmadılar! Bu çok fazla bilgisayar zamanı gerektirirdi. Bunun yerine, o devasa hesaba denk bir kısayol yani akıllıca bir istatistiksel yakınlaştırma yöntemi tasarladılar.

Yakınlaştırma yöntemi şöyle çalışıyordu; beş genden ilkini, örneğin hemoglobin-A'yı aldılar (örneklerin tamamında her bir proteini kodlayan genin yerini tutması için o proteinin ismini kullanacağım). Hemoglobin A'yı ilgilendiren milyonlarca ağacın içinde en "tutumlu" olan ağacı bulmak istiyorlardı. Burada tutumlu, "minimum miktarda evrimsel değişikliği talep etmeye gerek duyma" anlamındadır. Örneğin bu ağaçlar içinde, insanın en yakın kuzenlerinin kangurular olduğunu, insan ve şempanzelerinse daha uzaktan akraba olduğunu varsayan binlerce ağacın gerçekten de oldukça tutumsuz ağaçlar olduğu ortaya çıktı: insan ve kangurunun yakın geçmişte paylaştıkları ortak bir ataları olduğu sonucunu vermesi için çok büyük miktarlarda evrimsel değişikliğin olması gerektiğini varsayıyorlardı. Hemoglobin-A'nın kararı şöyle olacaktır:

> Bu feci derecede tutumsuz bir ağaç. Yalnızca, bu ağaca göre sahip olduğumuz yakın kuzenlik derecesine rağmen kangurularla bu kadar farklı olacak şekilde bol miktarda mutasyon işi yapmak zorunda olmakla kalmıyorum, aynı zamanda, bu ağaca göre birbirlerinden bu kadar uzakta olmalarına rağmen insanlarla şempanzelerin böylesi benzer hemoglobin-A'lara sahip olmalarını sağlamak için tam tersi yönde de bol miktarda mutasyon işi yapmak zorunda oluyorum. Ben bu ağacın aleyhine oy kullanıyorum.

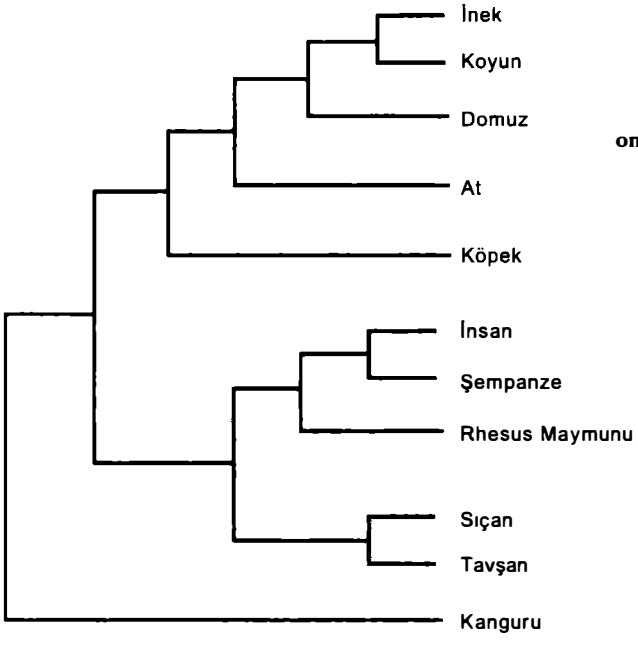
Hemoglobin-A 34 milyon ağacın her biri için (kimisi daha olumlu olan) buna benzer bir karar verecektir ve nihayetinde tutumluluk sıralamasındaki en üst sıra için birkaç düzine ağaç seçecektir. En üst sıradaki bu ağaçların her biri hakkında hemoglobin A bize şöyle bir şey söyleyecektir:

> Bu ağaç insan ve şempanzeleri yakın kuzenler olarak yerleştiriyor, koyun ve inekleri yakın kuzenler olarak yerleştiriyor, kangurular ise uzaklara yerleştiriyor. Bu ağaç oldukça iyi bir ağaç oldu çünkü evrimsel değişimi açıklamak için neredeyse hiçbir mutasyon işi yapmama gerek kalmadı. Bu muazzam ölçüde tutumlu bir ağaç. Hemoglobin A'nın oyunu alır!

Tabii ki hemoglobin A ve diğer tüm genler, en tutumlu tek bir ağaç oluştursalar çok güzel olurdu, ama bu çok fazla şey istemek olur. 34 milyon ağaçtan, birbirinden çok az farklı pek çok ağacın hemoglobin A'nın tutumluluk sıralamasında birinciliği paylaşması kaçınılmazdır.

Peki ya hemoglobin-B için durum nasıl? Ya sitokrom-C için? Beş proteinden her birinin, 34 milyon ağaç arasından kendisinin en gözde (yani en tutumlu) ağacını seçmek için oy hakkı vardır. En tutumlu ağacın hangisi olduğuna dair sitokrom-C'nin tamamen farklı bir oy kullanması gayet mümkündür. İnsanlardaki sitokrom-C'nin gerçekten de kangurulardakine oldukça benzer olduğu, şempanzelerinkindense oldukça farklı olduğu ortaya çıkabilirdi. Hemoglobin-A tarafından koyun ve ineklerin yakın akraba olarak ilan edilmesine onay vermek bir yana, sitokrom-C, örneğin koyunlarla maymunların ve ineklerle tavşanların çok yakın akraba olduklarını ilan etmek için mutasyon geçirmesine hiç de gerek olmadığını bulabilirdi. Yaratılış hipotezine göre bunun olmaması için hiçbir sebep yok. Ama Penny ve meslektaşları, gerçekten de bu beş proteinin tamamında şaşırtıcı biçimde yüksek bir uzlaşı olduğunu buldular (ve daha da akıllıca istatistikler kullanarak böylesi bir uzlaşmanın şans eseri olma olasılığının ne kadar düşük olduğunu gösterdiler). Beş proteinin tamamı, 34 milyon ağacın hemen hemen aynı altkümesine "oy vermişti". Bu elbette söz konusu on bir hayvanı bağlayan gerçekten sadece tek bir ağaç, (evrimsel ilişkileri ortaya koyan aile ağacı,) olduğu varsayımı altında tam da beklediğimiz sonuçtur. Dahası, bu beş gen tarafından lehinde oy kullanılan uzlaşı ağacı, hayvan bilimcilerin anatomik ve taşılbilimsel (moleküler değil) kanıtlar uyarınca çoktan ortaya çıkardıkları ağacın aynısıdır.

Penny'nin çalışması oldukça uzun zaman önce yani 1982'de yayınlandı. Aradan geçen yıllarda pek çok hayvan ve bitki türünün genlerinin tam olarak nasıl dizileneceğinin detaylı kanıtları katlanarak çoğaldı. Günümüzde en tutumlu ağaçlar üzerindeki uzlaşı, Penny ve meslektaşlarının incelediği on bir hayvan ve beş molekülün çok ötesine taşındı. Onlarınki sadece güzel ve istatistiksel kanıtların ispatladığı üzere güçlü bir örnekti. Şu anda mevcut olan genetik dizi verilerinin toplamı meseleyi kesinlikle herhangi bir şüpheye yer bırakmayacak şekilde nihayetlendirmiştir. Kendisi de oldukça ikna edici olan fosil kanıtlarından bile daha ikna edici bir kanıt olan genlerin karşılaştırılması, hızla ve kararlılıkla tek bir büyük yaşam ağacına doğru yakınsamaktadır. Yan sayfadaki resimde, memeli genomunun pek çok farklı bölgesinin, Penny'nin çalışmasındaki on bir tür için oybirliğiyle aldığı kararı temsil eden modern bir ağaç görüyorsunuz. Bize sadece uzlaşı ağacının tarihsel olarak doğruluğuna dair değil, aynı zamanda evrimin vuku bulduğu gerçeğine dair de güven veren şey, genomdaki tüm bu farklı genlerin vardığı fikir birliğinin tutarlılığıdır.

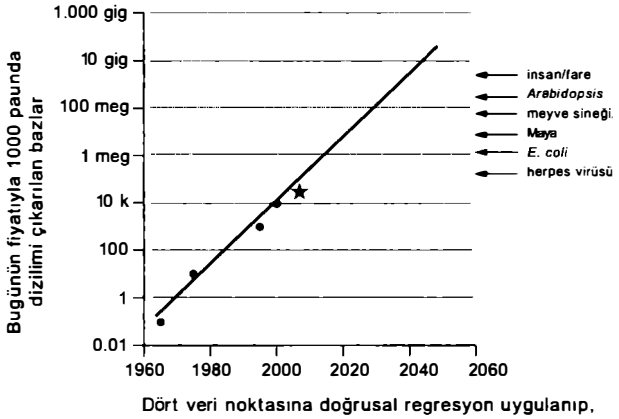


Penny'nin on bir türünün aile ağacı

Eğer moleküler genetik teknolojisi şu anki üstel artışıyla büyümeye devam ederse, 2050 yılına gelindiğinde bir hayvanın genom dizisinin tamamını elde etmek hemen hemen onun ateşini veya kan basıncını ölçmek kadar kolay, ucuz ve hızlı yapılabilir hale gelecektir. Neden genetik teknolojisinin üstel olarak büyüdüğünü söylüyorum? Bunu ölçebilir miyiz ki? Bilgisayar teknolojisinde Moore Yasası adlı buna benzer bir durum vardır. Bilgisayar yongası şirketi Intel'in kurucularından biri olan Gordon Moore'un adıyla anılan bu yasa çeşitli şekillerde ifade edilebilir çünkü bilgisayar gücünün pek çok ölçütü birbirine bağlıdır. Yasanın bir versiyonu, belli bir boyuttaki entegre bir devreye sığabilecek birim miktarının, her on sekiz ay ila iki yılda bir ikiye katlandığını söyler. Bu gözlemsel bir yasadır, yani bir teorinin sonucu olmaktan ziyade, verileri ölçtüğünüzde durumun gerçekten de bu olduğunu görürsünüz. Bu yasa yaklaşık elli yıldır geçerliliğini koruyor ve pek çok uzman en azından birkaç on yıl daha koruyacağını düşünüyor. Moore Yasasının versiyonları olarak değerlendirilebilecek ve benzer şekilde ikiye katlanma zamanları olan diğer üstel akımların arasında, birim maliyet için, hesaplama hızındaki ve hafıza boyutundaki artışı konu alanlar da vardır. Bir matematikçi olan oğlu George'nin yardımıyla Darwin'in de gösterdiği gibi, üstel akımlar her zaman şaşırtıcı sonuçlara neden olurlar. George ve Darwin yavaş üreyen hayvanlara bir örnek teşkil eden fili ele alıp, yalnızca tek bir fil çiftinin torunlarının,

sınırlandırmalardan arınmış sadece birkaç yüzyıllık üstel büyümenin ardından yeryüzünü kaplayacaklarını göstermişlerdi. Söylemeye gerek yok, pratikte fil popülasyonlarının büyümesi üstel değildir. Popülasyonun büyümesi, yemek ve yer rekabeti, hastalıklar ve daha pek çok şey tarafından sınırlandırılır, ki bu da doğal seçilimin devreye girdiği yer olması itibarıyla tam da Darwin'in anlatmak istediği şeydi.

Ama Moore Yasası gerçekten de yaklaşık olarak en az elli yıl boyunca geçerliliğini korudu. Darwin'in fillerindeki akım sadece teoride üstel iken, kimsenin neden böyle olduğu hakkında net bir fikri olmasa da bilgisayar gücünün pek çok ölçütü gerçekten pratikte de üstel olarak artmıştır. Ben de genetik teknolojisi ve DNA dizileme için benzer bir yasanın yürürlülükte olabileceğini düşündüm. Bu fikrimi Oxford'da genetik profesörü (ve bir zamanlar benim lisans öğrencim olan) Jonathan Hodgkin'e ilettim. Sevinerek öğrendim ki, o da bunu daha önceden düşünmüş ve eski okulunda vereceği bir konuşma için hazırlanırken hesaplamış. Hodgkin, standart uzunlukta bir DNA'nın dizilemesinin dört farklı tarihteki yani 1965, 1975, 1995 ve 2000'deki fiyatlarını hesaplamış. Ben onun bulduğu değerleri "1.000 pound için ne kadar DNA dizilersiniz?" sorusuna dönüştürdüm. Değerleri logaritmik ölçekte çizdim, çünkü üstel akımlar logaritmik olarak çizildiklerinde daima düz bir doğru verirler. Beklenildiği gibi Hodgkin'in dört noktası düz bir doğru üzerine düştüler. Ben de noktaları bir çizgiyle birleştirdim ve gelecekteki durumu yansıtması için doğruyu uzatma özgürlüğümü kullandım (doğrusal regresyon yöntemi için sayfa 108'deki nota bakınız). Daha sonra, bu kitap tam baskıya girmek üzereyken, kitabın bu bölümünü Profesör Hodgkin'e gösterdim ve o da bilgisi dâhilindeki en yeni verileri benimle paylaştı: dizisi 2008'de çıkarılan ördek gagalı ornitorenk genomu (ornitorenk yaşam ağacı üzerindeki stratejik konumu dolayısıyla



Dört veri noktasına doğrusal regresyon uygulanıp, 2050'deki değer için dış değer tahmini yapılmış

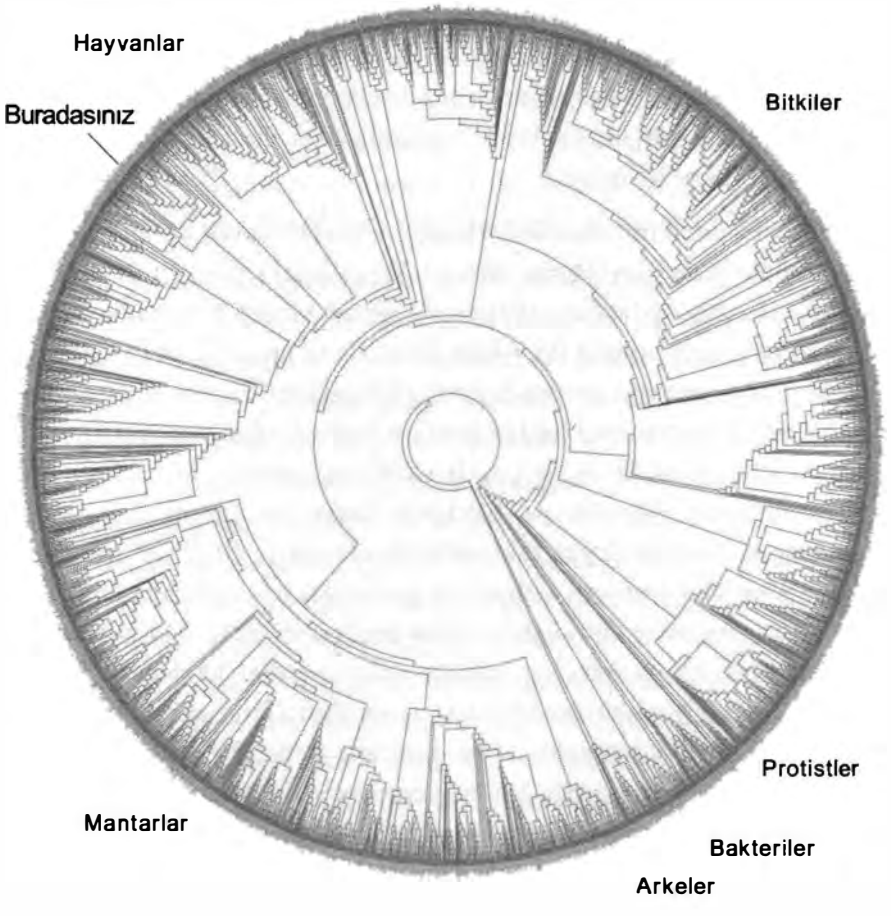
"Hodgkin Yasası"

iyi bir seçimdi: bizimle paylaştığı ortak ata 180 milyon yıl önce yaşamıştır ki bu da dinozorların yok olmasından bu yana geçen sürenin neredeyse üç katıdır). Grafikte ornitorengin yerini yıldızla işaretledim ve gördüğünüz gibi önceki veriler ışığında geleceğe doğru yapılan tahminlere oldukça iyi uyuyor.

(Kendisinin izni olmadan) Hodgkin Yasası olarak adlandırdığım yasanın doğrusunun eğimi, Moore Yasa'sındaki doğrunun eğiminden biraz daha azdır. İkiye katlanma süresi Moore Yasası'nda iki yıldan biraz azken burada iki yıldan biraz daha fazladır. DNA teknolojisi bilgisayarlara son derece bağımlı olduğu için, Hodgkin Yasası'nın da Moore Yasası'na en azından kısmen bağımlı olduğunu düşünmek mantıklıdır. Sağdaki oklar çeşitli canlıların genom büyüklüklerini göstermektedir. Eğer okları, Hodgkin Yasası'nın eğimli doğrusuyla kesişene kadar sola doğru takip edecek olursanız, ilgili canlınınkiyle aynı boyutta bir genomu (günümüz parasıyla) 1000 pounda dizilemenin ne zaman mümkün olabileceğini kestirebilirsiniz. Maya genomu boyutundaki bir genom için sadece 2020'ye kadar beklemeniz gerekiyor. Yeni bir memeli genomu için (yaptığımız bu üstünkörü hesap bağlamında, tüm memeliler eşit derecede pahalıdır) yaklaşık tarih 2040'dan hemen öncesidir. Bu heyecan verici bir olasılık: hayvan ve bitki âlemlerinin en ücra köşelerinden kolayca ve ucuza elde edilmiş devasa bir DNA veritabanı. Ayrıntılı DNA karşılaştırmaları, tüm türlerin evrimsel ilişkileri hakkındaki bilgi dağarcığımızdaki boşlukları dolduracaktır: tüm canlıların yaşam ağacının tamamını mutlak bir kesinlikle bileceğiz.[1] Onu kâğıda kim bilir nasıl çizeceğiz; makul boyutlardaki hiçbir kağıda sığmayacaktır.

Bu yönde bugüne kadar en büyük ölçekli girişim, ilk süper bilgisayarlardan birinin kurulmasına öncülük eden David Hillis'in kardeşi Danny Hillis'le ilişkilendirilen grup tarafından yapılmıştır. Hillis'in çizimi, ağaç şemasını daire şeklinde göstererek daha az alana daha çok

1 Belki de "tüm canlıların" derken bir şeye dikkat çekmek gerekiyor. Bu bölümün başlarında, "Ödünç almak yok" ilkesinin hayvan ve bitkilerin neredeyse tamamı için geçerli olduğunu ama bakterilerin farklı olduklarını görmüştük. Bakteriler arasında (ve görünüşte bakterilere benzeyen ama onlarla uzaktan akraba olan arkeler arasında da) gen paylaşımı çok sık olmaktadır. Hayvanlar tür içinde DNA değiş tokuşu için eşeyli üreme yolunu kullanırken, bakteriler DNA'larını (uzaktan akraba türler arasında bile) aktarmak için, kendi "Kopyala ve Yapıştır" yöntemlerini kullanılırlar. Hayvanlar ve bitkiler için "tek bir gerçek yaşam ağacı"ndan bahsetmekte haklı olsam da, iş mikroorganizmalara geldiğinde bu konu karman çorman bir hal alır. Meslektaşım filozof Dan Dennett'ın söylediği gibi, hayvanlar için yaşam ağacı görkemli bir meşeye benzerken, bakterilerin ağacı banyan ağacına benzer. Bakteriler söz konusu olduğunda, genlerin hangi bakteri çeşidinin içinde yolculuk ettiklerinden bağımsız olarak, her gen için ayrı "tek bir gerçek ağaç" derlemek hakkında açılması gereken bir parantez vardır. Ne harika bir olasılık. Darwin bunu nasıl da severdi.



Hillis'in dairesel gösterimi

türün sığmasını sağlar. İki ucun neredeyse bir araya geldiği noktadaki boşluğu göremezsiniz ancak o boşluk "bakteri" ve "arke" arasında bulunmaktadır. Dairesel çizimin nasıl işlediğini görmek için, Clare D'Alberto'nun sırtındaki (Hillis'in çiziminin büyük oranda indirgenmiş bir versiyonu olan) dövmeye bakabilirsiniz. Hayvan bilimi sevgisi derisine işlemiş olan Melbourne Üniversitesi lisansüstü öğrencisi Clare, bu fotoğrafı kitaba koyamama izin verme nezaketini gösterdi (renkli sayfa 25'e bakınız). Clare'nin dövmesi seksen altı (en uçtaki dalların sayısı) türü içeren küçük bir numune. Dairesel gösterimdeki boşluğu görebilir ve daire açıldığında neye benzeyeceğini hayal edebilirsiniz. Kenarda bulunan daha az sayıdaki çizim ise bakteri, protozoa, bitki, mantar ve dört hayvan şubesinden stratejik olarak seçilmiş. Omurgalılar, deniz yosununa olan benzerliğiyle korunma sağlayan şaşırtıcı bir balık olan otlu deniz ejderi tarafından temsil ediliyor. Hillis'in dairesel gösterimi de, üç bin tür içermesi dışında aynıdır. Türlerin isimleri yukarıdaki dairenin çevresinin hemen dışında yazılı

ama okunamayacak kadar küçükler. Yine de Homo Sapiens'in olduğu yer yardımsever bir şekilde "Buradasınız" diye işaretlenmiş. Size bu çizimde, insanın daireye sığabilen en yakın akrabalarının sıçan ve fareler olduğunu söylersem, bu kadar büyük bir çizimde bile örneklemenin ne kadar seyrek olduğu konusunda fikir sahibi olabilirsiniz. Ağacın tüm dallarının aynı derinlikte olması için memelilerin sayısı ziyadesiyle azaltılmak zorunda kalınmıştır. Buradaki gibi üç bin türü içeren bir ağaç yerine, on milyon türü içeren bir ağaç çizmeye çalıştığınızı hayal edin. Üstelik on milyon, yaşayan türlerin olası sayısı için en abartılı değer de değildir. Hillis'in web sitesine (Notlar bölümüne bakınız) girip ağacını indirmeye ve (önerdikleri üzere) en az 137 santimetre genişliğindeki bir kağıda (daha büyük olursa daha iyi olur) basıp duvarınıza asmaya değer.

MOLEKÜLER SAAT

Şimdi, hazır moleküllerden bahsediyorken, evrimsel saatleri konu alan bölümde yarım kalan bir işimiz vardı. Orada ağaç halkalarına ve çeşitli radyoaktif saatlere bakmıştık ama moleküler saatleri dikkate almayı, moleküler genetiğin diğer bazı yönlerini öğrenene değin ertelemiştik. Artık bunun zamanı geldi. Bu kısmı saatler bölümüne yapılmış bir ilave olarak düşünün.

Moleküler saat, evrimin doğru olduğunu ve yerbilimsel (jeolojik) zaman boyunca, başlı başına bir saat olarak kullanılacak kadar sabit bir hızla ilerlediğini (evrimin fosillerle, fosillerin de radyoaktif saatlerle kalibre edilmesi kaydıyla) varsayar. Tıpkı bir mum saatinin, mumların sabit ve bilinen bir hızla eridiğini, bir su saatinin, suyun kovadan belli bir hızla aktığını ve bir dede saatinin, sarkacın sabit bir hızla sallandığını varsayması gibi, moleküler saat de evrimin kendisinin sabit hızda ilerleyen bazı yönlerinin olduğunu varsayar. Bu sabit hız, evrimsel kayıtların, (radyoaktif olarak tarihlendirilmiş) fosillerle yeterince belgelenmiş bölümlerine göre kalibre edilebilir. Bir kez kalibre edildikten sonra da moleküler saat evrimin fosillerce yeterince belgelenmemiş diğer kısımları için de kullanılabilir. Örneğin sert iskeleti bulunmayan ve nadiren fosilleşen hayvanlar için kullanılabilir.

Güzel fikir ama bize sabit hızda seyreden evrimsel süreçler bulmayı umma hakkını veren nedir? Gerçekten de pek çok kanıt evrimsel hızın fazlasıyla değişiklik arz ettiğine işaret etmektedir. Moleküler biyolojinin modern çağından çok önce, J.B.S.Haldane, evrimsel hızın

ölçü birimi olarak darwin'i önermişti. Evrimsel zaman içinde, bir hayvanın ölçülen bazı özelliklerinin tutarlı bir yönde değiştiğini düşünün. Örneğin, ortalama bacak uzunluğu artıyor olsun. Eğer bir milyon yıllık bir sürenin sonunda bacak uzunluğu *e* kadar (2,718 . . . detaylandırmamıza gerek olmayan, matematiksel uygunluğu nedeniyle seçilmiş bir sayı)[1] artıyorsa, evrimsel değişikliğin hızı bir darwindir deriz. Haldane'nin kendisi de atın evriminin hızını yaklaşık 40 milidarwin olarak hesaplamıştır. Evcil hayvanların yapay seçilim altındaki evriminin ise kilodarwinlerle ölçülmesi gerektiği önerilmiştir. Bölüm 5'te de anlatıldığı gibi, avcıdan yoksun bir akarsuya bırakılan lepistes balıklarının evrimsel hızı 45 kilodarwin olarak ölçülmüştür. Lingula gibi "yaşayan fosil"lerin (sayfa 132) evrimleri muhtemelen mikrodarwinlerle ölçülür. Ana fikri anladınız: bacak ve gagalar gibi görüp ölçebildiğiniz şeylerin evrimsel hızları oldukça değişkendir.

Eğer evrimin hızı böylesine değişkenlik arz edebiliyorsa, onları moleküler saat olarak kullanmayı nasıl umabiliriz? Bu noktada moleküler genetik imdadımıza yetişir. İlk bakışta bunun nasıl mümkün olabileceği net değildir. Bacak uzunluğu gibi ölçülebilir özellikler evrimleştiğinde bizim gördüğümüz şey, altta yatan genetik bir değişimin dışarıdan görülebilen bir tezahürüdür. Peki o zaman bacak veya kanat evriminin hızları iyi bir saat olarak kullanılamazken, moleküler düzeydeki değişimin hızının kullanılabilmesi nasıl mümkün olabilir? Eğer bacak ve gagalar değişikliğe, mikrodarwinlerle kilodarwinler arasında değişen hızlarda maruz kalıyorlarsa, neden moleküller daha güvenilir saatler olsunlar ki? Cevap, kendilerini (kol ve bacaklar gibi) dışarıdan görünebilen şeylerin evrimiyle belli eden genetik değişiklikler buzdağının görünen kısmıdır ve bu, doğal seçilimin etkisine yoğun bir şekilde maruz kalan kısımdır. Moleküler seviyedeki genetik değişikliğin büyük çoğunluğu nötraldir (etkisizdir) ve dolayısıyla faydalılığından bağımsız bir hızda ilerlemesi beklenebilir ve hatta herhangi bir gen için yaklaşık olarak sabit bile olabilir. Etkisiz bir genetik değişimin hayvanın hayatta kalması üzerinde hiçbir etkisi yoktur ve bu da bir saatte aranan özelliklerden birisidir. Bunun sebebi, hayatta kalmaya olumlu veya olumsuz etkisi olan genlerin, (bu durumu yansıtan) farklı bir hızda evrilmelerinin beklenmesidir.

1- Silvanus P. Thompson tarafından yazılan *Kolaylaştırılmış Kalkülüs*'ü, mühendis olan büyükbabamın tavsiyesiyle ilk okuduğumda, Thompson *e*'yi eğik harflerle yazıp, *'hiç unutulmaması gereken bir sayı'* olarak tanıttığı zaman tüylerim diken diken olmuştu. Başka bir sayıyı, örneğin 2'yi değil de, *e*'yi kullanmanın sonuçlarından biri, darwinleri, doğal logaritmaları birbirlerinden doğrudan çıkararak hesaplayabilmenizdir. Diğer bilim insanları, evrimsel hızın birimi olarak haldane'yi önermişlerdir.

Moleküler evrimin nötral teorisi, büyük Japon genetikçi Motoo Kimura (ve başkaları) tarafından ilk ortaya atıldığında tartışma yaratmıştı. Bu teorisinin bazı versiyonları günümüzde yaygınca kabul görmektedir ve ben de ayrıntılı kanıtlara girmeden, bu kitapta teoriyi doğru kabul edeceğim. Benim baş-"uyarlamacı" olarak yayılmış bir ünümün olduğunu düşünürsek (iddialara göre doğal seçilimin, evrimin en büyük hatta tek itici gücü olduğunu kafaya takmışım), eğer ben bile nötral teoriyi destekliyorsam, diğer biyologların bu teoriye karşı çıkmalarının çok da olası olmadığından emin olabilirsiniz![1]

Etkisiz bir mutasyon, moleküler genetiğin yöntemleriyle kolayca ölçülebilir olmasına rağmen doğal seçilime (olumlu veya olumsuz olarak) tabi olmayan mutasyondur. "Yalancı genler" bir tür sebepten dolayı etkisizdirler. Onlar, bir zamanlar faydalı işler görmüş ancak şimdilerde ıskartaya çıkarılmış ve asla kullanılmayan genlerdir. Hayvanın refahı açısından onların var olmasıyla olmaması arasında fark yoktur. Ancak bilim insanları açısından ziyadesiyle vardırlar ve tam da evrimsel saat için ihtiyaç duyduğumuz şeylerdir. Yalancı genler embriyolojide asla ifade edilmeyen gen sınıflarından sadece biridir. Araştırmacılar tarafından moleküler saat olarak kullanılan başka sınıflar da mevcuttur ama bunların detaylarına girmeyeceğim. Normalde faydası olmayan bu yalancı genlerin asıl faydası yaradılışçıları utandırmaktır. Akıllı bir tasarımcının, eğer kasten bizi kandırmayı amaçlamıyorsa yalancı bir geni (tamamen işlevsiz, her şeyiyle bir zamanlar bir şeyler yapan bir genin emekliye ayrılmış hali gibi duran bir geni) neden yaratmış olabileceği konusunda ikna edici bir cevap uydurmak, onların yaratıcı zekalarını bile zorlamaktadır.

Yalancı genler bir yana, genomun büyük çoğunluğunun (insanlarda bu oran yüzde 95) var olmaması halinde pek bir şeyin fark etmeyecek olması olağanüstü bir gerçek. Nötral teori, kalan yüzde 5'deki (okunan ve kullanılan) pek çok gen için dahi geçerlidir. Hatta hayatta kalmak için kesinlikle elzem olan genler için bile geçerlidir. Burada net olmalıyım. Nötral teorinin geçerli olduğu bir genin vücutta hiçbir etkisinin olmadığını söylemiyoruz. Söylediğimiz şey, o genin mutasyon geçirmiş hali ile geçirmemiş halinin tam olarak aynı etkiye sahip olduğudur. Genin kendisi ne kadar önemli ya da önemsiz olursa olsun, mutasyon geçirmiş haliyle geçirmemiş halinin etkisi aynıdır. Genin kendisinin layıkıyla etkisiz olarak tanımlanabileceği yalancı genlerin aksine, burada biz artık sadece mutasyonların (genlerdeki değişimlerin) etkisiz olarak tanımlanabileceği durumlardan bahsediyoruz, genlerin kendilerinin değil.

1- Uyduranların umduğundan daha az hakaretamiz bulduğum bir lakap olan "Ultra Darwinci" diye adlandırıldığını bile olmuştu.

Mutasyonlar pek çok sebepten ötürü etkisiz olabilirler. DNA kodu "dejenere bir kod"dur. Bu, bazı kod "kelimeler"inin birbirlerinin tamamen eşanlamlısı oldukları anlamına gelen teknik bir terimdir.[1] Bir gen, eşanlamlısı olan genlerden birine dönüştüğü zaman, bunu bir mutasyon olarak adlandırmak için zahmet etmeseniz de olur. Gerçekten de, beden üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulduğunda bu bir mutasyon değildir. Aynı sebepten ötürü doğal seçilim bağlamında da bir mutasyon değildir. Ama moleküler genetikçiler için, kullandıkları yöntemlerle onu görebildikleri için bir mutasyondur. Bu biraz, aynı kelimeyi farklı yazı tiplerinde yazmak gibidir. Örneğin kanguru ve kanguru gibi. Kelimeyi hala okuyabilirsiniz ve hala Avustralya'nın zıplayan hayvanı anlamına gelmektedir. Yazı tipinin Constantina'dan Avalon'a değişmesi tespit edilebilirdir ancak bunun kelimenin anlamıyla bir ilgisi yoktur.

Tüm etkisiz mutasyonlar bu kadar da etkisiz değillerdir. Bazen yeni oluşan gen okunduğunda farklı bir protein oluşturur ama yeni proteinin "aktif bölgesi" (Bölüm 8'de karşımıza çıkan dikkatlice şekillendirilmiş "girintileri" hatırlayın) eskisinin aynısı olarak kalabilir. Sonuç olarak bedenin embriyonik gelişiminde herhangi bir etkisi olmaz. Bedendeki etkileri göz önünde bulundurulduğunda genin mutasyon geçirmiş ve geçirmemiş biçimleri hala eşanlamlıdırlar. Bazı mutasyonların bedeni gerçekten değiştirmesi ama bunu canlının hayatta kalmasına herhangi bir etkide bulunmayacak şekilde yapması da mümkündür (her ne kadar benim gibi "Ultra Darwinciler" bu fikre katılmamaya meyilli olsalar da).

O halde nötral teori üzerine söylediklerimizi toparlayacak olursak, bir genin ya da mutasyonun "nötral" olduğunu söylemek, o genin ille de yararsız olduğu anlamına gelmez. O gen hayvanın hayatta kalması için son derece önemli olabilir. Asıl, (hayatta kalmak için önemli olan veya olmayan) bir genin mutasyon geçirmiş halinin geçirmemiş halinden, (çok önemli olabilen) hayatta kalmaya etkileri göz önüne alındığında hiç bir farkının olmadığı anlamına gelir. Aslına bakarsanız çoğu mutasyonun etkisiz olduğunu söylemek büyük ihtimalle doğru olacaktır. Onlar doğal seçilim tarafından tespit edilemezler ama moleküler genetikçiler tarafından tespit edilebilirler ve bu da evrimsel bir saat için ideal bir birleşimdir.

1- "Dejenere" sözcüğü (her ne kadar bu ikisi sıkça karıştırılsa da) Bilgi Teorisi'nin bir diğer teknik terimi olan "gereksiz tekrar"la aynı şey değildir. Gereksiz tekrarlı kod, aynı bilginin birden fazla kez iletildiği kodlardır (örn. "O bir dişi kadındır"da cinsiyet bilgisi iki kez verilmiştir). Gereksiz tekrar, mühendisler tarafından iletim hatalarından korunmak için kullanılır. Dejenere kod ise birden fazla "kelimenin" aynı anlama geldiği koddur. Genetik kodda, örneğin, hem CUC hem de CUG "Lösin"i kodlar, dolayısıyla CUC'yi CUG'ye çeviren bir mutasyon hiçbir fark yaratmaz. "Dejenere" budur.

Bunların hiçbiri buzdağının görünen çok önemli kısmını yani etkisiz olmayan az sayıdaki mutasyonu küçümsediğim anlamına gelmiyor. İyileşmelerin evriminde, pozitif ya da negatif olarak seçilime uğrayan onlardır. Etkilerini bilfiil gördüklerimiz onlardır ve doğal seçilim de "görür". Seçilimleri, canlılara o nefes kesici tasarım yanılsamasını veren onlardır. Ancak moleküler saatten bahsederken bizi ilgilendiren, buzdağının geri kalanı yani çoğunluğu oluşturan etkisiz mutasyonlardır.

Yerbilimsel zaman ilerledikçe, genom mutasyonlardan oluşan bir yıpratma yağmuruna maruz kalır. Genomun, mutasyonların hayatta kalım açısından gerçekten fark yarattığı ufak kısmında, doğal seçilim en kısa zamanda kötü olanlardan kurtulup iyi olanları destekler. Öte yandan etkisiz mutasyonlar, cezalandırılmadan ve (molekül genetikçiler hariç) fark edilmeden basitçe birikirler. Şimdi ise yeni bir teknik terime ihtiyacımız var: sabitlenme. Yeni bir mutasyon, eğer gerçekten yeniyse, gen havuzunda düşük bir sıklığa sahip olacaktır. Bir milyon yıl sonra gelip gen havuzunu yeniden ziyaret edecek olursanız, mutasyonun sıklığının yüzde 100'e ya da ona yakın bir orana ulaşmış olduğunu görmeniz mümkündür. Eğer bu olmuşsa, mutasyon "sabitlenmiş" denir. Artık onu bir mutasyon olarak düşünmemiz gerekmez. Norm olmuştur. Bir mutasyonun sabitlenmesi için bariz olan yol, doğal seçilimin onu desteklemesidir. Ancak bir başka yolu daha vardır. Şans eseri de sabitlenebilir. Tıpkı şanlı bir soyadın, erkek varislerin yokluğu yüzünden yok olabileceği gibi, bahsettiğimiz mutasyonun alternatifleri de gen havuzundan öylece yok olup gitmiş olabilirler. Mutasyonun kendisinin gen havuzundaki sıklığı, "Smith" soyadının İngiltere'nin en yaygın soyadı haline şans eseri gelmesi gibi tesadüfen artabilir. Elbette genin iyi bir sebepten ötürü (yani doğal seçilimle) sabitlenmesi çok daha ilginçtir ama yeterli sayıda nesil boyunca beklerseniz bu şans eseri de olabilir ve yerbilimsel zaman, etkisiz mutasyonların kestirilebilir bir hızda sabitlenmesine imkân tanıyacak kadar engindir. Bunun gerçekleşme hızı değişken ama belli genler için karakteristiktir ve çoğu mutasyonun etkisiz olduğu düşünülürse, moleküler saati mümkün kılan tam da budur.

Moleküler saat için önemli olan sabitlenmedir çünkü atalarının ne zaman birbirlerinden ayrıldığını belirlemeye çalışmak üzere iki modern hayvanı karşılaştırırken baktıklarımız, "sabitlenmiş" genlerdir. Bir geni karakterize eden genler sabitlenmiş genlerdir. Gen havuzunun tamamında bulunanlar onlardır. Bizler de, iki türün birbirlerinden ne kadar süre önce ayrıldıklarını hesaplamak için bir türde sabitlenmiş olan genlerle diğer türde sabitlenmiş olanları karşılaştırabiliriz. Bazı zorluklar söz konusudur ama bunları "Kadife Solucan'ın Hikâyesinin

Sonsözü"nde Yan Wong ile beraber derinlemesine tartıştığımız için burada ele almayacağım. Bazı çekinceler ve pek çok düzeltme faktörüyle birlikte moleküler saat iş görür.

Tıpkı radyoaktif saatlerin saliselerden onlarca milyar yıla değişen yarılanma ömürleriyle oldukça değişken hızlarda ilerlemesi gibi, farklı genler de bir milyondan bir milyar yıla (ve aradaki tüm kademeler için) değişen ölçeklerdeki evrimsel değişimin zamanlamasını yapmaya uygun şekilde müthiş bir moleküler saat bolluğu sunarlar. Her radyoaktif izotopun kendine özgü bir yarılanma ömrünün olması gibi, her genin de kendine özgü bir devir hızı (yeni mutasyonların sabitlenmeye şans eseri gitmelerinin tipik hızı) vardır. Histon genleri karakteristik olarak bir milyar yılda bir mutasyon devrine sahiptir. Fibrinopeptid genlerinin devir hızı, bir milyon yılda bir yeni mutasyonun sabitlenmesiyle histon genlerininkinden bin kat daha hızlıdır. Hemoglobin grubu genleri ve Sitokrom-C, milyonlarca yılla on milyonlarca yıl arasında değişen orta karar sabitlenme hızlarına sahiptirler.

Ne radyoaktif saatler ne de moleküler saatler, sarkaçlı bir saat ya da kol saati gibi düzenli ilerlemezler. Eğer bunların tik taklarını duyabilseydiniz, bunlar kulağınıza bir Geiger sayacının çıkardığı sesler gibi gelirdi. Radyoaktif saatlerin sesi kelimenin tam anlamıyla öyle gelirdi zira radyoaktif saatleri dinlemek için Geiger sayacını kullanmak zorundasınız. Geiger sayacı bir saat gibi düzenli ilerlemez; tik takları rastgeledir ve kulağa tuhaf, tekleyen çatırtılar şeklinde gelir. Eğer bizler de yerbiliminin alabildiğine uzun zaman dilimleri boyunca onları duyabilseydik, mutasyonlar ve sabitlenmelerin sesi de kulağımıza böyle gelirdi. İster bir Geiger sayacı gibi teklesin, isterse de bir saatin tik takları gibi düzenli ilerlesin, zaman ölçen bir mekanizma için önemli olan şey, bilinen bir ortalama hızda ilerlenmesidir. Bu radyoaktif saatlerin ve moleküler saatlerin yaptığı şeydir.

Moleküler saati tanıştırmaya başlarken, onun evrimin gerçek olduğunu kabul ettiğini ve dolayısıyla evrimin kanıtı olarak kullanılamayacağını söylemiştim. Ama şimdi, saatin nasıl çalıştığını anladığımıza göre, benim aslında fazla karamsar olduğumu görebiliriz. Yalancı genlerin (işe yarayan genlerle belirgin bir benzerlik gösteren ama kullanılmayan ve işe yaramayan genlerin) varlığı bile, hayvan ve bitkilerin geçmişlerinin onların her yerlerinde yazılı olmasına mükemmel bir örnek teşkil eder. Ama bu, sıradaki bölümü beklemesi gereken bir konu.

BÖLÜM 11

GEÇMİŞ HER YERİMİZDE

BU KİTABA, vakit ve enerjisini Romalıların ve onların dillerinin gerçekten var olduğunu savunmak için harcamaya zorlanan bir Latince öğretmenini tasavvur ederek başlamıştım. Hadi o düşünceye geri dönelim ve Roma İmparatorluğu ve Latince'nin var olduğuna dair elimizde gerçekte ne tür kanıtlar olduğu sorusunu soralım. Ben Britanya'da, Avrupa'nın geri kalanında olduğu gibi, Roma'nın haritanın dört bir yanına imzasını attığı, tarzını mimarisine kazıdığı, dilini dilimize ve tarihini literatürümüze dokuduğu bir ülkede yaşıyorum. Halk arasında tercih edilen ismi hala "Roma Duvarı" olan Hadrian Duvarı boyunca yürüyün. Bir zamanlar her Pazar yaptığım gibi, Yeni Salisbury'deki yatılı okulumdan, Roma'nın çakmaktaşından kalesi Eski Sarum'a yürüyün ve ölü lejyonların hayali hayaletleriyle sohbet edin. Nerede uzun ve dümdüz, özellikle de yolun yeşil alanlarla kesildiği veya bir cetvelle çizilmiş gibi at arabası izlerinin olduğu bir köy yolu görseniz, ardında neredeyse hep bir Roma etiketi bulabilirsiniz. Roma İmparatorluğu'nun izleri her yerdedir.

Canlı bedenlerin geçmişleri de, onların dört bir yanlarına yazılmış durumdadır. Roma yollarının, duvarlarının, anıtlarının, çanak çömleklerinin biyolojik muadilleriyle, hatta DNA'larımıza kazınmış ve bilim insanları tarafından deşifre edilmeyi bekleyen antik talimatlarla dolup taşar.

Dolup taşmak mı? Evet, tam anlamıyla. Üşüdüğünüzde veya çok korktuğunuzda ya da bir Shakespeare sonesinin eşsiz ustalığı tarafından ele geçirildiğinizde tüyleriniz diken diken olur. Neden? Çünkü atalarınız her tarafında tüyleri olan normal memelilerdi ve vücuttaki hassas termostatların emirleri doğrultusunda bu tüyler dikilir ya da indirilirdi. Çok soğuk olunca, hapsedilen havanın oluşturduğu yalıtımı arttırmak için tüyler kaldırılırdı. Çok sıcak olduğunda ise vücut ısısının daha kolay kaçması için düzleştirilirdi. Evrimin ilerleyen basamaklarında bu tüy dikme sistemi, sosyal iletişim amaçlarında kullanılmak üzere gasp edilmiş ve *Duyguların İfadesi*'nin bir parçası ol-

muştur. Bunu ilk fark edenlerden biri, aynı isimli kitabıyla Darwin'di. Sizlere o kitaptan bazı alıntılar yapmadan edemeyeceğim:

> Hayvanat bahçesinin zeki bekçisi Mr. Sutton, Şempanze ve Orang'ı benim için dikkatle gözlemledi; ve gök gürültülü bir fırtınada aniden korktuklarında ya da sataşılıp kızdırıldıklarında, hayvanların tüylerinin diken diken olduğunu belirtiyor. Siyahi bir kömür hamalını görünce panik olan bir şempanze görmüştüm, vücudundaki tüm tüyler kalkmıştı . . . Doldurulmuş bir yılanı maymunların kafesine götürdüm ve birçok türün tüyleri birdenbire diken diken oldu . . . Doldurulmuş yılanı bir Göbekli Domuz'a gösterdiğimde, sırtındaki tüyler muazzam bir biçimde kalktı; aynısı öfkelenen bir yaban domuzunda da olur.

Tüyler kızgın olunca dikelir. Tüyler korkunca da diken diken hale getirilerek bedenin görünüşteki boyutu arttırılıp, tehlikeli rakip veya avcılar korkutularak kaçırılmaya çalışılır. Hatta biz çıplak maymunsular bile olmayan (ya da neredeyse olmayan) tüylerimizi kaldırma mekanizmasına sahibiz. Tüyleri dikeltme mekanizması bir *kalıntıdır*, uzun zaman önce ölmüş atalarımızda işe yarayan bir şeylerin işlevsiz bir kalıntısı. İşlevini kaybetmiş tüyler, geçmişimizin her yerimize yazılmış olmasının pek çok örneğinden biridir. Bunlar evrimin gerçekleştiğine dair oldukça ikna edici bir kanıt teşkil ederler ve bir kez daha bu, fosillerden değil modern hayvanlardan elde ettiğimiz bir kanıttır.

Yunusu, kendisiyle kıyaslanabilir boyutlardaki bir balık olan dorado ile karşılaştırdığım bir önceki bölümde gördüğümüz gibi, kuru toprak ile olan geçmişini açığa çıkarmak için bir yunusu derinlemesine incelemenize gerek yoktur. Aerodinamik yapılı ve balık benzeri dış görünüşüne, artık tüm ömrünü suda geçiriyor olmasına ve karaya vursa kısa zamanda ölecek olmasına rağmen, bir yunus (bir doradonun aksine) tepeden tırnağa "kara memelisi" özellikleriyle donatılmıştır. Yunusun solungaçları değil ciğerleri vardır ve nefesini bir kara memelisinden çok daha uzun tutabilecek olsa da hava almak için su yüzeyine çıkmazsa herhangi bir kara hayvanı gibi boğulur. Nefes alma düzeneği hayli çeşitli değişikliklerle sucul dünyaya uyum sağlamıştır. Herhangi bir normal kara memelisi gibi burunlarının ucundaki iki küçük burun deliğinden nefes almak yerine, kafasının üstünde bulunan ve yüzeyin hemen altında kalarak nefes alabilmesini sağlayan tek bir deliğe sahiptir. Bu "hava deliği," suyu geçirmemek için sıkıca kapanan bir kapakçığa ve nefes almak için gerekli zamanı minimize edecek kadar geniş bir

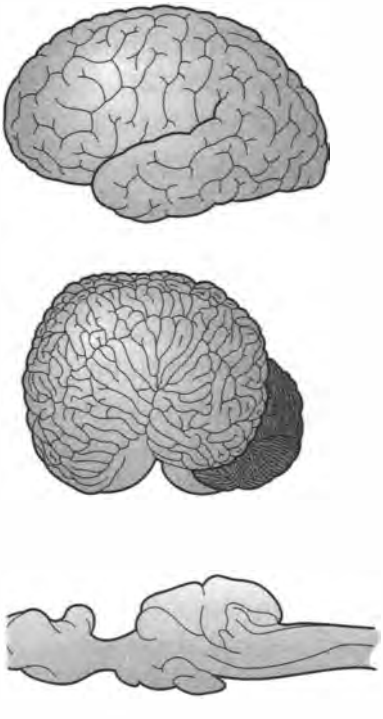
çapa sahiptir. 1845'te Kraliyet Cemiyeti ile yaptığı ve derneğin bir üyesi olan Darwin'in de okumuş olması muhtemel yazışmada Francis Sibson şöyle yazıyor: "Hava deliğini açıp kapayan ve çeşitli keselerde de tesiri olan kaslar, doğanın ya da sanatın ortaya koyduğu en karmaşık aynı zamanda en zarifçe ayarlanmış mekanizmalardan biridir." Yunusların hava deliği, eğer balıklar gibi solungaçlarla soluyor olsalar hiç oluşmayacak olan bir problemi düzeltmek için büyük bir çaba harcar. Ayrıca hava deliğinin birçok detayı, nefes alma mekanizmasının, burun deliklerinden kafanın tepesine göç etmesiyle ortaya çıkan ikincil sorunlara yapılan düzeltmeler olarak görülebilir. Gerçek bir tasarımcı bunu en başından kafanın üstüne koymayı planlardı, tabii ciğerleri boş verip solungaçlarla yola devam etmeye karar vermemiş olsaydı. Bu bölüm boyunca sürekli olarak, evrimin, daha önceki zamanlarda yapılmış "hataları" veya tarihsel kalıntıları, gerçek bir tasarımcının yapacağı gibi çizim tahtasında geri dönerek değil, post hoc [olaydan sonra gerçekleşen] telafi ya da ince ayarlarla düzeltmesine örnekler vereceğiz. Her halükarda, hava deliğine açılan detaylı ve karmaşık geçit, yunusun karada yaşayan uzak atalarına yapılan dokunaklı bir tanıklıktır.

Sayısız başka pek çok açıdan, yunus ve balinaların antik geçmişleri, tıpkı Roma yollarının kalıntılarının, İngiltere'nin dört bir yanındaki dümdüz at arabası yollarına yazılmış olması gibi, dört bir yanlarına yazılı haldedir. Balinaların arka bacakları yoktur ama uzun zaman önce yok olmuş yürüyen atalarının leğen kemikleri ve arka bacaklarının kalıntıları olan, vücutlarının derinliklerinde gömülü ufacık kemikleri vardır. Aynısı sirenyanlar ya da deniz inekleri için de geçerlidir (onlardan birçok kez bahsettim bile: manatiler, dugonglar ve soyları tükenene kadar insanlar tarafından avlanmış olan yedi metrelik Steller deniz inekleri).[1] Sirenyanlar, balina ve yunuslardan çok farklıdırlar ama günümüzde tamamen denizde yaşayıp, evrimsel geçmişlerinde karaya hiç çıkmamış diğer tek memeli grubu onlardır. Yunuslar, hızlı, aktif ve zeki etçillerken, manati ve dugonglar yavaş ve sakin otçullardır. Florida'nın batısında ziyaret ettiğim manati akvaryumunda, ilk kez hoparlörlerden gelen müziğe sinirlenmemiştim. Oldukça sakin bir lagün müziğiydi ve ortama o kadar uygundu ki, hiç sorun etmedim. Manatiler ve dugonglar, hidrostatik dengede çaba harcamadan yüzerler ama bunu, balıklar gibi (alta bakınız) hava keseleriyle değil, doğal bir

1- Efsanevi Sirenlerle olan bağlantı, (kara akrabaları olan fillerle paylaştıkları) bebeklerini göğüs kısmındaki memelerden emziriyor olmaları olabilir. Belki de uzun zamandır denizde olduklarından cinsel bakımdan yılmış olan denizciler bu görüntüye uzaktan tanıklık edip onları kadın zannetmişlerdir. Deniz inekleri zaman zaman denizkızı efsanelerine kaynaklık etmekle itham edilirler.

kaldırma kuvveti sağlayan yağlarını dengelemek üzere ağır kemiklere sahip olmalarıyla yaparlar. Dolayısıyla özgül ağırlıkları suyunkine çok yakındır ve göğüs kafeslerini genişletip içeri çekerek ona ince ayarlar yapabilirler. Yüzerliliklerindeki kontrolün hassasiyeti, her iki akciğer için ayrı bir boşluğun var olmasıyla daha da artar: manati ve dugongların iki diyaframı bulunur.

Tüm memeliler gibi yunuslar, balinalar, dugonglar ve manatiler de doğumda, [yumurtlamanın aksine] canlı bebek doğururlar. Aslında bu özellik sadece memelilere özgü değildir. Birçok balık canlı doğuranlardandır ama bunu çok farklı bir yolla (aslında, hiç şüphesiz birbirlerinden bağımsız olarak evrimleşmiş olan pek çok farklı yolla) yaparlar. Yunusların plasentaları ve yavrularını süt emzirme alışkanlıkları açıkça birer memeli özelliğidir. Beyinleri de kuşkusuz bir memeli, hem de oldukça gelişmiş bir memeli beynidir. Memelilerdeki beyin zarı (serebral korteks), beyni dışarıdan saran bir gri madde örtüsüdür. Daha akıllı olmak kısmen bu örtünün alanının arttırılmasına bağlıdır. Bu, beynin ve onu içeren kafatasının toplam boyutunu arttırarak elde edilebilir. Ama büyük bir kafatasına sahip olmanın dezavantajları vardır. Bunlardan bir tanesi doğumu zorlaştırmasıdır. Bunun sonucunda, akıllı memeliler, kafatası ile belirlenen sınırların içinde kalarak, gri örtünün alanını arttırmaya çabalarlar ve bunu, örtüyü derin yarık ve kıvrımlara boğarak yaparlar. İnsan beyninin buruş buruş bir ceviz gibi görünmesinin nedeni budur ve yalnızca yunus ve balinaların beyinleri kıvrımlılıkta biz kuyruksuz maymunsuların beyniyle boy ölçüşebilecek durumdadır. Balıkların beyinlerinde kıvrım yoktur. Aslına bakarsanız, beyin zarı da yoktur ve beynin tamamı bir yunusun ya da insanınkiyle karşılaştırıldığında ufacıktır. Yunusun memeli geçmişi, beyninin kıvrımlı yüzeyine derinden kazınmıştır. Beyni; plasentası, sütü, dört odacıklı kalbi, tek bir kemikten oluşan alt çenesi, sıcak kanlı oluşu ve diğer pek çok memeli özelliği gibi, memeliliğinin bir parçasıdır.



İnsan (üstte), yunus (ortada), kahverengi alabalık (altta) beyni
(resimler ölçeksiz)

Bizler memeli ve kuşlara sıcak kanlı diyoruz ama gerçekte sahip oldukları şey dışarıdaki sıcaklıktan bağımsız olarak kendi sıcaklıklarını sabit tutma kabiliyetidir. Bu iyi bir fikirdir, çünkü böylece hücredeki kimyasal tepkimeler belli bir sıcaklıkta en iyi şekilde çalışmak için optimize edilebilirler. "Soğuk kanlı" hayvanlar illa soğuk olmak zorunda değildirler. Sahra çölünde öğlen güneşinin altındayken, bir kertenkelenin kanı bir memeliden daha sıcaktır, karın altındayken ise daha soğuktur. Memeliler her zaman aynı sıcaklığa sahiptir ve içsel mekanizmalarını kullanarak sıcaklıklarını sabit tutmak için çok çalışmaları gerekir. Kertenkeleler ise sıcaklıklarını düzenlemek için dışsal olguları kullanırlar, kendilerini ısıtmaları gerektiğinde güneşe çıkarlar, soğumaları gerektiğindeyse gölgeye çekilirler. Memeliler vücut ısılarını daha kati bir şekilde düzenlerler ve yunuslar da bir istisna değildir. Her ne kadar, çoğu canlının sabit bir sıcaklığa sahip olmadığı bir yer olan denizlere geri dönmüş olsalar da, bir kez daha memeli geçmişlerinin yunusların dört bir yanlarına yazılı olduğunu görüyoruz.

BİR ZAMANLARIN MAĞRUR KANATLARI

Balina ve deniz ineklerinin bedenleri, karada ikamet eden atalarından çok farklı bir ortamda yaşamaları sebebiyle fark ettiğimiz birçok tarihsel kalıntıyla doludur. Benzer bir durum, uçma alışkanlık ve ekipmanlarını kaybeden kuşlar için de geçerlidir. Her kuş uçmaz ancak her kuş en azından uçmaya yarayan bir düzeneğin kalıntılarını taşır. Devekuşları ve emular hiç uçmayan hızlı koşuculardır ama uçan uzak atalarından miras kalan güdük kanatlara sahiptirler. Dahası güdük devekuşu kanatları büsbütün işe yaramaz da değildir. Uçmak için çok küçük olsalar da, koşarken bir çeşit dengeleyici ve yönlendirici role sahip gibi görünüyorlar ve sosyal ve eşeysel görünümde de devreye giriyorlar. Kivinin kanatları, tüylerden oluşan zarif postunun arasından görünmeyecek kadar küçüktür, ama kanat kemiklerinin kalıntıları onda da mevcuttur. Moalar kanatlarını tamamen kaybetmişlerdir. Bu arada moaların anavatanı olan Yeni Zelanda, uçamayan kuşlar bakımından oldukça zengindir. Büyük ihtimalle bunun nedeni, memelilerin yokluğunun, oraya uçarak gelebilmiş olan canlılar tarafından doldurulmak üzere bomboş nişler yaratmış olmasıdır. Fakat kanatlarıyla oraya giden bu uçan öncüler daha sonra, karada boş kalan memeli rolünü doldurmak suretiyle kanatlarını kaybetmişlerdir. Bu durum, güneydeki büyük Gondwana kıtası, biri Yeni Zelanda olmak üzere her

biri kendi Gondwanalı hayvan kargolarını taşıyan parçalara ayrılmadan önce uçamaz hale gelmiş bir atadan gelen moalar için büyük ihtimalle geçerli değildir. Başarmak için gerekli donanımları olmasa da hala uçmayı denemelerinden anlaşıldığı üzere, oldukça yakın bir geçmişte yaşamış uçan ataları bulunan, Yeni Zelanda'nın uçamayan baykuş papağanları (kakapolar) içinse geçerlidir. *Görmek İçin Son Şans*'ta, ölümsüz Douglas Adams'ın sözleriyle,

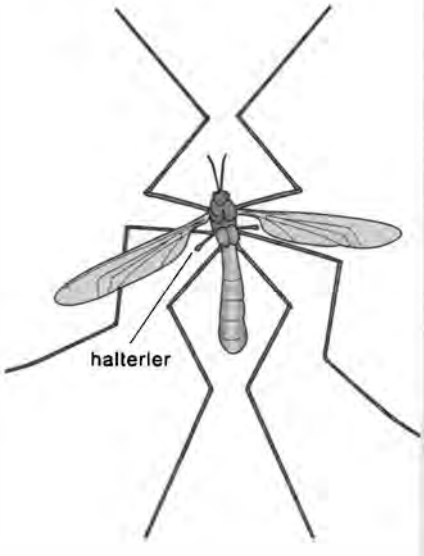
> Kakapo aşırı derecede şişko bir kuş. İrice olan yetişkinler yaklaşık üç ya da dört kilogram ağırlığında ve kanatları sadece devrilmek üzere olduğunu düşündüğü zaman sağa sola sallamak için uygun, uçmak ise söz konusu bile değil. Ama ne yazık ki kakapo yalnızca uçmayı değil, uçmayı unuttuğunu da unutmuş. Görünen o ki, ciddi anlamda endişelenmiş bir kakapo bazen bir ağacın üzerine tırmanıp aşağıya atlar ve sonrasında bir tuğla ne kadar uçabiliyorsa o kadar uçup zarafetten yoksun bir şekilde yere çakılır.

Devekuşları, emular ve Amerikan devekuşları çok iyi koşucularken, penguenler ve Galapagos'un uçamayan karabatakları çok iyi yüzücülerdir. Isabela adasındaki büyük bir kaya havuzunda, uçamayan karabatak ile beraber yüzme ayrıcalığını tatmış ve onun, denizaltındaki gedikleri, nefes kesecek kadar uzun bir süre sualtında kalarak (benim şnorkel avantajım vardı) birer birer arayıp bulurkenki hızı ve çevikliği karşısında büyülenmiştim. Kısacık kanatlarını "sualtında uçmak" için kullanan penguenlerin aksine, Galapagos karabatakları güçlü bacaklarını ve perdeli devasa ayaklarını kullanarak kendilerini iterler, kanatlarını sadece dengeleyici olarak kullanırlar. Ancak devekuşları ve türevleri de dâhil olmak üzere, kanatlarını çok uzun zaman önce kaybetmiş olan tüm uçamayan kuşlar açıkça, bir zamanlar kanatlarını uçmak için kullanan ataların soyundan gelmektedirler. Hiçbir makul gözlemci bundan samimiyetle şüphe edemez, ki bunun da anlamı, bu durum üzerine kafa yoran birisinin evrim gerçeğinden şüphe etmesinin çok zor (hatta imkansız) olduğudur.

Çok sayıda farklı böcek grubu da, kanatlarını kaybetmiş ya da büyük ölçüde küçültmüşlerdir. İlksel olarak kanatsız böcekler olan gümüşçünlerin aksine, pire ve bit gibi böcekler, atalarının bir zamanlar sahip oldukları kanatlarını kaybetmişlerdir. Dişi ağaç güveleri az gelişmiş kanat kaslarına sahiptirler ve uçamazlar. İhtiyaçları da yoktur,

zira hayret verici derecede seyreltik oranlarda bile algıladıkları kimyasal bir yemin cazibesine kapılan erkekler onlara doğru uçarlar. Eğer dişiler de erkekler gibi hareket ediyor olsalardı, sistem muhtemelen işlemezdi, çünkü erkekler yavaşça yayılan kimyasalı takip edip kaynağını bulduklarında kaynak yerinden ayrılmış olurdu!

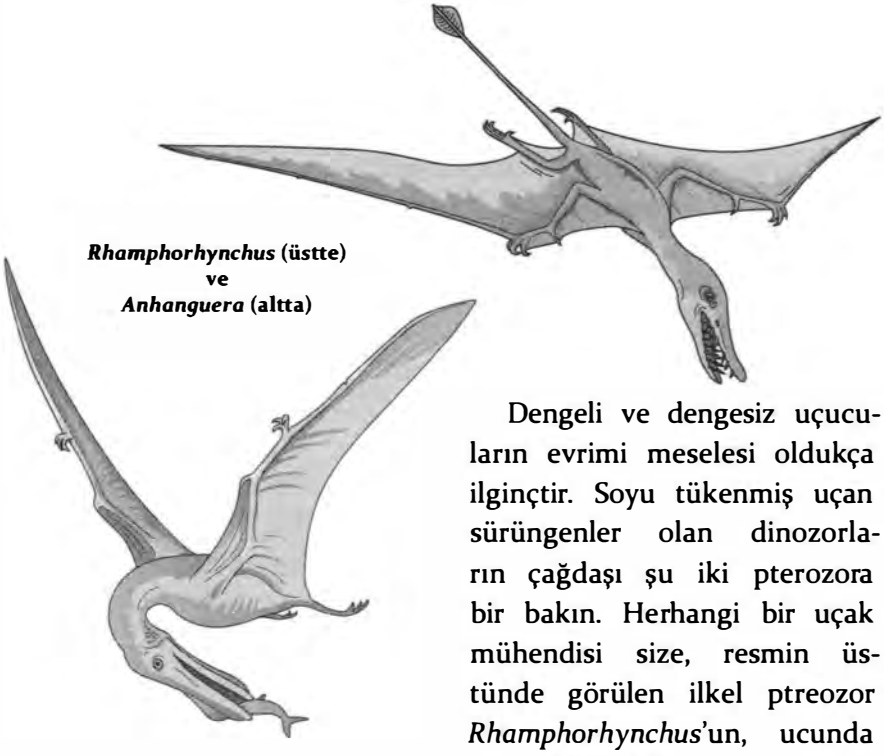
Böceklerin çoğu dört kanatlıdır ama sineklerin, Latince isimleri Diptera'dan da anlaşılacağı üzere, sadece iki kanatları vardır. İkinci kanat çifti küçülerek bir çift "halter" halini almıştır. Bunlar yüksek hızdaki (görüntü olarak benzedikleri) labutlar gibi sallanarak ufak jiroskoplar gibi işlev görürler. Halterlerin atasal kanatlardan geldiğini nasıl biliyoruz? Birçok nedeni var. Halterlerin, göğüs kısmının üçüncü bölütündeki konumlanışı, uçma kanatlarının ikinci göğüs bölütündeki konumlanışıyla tamamen aynıdır (diğer böceklerde üçüncü bölütteki kanatların konumlanışı da aynıdır). Sineklerin kanatlarının çizdiği aynı sekiz hareketiyle hareket ederler. Kanatlarla aynı embriyolojiye sahiptirler ve çok ufak olsalar da, özellikle gelişim esnasında yakından bakacak olursanız, bunların güdük kanatlar olduklarını, (eğer bir evrim inkârcısı değilseniz) açıkça atasal kanatların modifiye edilmiş halleri olduklarını görebilirsiniz. Aynı hikâyeyi doğrularcasına, anormal bir embriyolojiye sahip olan, halterlerin yerine bir arı ya da başka bir tür böcek gibi ikinci bir kanat çifti daha geliştiren mutant meyve sinekleri (homeotik mutantlar) de mevcuttur.



Çayır sineğinin halterleri

Kanatlar ve halterler arasındaki ara basamak neye benziyordu ve neden doğal seçilim ara basamaktakileri desteklemişti? Yarım bir halterin faydası nedir? Halterlerin nasıl çalıştığının anlaşılmasından büyük oranda, ciddi görünüşü ve katı tavrı ile "Gülen John" lakabını elde etmiş olan Oxford'daki eski profesörüm J.W.S.Pringle sorumludur. Pringle böceklerin tamamının kanatlarının diplerinde, döndürme kuvveti ve diğer kuvvetleri tespit eden ufak duyu organları olduğunu gösterdi. Halterlerin diplerindeki duyu organları da oldukça benzerdir: halterlerin modifiye olmuş kanatlar olduğuna dair bir kanıt daha.

Halterlerin evrimleşmesinden çok önce, dipteki duyu organlarından gelip sinir sistemine giren bilgi, (uçarken) hızla vızıldayan kanatların, ilkel birer jiroskop gibi davranmalarına olanak tanıyordu. Uçan herhangi bir makine doğal olarak dengesiz olacağından, bunu telafi etmek için jiroskop gibi gelişmiş aletler gerekir.



***Rhamphorhynchus* (üstte) ve *Anhanguera* (altta)**

Dengeli ve dengesiz uçucuların evrimi meselesi oldukça ilginçtir. Soyu tükenmiş uçan sürüngenler olan dinozorların çağdaşı şu iki pterozora bir bakın. Herhangi bir uçak mühendisi size, resmin üstünde görülen ilkel ptreozor *Rhamphorhynchus*'un, ucunda pinpon raketi benzeri bir yapı olan uzun kuyruğu nedeniyle dengeli bir uçucu olduğunu söyleyecektir. *Rhamphorhynchus*'un, sineklerin halterleriyle yaptıkları gibi gelişmiş bir jiro kontrolüne ihtiyacı yoktur çünkü kuyruğu sayesinde doğal haliyle dengelidir. Diğer bir yandan aynı mühendis size, bunun manevra yapmaya pek elverişli olmadığını da söyleyecektir. Her uçuş makinesinde denge ile manevra kabiliyeti arasında bir ödünleşim söz konusudur. Hayvanbilimi okumak için (uçakların çok gürültülü ve demode olmaları sebebiyle) üniversiteye dönmeden önce uçak tasarımcısı olarak çalışmış olan büyük John Maynard Smith, uçan hayvanların evrimsel süreç boyunca bu ödünleşim tayfının üzerinde ileri geri hareket ettiklerini, bazen manevra kabiliyetlerini arttırmak için doğal dengelerinden ödün verdiklerini, ama bunun bedelini artan alet kullanımı ve hesaplama kapasitesi (beyin gücü) ile öde-

diklerini göstermiştir. Aynı resmin altında ise, Jura çağında yaşamış *Rhamphorhynchus*'dan yaklaşık 60 milyon yıl sonrasına, yani Kretase çağına ait bir pterodaktil olan *Anhanguera* bulunuyor. *Anhanguera*'nın modern bir yarasa gibi neredeyse hiç kuyruğu yoktur. Hiç şüphe yok ki *Anhanguera* da tıpkı bir yarasa gibi, uçtuğu yüzeyleri hassas bir şekilde, an be an kontrol etmek için enstrumantasyon ve hesaplamaya güvenen dengesiz bir uçucuydu.

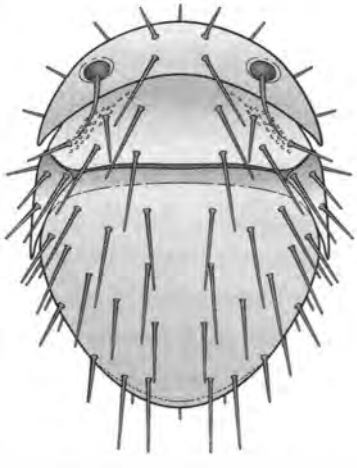
Anhanguera'nın elbette halterleri yoktu. Eşdeğer bilgiyi sağlayan başka bir duyu organını kullanmış olmalıydı, büyük ihtimalle iç kulaktaki yarım daire kanallarını. Bu kanallar şu ana kadar incelenmiş olan pterozorlarda gerçekten de oldukça genişti, gerçi Maynard Smith'in hipotezi için hayal kırıklığı yaratacak şekilde bu kanallar, hem *Rhamphorhynchus*'da hem de *Anhanguera*'da genişti. Ancak sineklere dönecek olursak, Pringle, sineklerin dört kanatlı atalarının büyük ihtimalle, onları dengeli hale getiren uzun karın kısımlarına sahip olduğunu öne sürüyor. Kanatların dördü de tam gelişmemiş jiroskoplar gibi davranmış olmalıydı. Pringle'a göre daha sonra, sineklerin ataları ödünleşim tayfı üzerinde ilerlemeye başlamış ve karınları kısaldıkça manevra kabiliyetleri artmış ama daha az dengeli hale gelmişlerdi. Ön kanatlar, uçmada üzerlerine daha fazla iş almak için gittikçe büyürlerken, arka kanatlar küçülerek ve boyutlarına göre ağırlaşarak, daha fazla jiroskop işlevine (ki kanatken de az da olsa bu işlevi yerine getirirlerdi) sahip olma yolunda ilerlemişlerdi. Bu aşamalı bir değişim süreci olmalıydı, ön kanatlar uçuş yükünün altına gittikçe daha fazla girerlerken, arka kanatlar havacılık elektroniğini (aviyonik) üstlenmek için küçülmüşlerdi.

İşçi karıncalar kanatlarını kaybetmiş ama kanat geliştirme kapasitelerini kaybetmemişlerdir. Kanatlı geçmişleri hala içlerinde saklıdır. Bunu biliyoruz çünkü kraliçe karıncalar (ve erkekler) kanatlıdır ve kraliçe olabilecek, ancak genetik değil çevresel nedenlerden ötürü olamamış dişiler ise işçilerdir.[1] Muhtemelen işçi karıncalar, yeraltında gezinirken kendilerine sıkıntı yarattığı için evrimsel süreçte kanatlarını kaybetmişlerdir. Buna en keskin kanıt ise, kanatlarını sadece bir kez doğduğu yuvadan dışarıya uçup bir eş bulmak için kullanan, daha sonra yeni bir yuva kurmak için delik kazmak üzere bir yere yerleşen kraliçe karıncalar tarafından gelir. Yeraltında yeni bir yaşama başlar-

1- Kraliçe olacak olan larvalar, bakıcı işçilerin kafalarındaki bezlerden salgılanan özel bir öz ile beslenirler. Kraliçe ve işçiler arasındaki farkın genetik değil çevresel olarak belirleniyor olması çok önemlidir. Bunun nedenini *Gen Bencildir*'de uzunca anlatmıştım.

ken yaptıkları ilk iş kanatlarından, kimi zaman gerçek anlamda ısırıp koparak kurtulmak olur; kanatların yeraltında sıkıntı yarattığının acı dolu (belki de, kim bilir?) bir kanıtı daha. İşçi karıncaların hiç kanat geliştirmemelerine şaşmamak gerek.

Büyük ihtimalle benzer nedenlerden ötürü, karıncaların ve termitlerin yuvaları, yiyecek arayışından geri dönen ev sahiplerinin bitmek tükenmek bilmeyen seferleriyle yuvaya getirilen avantalarla beslenen, pek çok farklı türün mensup olduğu, büyük bir kanatsız beleşçi ordusuna da ev sahipliği yapar. Ve kanatlar, karıncalar için olduğu kadar bu beleşçiler için de sıkıntı yaratır. Sol üstteki ucubenin bir sinek olduğuna kim inanırdı? Ne var ki, anatomisinin dikkatli ve detaylı bir incelemesinden sonra bunun yalnızca bir sinek değil, termit yuvalarına dadanan bu parazitin belli bir sinek ailesine (Phoridae) mensup olduğunu biliyoruz. Sol altta, muhtemelen yukarıdaki kanatsız garip yaratığın kanatlı atasını andıran, ama kendisi de sosyal böceklerin (bu kez arıların) paraziti olan aynı ailenin daha normal bir üyesi bulunuyor. İlk resimdeki garip yaratığın orak biçimli kafasıyla olan benzerliği görebilirsiniz. Ayrıca canavarın güdük kanatları, her iki yanında da küçük üçgenler olarak güç bela görülebiliyor.

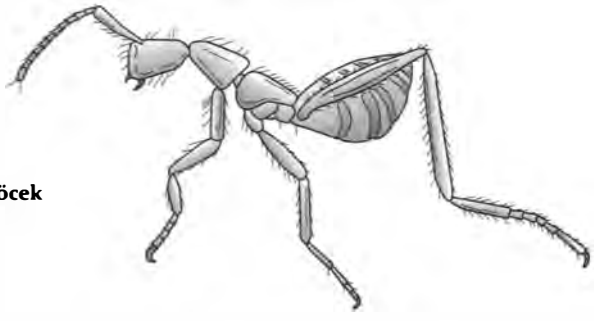


Phoridae ailesine mensup bir parazit sinek



Phoridae ailesine mensup bir başka sinek

Karıncaların ve termitlerin yuvalarında pusuya yatan bu işgalci ayak takımının kanatsızlığının ilave bir nedeni daha var. Pek çoğu (Phorid sinekleri hariç) evrimsel süreç içinde, ya kendilerini daha az lezzetli ve daha iyi korunan karıncaların arasından seçip yiyecek olan olası avcıları ya da karıncaların kendilerini kandırmak için (ya da her iki sebepten ötürü), karıncaları andırma özelliğini kazanmıştır.. Kim göz ucuyla bakarak, karınca yuvalarında yaşayan bir sonraki sayfadaki böceğin, bir karınca değil kınkanatlı olduğunu fark edebilir? Tekrar soruyorum, nere-



Karınca kılığına girmiş böcek

den biliyoruz? Böceğin bir karıncayı andıran yüzeysel özelliklerinden sayıca kat be kat fazla olan, derin ve ayrıntılı kınkanatlı benzerliklerinden: tıpkı yunusun bir balık değil memeli olduğunu bildiğimiz gibi. Bu yaratığın dört bir tarafında, kanatsızlık ve karınca benzeri profili gibi yüzeysel görünüşünü tanımlayan (yine yunuslarda olduğu gibi) özellikleri dışında kalan özelliklerinde kınkanatlı atasının izleri vardır.

YİTİK GÖZLER

Tıpkı karıncalar ve onların yeraltı yoldaşlarının toprak altında kanatlarını kaybetmeleri gibi, hiç ışık olmayan karanlık mağara derinliklerinde yaşayan çok sayıda farklı hayvan türü de gözlerini ya küçültmüş ya da kaybetmiş ve Darwin'in kendisinin de fark ettiği gibi neredeyse tamamen kördürler. "Troglobit" sözcüğü, sadece mağaraların en karanlık yerlerinde yaşayan ve bunda fazlasıyla uzmanlaştıkları için başka bir yerde yaşayamayan hayvanları betimlemek üzere türetilmiştir. Troglobitler arasında semenderler, balıklar, karidesler, kerevitler, kırkayaklar, örümcekler, cırcırböcekleri ve daha başka pek çok hayvan türü bulunur. Genellikle tüm pigmentlerini kaybetmiş oldukları için beyaz renktedirler ve kördürler. Ancak genellikle körelmiş gözlere sahiptirler ve onlara burada yer vermemizin nedeni de bu. Körelmiş gözler evrimin kanıtlarıdır. Bir mağara semenderinin, daimi bir karanlıkta yaşadığı için gözlere ihtiyacı olmadığı göz önüne alınırsa, ilahi bir yaratıcı yine de onu, gözlerle açıkça akraba olan ama işlevsiz olan sahte gözlerle neden donatmış olsun ki?

Öte yandan evrimciler de, artık ihtiyaç duyulmadığı için kaybedilen gözlere bir açıklama getirmek zorundadırlar. Neden, diye sorulabilir, gözlerinizi kullanmasanız dahi basitçe onları muhafaza etmeyesiniz? Gelecekte işe yarayacakları bir gün çıkagelmez mi? Neden onlardan kurtulma "zahmetine" giresiniz ki? Bu arada niyet, amaç ve kişileştirme terimlerini kullanmaya direnmenin ne kadar zor olduğuna dik-

kat edin. Aslında "zahmet" kelimesini kullanmamalıydım, değil mi? Şuna benzer bir şey söylemeliydim: "Gözlerini kaybetmek, bir mağara semenderine nasıl bir fayda sağlıyor ki, hayatta kalıp üremesini, hiç kullanmasa dahi mükemmel bir çift göze sahip olmayı sürdüren bir rakibine kıyasla daha olası kılıyor?'

İşin aslı şu ki gözler, neredeyse kesinlikle masrafsız değildirler. Bir gözü yapmanın muhtemelen cüzi olan ekonomik masraflarını bir kenara bırakırsak, şeffaf bir yüzeyi olan ve sürekli hareket eden bir göz küresini barındıracak olan nemli bir göz çukuru enfeksiyonlara maruz kalabilir. Bu sebeple gözlerini sert vücut derisiyle kaplayan bir mağara semenderi hayatta kalmak açısından, gözlerini kullanmaya devam eden bir rakibinden daha uygun olabilir.

Ancak bu soruyu yanıtlamanın bir başka yolu daha var ve bu (öğretici bir şekilde), amaç ve kişileştirme terimleri bir yana, avantaj terimlerine dahi başvurmayan bir yol. Doğal seçilimden bahsederken olayı, meydana gelen nadir yararlı mutasyonların pozitif seçilimle desteklenmesi olarak düşünürüz. Ama çoğu mutasyon zararlıdır. Bunun sebebi (başka hiçbir sebep yoksa bile) mutasyonların rastgele olmaları ve mevcut durumu kötüleştirmenin, iyileştirmekten çok daha fazla yolunun olmasıdır.[1] Doğal seçilim zararlı mutasyonları derhal cezalandırır. Onlara sahip olan bireylerin ölmeleri daha fazla, üremeleri ise daha az olasıdır ve bu da mutasyonu gen havuzundan otomatik olarak ayıklar. Her hayvan ve bitki genomu sürekli olarak, zararlı mutasyonların bombardımanına yani bir yıpratma yağmuruna maruz kalır. Bu biraz, arkası kesilmeyen meteor bombardımanı yüzünden gittikçe daha fazla kratere sahip olan Ay yüzeyi gibidir. Nadir istisnalar dışında, gözün oluşumunda rol oynayan bir gen her mutasyona uğradığında, göz biraz daha az işlevsel, biraz daha az görme kabiliyetine sahip, biraz daha az göz demeye layık hale gelir. Aydınlıkta yaşayan ve görme duyusunu kullanan bir hayvanda, böylesi zararlı mutasyonlar (mutasyonların çoğu), doğal seçilim tarafından hızla gen havuzundan ayıklanır.

Ancak mutlak bir karanlıkta, gözü yapan genleri bombardımana tutan zararlı mutasyonlar cezalandırılmazlar. Buralarda herhangi bir şeyi görmek zaten imkânsızdır. Bir mağara semenderinin gözü Ay gi-

1- Bu, büyük etkileri olan mutasyonlar için bilhassa geçerlidir. Bir radyo ya da bilgisayar gibi hassas bir makineyi düşünün. Büyük bir mutasyon, çivili bir botla onu tekmelemeye veya bir kabloyu rastgele olarak kesip başka bir yere bağlamaya eşdeğerdir. Bunu yapmanın makinenizin performansını arttırması mümkün olsa da bu pek olası değildir. Öte yandan *küçük* bir mutasyon, örneğin bir rezistörde veya radyonun kanal arama düğmesinde ufak bir değişiklik yapmakla eşdeğerdir. Mutasyonun boyutu küçüldükçe, iyileşme elde etme olasılığı yüzde 50'ye yakınsar.

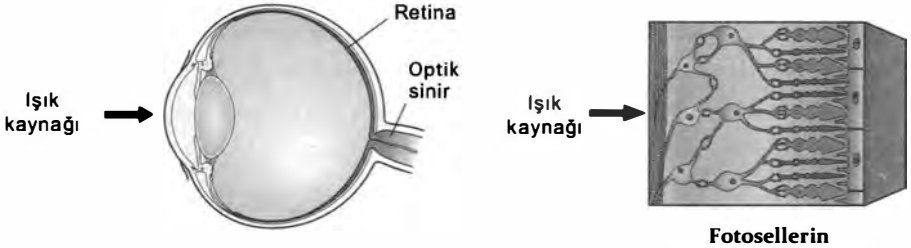
bidir, asla ayıklanmayan mutasyonel kraterlerle delik deşik olmuştur. Günışığında yaşayan bir semenderin gözüyse Dünya gibidir; mağarada yaşayan semenderle aynı oranda mutasyona maruz kalır ama her zararlı mutasyon (krater), doğal seçilim tarafından (erozyon) temizlenir. Elbette, mağarada yaşayan semenderin gözünün hikâyesi sadece negatif bir hikâye değildir, optik olarak kötüleşen gözlerin enfeksiyonlara maruz kalması olası olan oyuklarını kaplayan koruyucu bir derinin büyümesini destekleyen pozitif seçilim de söz konusudur.

Tarihi kalıntıların arasında en ilginç olanları, hala bir şeyler için kullanılmaya devam edilen (ve bu sebeple mukadderatlarını doldurmuş olmaları anlamında körelmiş olmayan), ama o amacı yerine getirmek için kötü tasarlanmış gibi duranlardır. En iyi halindeyken bir omurgalı gözü (örneğin bir şahin veya insan gözü) muazzam duyarlıkta bir alettir, en iyi Zeiss veya Nikon'a taş çıkartacak hassaslıkta çözünürlükler elde edebilir. Eğer böyle olmasaydı, Zeiss ve Nikon zamanlarını, bizim gözlerimizin bakması için yüksek çözünürlüklü görüntüler üretmekle boşa harcamazlardı. Öte yandan, on dokuzuncu yüzyılın büyük Alman bilim insanı Hermann von Helmholtz (ona bir fizikçi demek yanlış olmaz ama biyoloji ve psikolojiye olan katkıları daha büyüktür), göz hakkına şunları söylemiştir: "Eğer bir optikçi bana tüm bu kusurlarla dolu bir alet satmaya kalksaydı, kendimde, ihmalkârlığından ötürü onu sert bir dille eleştirip ürünü geri iade hakkını görürdüm." Gözün, Helmholtz'un onun hakkında söylediklerinden daha iyi işler görünüyor olmasının bir sebebi, beynin, bir çeşit ultra gelişmiş, otomatik Photoshop programı gibi, görüntüleri insanı hayrete düşüren bir şekilde sonradan toparlamasıdır. Söz konusu olan şey optikken, insan gözü Zeiss/Nikon kalitesine yalnızca, bir şeyler okumak için kullandığımız, retinanın merkezindeki fovea kısmıyla ulaşır. Bir sahneyi taradığımızda, foveamızı farklı bölgeler üzerinde gezdirir, her birini son derece yüksek detay ve duyarlıkla görürüz ve beynin "Photoshop'u" bizi, sanki tüm sahneyi aynı duyarlıkla görüyormuşuz gibi kandırır. Yüksek kalitede bir Zeiss veya Nikon lensi, bir sahnenin tamamını *gerçekten* de aynı netlikte gösterir.

Yani, gözün optikte eksik olduğu kısımları, beyin kendi karmaşık görüntü benzetim (simülasyon) yazılımıyla telafi etmektedir. Ama henüz optikteki en çarpıcı kusurdan bahsetmedim. Retina, ters yöne bakmaktadır.

Çağdaş bir Helmholtz'a bir mühendis tarafından, yüzeyine doğrudan gelen görüntüleri yakalamak üzere ayarlanmış, minik fotosellerden oluşan ekranı olan bir dijital fotoğraf makinesi gösterildiğini hayal edin. Fotoğraf makinesini böyle yapmak mantıklıdır. Ve elbette her fotoseli, resimlerin düzenlendiği bir çeşit hesaplama aygıtına bağlayan kablolar da olacaktır. Bu da mantıklı. Helmholtz bu makineyi geri göndermezdi.

Ama şimdi size, gözün "fotoseller"inin geriye doğru baktığını, bakılan sahnenin tersi yönünde konumlandığını söylediğimi düşünün. Fotoselleri beyne bağlayan "kablolar", retinanın yüzeyi boyunca uza-

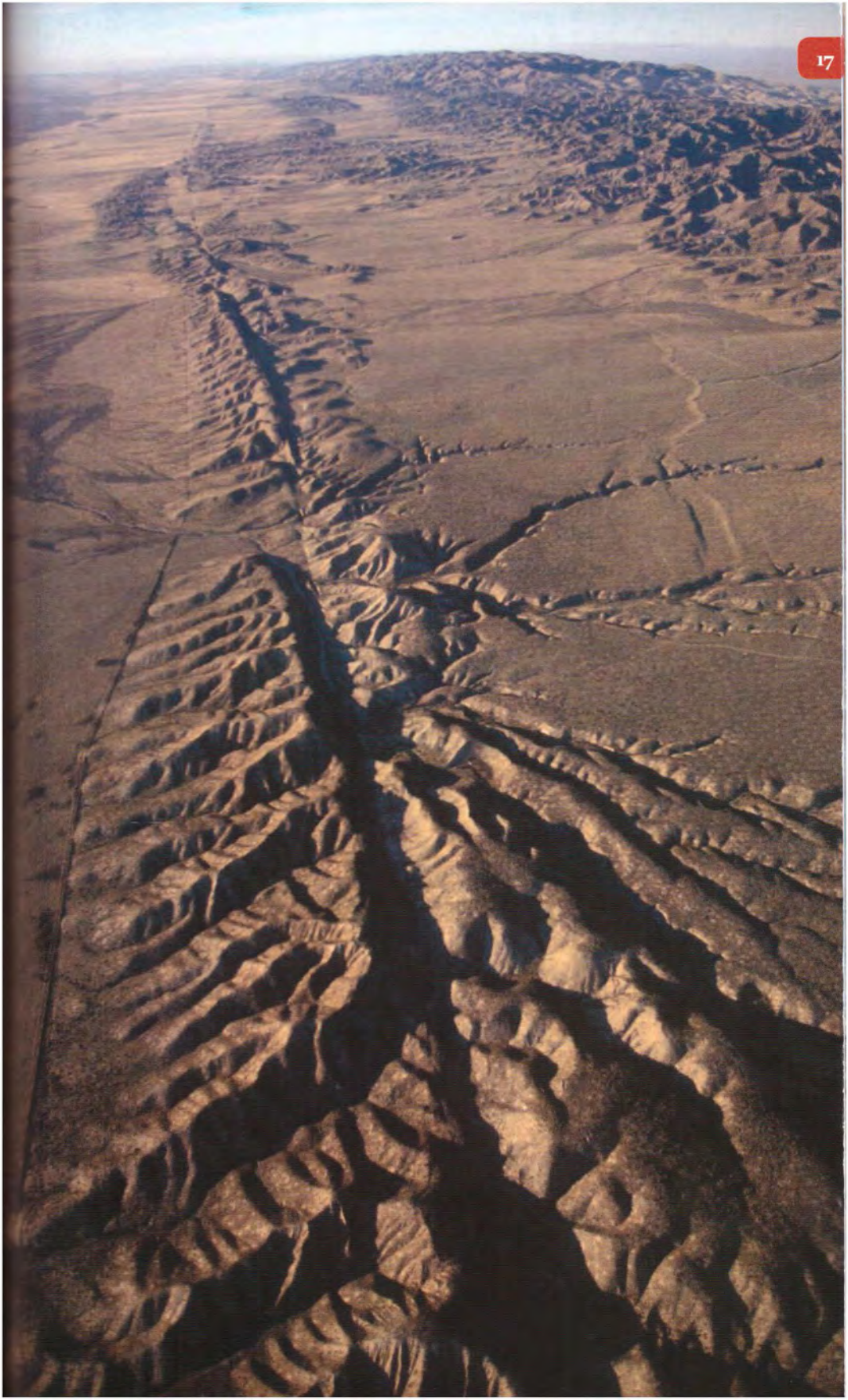


İnsan gözü

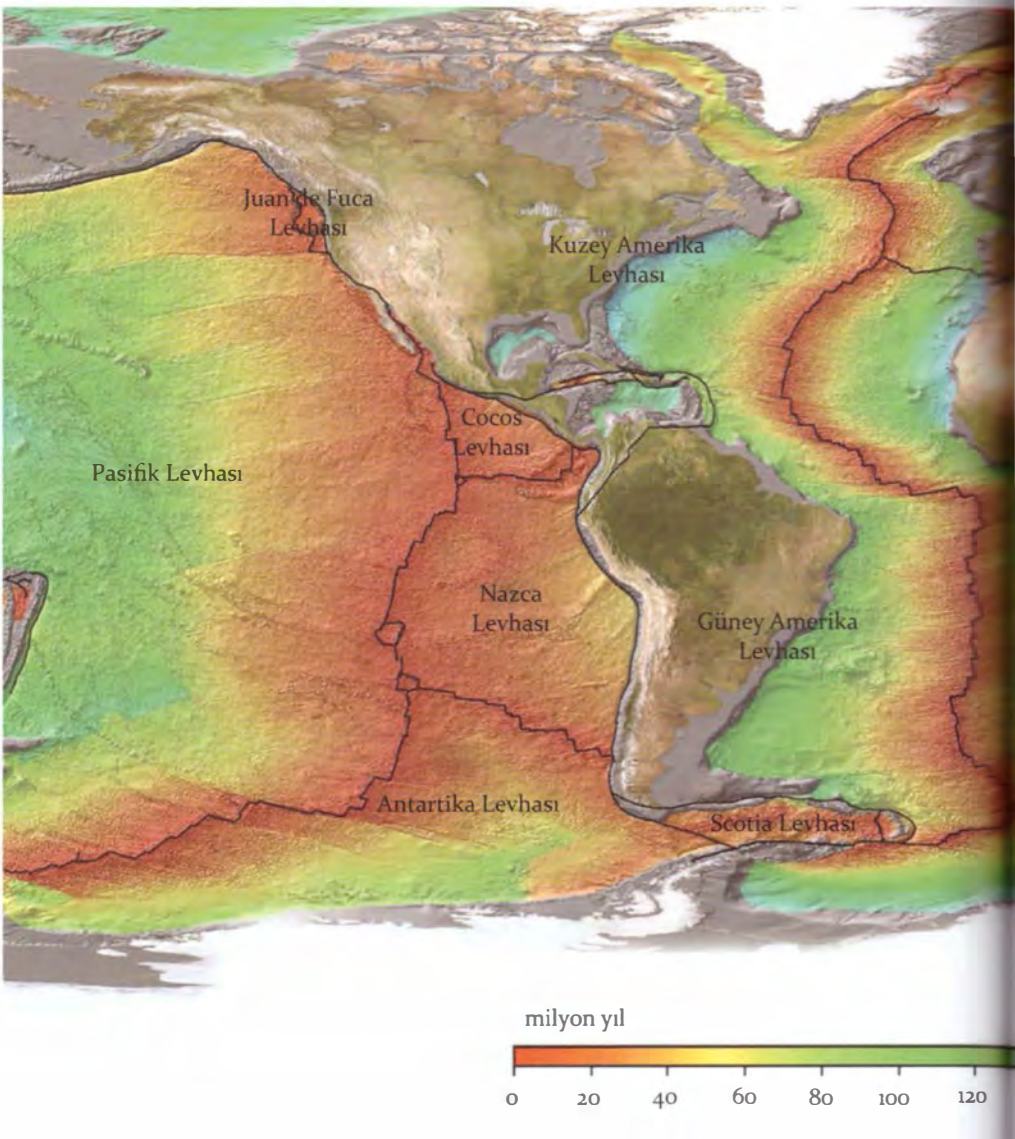
Fotosellerin (çubuk ve konilerin) ayrıntıları

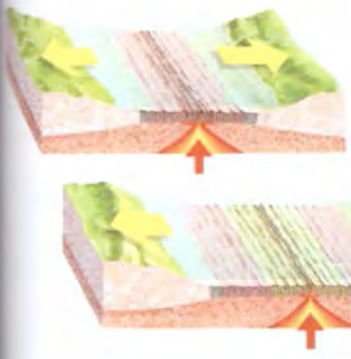
nır, bu nedenle ışık ışınları fotosellere çarpmadan önce kablo yığınından oluşan bir örtünün arasından geçmek zorunda kalır. Bu çok mantıksız ve mantıksızlık bununla da kalmıyor. Fotosellerin geride konumlanmış olmasının sonuçlarından biri, onların verilerini taşımakta olan kabloların, bir şekilde retinanın içinden geçip beyne gitmelerinin gerekiyor olmasıdır. Omurgalı gözünde kablolar, retinadaki belli bir delikte birleşip içeri dalarlar. Sinirlerle dolu olan bu deliğe kör nokta denir, çünkü kördür, ama bu bölge gerçekte oldukça geniş olduğundan "nokta" demek hafif kalır, kör bir *bölge* demek daha doğru olur, ki bu bölge bize yine beynin "otomatik Photoshop" yazılımı sayesinde çok da fazla rahatsızlık vermez. Bir kez daha, geri gönderin, bu sadece kötü bir tasarım değil, tam bir ahmağın tasarımı.

Ya da değil mi? Eğer öyle olsaydı, göz görmekte berbat bir iş çıkarırdı ve durum bu değil. Aslında çok iyi iş çıkarıyor. İyi iş çıkarıyor çünkü sayısız küçük detayı temizleme rolünü üstlenmek üzere işe koyulan doğal seçilim, vakti zamanında yapılan retinayı ters yerleştirme hatasının ardından, gelip, gözü yüksek kaliteli ve hassas bir alet haline getirecek şekilde onarmıştır. Bu bana Hubble Uzay Teleskobuyla ilgili şu olayı hatırlatıyor. Hatırlayacağınız üzere, 1990'da uzaya fırlatıldığında,

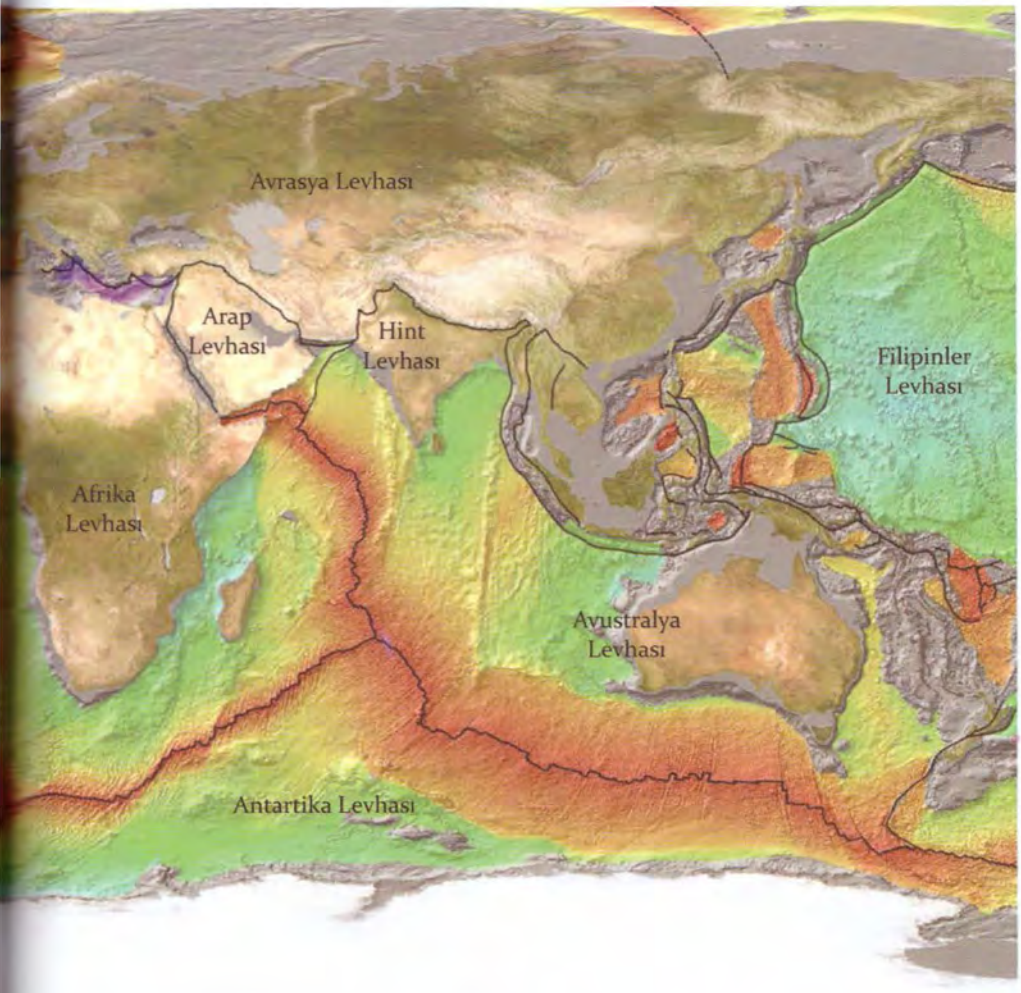


(a) Deniz altındaki kayaların yaşlarının renk kodları. Bölüm 9'da hayali bir denizaltı Brezilya'nın çıkıntısından doğuya doğru yola çıkıyor ve yarı yolda orta-Atlantik şeridindeki genç kayalara ulaşıyor. (b) Deniz tabanı yayılımı ve levhaların hareketini sağlayan (c) derin ve yavaş taşınım akımları.

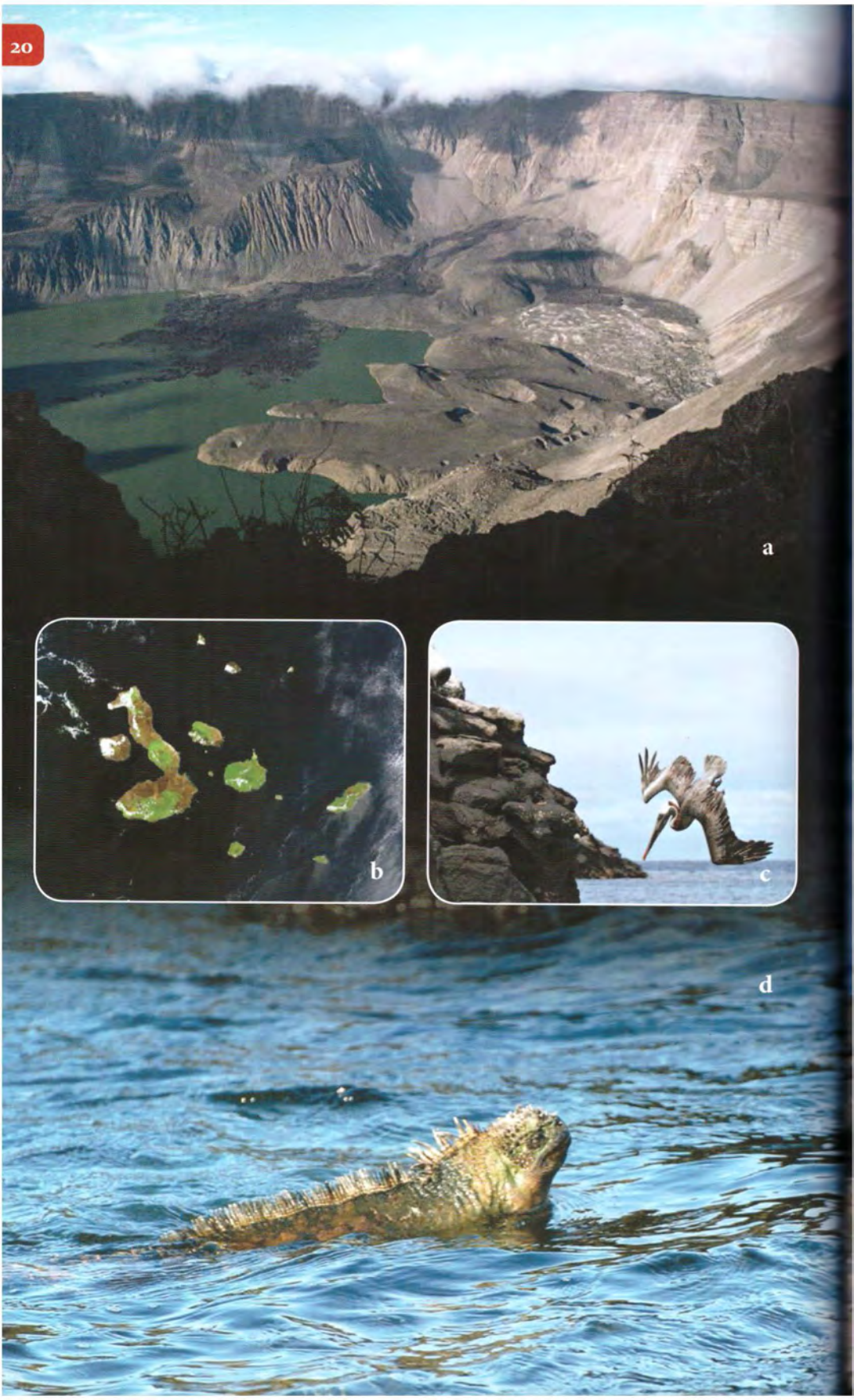







Avrasya Levhası
Arap Levhası
Hint Levhası
Filipinler Levhası
Afrika Levhası
Avustralya Levhası
Antartika Levhası


160
180
200
220
240
260
280


a
b
c
d





Galapagos: evrimin yakın zamana ait bir vitrini mi?

(a) Fernandina'daki Caldera, Galapagos adalarındaki en genç ve en aktif yanardağ. **(b)** Galapagos'un bu havadan görünümü, yüksek bölgelerinin (yanardağlarının) yeşilliğini ve lav tarlalarının koyu rengini gösteriyor. **(c)** Galapagos pelikanı balık avlamak için dalışa geçiyor. Kahverengi pelikanların Galapagos'taki alt-türü olan bu hayvana, her nedense, alt-tür ismi olarak *urinator* (idrar çıkaran) adı verilmiş. **(d)** Galapagos deniz iguanası yüzüyüyor. Onun bu davranışı kertenkeleler arasında tek. Galapagos'un dev kaplumbağaları adadan adaya değişiklik gösteriyor. Otla beslenen kaplumbağaların sahip olduğu kubbe şeklinin aksine **(f)**, eyere benzeyen şekil **(e)** kaktüs yiyen ve bu yüzden boynunu yükseğe iyice uzatması gereken kaplumbağalara özgüdür. **(g)** Tipik bir Galapagos manzarası. Kahverengi Galapagos pelikanı, Galapagos pengueni (Kuzey Yarımküre'ye neredeyse ulaşan tek penguen) ve siyah lav kayaları üzerindeki kırmızı kaya yengeci.



Avustralya ve Madagaskar: iki evrim "adası".

(a) Kangurular antilopların Avustralya'daki muadilleridir, fakat dört nala koşmak yerine zıplama uzmanıdırlar.

a



b

(b) Ökaliptus ağacı Avustralya ormanlarında baskın bir türdür.



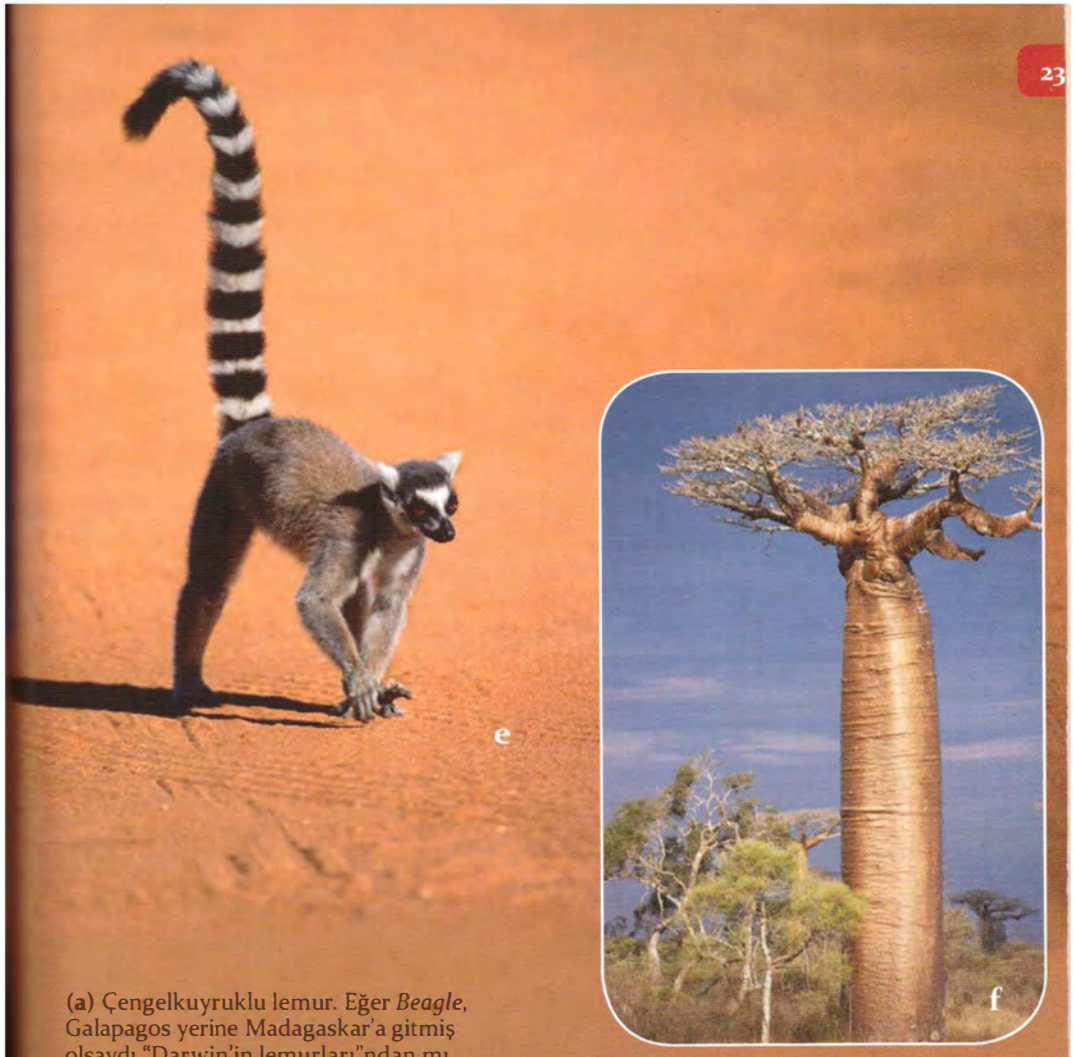
c

(c) Koalalar, yavaş metabolizma hızlarıyla Avustralya ormanlarının tembel hayvanlarıdır. Ökaliptus yapraklarını yiyecek şekilde uzmanlaşmışlardır, bunun sebebi bir ihtimal bu yaprakların zehiriyle başka çok az hayvanın başa çıkabiliyor olmasıdır. Büyük olasılıkla tarihi bir kaza yüzünden geriye bakan kesedeki bebeğe dikkat edin.



d

(d) Ornitorenk, Gondwana'nın memelilerinin hala yumurtladığı kadim dönemlerden bu yana hayatta kalmayı başarmıştır.



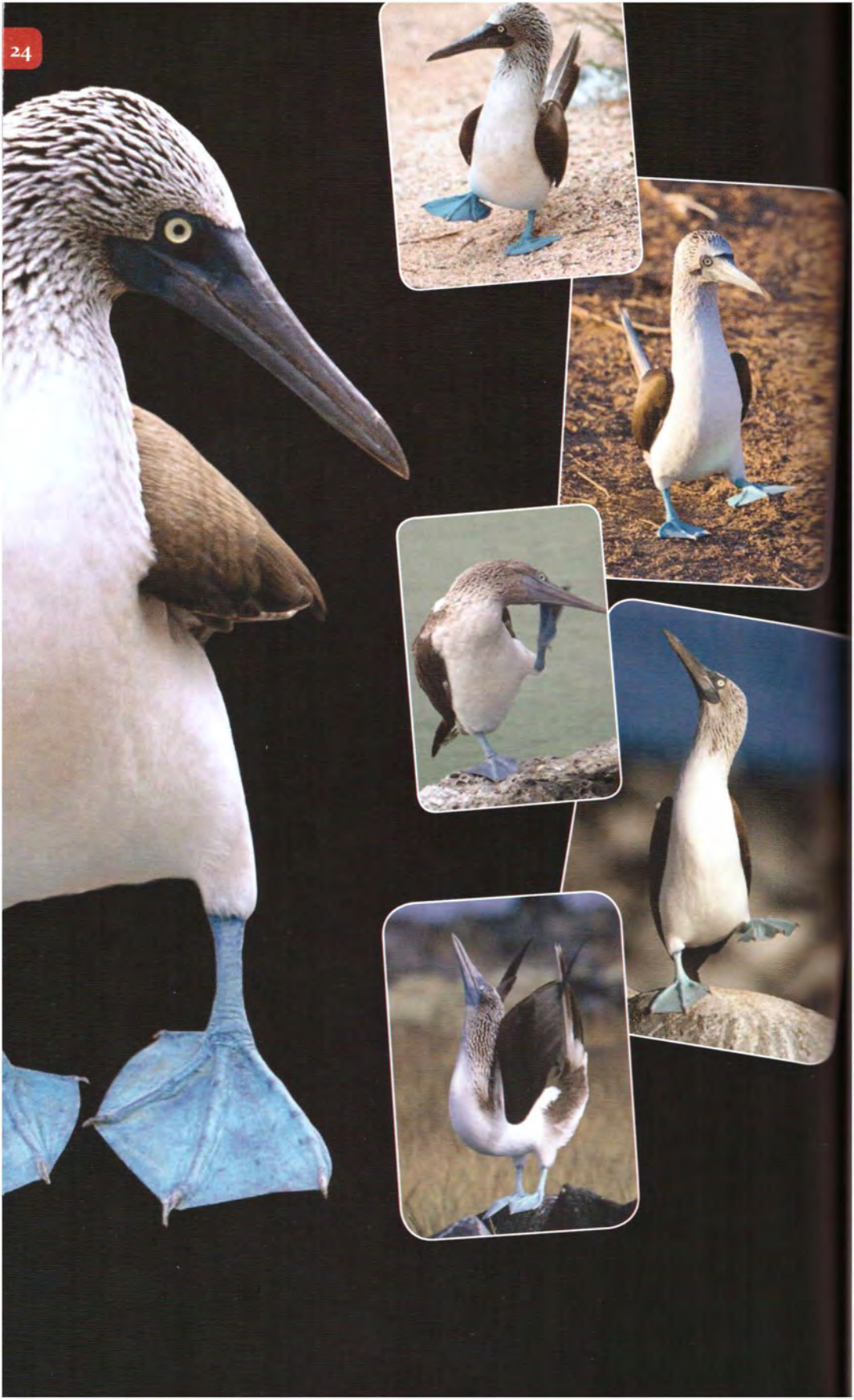
e

f

(a) Çengelkuyruklu lemur. Eğer *Beagle*, Galapagos yerine Madagaskar'a gitmiş olsaydı "Darwin'in lemurları"ndan mı bahsediyor olurduk? **(f)** Marslı ağaçlar bu Madagaskar baobab ağacından daha acayip olabilir mi? (g) Büyük olasılıkla dünyada en sevdiğim tür bu: Dans eden sifaka (Madagaskar lemuru)



g



Hubble'ın çok büyük bir kusura sahip olduğu tespit edilmişti. Son hazırlıklar yapılırken meydana gelen, kalibre aletindeki tespit edilmemiş bir hatadan dolayı, ana ayna birazcık (ama ciddi bir biçimde) yerinden oynamıştı. Arızalı olduğu, teleskop yörüngeye yerleştirildikten sonra fark edilmişti. Cesur ve yaratıcı bir şekilde teleskopa astronotlar gönderildi ve ona deyim yerindeyse bir gözlük takmayı başardılar. Bu olaydan sonra teleskop gayet iyi çalıştı ve sonrasında yapılan üç farklı seferle başka iyileştirmeler de yapıldı. Benim burada varmak istediğim nokta şu ki, büyük bir tasarım hatası (hatta felakete sebep olabilecek bir hata), dehası ve karmaşıklığı, doğru koşullar altında, orijinal hatayı mükemmel bir şekilde telafi edebilecek olan onarımlarla düzeltilebilir. Genelde evrimde büyük mutasyonlar, doğru yönde iyileşmelere neden olsalar bile, neredeyse her zaman (sonradan yapılacak) onarımlara gerek duyarlar. Çok daha sonradan gelen ve doğal seçilim tarafından, başlangıçtaki büyük mutasyonun kaba hatlarını inceltikleri için desteklenen küçük mutasyonlardan oluşan bir temizlik harekâtına gerek duyarlar. Başlangıçta yapılan kabul edilemez hataya rağmen insan ve şahinlerin bu kadar iyi görebilmelerinin nedeni budur. Tekrar Helmholtz:

> Zira göz, optik bir alette bulunabilecek her türlü kusura, hatta kendine özgü ek birkaç kusura sahiptir. Ama tüm bu kusurların üstesinden o derece gelinmiştir ki, kusurların varlığından kaynaklanan görüntü bozukluğu, (olağan aydınlatma koşulları altında) retinadaki konilerin boyutları tarafından duyuların hassaslığına konmuş olan limitleri nadiren aşar. Ama gözlemlerimizi biraz daha farklı koşullar altında yaptığımızda derhal kromatik sapıncın, astigmatizmin, kör noktaların, damarlı gölgelerin, ortamın kusurlu şeffaflığının ve saydığım diğer tüm hataların farkına varırız.

AKILSIZ TASARIM

Bu bahsettiğimiz, sonradan yapılan onarımlarla telafi edilen büyük tasarım hataları örüntüsü, tam da eğer gerçekten bir tasarımcı varsa *beklememiz* gereken bir durumdur. Hubble'ın aynasındaki küresel sapınç gibi talihsiz hataları bekleyebiliriz ama tersyüz olmuş şekilde monte edilmiş olan retina gibi bariz salaklıkları beklemeyiz. Böylesi hatalar kötü tasarımdan değil, *geçmişten* kaynaklanır.

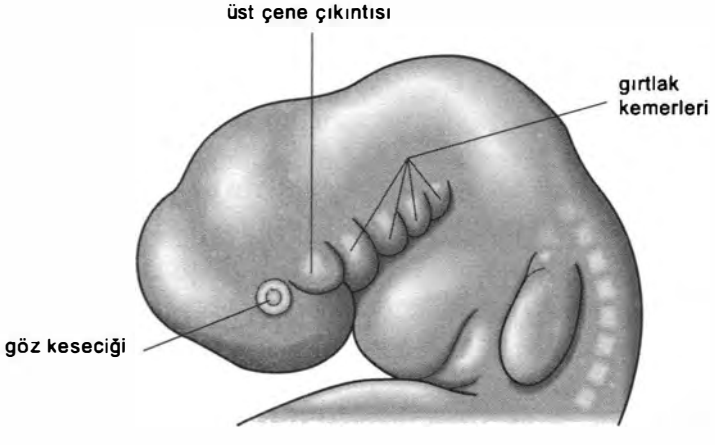
Henüz bir lisans öğrencisiyken Profesör J.D.Currey'den ders aldığımda bana gösterdiğinden beri favorim olan örneklerden biri de, geri dönen gırtlak siniridir.[1] Bu gırtlak siniri, kafatasına ait (kranyal) sinirlerden (yani omurilikten değil doğrudan beyinden çıkan sinirlerden) birinin bir koludur. Kafatası sinirlerinden biri olan vagusun (uygun bir şekilde "avare" anlamına gelir), ikisi kalbe, her iki yanda bulunan iki tanesi de gırtlağa giden birçok kolu vardır. Boynun her iki yanındaki gırtlaksal sinirin kollarından biri, bir tasarımcının tercih edeceği gibi dümdüz bir rota izleyerek, doğrudan gırtlağa gider. Diğer kol ise gırtlağa, inanılmaz derecede dolambaçlı bir yol izleyerek ulaşır. Göğüsten içeri dalıp, ana atardamarların birinin (sağ ve solda farklı bir atardamarın, ama prensip aynı) etrafından dolaşır ve geri dönerek boyna doğru yoluna devam eder.

Bir tasarım ürünü olarak düşünüldüğünde, geri dönen gırtlak siniri tam bir rezalettir. Helmholtz'un bunu geri yollamak için, gözde olduğundan bile daha çok sebebi olurdu. Ama tıpkı gözde olduğu gibi, ne zaman ki tasarımı bir kenara bırakıp, onun yerine geçmişi göz önüne alacak şekilde düşünmeye başlarsanız, her şey anlam kazanmaya başlar. Bunu anlamak için, zamanda geriye gidip atalarımızın balık olduğu dönemlere dönmemiz gerekiyor. Balıkların kalbi, bizim dört odacıklı kalbimizden farklı olarak iki odacıklıdır ve kanı, karın aortu denilen merkezi bir atardamardan pompalar. Karın aortu, her iki taraftaki altı solungaca giden, (en fazla) altı kol çiftine ayrılır. Daha sonra kan, zengin bir şekilde oksijenle bağlanacağı solungaçlardan geçer. Solungaçlardan sonra, yine altı çift kan damarı tarafından toplanan kan, sırt aortu denilen ve balığın ortasından geçen tek bir büyük damarda birleşerek vücudun geri kalanına dağılır. Altı solungaç atardamarı çifti, balıklarda bizde olduğundan daha bariz olan, omurgalıların *bölütlenmiş* vücut planına bir kanıttır. Büyüleyici bir şekilde, (detaylı anatomileri incelendiğinde görüleceği üzere) "gırtlak kemerleri" açıkça atasal solungaçlardan türemiş olan insan *embriyosunda* ise bu çok barizdir. Elbette bu kemerler solungaç işlevi görmemektedirler, ama beş haftalık insan embriyoları solungaçlı minik pembe balıklar olarak kabul edilebilirler. Balina ve yunusların, dugong ve manatilerin neden yeniden işlevsel solungaçlar evrimleştirmediklerini merak etmeden (bir kez daha) duramıyorum. Tüm memelilerde olduğu gibi, gırtlak

1- Bu aynı zamanda meslektaşım Jerry Coyne'un da favorilerindendir. *Evrim Neden Doğrudur*'da *(Why Evolution is True)*, bu örnek çok yalın bir dille işlenmiştir. (Kitabın geri kalanıyla birlikte) okumanızı öneririm.

kemerlerinde, solungaç geliştirmek için gerekli olan embriyonik yapı iskelesine sahip oldukları gerçeği, solungaç geliştirmelerinin o kadar da zor olmaması gerektiğini düşündürüyor. Neden evrimleştirmediklerini bilmiyorum ama bunun iyi bir sebebi olduğundan ve birilerinin bunu ya da bunun nasıl araştırılacağını bildiğinden son derece eminim.

Tüm omurgalılar bölütlü bir vücut planına sahiptirler, ama (embriyoların aksine) olgun memelilerde bu sadece, omurga ve kaburgaların, kan damarlarının, kas kitlelerinin (miyotomların) ve sinirlerin tamamının, önden arkaya doğru modüler tekrarlanma örüntüsünü takip ettiği omurga bölgesinde açıkça görülebilir. Belkemiğinin her bir bölütü (segmenti), omurganın her iki tarafından çıkan, ön kök ve art kök adlı iki büyük sinire sahiptir. Bu sinirler görevlerini (artık her neyse) çoğunlukla, çıktıkları omurganın civarında yerine getirirler ancak bazıları bacaklara, bazıları ise kollara doğru uzar.



İnsan embriyosunun gırtlak kemerleri

Kafada da aynı bölütlü plan takip edilir ancak (balıkta bile) bunu ayırt etmek daha zordur, çünkü bölütler belkemiğinde olduğu gibi baştan sona doğru düzenli olarak sıralanmamış, evrimsel süreç içerisinde karmakarışık bir hale gelmişlerdir. Kafadaki bölütlerin silik izlerinin ayırt edilmesi, on dokuzuncu yüzyılın ve yirminci yüzyılın başlarının karşılaştırmalı anatomi ve embriyolojisinin elde ettiği zaferlerden biridir. Örneğin, bofa balığı gibi çenesiz balıklardaki (ve çeneli omurgalıların embriyolarındaki) birinci solungaç kemeri, çenesi olan omurgalılardaki (yani bofa balığı ve bazı asalak balıklar hariç tüm modern omurgalılardaki) çeneye karşılık gelir.

Böcekler ve Bölüm 10'da gördüğümüz üzere kabuklular gibi diğer eklembacaklılar da bölütlü bir vücut yapısına sahiptir. Ayrıca böcek kafasının, böceklerin eski atalarında sıralı olan ama artık karmakarışık bir hale gelmiş ilk altı bölütü İçerdiğinin gösterilmesi de benzer bir zaferdi. Böcek bölütlenmesi (segmentasyonu) ve omurgalı bölütlenmesinin, benim zamanımda öğretildiği gibi birbirlerinden bağımsız olmak bir yana, hox genleri olarak adlandırılan benzer genler (böcekler, omurgalılar ve diğer pek çok hayvanda bu genler açık bir şekilde benzerdirler) tarafından idare edildiğinin ve hatta bu genlerin kromozomlarda benzer sıralarda konuşlandığının gösterilmesi de, yirminci yüzyılın sonlarının embriyoloji ve genetiğinin zaferidir. Böcek ve omurgalı bölütlenmesinin tamamen ayrı şeyler olduğunu öğrendiğim lisans eğitimimdeyken, benim hocalarımın hiçbirinin hayal bile edemeyeceği bir şeydi bu. Farklı şubelerden hayvanlar (örneğin, böcekler ve omurgalılar) bizim her zaman düşündüğümüzden çok daha benzerdirler. Ve bu da paylaştıkları bir ortak ata olmasından kaynaklanıyor. Hox planı, iki yanlı simetriye sahip hayvanların tamamının ortak atasında mevcuttu. Tüm hayvanlar, bizim eskiden düşündüğümüzden çok daha yakın kuzenlerdir.

Omurgalı başına dönelim. Kranyal sinirlerin tıpkı omuriliğimizden çıkan sinirler gibi, ilkel atalarımızda tek bir ön ve arka kök dizisinin ön ucunu oluşturan bölütsel sinirlerden köken aldığı düşünülmektedir. Ayrıca göğsümüzdeki başlıca kan damarları, bir zamanlar açıkça solungaçlara hizmet eden bölütlü kan damarlarının kalıntılarıdır. Tıpkı balık kafasının, balıkların atalarının bölütlü örüntüsünü darmadağın etmesi gibi, memeli göğsünün de atasal balık solungaçlarının bölütlü örüntüsünü darmadağın ettiğini söyleyebiliriz.

İnsan embriyosu da, embriyonun "solungaçlarını" besleyen ve balıklarınkine oldukça benzeyen kan damarlarına sahiptir. Her iki yanda, sırt aortu çiftine bağlanan ve (her iki yandaki "solungaçlar" için) bölütsel aort kemerlerine sahip olan iki karın aortu bulunmaktadır. Bu bölütlü kan damarlarının çoğu embriyonik gelişimin sonunda yok olur, ancak yetişkinlerdeki örüntünün, embriyonik (ve aynı zamanda atasal) plandan türediğini bariz bir şekilde görebilirsiniz. Döllenmeden yaklaşık yirmi altı gün sonra insan embriyosuna bakacak olursanız, "solungaçlara" kan tedariğinin, balıkların solungaçlarına giden bölütlü kan tedariğine aşırı derecede benzediğini görürsünüz. Gebeliğin ilerleyen haftalarında, kan damarlarının örüntüsü kademeli ola-

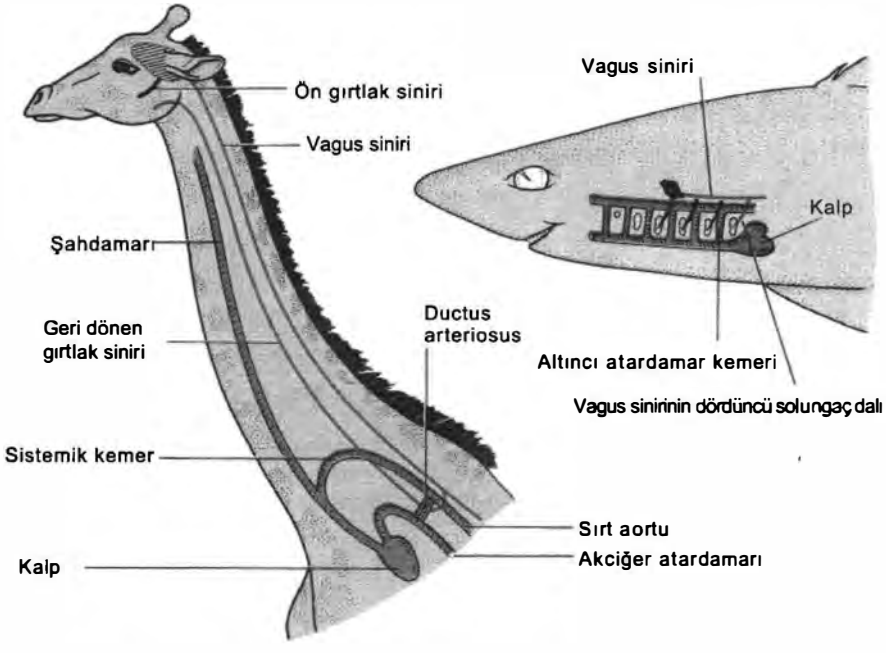
rak basitleşip orijinal simetrisini kaybeder ve yavru doğduğunda, balık benzeri insan embriyosunun düzenli simetrisinden oldukça farklı olarak, dolaşım sistemi fazlasıyla sol tarafa dayalı bir hal alır.

Göğsümüzdeki başlıca atardamarlarımızdan hangilerinin, hangi altı solungaç damarının sağ kalanları olduğunun karmakarışık detaylarına girmeyeceğim. Geri dönen gırtlak sinirlerimizin geçmişini anlamak için bilmemiz gereken tek şey, balıklarda vagus sinirinin, son üç solungacı besleyen kollara ayrıldığı ve bu sebeple bu kolların, ilgili solungaç atardamarının arkasından dolaşmasının son derece doğal olduğudur. Bu kollarda "geri dönüş" falan yoktur, mümkün olan en doğrudan ve mantıklı yolla hedeflerindeki organlara erişirler.

Ne var ki memeli evrimi esnasında, boyun uzayıp (balıkların boynu yoktur) solungaçlar kaybolmuştur. Bu solungaçlardan bazıları tiroid ve paratiroid bezleri ve gırtlağı oluşturan pek çok parça gibi faydalı şeylere dönüşmüştür. Gırtlağı oluşturan parçaları da kapsayan bu faydalı kısımlar için gereken kan ve sinir bağlantıları, bir zamanlar düzenli bir dizilime sahip olan solungaçlara hizmet eden kan damarları ve sinirlerin evrimsel torunlarını tarafından sağlanmıştır. Memelilerin ataları, evrimsel süreçte balık atalarından farklılaştıkça, sinirler ve kan damarları kendilerini, şaşırtıcı yönlere itilip kakılırken bulmuşlardır, ki bu da onların birbirleriyle olan uzamsal ilişkilerini bozmuştur. Omurgalı göğsü ve boynu, balıkların düzgünce simetrik olan ve seri olarak tekrarlanan solungaçlarından farklı olarak, karmakarışık bir hal almıştır ve geri dönen gırtlak sinirleri, bu çarpıklıktan en çok nasibini alan vücut kısımlarından biri olmuştur.

Berry ve Hallam'a ait 1986 tarihli bir ders kitabından alınmış olan bir sonraki sayfadaki resim, gırtlak sinirinin köpekbalıklarında dolambaçlı olmadığını ortaya koyuyor. Memelilerdeki dolambaçlı yolu göstermek için Berry ve Hallam'ın seçtikleri hayvan ise (bundan daha çarpıcı bir örnek olabilir mi?) zürafaydı.

Bir insanda, geri dönen gırtlak sinirinin fazladan dolaştığı yol birkaç desimetreyi aşmaz. Ama büyük bir yetişkin zürafa söz konusu olunca bu yol, şaka değil, 4,5 metreyi bulabilir! 2009 Darwin Günü'nden (Darwin'in 200. yaş günü) bir sonraki günün tamamını, Londra'nın yakınlarındaki Kraliyet Veterinerlik Koleji'nde karşılaştırmalı anatomistler ve patalog veterinerlerle, hayvanat bahçesinde ne yazık ki ölmüş bir zürafayı kesip inceleyerek geçirme ayrıcalığını yakaladım.



Zürafa ve köpekbalığında gırtlak siniri

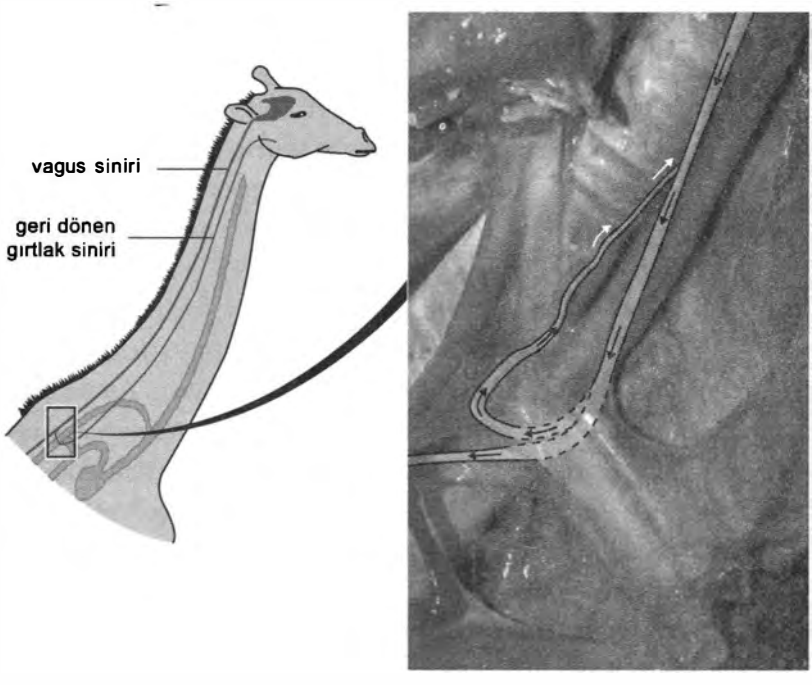
Bu benim için unutulmaz bir gün ve neredeyse gerçeküstü bir deneyimdi. Ameliyathane "sahne"yi, veterinerlik öğrencilerinin oturup saatlerce ameliyatı izlediği koltuklardan ayıran büyük dökme camıyla, neredeyse gerçek bir tiyatro gibiydi. Öğrenciler tüm gün, karartılmış tiyatroda oturup ışıl ışıl aydınlatılmış sahneye izleyerek, her biri (tıpkı benim ve Kanal Dört için hazırlanmakta olan bir belgesel için çekim yapan çekim ekibi gibi) boğaz mikrofonu kullanan inceleme ekibi tarafından sarf edilen kelimeleri dinlediler. Zürafa büyük ve eğimli inceleme sehpasının üzerine, bir makara ve kanca ile bir bacağı havada asılı kalacak ve savunmasız devasa boynu parlak ışıkların altına gelecek şekilde yatırıldı. Camın zürafanın olduğu tarafında bulunan bizler, tüm vücudu kaplayan turuncu giysiler ve beyaz botlar giymek üzere sıkı sıkıya tembih edilmiştik, ki bu da günü rüya gibi yapan etkenlerden bir diğeriydi.

Anatomistlerden oluşan ekibin farklı üyelerinin, sinirin farklı kısımlarında (kafaya yakın olan gırtlak kısmı, kalbe yakın olan dönüş kısmı ve bunların arasında kalan diğer kısımlar) birbirlerine mani olmadan ve birbirleriyle iletişim kurmaya hemen hemen hiç ihtiyaç duymadan çalışabilmeleri, geri dönen gırtlak sinirinin yolundan ne kadar çok saptığını özetliyor. Bu anatomistler sabırla, dönen gırtlak

sinirinin rotasının tamamını didiklediler: Bu zorlu bir görev, zira bildiğimiz kadarıyla Victoria döneminin büyük anatomistlerinden Richard Owen'in 1837'de yaptığından beri kimse bunu başarıyla tamamlayamamıştı. Zorlu olmasının sebebi sinirin oldukça ince, hatta dönüşe geçtiği kısımda iplik gibi olmasıdır (sanırım bunu öngörmem gerekirdi ama yine de gözlerimle görünce şaşırmadan edemedim) ve siniri, nefes borusunu çevreleyen karmaşık zar ve kaslar arasında gözden kaybetmek oldukça kolaydır. Aşağı yönlü yolculuğu esnasında sinir (bu noktada büyük vagus siniriyle sarmalanmıştır), varış noktası olan gırtlağın birkaç santim yakınına kadar yaklaşır. Ama yine de, ancak boynun tamamı boyunca aşağıya indikten sonra geri döner ve tekrar yukarıya tırmanır. Profesör Graham Mitchell, Joy Reidenberg ve diğer uzmanların zürafayı keserkenki becerilerinden çok etkilendim ve (Darwin'in azılı düşmanı) Richard Owen'a olan saygım arttı. Ne var ki yaradılışçı Owen, bariz olanı görmeyi başaramamıştı. Herhangi bir akıllı tasarımcı, gırtlak sinirini, aşağı yönlü yolculuğuna başlamadan keserek, birkaç metrelik yolculuğu birkaç santimetreye indirirdi.

Kaynakların bu denli uzun bir sinirin yapımında müsrifçe kullanılmasından bağımsız olarak, tıpkı uydu bağlantısı aracılığıyla televizyon yayınına bağlanan bir yurt dışı muhabirinin konuşmasında olduğu gibi, zürafaların konuşma esnasında gecikmeler yaşayıp yaşamadıklarını merak etmekten kendimi alamıyorum. Konunun uzmanı olan biri şunları söylemiştir: "İyi gelişmiş bir gırtlağa sahip olmalarına ve topluluklar halinde yaşamalarına rağmen zürafalar ancak alçak inilti ve melemeler seslendirebilirler." Kekeme bir zürafayı hayal etmek eğlenceli, ama ben burada etmeyeceğim. Tüm bu hikâyenin ana fikri, dolambaçlı yol örneğinin yaratıkların iyi tasarlanmış olmaktan ne kadar uzak olduklarını göstermesidir. Bir evrimci için önem arz eden soru ise doğal seçilimin neden bir mühendisin yapacağı gibi çizim tahtasına geri dönüp işleri makul bir şekilde yeniden düzenlemediğidir. Bu bölümde tekrar tekrar karşı karşıya geldiğimiz ve çeşitli şekillerde cevaplamaya çalıştığım soruyla aynı soru bu. Geri dönen gırtlak siniri özelinde bu soruyu, ekonomistlerin "marjinal maliyet" adını verdikleri terim cinsinden cevaplayabiliriz.

Evrimsel süreç içinde zürafanın boynu yavaşça uzarken, dolambaçlı yolun maliyeti (ekonomik maliyeti ya da "kekemelik" cinsinden maliyeti) kademeli olarak artmıştır. Burada vurgu "kademeli olarak" öbeğindedir. Her milimetrelik artışın *marjinal* maliyeti *çok azdır*. Zü-



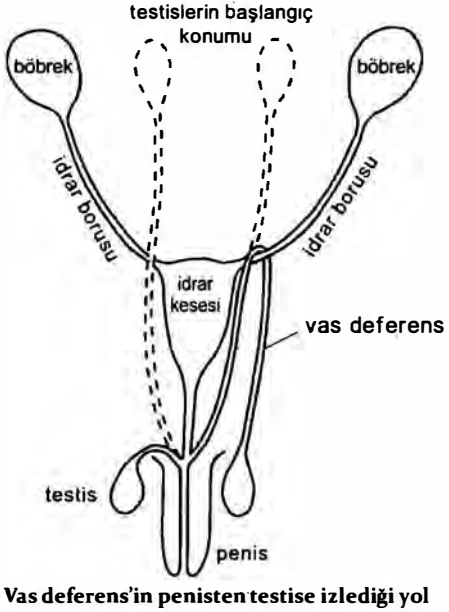
Zürafanın gırtlak sinirinin yaptığı geri dönüş

rafanın boynu şimdiki etkileyici uzunluğuna yaklaşmaya başladıkça, *toplam* maliyet (varsayımsal olarak), aşağıya doğru inen gırtlak sinir iplikleri, kendilerini vagus yığınından kurtarıp, aradaki ufak boşluğun üzerinden "zıplayarak" gırtlağa erişen bir mutant bireyin, bu mutasyonu geçirmeyen rakiplerine kıyasla daha iyi hayatta kalabileceği bir noktaya yaklaşmış olabilir. Ancak bu "zıplayışı" gerçekleştirmek için gereken mutasyon, embriyonik gelişimde çok büyük (hatta ayaklanma niteliğinde) bir değişikliğe sebep olurdu. Zaten çok büyük ihtimalle bu gerekli mutasyon (tam da gerçekleşmesinin gerektiği anda) gerçekleşmezdi. Gerçekleşse bile pekâlâ dezavantajları da olabilirdi, zira hassas ve narin işleyen süreçler esnasında ortaya çıkan herhangi bir büyük ayaklanmada bu kaçınılmazdır. Ayrıca dolambaçlı yoldan kurtulmanın getireceği avantajlar, neticede bu dezavantajlardan daha ağır basacak olsa bile, *herhangi bir anda var olan dolambaçla kıyaslandığında*, dolambaçtaki her milimetrelik artışın *marjinal* maliyeti çok azdır. Eğer gerçekleştirilmesi mümkün olsaydı "çizim tahtasına geri dönelim" şeklindeki yaklaşım daha iyi olacaktıysa da, bunun alternatifi olan çözüm, mevcut dolambaçta yapılacak ufak bir artıştı ve bu minik artışın *marjinal* maliyeti çok düşüktü. İddiam o ki, daha zarif

bir çözüm olan kısa yol çözümünün gerçekleşmesi için gereken "büyük ayaklanma"nın maliyetinden daha düşüktü.

Tüm bunlarla ana fikrimizden uzaklaştık. Burada ana fikir, herhangi bir memelideki geri dönen gırtlak sinirinin, bir tasarımcının olmadığına dair iyi bir kanıt teşkil etmesidir. Zürafa ise bu kanıtı iyiden olağanüstüye taşır! Zürafanın boynundan aşağı inip tekrar yukarı çıkan bu garip dolambaçlı ve uzun yoldan sapma, tam da doğal seçilim yoluyla evrimden bekleyeceğimiz ve tam da akıllı bir tasarımcıdan *beklemeyeceğimiz* bir şeydir.

George C. Williams, Amerika'nın en çok saygı duyulan evrimsel biyologlarından biridir (bilgeliği ve sert yüz hatları yüzünden, Amerika'nın en çok saygı duyulan başkanlarından birini andırmaktadır, ki bu kişi, yine bilgeliğiyle tanınan Charles Darwin'le aynı gün doğmuştur). Williams, dolambacı, geri dönen gırtlak sinirininkine benzeyen ama bedenin öteki ucunda bulunan bir başka örneğe dikkat çekmişti. Vas deferens, spermi testisten penise taşıyan kanaldır. Bunu yapmak için en kestirme rota, sağ alttaki şeklin sol kısmında gösterilen hayali rotadır. Vas deferens tarafından kat edilen gerçek rota ise resmin sağ kısmında gösterilmektedir. Bu kanal, idrarı böbreklerden mesaneye taşıyan kanal olan üretranın etrafından dolaşan gülünç bir dolambaçlı yol izler. Eğer bu tasarlanmış olsaydı, kimse tasarımcının kötü bir hata yaptığını inkâr edemezdi. Ancak, tıpkı geri dönen gırtlak sinirinde olduğu gibi, evrimsel geçmişe baktığımız zaman her şey netleşir. Testislerin muhtemel orijinal pozisyonu kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Memelilerin evriminde, testisler (tam olarak bilinmeyen ancak genellikle sıcaklıkla ilişkilendirilen sebeplerden ötürü) erbezi torbalarındaki şimdiki pozisyonlarına indikçe, vas deferens kanalı maalesef üretranın ters tarafından geçerek onun üzerinde asılı kalmıştır. Herhangi makul bir mühendisin yapacağı gibi kanalın güzergahını değiştirmek yerine, evrim basitçe vas deferansı uzat-



Vas deferens'in penisten testise izlediği yol

maya devam etmiştir (bir kez daha, dolambaçlı yolun uzunluğundaki her bir küçük artışın marjinal maliyeti küçüktü). Bu da bir kez daha, çizim tahtasında adamakıllı düzeltilmek yerine, başlangıçta yapılan hataların sonradan yapılan telafilerle düzeltilmesine güzel bir örnek teşkil eder. Bunun gibi örnekler "akıllı tasarım" hasretiyle yanıp tutuşanların ayaklarının altındaki zemini elbette kaydırıyor olmalıdır.

İnsan vücudu, bir anlamda kusur olarak adlandırabileceğimiz, ama diğer bir anlamda da, diğer hayvanlardan kökenlenen uzun atasal geçmişimizin kaçınılmaz uzlaşıları olarak görülmesi gereken bu gibi örneklerle doludur. Kusurlar, "çizim tahtasına geri dönüş" bir seçenek olmadığında, yani iyileştirmeleri elde etmek, yalnızca halihazırda elde olanlara sonradan yapılacak eklemelerle mümkün olduğunda kaçınılmazdır. Jet motorunun birbirinden bağımsız iki kâşifi olan Sir Frank Whittle ve Dr Hans von Ohain şöyle bir kurala uymaya mecbur bırakılsaydı, jet motorunun halinin nice olacağını bir düşünsenize: "Çizim tahtanıza dönüp temiz bir sayfa ile çalışmaya yeniden başlama iznimiz yok. Çalışmaya bir pervane motoru ile başlamak zorundasınız ve her seferinde bir tane parça ekleyerek, vida vida, çivi çivi onu, "atasal" pervane motorundan "torun" jet motoruna dönüştürmelisiniz." İşin daha da kötüsü, her ara formun uçması ve zincirdeki her bir halkanın, kendinden bir önce gelenden biraz daha gelişmiş olması beklenirdi. Açıkça görüleceği üzere, sonuç olarak ortaya çıkacak jet motorunda, geçmişe ait türlü türlü kalıntılar, anormallikler ve kusurlar olacaktır. Ve bu kusurların tamamına, çizim tahtasına geri dönmeyi yasaklayan talihsiz kuralımız uyarınca ellerinden gelenin en iyisini yapmaya çalışan mühendislerin yaptıkları, biriken külfetli onarım ve düzeltmeler neden olacaktır.

Vurgulamak istediğim noktayı vurguladım, ama biyolojik yeniliklere daha yakından bakmak, pervane motoru/jet motoru benzeşiminden farklı bir benzeşimi de akla getirebilir. Önemli bir yeniliğin (örneğin bizim benzeşimimizdeki jet motorunun), aynı işi yapan eski bir organdan (bizim örneğimizdeki pervane motorundan) değil, tamamen farklı bir işlevi olan tamamen farklı bir şeyden evrimleşmiş olması oldukça olasıdır. Buna güzel bir örnek, balık atalarımız havayı solumaya başladıklarında, (örneğin tırmanan tatlı su levreği gibi hava soluyan bazı modern balıkların aksine) solungaçlarını ciğer oluşturmak üzere modifiye etmiş olmamalarıdır. Bunun yerine bağırsaklarındaki bir keseyi modifiye etmişlerdir. Bu arada, daha sonra gerçek

kemikli balıklar (yani köpekbalıkları ve türevleri hariç, karşılaşacağınız hemen her balık), daha önce arada sırada hava soluyan atalarında evrilmiş olan akciğerlerini, (solumakla hiçbir ilgisi bulunmayan) diğer bir hayati organ olan hava kesesine dönüştürmüştür.

Hava kesesi bir ihtimal, gerçek kemikli balıkların başarısının başlıca anahtardır ve onu açıklamak için konudan sapmaya değer. Bu, balığı istenilen derinlikte hidrostatik dengede tutmak için hassas bir şekilde ayarlanabilen, içi gazla dolu içsel bir hava kesesidir. Eğer çocukken Kartezyen Dalgıç'la oynadıysanız hava kesesinin çalışma prensibini hatırlayacaksınız ama gerçek kemikli balıklar bunun ilginç bir versiyonunu kullanırlar. Kartezyen Dalgıç, bir şişe suda dengede duran, ufak, baş aşağı edilmiş, içinde baloncuk bulunan bir fincandan ibaret küçük bir oyuncaktır. Hava kabarcığının içindeki hava moleküllerinin sayısı sabittir, ama tıkacına bastırarak şişenin hacmini azaltabilirsiniz (ve Boyle Yasası[1] uyarınca basıncı artırmış olursunuz). Ya da tıkacı biraz kaldırarak havanın hacmini arttırabilirsiniz (ve baloncuğun basıncını düşürebilirsiniz). Etki en iyi, şu elma şırası şişelerine konulan şişman vidalı tıkaçlarla elde edilirdi. Tıkacı sıkıştırdığınızda ya da gevşettiğinizde, dalgıç yeni hidrostatik denge noktasına ulaşana kadar aşağıya ya da yukarıya doğru hareket ederdi. Tıkaç (ve dolayısıyla basınç) üzerinde hassas ayarlar yaparak, dalgıcın aşağıya ya da yukarıya hareket etmesini sağlayabilirdiniz.

Bir balık, ince bir farkla bir Kartezyen Dalgıçtır. Hava kesesi onun "hava kabarcığıdır" ve kesenin içinde bulunan gazdaki molekül miktarının sabit olmaması dışında hava kabarcığıyla aynı şekilde çalışır. Balık suda daha yüksek bir düzeye çıkmak isterse, kanındaki gaz moleküllerini hava kesesine boşaltır ve böylece hacmi artar. Derinlere inmek istediğindeyse, hava kesesindeki gaz moleküllerini kanına çeker ve kesenin hacmi azalır. Hava kesesi, balığın, istenilen derinlikte kalabilmek için (köpek balıklarının yaptığının aksine) kas gücü harcamaması anlamına gelir. Balık, seçeceği her derinlikte hidrostatik dengede kalabilir. Hava kesesi bu görevi üstlenerek, kasları sadece

1- Boyle Yasası, belli sıcaklıktaki belli bir miktar gazın basıncının, hacmiyle ters orantılı olduğunu söyler. Boyle Yasası'nı, Bunjy adında kıdemli bir bilim öğretmeni tarafından, okulda aldığım derslerden biri olan 4Bı sınıfına anlatıldığından beri hiç unutmam. Asıl fizik öğretmenimiz olan Bufty'nin yerine derse girmişti ve bizler Bunjy'nin aşırı ilerlemiş yaşından (bize öyle gelmişti) ve aşırı bozuk gözlerinden (okurken kitabı burnuna değecek kadar yakında tutmasından anlaşılıyordu) dolayı disiplinini görmezden gelip onu alaya alabileceğimizi düşünmüştük. Ne kadar yanlış düşünmüşüz. Hepimizi o akşamüstü fazladan bir ders için alıkoymuş ve dersi, bize defterlerimize şunları yazdırarak başlatmıştı: "Dersin konusu: 4Bı'e terbiye ve Boyle Yasası'nı öğretmek."

itici güç olarak kullanılmak üzere serbest bırakmış olur. Buna mukabil köpekbalıkları, sürekli yüzmek zorundadırlar yoksa dibe batarlar (ama kabul etmek gerekir ki yavaşça batarlar çünkü dokularında, onları kısmen batmaz kılan düşük yoğunluklu özel maddeler bulunur). Yani hava kesesi modifiye olmuş bir akciğerdir. Akciğer de modifiye olmuş bir bağırsak kesesidir (öyle olduğunu düşünüyor olabileceğiniz gibi, modifiye olmuş bir solungaç odacığı değildir). Ayrıca bazı balıklarda, hava kesesinin kendisi de bir duyu organı (bir çeşit kulak zarı) olacak şekilde modifiye olmuştur. Geçmiş, vücudun her tarafına, hem de sadece bir kez değil, defalarca yazılıp silinmiş bir parşömene yazılır gibi yazılmıştır.

Bizler yaklaşık 400 milyon yıldır kara hayvanlarıyız ve bu zamanın yalnızca son yüzde 1'lik diliminden beri arka ayaklarımız üzerinde yürüyoruz. Karada geçen zamanımızın yüzde 99'unda ise, az çok yatay bir iskelete sahiptik ve dört ayak üzerinde yürüyorduk. Ayağa kalkıp arka ayakları üstünde ilk kez yürüyen bireylerin hangi seçilim avantajına sahip olduğundan tam olarak emin değiliz ve ben de bu konuyu bir kenara bırakacağım. Jonathan Kingdon bu konu üzerine koca bir kitap yazmıştır (*Lowly Origin)* ve ben de konuyu *Ataların Hikâyesi'nde* detaylı olarak ele aldım. İki ayak üzerinde yürümek ilk gerçekleştiğinde büyük bir değişim gibi görünmemiş olabilir çünkü şempanzeler, bazı maymunlar ve etkileyici hayvanlar olan zıplayan lemurlar bunu zaman zaman yapabilmektedirler. Ancak bizim yaptığımız gibi düzenli olarak iki ayak üzerinde yürümenin vücut üzerinde, beraberinde telafi edici birçok düzeltme gerektiren pek çok etkisi olmuştur. Vücudun tamamında, ne kadar ücra, ne kadar gözden uzak ve konuyla ne kadar dolaylı ve uzaktan ilgili olursa olsun bir ayrıntıyı, yürüyüş tarzındaki bu önemli değişiklikle bağdaştırmak için değişmek zorunda kalmamış tek bir kemik veya kasın bulunmadığını iddia etmek mümkündür. Benzer bir kapsamlı yeniden düzenlemenin, yaşamın geçirdiği her büyük değişime eşlik etmesi gerekir; sudan karaya, karadan suya, havaya ve yeraltına geçişlerde. Vücuttaki bariz değişiklikleri ayrı tutup onlara izolelermişçesine muamele edemezsiniz. Her değişimin önemli yan etkilerinin olacağını ne kadar vurgulasak azdır. Değişimin yüzlerce, binlerce etkisi ve etkinin etkisi vardır. Doğal seçilim durmaksızın ince ayar yapar, büyük Fransız moleküler biyolog François Jacob'un tabiriyle "onarır".

Olaya bakmanın bir diğer güzel yolu da şöyle: İklimde büyük bir değişim olduğunda (örneğin buz devrinde), doğal olarak doğal seçilimin hayvanları ona göre ayarlamasını, örneğin daha kalın bir kıl örtüsü ile kaplamasını beklersiniz. Ancak *dışsal* iklim, ele almamız gereken tek "iklim" tipi değildir. Dışsal herhangi bir değişiklik olmasa bile, büyük bir mutasyon meydana gelir ve doğal seçilim tarafından desteklenirse, genomdaki diğer tüm genler bunu içsel "genetik iklim"de meydana gelen bir değişiklik olarak algılayacaktır. Onlar için bu, uyum sağlamak zorunda oldukları ve havadaki değişiklikten aşağı kalır yanı olmayan bir değişikliktir. Doğal seçilimin bu mutasyonun ardından gelip, tıpkı dışsal iklimde bir değişiklik gerçekleşse yapacağı gibi, genetik "iklim"deki bu büyük değişikliği telafi edecek ayarlamalar yapması gerekir. Hatta dört ayak üzerinde yürümeden iki ayak üzerinde yürümeye ilk geçiş de, dış ortamda meydana gelen bir değişimden ziyade "içsel" sebeplerden dolayı meydana gelmiş bile olabilir. Her halükarda bu değişim, her biri telafi edici "budamalar" gerektirecek karmaşık sonuçlara sebebiyet vermiş olmalıdır.

"Akılsız tasarım" bu bölüm için güzel bir başlık olurdu. Hatta aslında, maksatlı bir tasarımın olmadığının ikna edici bir göstergesi olarak yaşamın kusurları üzerine yazılacak bir kitap için de uygun bir başlık olurdu ve en az bir yazar bu ismi kapmış durumda. Bunların arasından (Avustralya İngilizcesinin kaba saygısızlığını sevdiğim için), Sidney'in bilim yayımcılarının duayeni Robyn Williams'ın enfes kitabına odaklanacağım. Her sabah çekmek zorunda kaldığı sırt ağrılarından, ziyadesiyle mızmızlanarak şikâyet ettikten sonra (yanlış anlamayın, kendisine büyük bir sempati duyuyorum), Williams sözlerine şöyle devam ediyor: "hemen hemen tüm sırtlar (eğer olsaydı) garantilerinden faydalanmak isterlerdi. Eğer sırt tasarımından [Tanrı] sorumluysa, kabul etmek gerekir ki bu onun en iyi işlerinden biri değil. Altı Gün'ün sonunda bir son gün telaşına kapılmış olmalı." Elbette sorun, atalarımızın yüzlerce milyon yıl az çok yatay bir iskelet ile yürümüş olmasından ve bu iskeletin son birkaç milyon yılda gerçekleşen ani değişikliği çok hoş karşılamamasından kaynaklanıyor. Bir kez daha asıl vurgulamak istediğim nokta, gerçek bir dik yürüyen primat tasarımcısının, sürece dört ayakla başlayıp bunu düzeltmeye çalışmak yerine, çizim tahtasına geri dönüp tasarım işini adam gibi yapacak olmasıdır.

Williams daha sonra, Avustralya'nın sembolü olan koalanın kesesinin, kangurularda olduğu gibi yukarı değil aşağıya baktığından bahse-

diyor (ki bu, zamanını ağaç gövdelerine tutunarak geçiren bir hayvan için pek de iyi bir fikir değil). Bunun sebebi bir kez daha geçmişin mirasıdır. Koalalar vombat benzeri atalardan türemişlerdir. Vombatlar çok iyi kazıcılardır,

> adeta bir tünel kazma makinesi gibi, toprakla dolu büyük pençelerini geriye doğru savururlar. Bu atanın kesesi öne bakıyor olsaydı, bebeklerinin göz ve dişleri sürekli kumla dolardı. Bu nedenle geriye bakıyordu ve günün birinde vombat, belki de taze bir yiyecek kaynağından faydalanmak için bir ağaca tırmanınca, değiştirmek için fazla karmaşık olan "tasarım" da onunla beraber geldi.

Geri dönen gırtlak sinirinde olduğu gibi, kesesinin öne bakmasını sağlamak için koalanın embriyolojisini değiştirmek teorik olarak mümkün olabilir. Ama (benim tahminimce) böylesine büyük bir değişime eşlik edecek embriyonik ayaklanma, ara basamakları, koalaların sorunlarla şu anda baş ettiğinden daha kötü baş eder hale getirirdi.

Bizim dört ayaktan iki ayağa geçişimizin sonuçlarından bir diğeri de birçoğumuza (şu an bunları yazarken bana verdiği gibi) ıstırap veren sinüslerle ilgilidir. Sinüslerin ıstırap kaynağı olmasının sebebi, boşaltma deliklerinin makul bir tasarımcının seçebileceği en son yerde bulunuyor olmasıdır. Williams Avustralyalı meslektaşı Profesör Derek Denton'u[1] alıntılıyor: "Büyük maksiler sinüsü ya da boşluğu, yüzün her iki yanında, yanakların arkasında yer alır. Bunların boşaltma delikleri sinüslerin üstünde bulunur ki bu, yer çekiminin sıvıların akışına yardımcı olabileceği düşünülürse pek de iyi bir fikir değildir." Bir dört ayaklıda "üst", üst değil öndür ve onlarda boşaltma deliğinin konumu çok daha mantıklıdır: geçmişin mirası, bir kez daha, her yerimizde.

Williams daha sonra, ulusal bir yetenek olan lafı gediğine oturtma kabiliyetine sahip bir diğer Avustralyalı meslektaşının, Ichneumon arıları hakkında söylediği, "bunların (eğer varsa) tasarımcısı sadist bir namussuz olmalı" sözlerini alıntılıyor. Avustralya'yı genç bir adamken ziyaret etmiş olmasına rağmen Darwin, aynı hissi daha temkinli ve yumuşak bir ifadeyle dile getirmiştir: "Lütufkâr ve her şeye gücü yeten bir Tanrı'nın, Ichneumon arılarını açıkça, canlı tırtılların bedenlerini içerden yemek üzere tasarlayarak yaratmış olduğuna kendimi bir tür-

1- Derek Denton'u, teist kalmaya devam ettiği halde, ikinci kitabı *Doğa'nın Yazgısı*'nda evrim karşıtı duruşundan vazgeçen, ancak beklendiği gibi bu gerçeği görmezden gelen yaradılışçıların sevgilisi diğer bir Avustralyalı Michael Denton ile karıştırmayın.

lü ikna edemiyorum." Ichneumon arılarının (ve akrabaları sarıca arı ve tarantula eşekarısının) efsanevi gaddarlıkları, kitabın son iki bölümünde bir nakarat gibi yinelenecek.

Söylemek üzere olduğum şeyi net bir şekilde ifade etmek zor ama bu uzun süredir üzerinde düşündüğüm bir şey ve zürafayı incelediğimiz o unutulmaz günde iyice su yüzüne çıktı. Hayvanlara dışarıdan baktığımızda, tasarımın zarif illüzyonundan karşı konulmaz bir biçimde etkileniyoruz. Otlayan bir zürafa, gökyüzünde süzülen bir albatros, dalışa geçen bir kırlangıç, saldırı anındaki bir şahin, suyosunlarının arasında görünmez olan bir yapraklı deniz ejderi, aniden yönünü değiştirdikten sonra tüm esnekliğiyle koşusuna devam eden bir çita, sıçrayan bir ceylan; tasarım illüzyonu sezgisel olarak o kadar makul geliyor ki eleştirel düşünceyi devreye sokup naif sezgilerin baştan çıkarıcılığından kurtulmak belirgin bir çaba ister hale geliyor. Hayvanlara dışarıdan baktığımızda durum bu. İçlerine baktığımızda ise, izlenimimiz tam tersidir. Hiç kuşkusuz, zarif bir tasarım *izlenimini*, ders kitaplarındaki basite indirgenmiş, bir mühendisin projesi gibi renklendirilmiş ve düzgünce resmedilmiş çizimler de vermektedir. Ancak önünüzdeki inceleme masasında bir hayvanı kesilmiş halde gördüğünüzde yüzünüze çarpan gerçeklik çok farklıdır. Öyle sanıyorum ki bir mühendisten, örneğin kalpten çıkan atardamarların iyileştirilmiş bir versiyonunu resmetmesini istemek öğretici bir egzersiz olurdu. Sonucun, gerçek bir göğsü açtığımızda gördüğümüz gelişigüzel dağınıklıktan ziyade, bir arabanın egzozu gibi, düzgünce sıraya dizilmiş borular şeklinde olacağını sanıyorum.

Bir günün tamamını anatomistlerle bir zürafayı inceleyerek geçirmekteki amacım, evrimsel kusurlara bir örnek teşkil eden geri dönen gırtlak sinirini incelemekti. Ancak kısa zamanda fark ettim ki, kusurlar söz konusu olduğunda, geri dönen gırtlak siniri buzdağının sadece görünen kısmı. Onun böylesi uzun bir dolambaçlı yol izliyor olması, bu örneği bilhassa çarpıcı kılıyor. Helmholtz'u, nihayetinde siniri geri göndermeye itecek olan sebep bu çarpıcılıktır. Ama büyük bir hayvanın içinin herhangi bir kısmını incelerken edindiğiniz karşı konulmaz izlenim, içeriye tam bir karmaşanın hakim olduğudur. Bir tasarımcı yalnızca o dolambaçlı yol izleyen sinir gibi bir hatayı yapmamakla kalmaz, adam gibi bir tasarımcı, zigzag çizen bir labirenti andıran ve damarlar, sinirler, bağırsaklar, yağ ve kas tomarları, mezanterler ve diğer pek çok şeyden oluşan bu savaş alanına *katiyen* bulaşmazdı. Ame-

rikalı biyolog Colin Pittendrigh'i alıntılamak gerekirse, her şey, "şans kapıyı çaldığında kullanılabilir olanların bir araya getirildiği ve doğal seçilimin öngörüsüyle değil edinilmiş bilgisiyle kabul edilmiş olan geçici çözümlerin yama işinden başka bir şey değidir."

BÖLÜM 12

SİLAHLANMA YARIŞI ve "EVRİMSEL TEODİSE"

GÖZ VE SİNİRLER, sperm kanalları, sinüsler ve sırtlar, bireysel huzur açısından bakıldığında, yetersiz bir tasarıma sahiptirler ama bu kusurlar evrimin ışığında incelendiğinde oldukça anlamlıdır. Aynısı, doğanın daha büyük ekonomisi için de geçerlidir. Akıllı bir tasarımcının yalnızca hayvan ve bitki bireylerinin vücutlarını değil, bütün halinde tür ve ekosistemleri de tasarlamış olması beklenir. Doğanın planlı bir ekonomi sürdürdüğü, müsrifliği ve israfı bertaraf etmek için dikkatlice tasarlanmış olduğu umulabilir. Öyle değildir ve bu bölüm bunu gösterecek.

GÜNEŞ EKONOMİSİ

Doğanın ekonomisi, güneş enerjisine dayalıdır. Gezegenin gündüzü yaşayan yüzeyinin tamamının üzerine güneşten fotonlar yağar. Çoğu foton bir kumsalı ya da kayayı ısıtmaktan daha yararlı bir iş yapmaz. Bir kaçı bir gözden içeri doğru yolunu bulur, bu sizin veya benim gözlerimiz, bir karidesin bileşik gözü ya da bir deniz tarağının parabolik yansıtıcı gözü olabilir. Bazısı tesadüfen bir güneş panelinin üzerine düşebilir; ya benim yakın bir zamanda anlık bir yeşilcilik sevdası krizim esnasında banyo suyunu ısıtması için çatıma monte ettirdiğim gibi insan yapımı olanların, ya da doğanın güneş panelleri olan yaprakların üzerine. Bitkiler güneş enerjisini "yokuş yukarı" kimyasal sentezleri gerçekleştirmek için kullanarak, başta şeker olmak üzere organik yakıtlar üretirler. "Yokuş yukarı", şeker sentezinin gerçekleşmesi için enerjiye ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir. Aynı mantıkla, şeker daha sonradan yararlı bir işte, örneğin kas gücü ya da büyük bir ağaç gövdesi büyütmekte kullanılmak üzere, enerjisinin (belli bir kısmını) serbest bırakan "yokuş aşağı" bir tepkime ile "yakılabilir". "Yokuş aşağı" ve "yokuş yukarı" benzeşimini, yüksekteki bir depodan dökülerek bir iş yapmak üzere su çarklarını döndüren suya; veya daha sonra su çarklarını döndürmek üzere yeniden aşağıya dökülebilsin diye suyun, yüksekteki su tankına, enerji harcanarak pompalanmasına benzete-

bilirsiniz. İster yokuş yukarı ister aşağı olsun, enerji ekonomisinin her basamağında bir miktar enerji kaybedilir; hiçbir enerji alışverişi tam verimli değildir. İşte bu yüzden patent ofisleri, devridaim makinelerinin tasarımlarını incelemezler bile: bu makinelerin yapılmaları ilelebet imkânsızdır. Su çarkının dönüşünden gelen yokuş aşağı enerjiyi, asla aynı miktarda suyu yukarı pompalamak üzere su çarkını tekrar döndürsün diye kullanamazsınız. Zayiatı telafi etmek için, her zaman sistemi dışarıdan besleyecek bir enerji gereklidir ve güneş de bu noktada devreye girer. Bu önemli konuya Bölüm 13'de geri döneceğim.

Yeryüzünün karasal yüzeyinin çoğu, çok katmanlı foton yakalayıcıları olan yeşil yapraklarla kaplıdır. Eğer bir foton, bir yaprak tarafından yakalanmamışsa, aşağıdaki diğer bir yaprak tarafından yakalanması çok muhtemeldir. Sık bir ormanda, pek az foton yakalanmadan yere ulaşmayı başarabilir, ki bu da gelişmiş ormanların yürümek için fazlasıyla karanlık yerler olmalarının sebebidir. Gezegenimizin payını teşkil eden güneş ışınlarının çoğu suya düşer ve denizlerin yüzey katmanları onları yakalayan tek hücreli yeşil bitkilerle dolup taşar. İster karada ister denizde, enerji tüketen "yokuş yukarı" kimyasal tepkimelerle fotonları yakalayıp, şeker ve nişasta gibi enerji depolayan moleküllerin üretimini gerçekleştiren kimyasal sürece fotosentez denir. Fotosentez bir milyar yıldan fazla bir zaman önce bakteriler tarafından icat edilmiştir; günümüzde de fotosentezin çoğunun altında yeşil bakteriler yatar. Bunu söyleyebilirim çünkü kloroplastların (tüm yapraklarda fotosentez işini aslen yapan ufak ve yeşil fotosentez motorları) kendileri de yeşil bakterilerin doğrudan torunlarıdırlar. Gerçekten de bitki hücrelerinde, bakterilerin yöntemlerine benzer şekilde hala kendi kendilerine üreyebiliyor oldukları düşünülürse, her ne kadar renklerini verdikleri ve onlara ev sahipliği yapan yapraklara aşırı derecede bağlı olsalar da haklı olarak onların hala bakteri olduklarını söyleyebiliriz. Öyle görünüyor ki, orijinalinde serbest yaşamakta olan yeşil bakteriler, şimdi onları kloroplast diye isimlendirdiğimiz hallerine evrilecekleri yer olan bitki hücrelerince gasp edilmişler.

Tıpkı yaşamın yokuş yukarı kimyasının çoğunlukla bitki hücrelerinin içindeki yeşil bakteriler tarafından idare edildiği gibi, metabolizmanın yokuş aşağı kimyasının da (hem hayvan hem de bitki hücrelerinde enerjiyi serbest bırakmak için şeker ve diğer yakıtların yavaşça yakılması), bir zamanlar serbest yaşayan ama şimdi daha büyük hücrelerin içinde üreyen mitokondri adlı başka bir bakteri sınıfının

uzmanlığında gerçekleştiği gerçeği hoş bir şekilde simetriktir. Farklı bakteri soylarından türemiş olan mitokondri ve kloroplastların her ikisi de kendi tamamlayıcı kimyasal becerilerini, çıplak gözle görülebilecek herhangi bir canlı organizmanın varlığından milyarlarca yıl önce oluşturmuşlardır. Her ikisi de, sonrasında kimyasal yetenekleri için hücrelerin içine dâhil edilmişlerdir ve bugün, dokunabileceğimiz ve gözümüzle görebileceğimiz kadar büyük canlıların çok büyük ve karmaşık hücrelerinin sıvı içeriklerinde (kloroplast bitki, mitokondri bitki ve hayvan hücrelerinde) çoğalmaktadırlar.

Bitkilerdeki kloroplastlar tarafından yakalanan güneş enerjisi, karmaşık besin zincirlerinin temelini oluşturur. Besin zincirlerinde, enerji bitkilerden otçullara (ki bunlar böcek olabilir), otçullardan etçillere (ki bunlar da böcekler ya da böcek yiyenler olabileceği gibi kurtlar ve leoparlar da olabilir), etçillerden akbaba veya bok böceği gibi leşçillere ve nihayetinde bakteri ve mantar gibi çürükçüllere aktarılır. Bu besin zincirlerinin her basamağındaki geçişler esnasında enerjinin bir kısmı ısı olarak yitirilirken, bir kısmı da kas kasılması gibi biyolojik süreçlerde kullanılır. Güneşten gelen başlangıç girdisinden sonra yeni bir enerji eklenmez. Derin okyanus "içicileri" gibi enerjisini volkanik kaynaklardan sağlayan ilginç ama ufak birkaç istisna hariç, yaşamı sürdüren enerjinin tamamı nihayetinde bitkiler tarafından tutulan güneş ışığından gelir.

Bir açıklığın ortasında tek başına mağrurca duran uzun bir ağaca bakın. Neden bu kadar uzun? Güneşe daha yakın olmak için değil! O uzun gövde, ağacın üst kısmı yere yayılacak şekilde, hiç foton kaybı olmadan ve maliyette büyük tasarruflar sağlanarak kısaltılabilirdi. Öyleyse ağacın tepesini gökyüzüne doğru yükseltmek için tüm bu masraf neden? Böyle bir ağacın doğal yaşam alanının bir orman olduğunu fark edene dek cevap aklımıza gelmeyecektir. Ağaçlar, kendi türünden ve diğer türlerden rakip ağaçların tepesini aşabilmek için uzundurlar. Bir açıklıkta ya da bahçede, yapraklı dalları yere kadar uzanan bir ağaç görürseniz şaşırmayın. O ağaç açıklıkta veya bahçede olduğu için böyledir. Onu kendi doğal yaşam alanı olan sık bir ormanın dışında gözlemlemektesiniz. Bir orman ağacı normalde dal ve yapraklarının çoğu ağacın tepesinde, tüm foton yağmurunun yükünü taşıyan saçağın yakınlarında olacak şekilde çıplak gövdelidir ve uzundur. İşte şimdi size garip bir fikir. Eğer bir ormandaki tüm ağaçlar, diyelim ki üç metreden fazla büyümeyeceklerine dair bir mutabakata varabilseydiler (bir sen-

dikanın rekabeti yasaklayıcı anlaşmalar yapması gibi) bu durum herkesin işine gelirdi. Topluluğun ve ekosistemin tamamı, o upuzun ve masraflı gövdeleri oluştururken kullanılan odun ve enerjide yapılacak tasarruftan yarar sağlardı.

Böylesi karşılıklı kısıtlama anlaşmalarını yürürlüğe sokmaktaki zorluk iyi bilinir, (öngörü yeteneğimizin potansiyel olarak devreye girebileceği) insan meselelerinde bile bu böyledir. Bir müsabakayı, örneğin bir at yarışını izlerken ayakta durmak yerine oturmakta anlaşmak bilindik bir örnektir. Eğer herkes otururşa, uzun boylu insanlar (tıpkı herkes ayaktayken olacağı gibi) kısa boylu insanlardan daha iyi bir görüş açısına sahip olacaklardır ama herkes en azından rahatça yerlerinde oturuyor olacaktır. Sorun, uzun birinin arkasında oturan kısa birinin, daha iyi görmek için ayağa kalkmasıyla başlar. Onun arkasında oturan ve görüşü tamamen kapanmış olan kişi de yarışı görebilmek için derhal ayağa kalkar. Herkes ayağa kalkana kadar bir ayağa kalkma dalgası tüm tribüne yayılır. Netice olarak herkes, oturuyor oldukları duruma kıyasla daha kötü bir duruma gelmiş olur.

Tipik bir gelişmiş ormanda saçaklar, göksel bir çimenlik gibi düşünülebilir; tıpkı sütunların üzerinde yükseltilmiş inişli çıkışlı bir çayırlık arazi gibi. Saçaklar güneş enerjisini, çayırlık arazinin topladığıyla aynı oranda toplayacaklardır. Ancak enerjinin azımsanmayacak miktarı "çimenliği", yerde olsa aynı miktarda fotonu çok daha az masrafla toplayabilecekken havada asılı tutmaktan başka bir yararı olmayan sütunları beslemekle "ziyan edilecektir".

Bu da bizi tasarlanmış bir ekonomi ile evrimsel bir ekonomi arasındaki farkla karşı karşıya getirir. Tasarlanmış bir ekonomide hiç ağaç olmazdı ya da hiç uzun ağaç olmazdı; ormanlar, saçaklar olmazdı. Ağaçlar ziyandır. Ağaçlar savurganlıktır. Ağaç gövdeleri beyhude bir rekabetin eserleridir; planlanmış bir ekonomi bağlamında düşünürsek beyhude. Ancak doğal ekonomi planlanmış değildir. Bitki bireyleri, aynı veya farklı türdeki diğer bitkilerle yarışırlar ve sonuç gittikçe uzayan, herhangi bir tasarımcının tavsiye edeceğinden çok daha fazla uzayan bitkilerdir. Ancak bu sonsuz bir uzama değildir. Bir noktada, birkaç santimetre daha fazla uzamak (her ne kadar rekabette avantaj sağlayacaksa da) o kadar masraflı olur ki ağaç, o ekstra uzamayı yapmayan rakiplerinden daha kötü duruma düşer. Sonuçta ağaçların boylarını belirleyen, bireysel olarak ağaçlara olan maliyet ve yararların dengesidir, mantıklı bir tasarımcının grup olarak ağaçlar için hesap-

ladığı faydalar değil. Elbette denge, farklı ormanlarda farklı bir tepe noktasıyla sonuçlanır. Pasifik Kıyısı'ndaki sekoyaların (ölmeden önce onları görün) boyları muhtemelen hiç aşılmamıştır.

Varsayımsal bir ormanın akıbetini hayal edin (hadi bu ormana Dostluk Ormanı diyelim). Dostluk Ormanında gizemli bir anlaşma ile tüm ağaçlar tüm saçaklarını bir şekilde arzu edilen yükseklik olan üç metreye indirmeyi başarmış olsunlar. Ormanımızın saçağı, otuz metre yerine üç metre yükseklikte olmasının dışında sıradan bir ormanın saçağına benzesin. Planlanmış bir ekonomi açısından bakıldığında, Dostluk Ormanı *orman olarak*, tanıdık uzun ağaçlı ormanlardan daha verimlidir çünkü kaynaklar, diğer ağaçlarla rekabet etmekten başka bir amaca hizmet etmeyen devasa gövdeler oluşturmak için harcanmamaktadır.

Ama şimdi Dostluk Ormanının ortasında, mutasyon geçirmiş bir ağacın belirdiğini varsayın. Bu oyunbozan ağaç "kararlaştırılan" standart olan üç metreden biraz daha fazla uzasın. Mutasyona uğramış bu ağaç derhal bir rekabet avantajı elde edecektir. Elbette gövdesinin fazladan uzun oluşunun masrafını ödemek zorundadır. Ama *diğer tüm ağaçlar fedakârlık gerektiren bu kurala uydukları sürece*, bu masraf devede kulak kalacaktır, çünkü elde edilen ekstra fotonlar, gövdeyi uzatma masraflarını fazlasıyla karşılayacaktır. Dolayısıyla doğal seçilim, fedakârlık gerektiren kuralı ihlal edip biraz daha (örneğin 3,5 metreye) büyümeye olan genetik yatkınlığı destekleyecektir. Nesiller geçtikçe, daha da fazla ağaç bu uzunluk ambargosunu yıkacaktır. Sonunda ormandaki ağaçların tamamı 3,5 metre olacaktır ve hepsi birden daha önce olduklarından daha kötü durumda olacaklardır; hepsi fazladan gövdenin masrafını ödeyeceklerdir. Ama ödedikleri bu bedele rağmen eskisine kıyasla daha fazla foton almayacaklardır. Doğal seçilim, şimdi de örneğin dört metre olmaya meyilli ağaçları destekleyecektir. Böyle böyle ağaçlar uzadıkça uzayacaktır. Güneşe doğru giden bu beyhude tırmanış hiç son bulmayacak mıdır? Neden ağaçlar iki kilometre uzunluğunda ya da masaldaki fasulye sırığı uzunluğunda olmasınlar? Limit, birkaç santimetre daha uzamanın marjinal maliyetinin, o uzamayla kazanılacak olan fazladan fotonlara ağır bastığı yükseklikliktir.

Bu argüman boyunca bireysel fayda ve maliyetler üzerinden konuştuk. Eğer ekonomisi *bir bütün olarak* ele alınarak tasarlanmış olsaydı orman çok farklı görünürdü. Gerçekte bizim doğada gözlemlediğimiz şey ise, kendi türünden veya başka türden rakiplerini egale etmiş *bireyleri* destekleyen doğal seçilimle evrimleşmiş ağaç türlerinden olu-

şan bir ormandır. Ağaçlarla ilgili her şey, onların tasarlanmış olmadığı görüşüyle uyumludur, tabi eğer bize odun sağlamak ya da gözümüze veya New England sonbaharında fotoğraf makinelerimize güzel gözükmek için tasarlanmadılarsa. Tarih buna inanlarla doludur. Bu yüzden haydi insanlığa faydası çok net olmayan benzer bir örneği ele alalım; av ve avcılar arasındaki silahlanma yarışını.

AYNI YERDE KALMAK İÇİN KOŞMAK

Memeli türüne mensup en hızlı beş koşucu, çita, çatal boynuzlu antilop (Afrika'nın "gerçek" antiloplarıyla yakından akraba olmasa da Amerika'da sıklıkla "antilop" olarak anılır), gnu (ya da Güney Afrika antilobu, diğerlerine pek benzemese de gerçek bir antiloptur), aslan ve Doğu Afrika ceylanıdır (bu da gerçek bir antiloptur ve gerçekten standart bir antiloba benzer ama küçüktür). Dikkatinizi çekerim, bu birinci sınıf koşucular listesi av ve avcıların karışımından oluşuyor ve benim vurgulamak istediğim nokta da bunun bir tesadüf olmadığı.

Çitaların saatte 100 kilometre hıza üç saniyede çıkabildiği söylenir ki bu Ferrari, Porsche veya Tesla standartlarında bir performanstır. Aslanlar da ürkütücü bir hızlanmaya sahiptirler, hatta dayanıklılıkları daha fazla olan ve aniden yön değiştirme kabiliyetine sahip ceylanlardan bile daha iyi hızlanırlar. Kediler genellikle kısa mesafe koşularına ve hazırlıksız yakalanan avların üzerine atlamaya uygun yapıdadırlar; Afrika yaban köpeği veya kurt gibi köpekler ise dayanıklılık ve avlarının gücünü tüketme özellikleriyle öne çıkarlar. Ceylanlar ve diğer antiloplar her iki avcı tipiyle de baş etmek zorundadırlar ve dolayısıyla fedakârlık yapmaları olasıdır. Onların hızlanmaları büyük kedilerinki kadar iyi değildir ama dayanıklılıkları daha iyidir. Bir ceylan aniden yön değiştirerek kimi zaman çitanın adımlamasını bozabilir, böylelikle çita maksimum ivmelenme safhasını aşıp yorulma safhasına geçene, zaten az olan dayanıklılığı iyice azalmaya başlayana kadar durumu erteleyebilir. Çita şaşırtma ve hızlanma özelliklerine güvendiği için, başarılı çita avları genellikle başladıktan kısa bir süre sonra sona erer. Başarısız çita avları da, çitanın ilk koşusu başarısız olduktan sonra enerjisini saklamak için pes etmesiyle erkenden sona erer. Diğer bir değişle, tüm çita avları kısa sürer!

Yüksek hız ve ivmelerin, dayanıklılık ve yön değiştirmenin, şaşırtma ve uzun takibin detaylarını boş verin. Bariz gerçek şudur ki en hızlı hay-

vanlar listesi hem avcı hem de avları içerir. Doğal seçilim, avcı türleri avlarını yakalamakta sürekli daha iyi hale gelmeye iterken, eş zamanlı olarak av türlerini de avlardan kaçmakta sürekli daha iyi hale gelmeye iter. Avcı ve avlar, evrimsel süreç boyunca cereyan eden evrimsel bir silahlanma yarışının içindedirler. Sonuç ise her iki taraftaki hayvanların, silahlanma yarışına (vücut ekonomilerindeki başka bölümlerden çalmak pahasına) ayırdıkları ekonomik kaynakların miktarının düzenli olarak artması olmuştur. Avcı ve avlar sürekli olarak diğer taraftan daha iyi koşma (diğer tarafı şaşırtma, onlardan daha kurnaz olma vs.) becerileriyle donanırlar. Ama daha iyi koşmak için gelişen donanım illa karşı taraftan daha hızlı koşulacağı anlamına gelmez. Bunun nedeni basitçe, silahlanma yarışının diğer tarafının da kendi donanımını geliştiriyor olmasıdır: bu bir silahlanma yarışının ayırt edici özelliğidir. Kızıl Kraliçenin Alice'ye söylediği gibi, aynı yerde kalmak için koşabildikleri kadar hızlı koşmaları gerekir diyebilirsiniz.

Darwin (bu tabiri kullanmasa da) evrimsel silahlanma yarışlarının pekâlâ farkındaydı. Meslektaşım John Krebs ve ben, konuyla ilgili 1979'da, "silahlanma yarışı" tabirini İngiliz biyolog Hugh Cott'a atfettiğimiz bir makale yayınladık. Belki de anlamlı bir şekilde, Cott kendi kitabını (*Hayvanlarda Uyarlı Renklilik*) 1940'ta, İkinci Dünya Savaşı tüm hızıyla sürerken yayınlamıştır:

> Bir çekirgenin ya da kelebeğin aldatıcı görünüşünün gereksiz derecede detaylandırılmış olduğunu ileri sürmeden önce, böceklerin doğal düşmanlarının algılama ve ayırt etme güçlerinin neler olduğundan emin olmalıyız. Bunu yapmamak, bir kruvazörün zırhının gereğinden fazla ağır olduğunu veya silahlarının menzilinin gereğinden fazla uzun olduğunu, düşmanının silahlarının doğasını ve etkisini araştırmadan iddia etmeye benzer. Gerçek şu ki ormandaki ilkel mücadelelerde (keza gelişmiş medeni savaşlarda[1]), sonuçları kendisini; savunmada, süratlilik, uyanıklık, zırhlılık, dikenlilik, kazma davranışı, geceye özgü davranışlar, zehirli salgılar ve tiksindirici tatlar üretme, kamuflajlı, aposematik[2], taklitçi renklere bürünme gibi özelliklerde; saldırıda ise, süratlilik, şaşırtmaca, tuzağa düşürme, cezbetme, keskin gözler, pençeler, dişler, iğneler, zehirli dişler, kamuflajlı olmayan ve cezbedici renklere bürünme gibi karşı nitelikteki özelliklerle belli eden büyük bir evrimsel silahlanma yarışının devam etmekte olduğunu görüyoruz. Tıpkı takip edilen hayvanın yüksek hızının takipçisinin artan hızıyla

1- Tezata bakın.

2- Yırtıcıları uyarmak veya iğrendirmek için kullanılan renkler veya işaretler. *–çev.n.*

orantılı olarak; veya koruyucu zırhın saldırı silahlarıyla orantılı olarak gelişmesi gibi, saklanma tertibatındaki mükemmellik de artan algılama gücüne cevaben evrimleşmiştir.

Silahlanma yarışının evrimsel zaman içinde cereyan ettiğine dikkat edin. Bir çita ve bir ceylan bireyi arasında gerçek zamanda cereyan eden yarışla karıştırılmamalıdır. Evrimsel zamandaki yarış, gerçek zamandaki yarışlarda kullanılacak donanımları geliştirmek üzere yapılan bir yarıştır. Bunun geldiği asıl mana ise, karşı taraftan daha zeki ya da daha hızlı olmayı sağlayan donanımları üreten genlerin her iki tarafın da gen havuzlarında biriktiğidir. İkinci olarak (ve bu Darwin'in kendisinin de çok iyi bildiği bir noktadır), hızlı koşmak için gerekli donanım, aynı avcıdan kaçan, kendi türünüze mensup *rakipleri* geçmek için de kullanılır. Oldukça bilinen, koşu ayakkabıları ve ayıyla ilgili fıkra bunu güzel dile getirir.[1] Çita bir ceylan sürüsünü kovaladığı zaman, bir ceylan bireyi için sürünün en yavaş bireyinden daha hızlı koşmak, çitadan daha hızlı koşmaktan daha önemli olabilir.

Silahlanma yarışı terminolojisini artık sizlere tanıttığıma göre, ormandaki ağaçların da bir silahlanma yarışının içinde olduklarını görebilirsiniz. Her bir ağaç, ormanda hemen bitişiğindeki komşularıyla güneşe doğru bir rekabet içerisindedir. Bu rekabet, özellikle yaşlı bir ağaç ölüp saçakta boş bir yer açtığında daha da sert bir hal alır. Yaşlı bir ağacın düşüşünün yankılanması tam da böylesi bir şansı bekleyen körpe ağaçlar için (gerçek zamanda cereyan eden) yarışı başlatan tabancadır (gerçi bu biz hayvanların alışık olduğundan daha yavaş ilerleyen bir zamandır). Kazanan muhtemelen, evrimsel zamanda cereyan etmiş atasal silahlanma yarışlarında başarılı olmuş olan daha hızlı ve daha yükseğe büyüme genleriyle donanmış bir ağaç olacaktır.

Ormandaki ağaç türleri arasındaki silahlanma yarışı simetrik bir yarıştır. Her iki taraf da aynı şeyi elde etmeye çalışır: saçakta bir yer. Av ve avcılar arasındaki silahlanma yarışı ise asimetrik bir silahlanma yarışıdır: saldırı silahlarıyla savunma silahları arasındaki bir silahlanma yarışı. Aynısı parazitler ve konaklarının arasındaki silahlanma yarışı için de geçerlidir. Hatta şaşırtıcı görünebilir ama bir türdeki dişi ve erkekler arasında ve ebeveynlerle yavruları arasında bile silahlanma yarışları vardır.

1- Ormanda yürüyüşe çıkmış iki kişi ayı tarafından kovalanmaktadır. Yürüyüşçülerden biri koşarak uzaklaşırken diğeri koşu ayakkabılarını giymek için durur. "Sen delirdin mi? Koşu ayakkabılarıyla bile bir boz ayıdan hızlı koşamazsın." "Hayır koşamam, ama senden hızlı koşabilirim."

Silahlanma yarışlarının, akıllı tasarımın taraftarlarını endişelendirebilecek bir yanı da onların aşırı dozda gereksizliklerle dolu olmasıdır. Eğer çitanın bir tasarımcısı olduğunu varsayacaksak, görünen o ki bu tasarımcı, tasarım konusundaki bilgisinin her zerresini, eşsiz bir katili mükemmelleştirmek için kullanmıştır. Bu muazzam koşu makinesine atılacak tek bir bakışla bundan hiç bir şüphemiz kalmaz. Eğer tasarımdan bahsedeceksek, çita ceylanları öldürmek için muhteşem bir şekilde tasarlanmıştır. Ama görünen o ki aynı tasarımcı, tam da bu çitalardan kaçmak için muhteşem bir donanıma sahip ceylanı tasarlamak için de tüm gücüyle çabalamıştır. Tanrı aşkına, bu tasarımcı kimden yana? Çitanın gergin kaslarına ve esnek omurgasına baktığınızda, tasarımcının rekabeti çitanın kazanmasını istediği sonucuna varırsınız. Ama ceylanın koşuşuna, sıçramasına, attığı çalımlara baktığınızda ise tam tersi bir sonuca ulaşırsınız. Acaba tasarımcının sol eli, sağ elinin ne yaptığından bihaber mi? Yoksa tasarımcı, gösteri sporlarından hoşlanan ve kovalamacanın heyecanını yükseltmek için her iki tarafın elindekileri sürekli arttıran bir sadist mi? Kuzuyu yapan mı yaptı seni?[1]

Parsla oğlağın birlikte yatması[2], aslanın sığır gibi, saman yemesi[3] gerçekten de ilahi planın bir parçası mı? Durum buysa, aslan ve parsın korkunç köpek dişleri, ölüm saçan pençeleri neden? Antilobun ve zebranın nefes kesen hız ve çevik kurtulma sanatı neden? Olup bitene evrimsel bir açıklama getirildiğinde böylesi sorunların ortaya çıkmayacağını söylemeye gerek yok. İki taraf da diğerinden üstün gelmeye çalışmaktadır çünkü her iki tarafta da başarılı olan bireyler, bu başarılarına katkıda bulunan genlerini otomatik olarak sonraki nesillere aktaracaklardır. "İşe yaramazlık" ve "israf etmek" gibi fikirler bizlerin aklında belirir çünkü bizler insanız ve tüm ekosistemin refahını düşünebiliriz. Doğal seçilimse sadece genlerin hayatta kalımını ve üremesini önemser.

Tıpkı ormandaki ağaçlarda olduğu gibi. Tıpkı her bir ağacın, gövdeye ayrılacak kaynakları meyveler veya yapraklar için kullanamayacağı bir ekonomisi olduğu gibi, çita ve ceylanların da kendi içsel ekonomileri vardır. Hızlı koşmak masraflıdır, sadece nihayetinde güneşten elde edilen enerji açısından değil, hızlanma ve ivmelenmenin altyapısını oluşturan kas, kemik ve tendonları yapmak için gereken kay-

1- William Blake'nin *The Tyger* isimli şiirinde kaplana sorduğu soru. -*çev.n.*
2- Eski Ahit, Yeşeya 11:6 -*çev.n.*
3- Eski Ahit, Yeşeya 65:25 -*çev.n.*

naklar açısından da masraflıdır. Bir ceylanın tükettiği bitkisel yiyecek sınırlıdır. Koşmak için uzun bacaklar ve kaslara harcanan şeyler, örneğin bebek yapmak gibi hayvanın normalde kaynaklarını harcamayı "tercih edeceği", yaşamın farklı bir bölümünden kısılmak pahasına kullanılmalıdır. Uzlaşıların son derece karmaşık bir mikro-yönetimi söz konusudur. Tüm detayları bilemeyebiliriz ama yaşamın tek bir bölümüne *çok fazla* harcama yapmak suretiyle diğer bazı bölümleri kaynaklardan mahrum bırakmanın mümkün olduğunu biliriz (bu ekonominin kaçınılmaz bir kuralıdır). Koşuya, ideal olan miktardan daha fazla kaynak ayıran bir birey avcıdan paçayı kurtarabilir. Ancak Darwinci menfaatler ışığında bu birey, aynı türe ait ve hızlı koşmaktan bir nebze feragat etmiş ve dolayısıyla yenme riski daha fazla olan ama dengeyi doğru tutturmuş ve dengeyi doğru tutturmasına yarayan genlerini aktarmak için daha fazla torun sahibi olmuş rakip bir bireyle yaptığı yarışı kaybedecektir.

Doğru bir şekilde dengelenmesi gereken sadece enerji ve değerli materyaller değildir. Aynı zamanda risk de dengelenmelidir ve risk de ekonomistlerin hesaplarında aşina oldukları bir kavramdır. Uzun ve ince bacaklar hızlı koşmaya uygundurlar. İster istemez, kırılmaya da uygundurlar. Sıklıkla bir yarış atı yarışın hararetiyle bacağını kırar ve genelde derhal uyutulur. Bölüm 3'te gördüğümüz üzere bu kadar incinebilir olmalarının nedeni, (diğer her şeyden feragat etmek pahasına) hızlı olmak için aşırı derecede ıslah edilmiş olmalarıdır. Ceylanlar ve çitalar da hız için seçici ıslaha uğramışlardır (yapay değil doğal olarak seçilmişlerdir) ve eğer doğa onları hız için aşırı derecede ıslah etmiş olsaydı onlar da kırıklara karşı yarış atları kadar korumasız olurlardı. Fakat doğa hiçbir özelliği aşırı ıslah etmez. Doğa dengeyi doğru tutturur. Dünya, dengeyi doğru yakalama genleriyle doludur: orada olmalarının sebebi budur! Pratikte bunun anlamı şudur: koşmada kuşkusuz üstünlük sağlayacak olan fevkalade uzun ve çırpı gibi bacaklar geliştirmeye genetik olarak eğilimli bireylerin, kırılmaları daha az olası olan daha kalın bacaklara sahip biraz daha yavaş koşan bireylere göre genlerini bir sonraki nesle aktarmaları ortalama olarak daha az olasıdır. Bu, hayvanların ve bitkilerin dengelediği yüzlerce ödünleşim ve uzlaşım örneğinden sadece biri. Hayvan ve bitkiler, riskleri ve ekonomik ödünleşimleri dengelerler. Elbette dengelemeyi yapan hayvan ve bitki bireylerinin kendileri değildir. Dengelenen, gen havuzlarındaki alternatif genlerin göreli sayılarıdır ve bu dengeleme doğal seçilim tarafından yapılır.

Bekleneceği üzere, bir ödümleşimdeki ideal uzlaşım sabit değildir. Ceylanlarda, koşu hızı ile vücut ekonomisindeki diğer talepler arasındaki ödünleşimin ideal noktası, ortamdaki etçillerin yaygınlığına bağlı olarak değişecektir. Bu durum Bölüm 5'deki lepisteslerin durumuyla aynıdır. Eğer etrafta az sayıda avcı varsa ceylanların ideal bacak boyu kısalacaktır. En başarılı bireyler, genleri onları bir kısım enerji ve materyali bacaklardan kısıp örneğin bebek yapmaya ya da kış için yağ depolamaya programlayan bireyler olacaktır. Bunlar aynı zamanda bacaklarını kırmaları daha az olası olan bireylerdir. Aksine, avcıların sayısı artacak olursa, ideal denge uzun bacaklara, daha fazla kırık riskine ve vücut ekonomisinin hızlı koşmakla ilgisi olmayan bölümlerine daha az enerji ve materyal ayırmaya doğru kayacaktır.

Tam da bunun benzeri hesaplamalar, avcılardaki ideal uzlaşıları da dengeleyecektir. Bacağını kıran bir çita şüphesiz açlıktan ölecektir, yavruları da öyle. Ancak yemek bulmanın ne kadar zor olduğuna bağlı olarak, çok yavaş koşarsa yeteri kadar yiyecek bulmakta başarısız olma riski, çok hızlı koşmak için gerekli donanıma sahip olduğu için bacağını kırma riskinden daha büyük olabilir.

Av ve avcılar, her bir tarafın diğerini, (yaşamanın ekonomi ve risk uzlaşılarında) kendisinin ideal noktasını sürekli aynı doğrultuda daha ileriye doğru değiştirmeye farkında olmadan zorladığı bir silahlanma yarışı içindedirler. Bu doğrultu, örneğin koşu hızındaki artışa doğru olması gibi ya gerçek anlamda aynı yönlüdür, ya da yaşamın farklı bir bölümündense (örneğin süt üretimi), av/avcı silahlanma yarışına doğru olması gibi daha geniş anlamda aynı yönlüdür. Her iki tarafın da örneğin çok hızlı koşmanın riskleriyle (bacakların kırılması veya vücut ekonomisinin diğer alanlarından kısmak) çok yavaş koşmanın risklerini (avcı iseniz av yakalayamamak, av iseniz avcıdan kaçamamak) dengelemesi gerektiği düşünülürse, iki taraf da diğerini, acımasız bir *folie à deux* içinde, aynı yöne doğru iter.

Pekâlâ, belki *folie* (delilik) durumun ciddiyetini yeterince ifade etmiyor, zira her iki tarafta da başarısızlığın cezası ölümdür; av iseniz cinayet, avcı iseniz açlık yüzünden ölüm. Ancak *à deux* [iki kişi arasında], av ve avcının bir araya gelip makul bir anlaşmaya varmasının herkes için daha iyi olacağı hissini iyi yakalıyor. Tıpkı Dostluk Ormanı'ndaki ağaçlarda olduğu gibi, böyle bir anlaşmanın sağlanması mümkün olsaydı bu durumun her iki tarafın da yararına olacağını görmek kolay. Ormanda karşımıza çıkanla aynı anlamsızlık hissi, av/

avcı silahlanma yarışında da hâkimdir. Evrimsel zaman boyunca avcılar avlarını yakalamakta iyileşirler, bu da avların yakalanmaktan kurtulmakta daha iyi olmalarına neden olur. Her iki taraf da birbirlerine paralel olarak hayatta kalma *donanımlarını* geliştirirler, ama bu hiçbir tarafın daha iyi hayatta kalacağı anlamına gelmez çünkü karşı taraf da kendi donanımını geliştirmektedir.

Öte yandan, topluluğun tamamının refahını gözeten merkezi bir planlayıcının, Dostluk Ormanı'ndakine benzer şekilde şöyle bir anlaşmaya hakemlik edebileceğini görmek zor değil. Her iki taraf da cephaneliğini küçültmekte "hemfikir olsun", kaynaklarını yaşamın diğer bölümlerinde kullansın. Bu durumda herkes kazançlı çıkacaktır. Elbette bunun aynısı insanların silahlanma yarışında da gerçekleşebilir. Sizin bombacılarınız olmasaydı, biz savaşçılara ihtiyaç duymazdık. Bizim füzelerimiz olmasaydı, siz de sizinkilere ihtiyaç duymazdınız. Her ikimiz de cephanelik harcamalarımızı yarıya indirip milyarlarca pound kar eder, parayı saban demirine yatırabilirdik. Şimdi silah bütçemizi yarıya indirip kararlı bir dengeye ulaştığımıza göre, hadi tekrar yarıya indirelim. Buradaki püf nokta bunu diğer tarafla eşzamanlı olarak yapmaktır, böylece her iki taraf da diğerinin düzenli olarak azalan silah bütçesinin karşısında durmak için tam olarak onunki kadar iyi bir donanıma sahip olmuş olacaktır. Böylesi bir planlı azalıştaki kilit sözcük "planlı"dır ve tekrar etmek gerekirse, planlı olmak tam da evrimin olmadığı şeydir. Tıpkı ormandaki ağaçlarda olduğu gibi artış, tipik bir bireyin daha fazla artıştan artık kazanç sağlamadığı ana kadar kaçınılmazdır. Bir tasarımcının aksine, evrim, bencilce bir avantaj (tam da artış karşılıklı olduğu için etkisini yitiren bir avantaj) elde etmek için gerçekleşen iki taraflı artıştan ziyade, olaya dâhil olan herkes için daha iyi bir yol (mutualistik bir yol) olup olmadığını değerlendirmek için durup düşünmez.

Bir tasarımcı gibi düşünmenin cazibesi, "pop ekologlar" arasında uzun süre hüküm sürmüştür, hatta akademik ekologlar bile bazen bu cazibeye kapılmaya tehlikeli bir şekilde yaklaşırlar. Örneğin kışkırtıcı "sağduyulu avcılar" kavramını, mankafa bir çevreci bozuntusu değil, Amerikalı seçkin bir ekolog ortaya atmıştır.

Sağduyulu avcılar fikri şudur. İnsanlığın tamamı göz önüne alarak bakıldığında, aşırı avlanmak suretiyle örneğin morina balığı gibi önemli yiyecek türlerinin soylarını tüketmekten kaçınmamızın herkesin işine geleceğini biliriz. Hükümetler ve sivil toplum örgütleri bu

nedenle resmi özel toplantılarda, kotalar ve sınırlamalar belirlemek için bir araya gelirler. Balık ağlarındaki ağ gözlerinin tam boyutu bu nedenle hükümet kararnamelerinde titizlikle belirlenir ve kaçak avlanan balıkçıları yakalamak için hücumbotlar bu nedenle denizlerde devriye gezerler. Biz insanlar, aklımız başımızdayken ve layıkıyla kontrol edildiğimizde "sağduyulu avcılar"ızdır. Dolayısıyla (ya da bazı ekologlara göre dolayısıyla) kurtlar ya da aslanlar gibi vahşi avcılardan da sağduyulu avcılar olmalarını beklememeli miyiz? Cevap hayır. Hayır. Hayır. Hayır. Ve bunun nedenini anlamak için biraz çaba harcamaya değer, zira bu ilginç bir nokta ve ormandaki ağaçlar ve bu bölümün tamamı bizi bu noktayı anlamaya hazırlamış olmalı.

Bir planlayıcı (vahşi hayvan topluluklarının tamamının refahını gözeten bir ekosistem tasarımcısı) gerçekten de örneğin aslanların ideal olarak benimsemesi gereken optimum (en uygun) bir avlanma politikası tasarlayabilirdi. Herhangi bir antilop türünün üyelerinin belli bir miktardan fazlasını yeme, hamile dişilerin canını bağışla ve üreme potansiyeline sahip genç bireyleri avlama. Soyu tükenme tehlikesinde olabilecek ve eğer şartlar değişirse gelecekte faydası dokunabilecek nadir türlerin üyelerini yemekten kaçın. Ülkedeki tüm aslanlar, "sürdürülebilir" olmak üzere dikkatlice hesaplanmış ve ortak kabul gören kural ve kotalara sadık kalsalar güzel olmaz mıydı? Ve bir o kadar da mantıklı? Keşke!

Evet mantıklı olurdu ve tüm ekosistemin refahını gözeten bir tasarımcının tayin edeceği kurallar da böyle olurdu. Ama doğal seçilimin tayin ettiği şey bu olamaz (bunun temel sebebi öngörüden yoksun olan doğal seçilimin *herhangi bir şeyi* tayin etmesinin mümkün olmamasıdır) ve gerçekte olan da bu değildir! Bunun nedeni de, yine ormandaki ağaçlarla aynı hikâye. Belli bir bölgedeki aslanların büyük çoğunluğunun beklenmedik bir şekilde, avlanmalarını sürdürülebilir seviyelere çekmekte hemfikir olmayı başardıklarını hayal edin. Ama şimdi, bu ölçülü ve dayanışma içerisinde olan yeni toplumun bir üyesinde, anlaşmayı yok sayıp, av türünün yok olması tehlikesi pahasına onları sonuna kadar sömürmeye neden olacak mutant bir genin ortaya çıktığını varsayın. Doğal seçilim bu isyankâr bencil geni cezalandıracak mıdır? Ne yazık ki cezalandırmayacaktır. Asi aslanın yavruları (isyan geninin taşıyıcıları), aslan popülasyonundaki rakiplerine rekabet ve üremede üstünlük sağlayacaklardır. Birkaç nesil içinde, isyan geni tüm popülasyona yayılacak ve orijinal barışçıl anlaşmadan geriye

eser kalmayacaktır. Aslan payını alan [erkek][1], aslan payını alma genlerini sonraki nesillere aktaracaktır.

Bu noktada planlama taraftarları, tüm aslanlar bencilce davranıp soylarını tüketme pahasına av türlerini ölçüsüzce avladıklarında *herkesin*, avlanmakta en başarılı olan aslanların bile zarar edeceğini söyleyip itiraz edecektir. Avın soyu tükenirse, aslan popülasyonunun tamamının da soyu nihayetinde tükenecektir. Elbette, diye ısrar edecektir planlamacı, doğal seçilim buna engel olmak için duruma el atacaktır. Bir kez daha ne yazık ki ve bir kez daha hayır. Sorun şu ki doğal seçilim duruma "el atmaz", doğal seçilim geleceğe bakmaz[2] ve doğal seçilim tercihini rakip gruplar arasında yapmaz. Eğer yapsaydı sağduyulu avcılığın desteklenmesi mümkün olabilirdi. Darwin'in, ondan sonra gelenlerin pek çoğundan daha net bir şekilde fark ettiği üzere doğal seçilim, bir popülasyonun içindeki rakip bireyler arasında tercih yapar. Popülasyonun tamamı, bireysel rekabet yüzünden yok oluşa doğru sürükleniyor olsa bile, doğal seçilim yine de en rekabetçi bireyleri destekleyecektir; en son birey de ölene dek. Doğal seçilim bir yandan, kaderlerinde soyları tükenen son genler olmak olan o rekabetçi genleri sürekli olarak desteklemeye devam ederken, popülasyonu yok oluşa sürükleyebilir. Benim hayalini kurduğum varsayımsal tasarımcı, popülasyon veya ekosistemin tamamı için optimum bir strateji geliştiren belli türde bir ekonomist, yani bir refah ekonomistiydi. Eğer ekonomi benzeşimleri yapacaksak, gözümüzde daha ziyade Adam Smith'in "görünmez eli"ni canlandırmalıyız.

EVRİMSEL TEODİSE?

Ama şimdi ekonomi konusunu bir kenara bırakmak istiyorum. Planlayıcı, tasarımcı fikrini kullanmaya devam edelim ama bizim planlayıcımız bir ekonomistten ziyade ahlak felsefecisi olsun. İyiliksever bir tasarımcı çekilen acıyı minimize etmeye çalışacaktır (idealist bir bakış açısıyla böyle düşünülebilir). Bu ekonomik refah ile bağdaşmaz

1- Veya dişi. Aslanlar özelinde durum biraz karmaşıktır çünkü avlanmanın çoğunu dişiler yapar ama "aslan payı"nı genelde erkekler alır. Benim varsayımsal örneğimdeki "aslanlar"a takılmayın. Genel bir avcı türü düşünün ve aşırı avlanmaktan kaçınan "sağduyulu" bireylerle, anlaşmayı bozan "ihtiyatsız" bireyleri hayal edin.

2- Darwinci adaptasyon (uyumlama) hakkındaki talihsiz beyanatlar, genelde evrimin öngörü sahibi olduğu şeklindeki (açık bir şekilde dillendirilmeyen ve dolayısıyla sonuçları çok daha zararlı olan) hatalı varsayımın etrafında döner durur. Bölüm 8'deki *Caenorhabditis* kısmının kahramanı olan Sydney Brenner'in bilimsel dehasına denk alaycı bir zekâsı vardır. Bir keresinde, tamamen faydasız bir proteini, "Kretase döneminde işe yarayabilir" diye gen havuzunda muhafaza eden Kambriyen dönemine ait bir tür hayal ederek "evrimsel öngörü" fikrini hicvettiğini duymuştum.

değildir ama yaratılan sistem detaylarda farklılık gösterecektir. Bir kez daha maalesef doğada olan şey bu değildir. Neden olsun ki? Korkunç ama gerçek, vahşi hayvanların çektikleri acılar o kadar dehşet vericidir ki, hassas kimselerin onlar üzerine düşünmemeleri en iyisidir. Darwin, arkadaşı Hooker'a yazdığı bir mektupta şunları söylerken neden bahsettiğini iyi biliyordu, "Doğanın sakar, müsrif, düşüncesiz, aşağılık, fena halde zalim işleri hakkında şeytanın papazı nasıl da bir kitap yazardı." Unutulmaz "şeytanın papazı" ifadesi önceki kitaplarımdan birine ismini vermişti ve bir diğer kitabımda da şöyle ifade etmiştim:

> [D]oğa ne merhametlidir, ne de acımasız. Ne acı çekmenin karşısındadır ne de yanında. Doğa, DNA'nın hayatta kalımını etkilemediği sürece acı çekilmesi veya çekilmemesiyle ilgilenmez. Öldürücü bir ısırığa maruz kalmak üzere olan ceylanları uyuşturacak bir gen hayal etmek kolaydır. Böylesi bir gen doğal seçilim tarafından desteklenir mi? Ceylanı uyuşturma eylemi, genin gelecek nesillere aktarılma şansını arttırmıyorsa desteklenmez. Bunun nasıl mümkün olabileceğini görmek zor, dolayısıyla öldürülmek üzere kovalanırlarken (ki nihayetinde çoğu kovalanır) ceylanların korkunç bir acı ve korku duyduğunu tahmin edebiliriz. Doğada yıl başına düşen toplam acı miktarı akıl almaz boyutlardadır. Bu cümleyi kurmak için harcadığım bir dakika içinde binlerce hayvan canlı canlı yenmekte, diğerleri yaşamlarını kurtarmak için korkuyla inleyerek kaçmakta, diğerleri hışırdayan parazitler tarafından içerden yavaşça sindirilmekte, her türden binlercesi ise açlıktan, susuzluktan ve hastalıktan ölmektedir. Böyle olmak zorunda. Bolluk oluşur oluşmaz popülasyonda otomatik bir artış olacaktır, tâ ki doğal durum olan açlık ve sefalet yeniden tedarik edilene kadar.

Parazitler muhtemelen avcılardan bile daha çok acıya sebep olmaktadırlar ve onların evrimsel açıklamasını anlamak, haklarında düşünürken deneyimlediğimiz anlamsızlık hissini azaltmaz, tam tersine arttırır. Ne zaman grip olsam onlara ateş püskürürüm (tesadüfen şu an gribim). Belki grip sadece ufak bir külfet, ama o kadar *anlamsız ki!* Bir anakonda tarafından yenilirseniz en azından yaşamın efendilerinden birinin refahına katkı sağladığınızı hissedebilirsiniz. Bir kaplan tarafından yenilirken aklınızdan geçen son şey, "Hangi ölümsüz el veya göz çizmiş olabilir dehşetli simetrini? (Hangi uzak diyarlarda tutuşmuş gözlerinin alevi?)" olabilir.[1] Ama bir virüs! Anlamsız gerek-

1- William Blake'nin *The Tyger* isimli şiirinden. -*çev.n.*

sizlik bir virüsün DNA'sına kazınmıştır (aslında grip virüsü söz konusu olduğunda RNA'sına, ama prensip aynıdır). Bir virüsün yegâne varoluş amacı daha fazla virüs yapmaktır. Tamam, nihayetinde aynısı kaplanlar ve yılanlar için de geçerlidir ama onlar söz konusu olunca durum o kadar anlamsız *gözükmüyor*. Kaplan veya yılan da birer DNA kopyalama makinesi olabilir ama onlar güzel, zarif, karmaşık, pahalı makinelerdir. Kaplanları korumak için bağış yapmışlığım var ama kim bir grip virüsünün korunması için bağış yapmayı düşünür ki? Kaçıncı kez burnumu silip nefes almakla cebelleşirken sinirlerime dokunan, olayın anlamsızlığı.

Anlamsızlık mı? Ne kadar saçma. Duygusal, insani saçmalık. Doğal seçilim *tamamen* anlamsızdır, tamamen kendi kendini kopyalama için kendi kendini kopyalama talimatlarının hayatta kalmasından ibarettir. Eğer DNA'nın bir çeşidi beni bütün halinde yutan bir anakonda vasıtasıyla veya RNA'nın bir çeşidi benim hapşırmamı sağlayarak hayatta kalıyorsa, ihtiyacımız olan tek açıklama budur. Hem virüs hem de kaplanlar, nihai mesajı (tıpkı bir bilgisayar virüsü gibi) "kopyala beni" olan kodlanmış talimatlarla inşa edilmişlerdir. Grip virüsü özelinde talimat nispeten doğrudan yerine getirilir. Kaplanın DNA'sı da bir "kopyala beni" programıdır ama o, verdiği temel mesajın verimli bir biçimde yerine getirilmesinde inanılmaz uzunlukta bir konudan sapma içerir. Bu bahsettiğim konudan sapma, sivri dişleri, pençeleri, koşu kasları, sessizce yaklaşma ve atılma güdüleriyle kaplanın ta kendisidir. Kaplanın DNA'sı, "Beni, önce bir kaplan meydana getirmek suretiyle dolaylı bir yolla kopyala" der. Aynı zamanda antilop DNA'sı da "Beni, önce uzun bacak ve hızlı kasları, ürkek güdüleri ve kaplanlardan gelebilecek tehlikeler için hassasiyetle ayarlanmış duyu organlarıyla donanmış bir antilop meydana getirerek kopyala" der. Acı çekme, doğal seçilimle evrimin bir yan ürünüdür, halden anlayan anlarımızda bizleri endişelendirebilen ama bir kaplanı (bir kaplan bir şeyler hakkında endişelenebiliyor olsa bile) ve tabii ki kaplanın genlerini endişelendirmesini bekleyemeyeceğimiz kaçınılmaz bir sonuçtur.

İlahiyatçılar, acı çekme ve kötülük problemleri hakkında kafa yorarlar. Hatta bunları, Tanrı'nın varsayılan ihsanı ile bağdaştırma çabasına bir isim bile vermişlerdir: "teodise" (tam anlamı, "Tanrı'nın adaleti"dir). Evrimsel biyologlar ise ortada herhangi bir sorun görmezler çünkü kötülük ve acı çekme, genin hayatta kalımının hesap-

lanmasında olumlu veya olumsuz herhangi bir etkiye sahip değildir. Yine de acı problemini ele almamız gerekir. Evrimsel bakış açısına göre acı nereden gelmiştir?

Yaşamla ilgili diğer her şey gibi acının da, acı çekenin hayatta kalımını arttırıcı işleve sahip Darwinci bir tertibat olduğunu düşünüyoruz. Beyinler, "eğer acı hissini deneyimliyorsan, her ne yapıyorsan onu yapmayı bırak ve bir daha yapma" türünden temel bir kuralla inşa edilmiştir. Acının neden bu kadar acı dolu olması gerektiği ise ilginç bir tartışma konusu. Teorik olarak, hayvanın kendisine her zarar verişinde (örneğin kor halindeki kömürü tuttuğunda), tehlike sinyaline eşdeğer bir şeyin beynin bir yerlerinde acısız bir şekilde faaliyete geçebileceğini düşünebilirsiniz. "Bunu bir daha yapma!" şeklinde zorunlu bir tembih veya beynin bağlantı şemasında, hayvanın bir daha bunu yapmamasını sağlayacak acısız bir değişiklik, görünüşte yeterli gibi durabilir. Günlerce sürebilecek ve hafızadan silinmeyebilecek bu yakıcı acı neden? Belki de bu soruyla uğraşmak evrim teorisinin kendi teodise versiyonudur. Neden bu kadar acı verici? Tehlike sinyalinin nesi var?

Buna kesin bir yanıtım yok. Merak uyandırıcı bir olasılık şudur: ya eğer beyin, birbirine zıt arzu ve dürtülere maruzsa ve bu ikisi arasında içsel bir mücadele varsa? Öznel olarak bu hissi çok iyi biliriz. Örneğin açlık ve zayıflama arzusu arasında kalabiliriz. Ya da kızgınlık ve korku arasında kalabiliriz. Ya da cinsel arzu ile reddedilmekten çekinme veya sadakatte ısrar eden vicdanımız arasında. Çatışan arzularımız birbirleriyle savaştıkça içimizde gerçek manada bir çekişme hissedebiliriz. Şimdi acıya ve onun "tehlike sinyali"ne olan olası üstünlüğüne geri dönelim. Tıpkı zayıflama arzusunun açlığa baskın gelebildiği gibi, acıdan kurtulma isteğine baskın gelmek de açıkça mümkündür. İşkenceye maruz kalanlar sonunda pes edebilirler ama örneğin yoldaşlarına veya ülkelerine ya da ideolojilerine ihanet etmeden önce kayda değer acılara katlandıkları bir aşamadan geçerler. Doğal seçilim bireylerin kendilerini ülkeleri aşkına ya da ideolojileri, partileri, grupları veya türleri uğruna feda etmelerini istemez (doğal seçilimin *herhangi bir şeyi* "isteyebileceği" ölçüde). Doğal seçilim, acının uyarıcı hissini etkisizleştiren bireylerin "karşısındadır." Doğal seçilim bizden hayatta kalmamızı veya daha spesifik olarak üretmemizi "ister" ve ülke, ideoloji veya bunların insan dışı muadillerini "umursamaz." Doğal seçilim söz konusu olduğunda tehlike sinyalleri, ancak göz ardı edilmeleri imkânsızsa desteklenecekleridir.

Şimdi tüm felsefi zorluklarına rağmen, eğer beynimizde gerçek, katışıksız, dayanılmaz acıdan ziyade bir "tehlike sinyali" olsaydı, Darwinci olmayan sebeplerden ötürü (ülkeye, ideolojiye sadakat vb.) acının göz ardı edildiği örneklerin daha sık yaşanacağını düşünüyorum. Acının dayanılmaz ızdırabını hissedemeyen, bedenlerinde meydana gelecek hasarların önüne geçmek için bir "tehlike sinyali" sistemi kullanan mutantların ortaya çıktığını varsayın. Onlar için işkenceye dayanmak kolay olurdu ve derhal casus olarak işe alınırlardı. Ama o zaman da işkenceye katlanmaya gönüllü ajanlar yetiştirmek o kadar kolay olurdu ki işkence bir zorlama yöntemi olarak kullanılmaktan çıkardı. Ancak yaban koşullarda böylesi bir acısız tehlike sinyali kullanan mutantlar, beyinleri gerçek acıyı hisseden rakip bireylerden daha iyi hayatta kalabilirler mi? Acının alternatifi olan tehlike sinyali genlerini aktarmak için hayatta kalabilirler mi? İşkence ve ideolojilere sadakat gibi özel durumları bir kenara koyacak olursak bile, sanırım cevabın hayır olabileceğini görebiliriz. Ayrıca bunların insan dışı muadillerini de hayal edebiliriz.

Belki ilginizi çekebilir, acıyı hissedemeyen anormal bireyler vardır ve genellikle sonları pek iyi olmaz. "Anhidroz, doğuştan ağrıya duyarsızlık sendromu" (CIPA), hastanın deri hücrelerinde acı reseptörlerine sahip olmadığı (ve terlemediği, "anhidroz"un anlamı budur) nadir bir genetik anormalliktir. Kabul etmek gerekir ki CIPA hastalarının, çalışmayan acı sistemlerini telafi edecek dâhili bir "tehlike sinyali" sistemleri yoktur ama onlara, bedenlerinde meydana gelecek hasarlardan kaçınma ihtiyacının bilişsel olarak farkında olmalarının öğretilebileceğini düşünebilirsiniz; öğrenilmiş bir tehlike sinyali sisteminin. Ama CIPA hastaları acıya olan duyarsızlıklarının, yanıklar, kırıklar, yaralar, enfeksiyonlar, tedavi edilmeyen apandisitler, göz küresinde iltihaplar gibi hoş olmayan çeşitli sonuçlarına maruz kalırlar. Daha beklenmedik olarak, eklemleri de ciddi hasarlara maruz kalır çünkü bizlerin aksine onlar uzun süre aynı pozisyonda oturduklarında ya da yattıklarında pozisyonlarını değiştirmezler. Bazı hastalar, gün içinde kendilerine pozisyonlarını sık sık değiştirmesini hatırlatması için alarmlar kurarlar.

Bir "tehlike sinyali" sisteminin beyinde faal hala getirilmesi mümkünse bile, doğal seçilimin onu acı siteminin karşısında, sırf tehlike sinyali daha az nahoş diye desteklemesi için bir neden yok gibi duru-

yor. Bizim varsayımsal olarak iyiliksever olan tasarımcımızdan farklı olarak doğal seçilim, hayatta kalım ve üremeyi etkilemediği sürece çekilen acının yoğunluğuna karşı kayıtsızdır. Ve eğer doğanın altında yatan mekanizma tasarımdan ziyade uygun olanın hayatta kalmasıysa bekleyeceğimiz üzere, doğa çekilen toplam acıyı azaltma yönünde hiçbir adım atmıyormuş gibi gözüküyor. Stephen Jay Gould, "Ahlaktan nasibini almamış doğa" adlı güzel makalesinde bu konulara değinmiştir. Ben de, bir önceki bölümün sonunda alıntıladığım, Darwin'in Ichneumon arılarına karşı duyduğu tiksintinin Victoria dönemi düşünürleri arasında oldukça yaygın olduğunu bu yazıdan öğrenmiştim.

Ichneumon arılarının, içlerine onları kemirecek larvalar vaat eden yumurtalarını bırakmadan önce kurbanlarını öldürmeyip felce uğratmak şeklindeki davranışları ile doğanın genel olarak acımasızlığı, Victoria dönemi teodisesinin önemli ilgi alanlarındandı. Neden böyle olduğunu görmek kolay. Dişi arılar yumurtalarını, tırtıl gibi canlı böcek avlarının içine bırakırlar, ama bunu, avlarını felce uğratacak ancak öldürmeyecek şekilde iğneleri ile her sinir gangliyonunu arayıp bulmadan yapmazlar. Tırtıllar, içlerinde büyüyen arı larvalarına taze et sağlamak için canlı tutulmalıdırlar. Larva da kendi üzerine düşeni, iç organları akıllıca bir sırayla yemeye dikkat ederek yapar. Önce yağ hücrelerini ve sindirim organlarını yiyerek başlar ve hayati kalp ve sinir sistemini yani tırtılı son ana kadar hayatta tutmaya yarayacak olanları, sona bırakır. Darwin'in acı acı merak ettiği gibi, nasıl bir iyiliksever tasarımcı *bunu* akıl etmiş olabilir? Tırtılların acı çekip çekmediklerini bilmiyorum. Samimi şekilde umuyorum ki çekmiyorlardır. Ama bildiğim bir şey varsa o da doğal seçilimin, eğer iş onların hareketlerini basitçe felce uğratarak daha ekonomik şekilde tamamlanabilecekse, acılarını dindirmek için herhangi bir adım atmayacağıdır.

Gould, on dokuzuncu yüzyılın önde gelen yerbilimcilerinden olan ve etçillerin neden olduğu acılara atfetmeyi başardığı iyimserlikten teselli bulan Peder William Buckland'ı alıntılar:

> Dolayısıyla hayvanların varlıklarının olağan sonu olan etçillerin sebep olduğu ölümler, ana sonuçlarına bakıldığında hayırseverliğin dağıtımıymış gibi görünüyor, zira bu; evrensel ölümün acısını büyük oranda azaltır; canlılar âleminden, hastalıkların, tesadüfi kazaların ve yavaşça çürümenin ızdırabını azaltır hatta neredey-

se ortadan kaldırır; ve aşırı nüfus artışının önüne faydalı bir kısıt koyarak yiyecek kaynaklarının daima talebe uygun kalmasını sağlar. Sonuç ise karaların yüzeyleri ve denizlerin derinliklerinin, yaşamdan aldıkları haz yaşam süreleriyle uyuşan ve var olmaları için kendilerine bahşedilmiş kısacık zaman dilimlerinde, yerine getirmek üzere yaratıldıkları işlevleri neşeyle yerine getiren canlılarla dolup taşmasıdır.

Ne şanslılar, değil mi!

BÖLÜM 13

BU YAŞAM GÖRÜŞÜNDE İHTİŞAM VAR

BİLİMSEL MISRALARI (itiraf etmeliyim ki şaşırtıcı bir şekilde) Wordsworth ve Coleridge tarafından takdir edilen evrimci dedesi Erasmus'un aksine, Charles Darwin bir şair olarak bilinmezdi ama *Türlerin Kökeni Üzerine*'nin son paragrafında lirik bir kreşendo ortaya koymuştur.

> Böylece, tasavvur edebileceğimiz en yüce nesne yani yüksek hayvanların üretimi, doğanın savaşının, kıtlık ve ölümün[1] doğrudan bir sonucudur. İlk olarak bir veya birkaç formun içine üflenmiş olan pek çok gücüyle birlikte bu yaşam görüşünde ihtişam var; ve bu gezegen sabit yerçekimi yasası uyarınca dönmeye devam ederken, böylesine basit bir başlangıçtan en güzel ve en şahane sayısız form evrimleşti ve evrimleşmekte.

Bu ünlü kapanış paragrafında istiflenmiş çok şey var ve ben de bu cümleyi satır satır irdeleyerek veda etmek istiyorum.

"DOĞANIN SAVAŞININ, KITLIK VE ÖLÜMÜN"

Her zamanki açık zihinliliğiyle Darwin, büyük teorisinin kalbinde yatan ahlaki paradoksu fark etmişti. Sözünü esirgememişti ama doğanın kötü niyetleri olmadığı tesellisini öne sürmüştü. Aynı paragraftaki önceki cümlelerinden birini alıntılamak gerekirse, olgular, basitçe, "çevremizde etkiyen yasalar"dan doğuyordu. Benzer bir şeyi *Köken*'in yedinci bölümünün sonunda da söylemişti:

1- Darwin bize, doğal seçilim için ilk ilhamını Thomas Malthus'tan aldığını söylemişti ve belki de Darwin'in bu ifadesi, dikkatimi dostum Matt Ridley'in çektiği aşağıdaki kıyamet habercisi paragraftan kaynaklanmış olabilir: "Kıtlık doğanın son ve en korkunç çaresiymiş gibi gözüküyor. Popülasyonun gücü, insanoğlunun geçinmesi için dünyanın sağladığı güçten o kadar üstündür ki, erken ölümler bir şekilde insan ırkını ziyaret edecektir. İnsanoğlunun zaafları, nüfus azaltımının aktif ve etkili vekilleridir. Büyük yıkım ordusunun habercileridir ve sıklıkla bu korkunç işi kendileri tamamlarlar. Ama bu imha savaşında başarısız olurlarsa, hastalıklı mevsimler, salgınlar ve veba inanılmaz boyutlarda artar ve binlerce, on binlerce kişiyi yok eder. Başarı yine gelmezse, devasa boyutlardaki kaçınılmaz kıtlıklar sinsice gelir ve tek bir büyük hamlede popülasyonu dünyadaki yiyeceklerle dengeler."

> bu mantıksal bir çıkarım olmayabilir ama, genç guguk kuşunun sütkardeşlerini yuvadan itme, karıncaların köleleştirme ve Ichneumon arısı larvalarının tırtılların canlı vücutlarıyla beslenme içgüdülerini, özel olarak bahşedilmiş veya yaratılmış içgüdüler olarak değil de tüm organik varlıkların gelişimine sebep olan genel bir yasanın yani çoğalmanın, çeşitlenmenin, güçlü olanların hayatta kalıp zayıfların ölmesinin küçük sonuçları olarak görmek benim hayal gücüme göre çok daha tatmin edicidir.

Darwin'in, dişi Ichneumon arısının avını sokup öldürmeden felç ederek, larvaları canlı avı içerden yerken sineğin etini taze tutması karşısındaki (çağdaşları tarafından yaygınca paylaşılan) tiksintisinden bahsetmiştim. Hatırlayacağınız üzere, Darwin kendisini iyiliksever bir yaratıcının böylesi bir alışkanlığı tasavvur edebileceğine ikna edememişti. Ama sürücü koltuğunda doğal seçilim varken her şey netleşir, anlaşılır ve mantıklı olur. Doğal seçilim kimsenin rahatını umursamaz. Neden umursasın ki? Doğada bir şeyin olabilmesi için gereken tek şart, aynı şeyin atasal zamanlarda, onun olmasını sağlayan genlerin hayatta kalmasına yardım etmiş olmasıdır. Genlerin hayatta kalması, sineklerin gaddarlığı ve tüm doğanın hissiz kayıtsızlığı için yeterli açıklamadır. Yeterli ve (insan şefkati için değilse bile) zihnimiz için tatmin edicidir.

Evet, bu yaşam görüşünde ihtişam var, hatta doğanın, kendisinin ana ilkesi olan, uygun olanın hayatta kalmasının acımasız bir sonucu olan acıya karşı dingin kayıtsızlığında da bir tür ihtişam var. Bu noktada ilahiyatçılar teodisedeki tanıdık bir taktiği, acının özgür iradeyle olan kaçınılmaz bağıntısını öne sürebilirler. Biyologlar ise acı çekme kapasitesinin biyolojik işlevi üzerine (belki bir önceki bölümde benim "tehlike sinyali" düşüncemdekine benzer şekilde) kafa yorduklarında, "acımasız" kelimesini kesinlikle çok güçlü bulmayacaklardır. Eğer hayvanlar acı çekmiyorlarsa, birileri genlerin hayatta kalımı işinde yeterince çaba harcamıyor demektir.

Bilim insanları da insandır ve herkes gibi onların da gaddarlığa sövme ve acıdan tiksinme hakları vardır. Ama Darwin gibi iyi bilim insanları, ne kadar nahoş olursa olsun gerçek dünyanın hakikatleriyle yüzleşmek gerektiğinin farkına varırlar. Dahası, eğer öznel düşüncelere izin vereceksek, avlarının sinir düğümlerine saldıran eşekarıları, sütkardeşlerini yuvadan iten guguk kuşları, köleleştiren arılar ve tüm

parazitler ile avcılar tarafından acıya karşı gösterilen tek amaçlı (veya "hiç" amaçlı) kayıtsızlık da dâhil olmak üzere, yaşamının tamamına nüfuz eden kasvetli mantıkta bir cazibe var. Darwin, hayatta kalma mücadelesi hakkındaki bölümünü şu sözlerle bitirirken teselli etmek için elinden geleni yapıyordu:

> Yapabileceğimiz tek şey, her organik varlığın geometrik olarak artmaya çalıştığını, her birinin, yaşamının bir bölümünde, yılın bazı mevsimlerinde, her nesilde veya aralıklarla, hayatta kalmak için mücadele etmek ve büyük yıkımlara uğramak zorunda kalacağını kati suretle akılda tutmaktır. Bu mücadeleyi düşündüğümüzde, kendimizi doğanın savaşının sürekli olmadığı, hiç acı çekilmediği[1], ölümün genelde ani olduğu ve güçlü, sağlıklı ve mutlu olanların hayatta kalıp çoğalmaları ile teselli edebiliriz.

Elçiye zeval yüklemek insanoğlunun aptalca zaaflarından biridir ve Giriş bölümünde bahsettiğim evrim karşıtlığının da önemli bir bölümünün altında yatar. "Çocuklara hayvan olduklarını öğretirseniz hayvan gibi davranırlar." Evrimin, veya evrim öğretiminin, ahlaksızlığı teşvik ettiği doğru olsaydı bile bu, evrim teorisinin yanlış olduğu anlamına gelmezdi. Bu basit mantık kuralını bu kadar çok insanın kavrayamaması oldukça şaşırtıcı. Bu mantık hatası o kadar yaygın ki, kendine özgü bir adı bile var; *argumentum ad consequentiam*: sonuçlarını çok sevdiğim için (veya hiç sevmediğim için) X doğrudur (veya yanlıştır).

"TASAVVUR EDEBİLECEĞİMİZ EN YÜCE NESNE"

"Yüksek hayvanların üretimi" gerçekten de "tasavvur edebileceğimiz en yüce nesne" mi? *En* yüce mi? Gerçekten mi? Daha yüce nesneler yok mu? Sanat? Maneviyat? *Romeo ve Juliet*? Genel Görelilik? Beethoven'in Dokuzuncu Senfonisi? Sistine Şapeli? Aşk?

Hatırlamak gerekir ki, tüm kişisel mütevaziliğine rağmen Darwin'in büyük hevesleri vardı. Onun dünya görüşünde insan zihniyle ilgili her şey, tüm duygu ve manevi hislerimiz, sanat ve matematiğin tamamı, felsefe ve müzik, zekânın ve maneviyatın tüm başarıları, yüksek hayvanları oluşturanla aynı sürecin ürünleriydi. Söz konusu olan sadece, evrilmiş beyinler olmaksızın maneviyat ve müziğin imkânsız olması

1- Keşke buna inanabilsem.

değildir. Daha alakalı olarak, beyinler çıkarcı sebeplerden ötürü kapasite ve güçleri artacak şekilde ta ki bu daha yüksek zeka ve maneviyatın yetileri bir yan ürün olarak ortaya çıkıp kültürel çevrede gelişene kadar doğal olarak seçilmişlerdir. Darwinci dünya görüşü yüksek insan yetilerini kötülemez, onları hürmetsizlik düzlemine "indirgemez." Hatta onları, örneğin yılan taklitçisi tırtılın Darwinci açıklamasının bilhassa tatminkar olacağı türden bir seviyede açıklamaya bile çalışmaz. Ancak Darwin öncesi dönemde yaşamı anlama çabalarının yakasını bırakmayan anlaşılması imkansız (anlamaya çalışmayı denemenin bile değmeyeceği) esrarı yok ettiğini iddia eder.

Ama Darwin'in benim savunmama ihtiyacı yok ve ben de yüksek hayvanların üretiminin tasavvur edebileceğimiz en yüce nesne mi yoksa sadece çok yüksek bir nesne mi olduğu sorusunu pas geçeceğim. Peki ya cümlenin yüklemi? Yüksek hayvanların üretimi gerçekten de doğanın savaşının, kıtlık ve ölümün "doğrudan bir sonucu" mudur? Evet öyledir. Darwin'in mantığını anlarsanız öyledir ama on dokuzuncu yüzyıla kadar bunu kimse anlamamıştı. Pek çokları günümüzde de anlamıyor veya anlamak istemiyor. Nedenini görmek zor değil. Düşününce, var oluşumuz (Darwin sonrası dönemdeki açıklanabilirliğiyle birlikte), tüm hayatımız boyunca hakkında düşünmemizin istendiği en şaşırtıcı gerçek için bir adaydır. Buna birazdan döneceğim.

"İLK OLARAK [BİR VEYA BİRKAÇ FORMUN İÇİNE] ÜFLENMİŞ OLAN"

Daha önceki bir kitabımın okurlarından aldığım, "üflenmiş"ten hemen önce "Yaratıcı tarafından" ifadesini (onların düşüncesine göre) kasıtlı olarak çıkardığım için beni azarlayan sinirli mektupların sayısını unuttum. Darwin'in isteklerini ahlaksızca çarptırmıyor muymuşum? Bu ateşli okurlar Darwin'in büyük kitabının altı baskıdan geçtiğini unutuyorlar. İlk baskıda cümle benim burada yazdığım gibidir. Darwin, büyük ihtimalle din lobisinin baskılarına boyun eğdiği için ikinci baskı ve sonraki tüm baskılarda "Yaratıcı tarafından" ifadesini eklemiştir. Aksini yapmak için oldukça iyi bir sebep yoksa, *Türlerin Kökeni Üzerine*'den alıntı yaparken her zaman ilk baskısını kullanırım. Bu kısmen, 1250 adet basılmış ve bana da bağışçım ve dostum Charles Simonyi tarafından verilmiş olan o tarihi baskının bendeki kopyasının sahip olduğum en kıymetli varlıklarımdan birisi olmasın-

dan dolayıdır. Ama aynı zamanda bunun sebebi, ilk baskının tarihi açıdan en önemli olan baskı olmasıdır. Victoria döneminin karın boşluğuna yumruk atan ve yüzyılların tozunu silken, ilk baskıydı. Dahası, sonraki baskılar (özellikle altıncısı) halkın fikirlerine gereğinden fazla önem vermiştir. Darwin, ilk baskının bilgili ama art niyetli çeşitli eleştirmenlerine cevap verme çabasıyla geri adım atmış ve hatta aslında ilk seferinde doğru bildiği pek çok önemli noktadaki düşüncelerini geri almıştır. Dolayısıyla cümlenin doğrusu, Yaratıcının bahsi geçmeksizin, "ilk olarak [bir veya birkaç türe] üflenmiş olan"dır.

Görünen o ki Darwin dini görüşlere verdiği bu tavizden pişman olmuş. Botanikçi arkadaşı Joseph Hooker'e yazdığı 1863 tarihli bir mektupta, "Ama halkın fikirlerine boyun eğip Tevratçı yaratılış terimini kullandığım için uzun zamandır pişmanım, ki aslında bununla kastettiğim, (kesinlikle bilinmeyen bir süreçle) 'ortaya çıkmış' idi." Darwin'in burada atıfta bulunduğu "Tevratçı terim", "yaratılış" kelimesidir. Babasının mektuplarının 1887 baskısında Francis Darwin'in açıkladığı üzere olayın bağlamı şöyleydi. Darwin Hooker'a, Carpenter'in bir kitabının eleştirisini kendisine ödünç verdiği için teşekkür etmek üzere yazıyordu. Eleştiride isimsiz eleştirmen, "Darwin'in sadece Tevratçı ifadelerle, "yaşamın ilk olarak içine üflendiği" ilkel biçim olarak bahsedebildiği . . . yaratıcı bir güç"ten bahsetmişti. Bizler bugünlerde "ilk olarak üflenmiş olan" ifadesinden bile vazgeçmeliyiz. Neyin içine üflendiği varsayılan bu şey de ne? Burada yapılmak istenen gönderme muhtemelen bir çeşit hayat nefesinedir,[1] ama bu ne anlama gelebilir ki? Canlıyla cansızın sınırlarına ne kadar dikkatli bakarsak, aralarındaki farkı anlamak o kadar zor oluyor. Yaşamın, canlılığın, titreşen ve zonklayan bir çeşit özelliğe, hayati bir öze sahip olması gerekiyordu. Fransızcaya çevrildiğinde kulağa daha da gizemli geliyordu: *élan vital*.[2] Hayat, özel bir yaşam özünden, "protoplazma" adlı bir cadı iksirinden oluşuyormuş gibi görünüyordu. Sherlock Holmes'den daha gülünç bir kurgusal karakter olan Conan Doyle'nin Profesör Challenger'i, dünyanın yaşadığını, kabuğu, yeryüzünün bizim gördüğümüz kabuğu olan bir çeşit denizkestanesi olduğunu ve içinin saf protoplazmadan oluştuğunu keşfetmişti. Yirminci yüzyılın ortasına kadar yaşamın

1- Dini gelenekler uzun süredir hayatı nefesle bağdaştırmıştır. "Tin (Spirit)" kelimesi Latince "nefes" kelimesinden gelmektedir. Tekvin'de Tanrı önce Adem'i yaratır ve sonra burun deliklerini üfleyerek onu ateşler. "Ruh (Soul)" kelimesinin İbranicesi *ruah* veya *ruach*dır (Arapça soydaşı *ruh*dur), ki bunun da anlamı "nefes", "rüzgâr" veya "ilham"dır.

2- Bu terim 1907'de Fransız filozof Henri Bergson tarafından ortaya atılmıştır. Julian Huxley'in 'trenler de *élan locomotif* ile çalışıyor olmalı' şeklindeki alaylı çıkarsaması hep hoşuma gitmiştir.

niteliksel olarak fiziğin ve kimyanın ötesinde olduğu düşünülmüştü. Artık öyle düşünülmüyor. Canlıyla cansız arasındaki fark, bir öz farkı değil, *bilgi (enformasyon)* farkıdır. Canlılar inanılmaz miktarlarda bilgi içerirler. Bilginin çoğu dijital olarak DNA'nın içinde şifrelenmiştir ve birazdan göreceğimiz üzere, farklı yöntemlerle şifrelenmiş önemli miktarlar da vardır.

DNA'nın bilgi içeriğinin jeolojik zaman içinde nasıl biriktiğini oldukça iyi anlıyoruz. Darwin buna doğal seçilim adını vermişti ve biz daha net ifade edebiliriz: hayatta kalmanın embriyolojik tariflerini şifreleyen bilginin rastgele olmayan hayatta kalması. Açıkça görülüyor ki, kendilerinin hayatta kalmasını şifreleyen tarifler hayatta kalmaya yatkın olacaklardır. DNA'yı özel kılan şey, onun kendi cismi benliğiyle değil, sonsuz kopyalarıyla hayatta kalmasıdır. Kopyalamada kimi zaman hatalar olacağı için yeni çeşitlemeler atalarından daha da iyi hayatta kalabilirler. Böylece zaman geçtikçe hayatta kalmak için tarif şifreleyen bilgi veri tabanı iyileşir. Böylesi iyileşmeler kendilerini şifrelenmiş bilgiyi korumak ve yaymak için daha iyi vücutlar veya diğer düzenek ve aletler biçiminde belli edeceklerdir. DNA'nın korunması ve yayılması normalde, onu içeren vücudun hayatta kalıp üremesi anlamına gelecektir. Darwin'in kendisi de onların hayatta kalma ve üremelerini vücutlar seviyesinde incelemiştir. Şifrelenmiş bilgi onun dünya görüşünde dolaylı olarak anlaşılıyordu ve yirminci yüzyıla kadar da dolaysız hale gelmeyecekti.

Genetik veri tabanı, ataların hayatta kaldığı ve bunu yapmalarını sağlayan genleri gelecek nesillere aktardıkları geçmiş çevreler hakkında bir bilgi deposu haline gelecektir. Şimdiki ve gelecekteki çevreler, geçmiştekileri andırdıkları ölçüde (ki çoğunlukla andırırlar), bu "ölülerin genetik kitabı", şu an ve gelecekte hayatta kalmak için faydalı bir kılavuz olacaktır. Bu bilginin muhafaza edildiği yer, herhangi bir anda,bireylerin vücutlarının içi olacaktır ama üremenin eşeyli olduğu ve DNA'nın vücuttan vücuda karıldığı uzun vadede ise hayatta kalma talimatları veri tabanı, bir türün gen havuzu olacaktır.

Herhangi bir nesilde her bir bireyin genomu, türün gen havuzunun bir numunesi olacaktır. Farklı atasal dünyalara sahip oldukları için farklı türlerin farklı veri tabanları olacaktır. Develerin gen havuzlarındaki veri tabanı, çöller ve onlarda nasıl hayatta kalınacağı hakkındaki bilgileri şifreleyecektir. Köstebek gen havuzlarındaki DNA, karanlık ve nemli topraklarda hayatta kalmak için talimat ve ipuçlarını içere-

cektir. Avcı gen havuzlarındaki DNA, av hayvanları, onların kaçış taktikleri ve onlardan nasıl daha kurnaz olunacağı hakkında artarak daha fazla bilgi içerecektir. Av gen havuzlarındaki DNA ise avcılar ve onların nasıl atlatılacağı, onlardan daha hızlı nasıl koşulacağı bilgilerini içerecektir. Her gen havuzundaki DNA, parazitler ve onların ölümcül istilalarına nasıl direnileceği hakkında bilgi içerir.

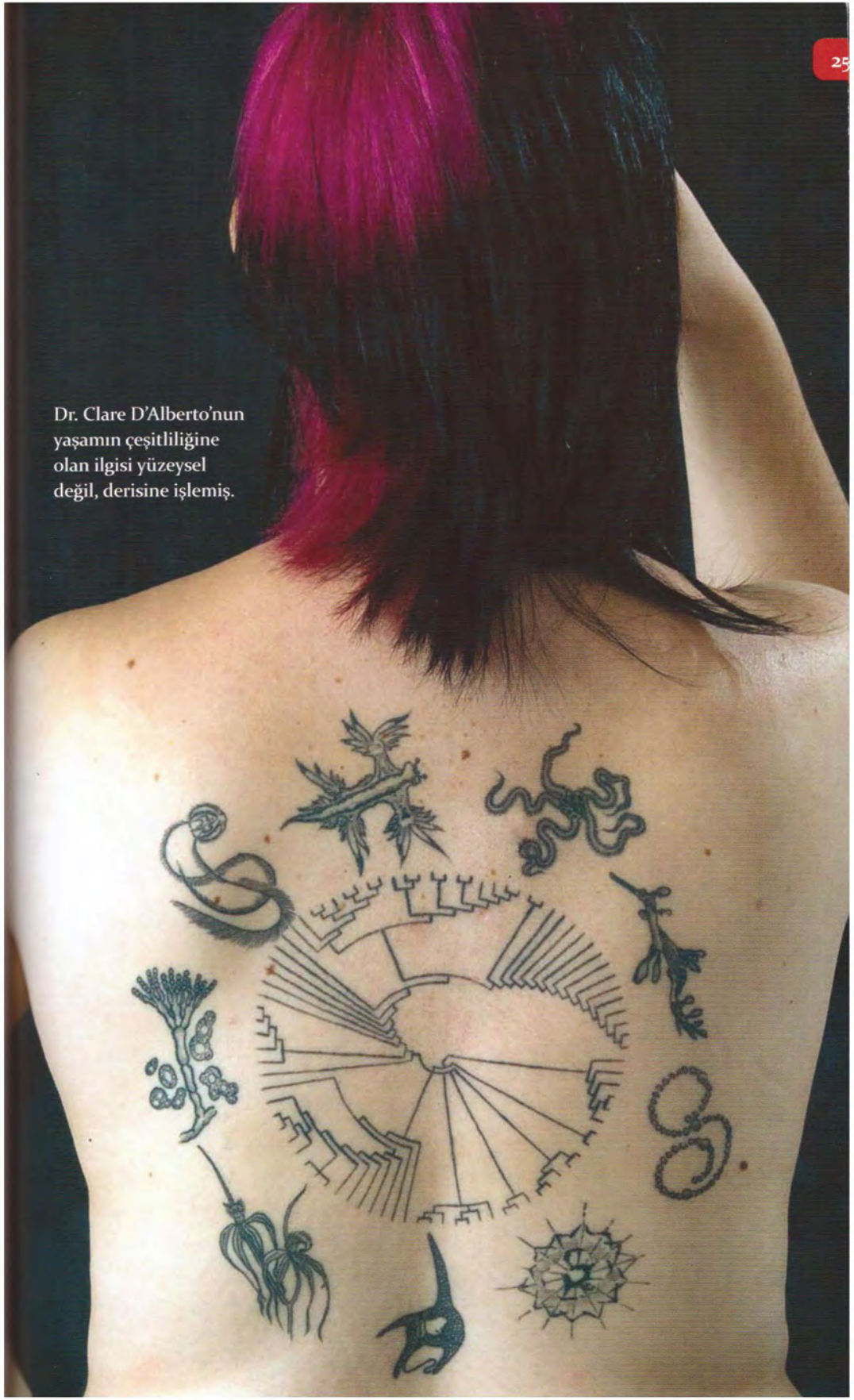
Gelecekte hayatta kalmak için bugün ne yapılması gerektiğinin bilgisi ister istemez geçmişten derlenir. DNA'nın atasal vücutlardaki rastgele olmayan hayatta kalması, geçmişten gelen bilginin gelecekte kullanılmak üzere kaydedilmesinin en aşikar yoludur ve DNA'nın ana veri tabanı da bu yolla oluşur. Ama geçmiş hakkındaki bilginin, gelecekte hayatta kalma şansını arttıracak şekilde saklanmasının ilave üç yolu daha vardır. Bunlar bağışıklık sistemi, sinir sistemi ve kültürdür. Kanatlar, akciğerler ve hayatta kalmayı sağlayan diğer tüm aparatlarla birlikte bu ikincil bilgi toplama sistemleri de nihayetinde birincil tarafından tasarlanmıştır: DNA'nın doğal seçilimi. Biz bunların hepsine dört "hafıza" diyebiliriz.

İlk hafıza, türün gen havuzu olan dönen tomarın üzerine yazılmış, atasal hayatta kalma yöntemlerinin DNA kaynağıdır. Tıpkı kalıtımla kazanılan DNA veri tabanının atasal çevrelerin kendini tekrarlayan detaylarını ve bu çevrelerde nasıl hayatta kalınacağını kaydetmesi gibi "ikincil hafıza" olan bağışıklık sistemi de aynısını, bireyin yaşamı boyunca, hastalık ve vücudu tehdit eden diğer unsurlara karşı yapar. Geçmiş hastalıkların ve onların nasıl atlatılacağının bu veri tabanı her bir birey için farklıdır ve antikorlar adını verdiğimiz protein dağarcığıyla yazılmıştır (her bir patojen (hastalığa sebep olan organizma) için, o patojeni karakterize eden proteinlerle olan geçmiş "deneyimler"le kesin olarak hazırlanmış bir antikor popülasyonu vardır). Benim neslimdeki pek çok çocuk gibi ben de kızamık ve suçiçeği geçirdim. Vücudum bu "deneyim"i, antikor proteinlerinde içerilen hatıraları, daha önceden savuşturulmuş istilacılara ait kişisel veri tabanımın geri kalanıyla birlikte "hatırlıyor". Neyse ki çocuk felci (polyo) geçirmedim ama tıp ilmi zekice, hiç geçirilmemiş hastalıkların yanlış anılarını vücuda yerleştirmek için aşılama tekniğini geliştirdi. Asla çocuk felci geçirmeyeceğim çünkü vücudum geçmişte geçirdiğimi "düşünüyor" ve virüsün zararsız bir sürümünün enjeksiyonuyla antikor üretmek için "kandırılmış" olan bağışıklık sistemi veri tabanım uygun antikorlarla donanmış durumda. Nobel ödüllü pek çok tıbbi bilim insanının çalış-

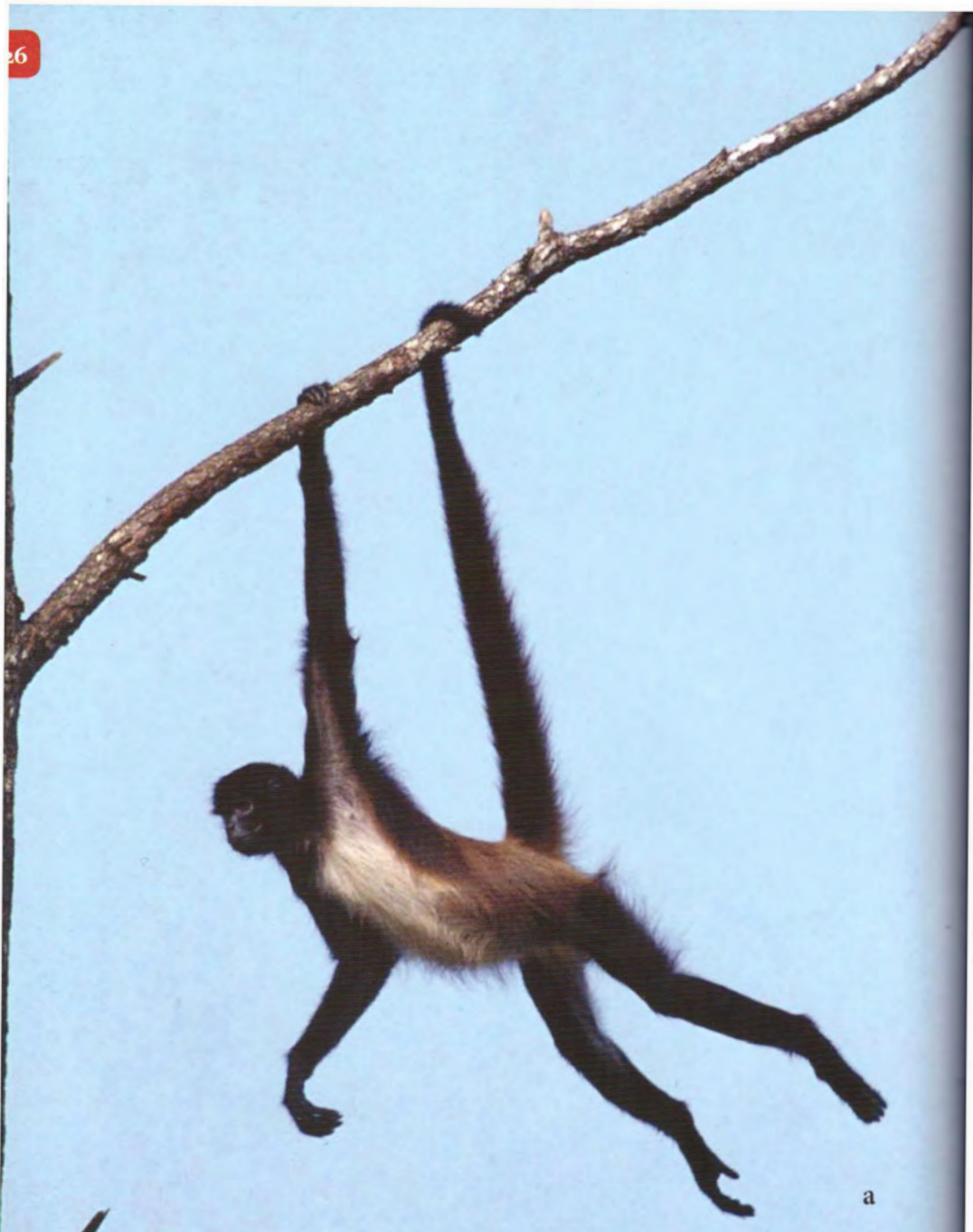
malarının gösterdiği gibi, bağışıklık sisteminin veri tabanının kendisi de inanılmaz bir şekilde, rastgele çeşitlilik ve rastgele olmayan seçilimle kısmen Darwinci bir süreçle oluşuyor. Ama bu durum özelinde rastgele olmayan seçilim, hayatta kalma kapasiteleri için vücutların seçilimi değil, işgalci proteinlerin etrafını sarma veya etkisizleştirme kapasiteleri için vücudun *içindeki* proteinlerin seçilimidir.

Üçüncü hafıza, bizim normalde bu kelimeyi kullanırken kastettiğimiz anlamdaki hafızadır: sinir sisteminin içinde bulunan hafıza. Tam olarak anlamadığımız mekanizmalarla beyinlerimiz, geçmiş hastalıkların antikor "hatırası" ve atasal ölüm ve başarıların DNA "hatırası" benzeri, geçmiş deneyimlerden oluşan bir bellek barındırır. En basit örneklerinde bu üçüncü hafıza, doğal seçilimin bir başka benzeşimi daha olarak görülebilecek bir deneme yanılma süreciyle çalışır. Yiyecek ararken bir hayvan çeşitli davranışları "deneyebilir". Her ne kadar tam olarak rastgele değilse bile, bu deneme süreci, genetik mutasyonun makul bir benzeşimidir. Doğal seçilim benzeşimi, ödüller (olumlu pekiştirme) ve cezalar (olumsuz pekiştirme) sistemi olan "pekiştirme"dir. Kuru yaprakları kaldırmak gibi bir davranış (deneme), altlarında saklanan kınkanatlı larvası ve tespih böceklerini elde etmekle sonuçlanır (ödül). Sinir sisteminin "arkasından ödül gelen tüm deneme davranışları tekrarlanmalıdır, arkasından hiçbir şey gelmeyen (veya daha kötüsü, ceza gelen) hiçbir deneme davranışı tekrarlanmamalıdır" diyen bir kuralı vardır.

Ama beynin hafızası, hayvanın dağarcığında ödüllendirilen davranışların rastgele olmayan hayatta kalışı ve cezalandırılan davranışların rastgele olmayan elenişi şeklindeki bu kısmen Darwinci süreçten çok daha fazlasını yapar. Beynin hafızası (burada tırnak işaretini kullanmaya gerek yok çünkü kelimenin gerçek anlamı bu), en azından insan beyninde hem çok büyük hem de çok canlıdır. Tüm beş duyunun içsel imgelerinde temsil edilen detaylı sahneler içerir. Yüzlerin, yerlerin, melodilerin, âdetlerin, kuralların ve kelimelerin listelerini içerir. Sizler bunu kendi içinizden zaten gayet iyi biliyorsunuz, dolayısıyla benim, yazmak için kullanımımda olan kelime hazinemin ve sizlerin okumak için kullanımınızda olan özdeş (veya büyük oranda kesişen) sözlüğünüzün tamamının, onları cümleler halinde dizmeye ve deşifre etmeye yarayan sözdizimsel (sentaktik) aparatla birlikte, aynı devasa nöronal veri tabanında bulunduğu inanılmaz gerçeğini belirtmek dışında bunu hatırlatmaya çalışmam yersiz.



Dr. Clare D'Alberto'nun yaşamın çeşitliliğine olan ilgisi yüzeysel değil, derisine işlemiş.



a

(a) Ağaçlara tırmanan bir hayvanın beşinci bir ayağa ihtiyacı olduğunda, bu ayağı vücudunun bir yerinden büyütemiyor, onun yerine halihazırda sahip olduklarından faydalanıyor. Güney Amerika ormanlarının örümcek maymun. **(b)** Güneydoğu Asya ormanlarının uçan lemuru (kolugo) aslında bir lemur değil, memeli ağacında kendine ait bir köşesi var. Gerçekte uçamıyor fakat bir ağaçtan diğerine havada süzülüyor. Kemirgen türü olan "uçan sincapların" ve keseli memeli türü olan "uçan keseli sincapların" aksine, kolugolarda uçma zarına kuyruk da dahil olur. **(c)** İskeletinin insan eliyle kökendeşliğini muhteşem bir şekilde gözler önüne seren yarı saydam kanatlara sahip olan Mısırlı meyve yarasası.



b



c



a



b

Uçamayan bu kuşların kısa ve kalın kanatları, onların uçabilen atalardan türediklerini net bir şekilde ortaya koyar. Devekuşları **(a)** yine de kanatlarını kullanırlar, fakat sadece denge için ve sosyal amaçlarla. Uçamayan Galapagos karabatağı **(b)** yakından tanıdığımız uçabilen kuzenlerinin yaptığı gibi, işe yaramaz kanatlarını yine de kurutmak için açar. Denizden balık avlama konusunda bir ustadır **(c)** ama, penguenler gibi, kanatlarını yüzmek için kullanmaz ve su altında büyük, perdeli ayaklarının itiş gücüyle ilerler. **(d)** Douglas Adams'a göre "Ama ne yazık ki kakapo yalnızca uçmayı değil, uçmayı unuttuğunu da unutmuş. Görünen o ki, ciddi anlamda endişelenmiş bir kakapo bazen bir ağacın üzerine tırmanıp aşağıya atlar ve sonrasında bir tuğla ne kadar uçabiliyorsa o kadar uçup zarafetten yoksun bir şekilde yere çakılır."

c



d





(e) Toprağın altında kanatlara sahip olmak gereksiz bir yüktür, ki büyük ihtimalle işçi karıncalarda bu yüzden kanat büyümüyor. Buna en keskin kanıt ise, kanatlarını sadece bir kez doğduğu yuvadan dışarıya uçup bir eş bulmak için kullanan, daha sonra yeni bir yuva kurmak için delik kazmak üzere bir yere yerleşen kraliçe karıncalar tarafından gelir. Yeraltında yeni bir yaşama başlarken yaptıkları ilk iş kanatlarından, kimi zaman gerçek anlamda ısırıp koparark kurtulmak olur Yeraltında yeni bir yaşama başlar başlamaz yaptıkları ilk iş kanatlarını kaybetmek olur, bazı durumlarda kanatları ısırıp koparmak suretiyle. (f) Bu semender gibi mağarada yaşayan hayvanlar genellikle pek beyazdır. Ama, her ne kadar karanlık mağaralarda gözlerini kullanmıyor olsalar da, gözleri köreltmek neden? (Bkz. sayfa 317) Memeli yunuslar (g), "yunus balığı" veya dorado gibi, dışarıdan bakınca hızlı yüzen kocaman bir balığa benzerler çünkü yaşamlarını benzer biçimde idame ettirirler.





a

b



c

d

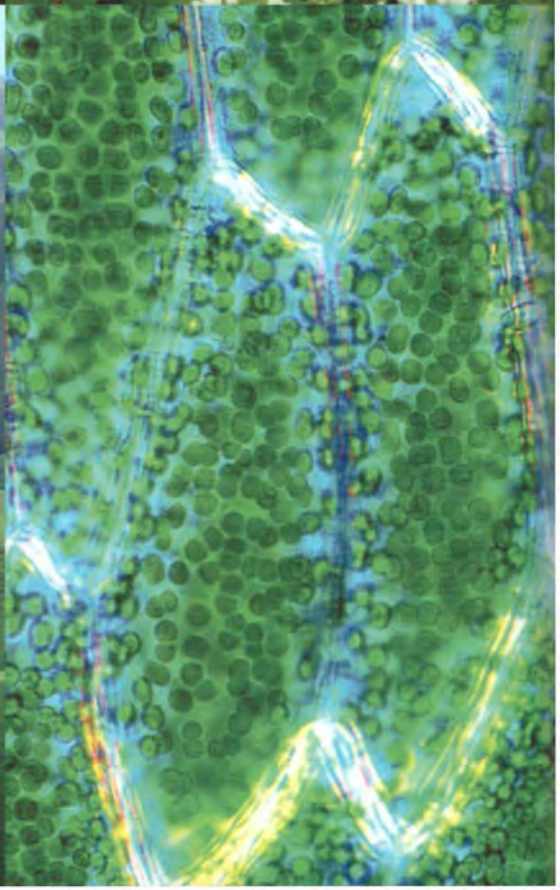
Evrimsel silahlanma yarışının ürünleri. **(a)** Bebek guguk kuşu, sütkardeşini o henüz yumurtadan çıkıp da yiyecek için kendisiyle yarışa girmeden önce içgüdüsel şekilde öldürür. **(b)** Bu Afrika ceylanı dişi aslanla yaptığı bireysel yarışı kaybetti ve az sonra hayatı sona erecek, ama her iki türün gen havuzları arasındaki silahlanma yarışı evrimsel zamanda devam ediyor. **(c)** Parazit eşekarısı yumurtalarını bu tırtılın içine bırakmış ve burada eşekarısı larvaları, hayat dolu bir şekilde dışarı çıkıyor, bir sonraki nesile genlerini aktarıyorlar. **(d)** Orman ekonomisinde ışık çok değerli bir kaynaktır. Ağaç tepelerinin altına çok az ışık geçer, çünkü ağaçların tepeleri her yeri, arada neredeyse hiç boşluk kalmayacak şekilde parsellemiştirler.







Baktığımız hemen her yerde yeşil görüyor olmamız bir tesadüf değil . . . Yeşil bitkilerin sayısı bizim sayımızı en az ona katlamasaydı bize güç verecek enerji üretilemezdi.



Ayrıca, beyinde bulunan üçüncü hafıza, bir dördüncüsünü doğurmuştur. Beynimdeki veri tabanı, (her ne kadar beyinler ilk evrildiklerinde limiti bu idiyse de) kişisel yaşamımdaki olay ve hislerin kaydından daha fazlasını içerir. Beyniniz, geçmiş nesillerden genetik olmayan yollarla edinilmiş ve nesilden nesile konuşma, kitaplar veya günümüzde internet yoluyla aktarılmış toplu hatıraları içerir. Sizlerin ve benim yaşadığımız dünya, bizden önce gelen ve etkilerini insanoğlunun veri tabanına kazıyanlar yüzünden daha zengin bir dünyadır: Newton ve Marconi, Shakespeare ve Steinbeck, Bach ve The Beatles, Stephenson ve Wright kardeşler, Jenner ve Salk, Curie ve Einstein, von Neumann ve Berners-Lee. Ve tabii ki, Darwin.

Tüm bu dört hafıza, ilk ve esas olarak, Darwinci bir süreç olan, DNA'nın rastgele olmayan hayatta kalımıyla geliştirilen, hayatta kalma aparatının devasa üstyapısının bir parçası veya tezahürüdür.

"BİR VEYA BİRKAÇ FORMUN İÇİNE"

Darwin kesin konuşmamakta haklıydı ama bugün biz bu gezegendeki tüm canlıların tek bir atadan türediklerinden oldukça eminiz. Bölüm 10'da da gördüğümüz üzere bunun kanıtı, genetik kodun hayvan, bitki, mantar, bakteri, arke ve virüsler için ortak ve özdeş olmasıdır. Üç harfli DNA kelimelerinin yirmi amino asit ve ("burada okumayı başla" veya "burada okumayı kes" anlamına gelen) bir noktalama işaretine çevrildiği 64 kelimelik sözlük, canlılar aleminde nereye bakarsanız bakın aynıdır (genellememize gölge düşürmeyecek kadar küçük bir veya iki istisna dışında). Örneğin DNA kullanmayan veya protein kullanmayan veya protein kullanan ama onları aşina olduğumuz yirmi amino asitten farklı amino asitlerle üreten veya DNA kullanan ama üçlü kod kullanmayan veya üçlü kod kullanan ama 64 harfli aynı sözlüğü kullanmayan harumskaryotlar adlı tuhaf bir mikrop keşfedilseydi, eğer bu şartlardan herhangi biri sağlansaydı, yaşamın iki kez ortaya çıktığını öne sürebilirdik: bir kez harumskaryotlar için bir kez de canlıların geri kalanı için. Darwin'in bilgi birikimine göre (hatta DNA'nın keşfinden önce herkesin bilgi birikimine göre), yaşayan bazı canlılar benim harumskaryotlara atfettiğim özelliklere sahip olabilirlerdi, ki o zaman Darwin "birkaç formun içine" ifadesinde haklı olurdu.

Yaşamın birbirinden bağımsız iki kökeninin 64 harflik aynı kodu keşfetmiş olması mümkün müdür? Çok zor. Bunun makul olabilmesi

için, halihazırdaki kodun alternatif kodlara kıyasla güçlü bir avantaj sahibi olması ve kademeli bir şekilde ona doğru ilerleyen, doğal seçilimin tırmanabileceği bir iyileştirme rampasının olması gerekirdi. Ama bu şartlar olası değildir. Francis Crick bir zamanlar, genetik kodun, bir kez yerleştikten sonra değiştirmenin imkansız veya çok zor olduğu "donmuş bir kaza" olduğunu ileri sürmüştür. Neden böyle düşündüğü ilginçtir. (Genetik kodun şifrelediği genlerdeki mutasyonların aksine) genetik kodun kendisindeki herhangi bir mutasyonun, sadece bir yerde değil organizmanın tamamında anında yıkıcı bir etkisi olacaktır. Eğer 64 kelimelik sözlükte bulunan herhangi bir kelimenin anlamı, farklı bir amino asidi ifade edecek şekilde değişseydi, vücuttaki hemen hemen her protein muhtemelen vücudun pek çok yerinde anında değişirdi. Örneğin bacağı birazcık uzatan, kanadı kısaltan veya gözü koyulaştıran sıradan bir mutasyonun aksine, genetik koddaki bir değişiklik vücudun tamamında her şeyi bir anda değiştirecektir ve bu da felaket anlamına gelecektir. Pek çok kuramcı, genetik kodun nasıl evrilmiş olabileceğine, -onların makalelerinin birinden alıntı yapmak gerekirse- donmuş kazanın nasıl "eritilebileceğine" dair zekice önerilerde bulunmuştur. Bunlar oldukça ilginç olsa da, sanırım genetik kodları incelenmiş tüm canlıların tek bir ortak atadan türemiş oldukları kesindir. Çeşitli yaşam biçimlerinin altında yatan üst seviye programlar ne kadar ayrıntılı ve farklı olurlarsa olsunlar özünde hepsi aynı makine diliyle yazılmıştır.

Elbette şu an soyları tükenmiş olan başka canlılarda (benim harumskaryotlarımın muadili olan canlılarda) diğer makine dillerinin ortaya çıkmış olabileceği olasılığını reddedemeyiz ve fizikçi Paul Davies, aslına bakarsanız bizim, soyu tükenmiş olmayan, gezegenimizin derinliklerinde gizlenmiş harumskaryotlar (tabi o bu kelimeyi kullanmıyor) olup olmadığını görmek için fazla çaba sarf etmediğimizi vurguluyor ve bu gayet mantıklı. Kendisi de bunun pek olası olmadığını kabul ediyor ama başka gezegenlere gidip oralara bakmaktansa kendi gezegenimizi en ince ayrıntısına kadar aramanın çok daha kolay ve ucuz olacağını (biraz da, anahtarlarını, kaybettiği yerde değil de sokak lambasının altında arayan bir adam edasıyla) savunuyor. Bu esnada ben de Profesör Davies'in hiçbir şey bulmayacağı, bu gezegendeki tüm yaşam biçimlerinin aynı makine dilini kullandıkları ve hepsinin tek bir atadan türedikleri şeklindeki kişisel beklentimin kayıtlara geçmesinde bir sakınca görmüyorum.

"BU GEZEGEN SABİT YERÇEKİMİ YASASI UYARINCA DÖNMEYE DEVAM EDERKEN"

İnsanlar, yaşamlarını yöneten döngülerin farkına, onları anlamadan çok önce varmışlardı. En bariz döngü gece/gündüz döngüsüdür. Uzayda hareket eden veya yerçekimi yasası etkisi altında diğer nesnelerin etrafından dönen nesnelerin, doğal bir kendi eksenleri etrafında dönme eğilimleri vardır. Bunun istisnaları vardır ama bizim gezegenimiz bunlardan biri değildir. Dünyamızın devir süresi şu an yirmi dört saattir (eskiden daha hızlı dönüyordu) ve biz bu dönmeyi, elbette geceyi takip eden gündüzler olarak deneyimliyoruz.

Göreli olarak böylesi devasa bir kütlede yaşadığımız için bizler yerçekimini esas olarak, her şeyi o kütlenin merkezine, bizim "aşağı" olarak deneyimlediğimiz yöne doğru çeken bir kuvvet olarak düşünüyoruz. Ama ilk olarak Newton'un anladığı gibi, yerçekiminin evrendeki kütleleri diğer kütlelerin etrafında yarı-sürekli yörüngelerde tutan evrensel bir etkisi vardır. Bunu, gezegenimiz güneşin etrafında döndükçe, mevsimlerin yıllık döngüsü olarak deneyimleriz.[1] Gezegenimizin kendi etrafında döndüğü eksen, güneş etrafında döndüğü eksene göre eğik olduğu için yılın, yaşadığımız yarımkürenin güneşe baktığı yarısında daha uzun gün ve daha kısa geceler yaşarız (bu süreç yazın zirve yapar). Yılın diğer yarısında, zirve noktasına kış dediğimiz süreçte daha kısa gün ve daha uzun geceler yaşarız. Yarımküremizin kışında, güneş ışınları bize (eğer erişebilirlerse) çok dar bir açıyla erişirler. Yansıma açısı, kışın gelen bir güneş ışınını, aynı ışının yazın tarayacağından daha geniş bir bölgeye dağıtır. Santimetrekare başına düşen foton miktarı azaldığı için de üşürüz. Yeşil yaprak başına daha az foton düşmesi, daha az fotosentez anlamına gelir. Daha kısa gün ve daha uzun geceler de aynı etkiye sahiptir. Yaz ve kış, gündüz ve gece, hayatlarımız döngüler tarafından yönetilir, tıpkı Darwin'in ve onun öncesinde Tekvin'in söylediği gibi: "Dünya döndükçe, ekin ve hasat, soğuk ve sıcak, yaz ve kış, gün ve gece dinmeyecek."

Yerçekimi yaşam için önemli olan başka döngüleri de yönetir ama bunlar daha az barizdir. Genellikle göreli olarak küçük birçok uydusu olan başka gezegenlerin aksine dünyanın, adına Ay dediğimiz bir tane

1- Bir kaşıntıyı kaşırcasına veya yaraya parmak bastırırcasına korku dolu bir hayranlıkla Ek 1'de belgelenen ve Britanyalıların %19'unun yılın ne olduğunu bilmediğini ve dünyanın güneşin etrafında ayda bir döndüğünü düşündüğünü söyleyen ankete geri dönmek istiyorum. Yılın ne olduğunu anlayanların önemli bir kısmı bile, coşkun Kuzey Yarımküre şovenizmiyle güneşe Haziran'da en yakın, Aralık'ta da en uzak durumda olduğumuzu varsayarak mevsimlere neyin sebep olduğunu anlamıyor.

büyük uydusu vardır. Tek başına önemli bir yerçekimsel etki uygulayacak kadar büyüktür. Bunu temel olarak gelgit döngüleriyle deneyimleriz; sadece gelgitler gündelik olarak gelip gittikçe oluşan göreli olarak hızlı döngülerde değil, aynı zamanda güneşin ve ayda bir dünyanın etrafında dönen ayın yerçekimsel etkilerinin etkileşimiyle meydana gelen bahar gelgiti ve küçük gelgitin aylık döngülerinde de. Bu gelgit döngüleri deniz ve kıyı organizmaları için bilhassa önemlidir ve bazı insanlar (makul olmayan bir şekilde) denizsel geçmişimize ait bir çeşit tür hafızasının aylık üreme döngülerimizde yaşamaya devam edip etmediğini merak etmişlerdir. Bu belki biraz abartılı olabilir ama dünyanın yörüngesinde dönen bir ayımız olmasaydı yaşamın ne derece farklı olacağı ilginç spekülasyonların konusudur. Hatta ay olmaksızın yaşamın mümkün olamayacağı da (kanımca yine makul olmayan bir şekilde) ileri sürülmüştür.

Ya gezegenimiz ekseni etrafında dönmeseydi? Ayın bir yüzünün sürekli bize bakması gibi, gezegenimizin de bir yüzü sürekli güneşe baksaydı, sürekli gündüz olan taraf cehennem sıcağıyla kavrulurken sürekli gece olan taraf dayanılmaz derecede soğuk olurdu. Yaşam tam aradaki alacakaranlık sığınağında veya yerin derinliklerinde hayatta kalabilir miydi? Böylesi elverişsiz şartlarda yaşamın ortaya çıkabileceğinden şüpheliyim ama dünya dönüşünü kademeli olarak yavaşlatıp sonunda tamamen dursaydı, uyum sağlamak için fazlasıyla vakit olurdu ve en azından bazı bakterilerin başarılı olacağını düşünmek mantıksız değil.

Peki ya dünya dönseydi, ama eğik olmayan bir eksende dönseydi? Bunun yaşamın önünde engel teşkil edeceğini sanmıyorum. Yaz/kış döngüleri olmazdı. Yaz ve kış koşulları zamana değil enlem ve rakıma bağlı olurdu. Kış, iki kutuptan birinin yakınlarında veya dağların tepelerinde yaşayan canlılar için daimi mevsim olurdu. Bunun yaşamın önünde engel teşkil etmesi için bir neden göremiyorum ama mevsimler olmadan hayat daha az ilginç olurdu. Göç etme, yılın belli dönemlerinde çiftleşme, yaprak dökme, deri değiştirme veya kış uykusuna yatma güdüleri olmazdı.

Eğer gezegen herhangi bir güneşin yörüngesinde olmasaydı, yaşam tamamen imkansız olurdu. Bir yıldızın etrafında dönmenin tek alternatifi boşlukta sürüklenmektir; karanlık, mutlak sıfıra yakın sıcaklıklarda, yalnız ve yaşamın geçici ve yerel olarak termodinamik selde akıntının tersi yönünde yüzmesini sağlayan enerji kaynağından çok uzaklarda.

Darwin'in "sabit yerçekimi yasası uyarınca dönmeye devam etmek" deyimi, zamanın acımasız ve tahayyül edilemeyecek kadar uzun akışını ifade etmek için kullanılmış şiirsel bir anlatımdan fazlasıdır.

Bir yıldızın yörüngesinde olmak bir kütlenin, bir enerji kaynağından göreli olarak sabit bir mesafede kalabilmesinin tek yoludur. Herhangi bir yıldızın (ve bizim yıldızımız tipik bir yıldızdır) yakınlarında, yaşamın evriminin mümkün olduğu ısı ve ışıkça zengin sınırlı bir alan vardır. Yıldızdan uzaklaşıp uzayın derinliklerine doğru ilerledikçe bu yaşanabilir alan, meşhur ters-kare yasası uyarınca hızla azalır. Diğer bir deyişle ışık ve ısı, yıldızdan olan uzaklıkla doğru orantılı olarak değil, uzaklığın karesiyle orantılı olarak azalır. Bunun neden böyle olması gerektiğini görmek kolay. Aynı güneşi merkez kabul eden, yarıçapları giderek artan iç içe küreler hayal edin. Güneşten dışarıya doğru yayılan enerji her bir kürenin içine vurur ve kürenin iç yüzeyinin her santimetrekaresi tarafından eşit olarak "paylaşılır". Kürenin yüzey alanı yarıçapın karesiyle orantılıdır. Dolayısıyla eğer A küresi yıldızdan, B küresinin olduğundan iki kat uzaktaysa, aynı miktardaki foton dört kat daha büyük bir alan tarafından "paylaşılmalıdır". Bu yüzden güneş sistemimizin en içinde yer alan Merkür ve Venüs kavurucu derecede sıcakken, Neptün ve Uranüs gibi dışarılarda olanlar soğuk ve karanlıktır (yine de derin uzay kadar soğuk ve karanlık değildirler).

Termodinamiğin İkinci Yasasına göre, enerji her ne kadar ne yaratılabilir ne de yok edilebilirse de, faydalı bir iş çıkarmak için daha etkisiz hale gelebilir (kapalı bir sistemde; gelmelidir). "Entropi"nin yükselmesiyle kastedilen budur. "İş"e, suyu yokuş yukarı pompalamak veya (bunun kimyasal muadili olan) atmosferdeki karbon dioksitten karbonu ayrıştırıp bitki dokularında kullanmak gibi şeyler dâhildir. Bölüm 12'de detaylandırıldığı üzere bunların her ikisi de yalnızca sisteme enerji verilmesiyle elde edilebilir, örneğin su pompasını çalıştırmak için elektrik enerjisi veya bitkilerdeki şeker veya nişasta sentezini sağlamak için güneş enerjisi. Su bir kez tepenin zirvesine pompalandığında, yokuş aşağı akma eğiliminde olacaktır ve bu yokuş aşağı akışından kaynaklanan enerjinin bir kısmı su çarkını döndürmekte kullanılabilir, ki bu da elektrik üretebilir, ki bu da suyun bir kısmını tekrar yokuş yukarı pompalayan bir elektrik motorunu çalıştırabilir. Ama enerjinin yalnızca bir kısmı kullanılabilir! Enerjinin bir kısmı her zaman kaybolur (ama asla yok olmaz). Devridaim makineleri (bunu yeterince dogmatik söylemek imkânsızdır) mümkün değildir.

Yaşamın kimyasında, bitkilerde meydana gelen ve güneş tarafından beslenen "yokuş yukarı" kimyasal tepkimelerce havadan ayrıştırılan karbon yakılarak enerjinin bir kısmı serbest bırakılabilir. Bu enerjiyi kömür örneğinde olduğu gibi gerçek anlamda yakabiliriz, ki bunu depolanmış güneş enerjisi olarak düşünebiliriz zira oraya çoktan Karbonifer veya diğer geçmiş dönemlerde ölmüş olan bitkilerin güneş panelleri tarafından yerleştirilmişlerdir. Ya da enerji, yanmadan çok daha kontrollü bir şekilde serbest bırakılabilir. İster bitkilerin, ister bitkileri yiyen hayvanların, isterse de bitki yiyen hayvanları yiyen hayvanların (vesaire) hücrelerinin içinde güneş tarafından oluşturulmuş karbon bileşenleri yavaşça yanmaktadır. Bu bileşenler, gerçek anlamda alev almaktansa enerjilerini daha faydalı şekilde, damlalar halinde verirler ve hücrede "yokuş yukarı" kimyasal tepkimeleri sürdürmek için kontrollü bir şekilde çalışırlar. Bu enerjinin bir kısmı kaçınılmaz şekilde ısı olarak harcanır. Harcanmasaydı bir devridaim makinemiz olurdu ki devridaim makineleri (yeterince vurgulamak imkânsızdır) mümkün değildir.

Evrendeki enerjinin neredeyse tamamı düzenli olarak, iş yapması mümkün olan biçimlerden iş yapması mümkün olmayan biçimlere indirgenmektedir. Enerji dengelenmekte ve karışmaktadır, ta ki evrenin (gerçek anlamda) olaysız ve tekdüze "ısı ölümü" gerçekleşene kadar. Ama her ne kadar evren bir bütün olarak kaçınılmaz ısı ölümüne doğru yokuş aşağı sürüklense de, az miktarlarda enerjinin küçük yerel sistemleri zıt yönde itmesi mümkündür. Denizlerdeki su bulut olarak havaya yükselir, daha sonra bulutlar suyu dağların zirvelerine bırakırlar, buradan su akarsu veya nehirlerle yokuş aşağı akar, bu da su çarklarını veya hidroelektrik santralleri çalıştırabilir. Suyu yükselten (ve böylece santrallerin türbinlerini döndüren) enerji güneşten gelir. Bu İkinci Yasanın bir ihlali değildir çünkü enerji düzenli olarak güneş tarafından sağlanmaktadır. Güneş enerjisi yeşil bitkilerde de benzer bir şey yapmaktadır: kimyasal tepkimeleri yerel olarak "yokuş yukarı" iterek şeker, nişasta, selüloz ve bitki dokularının üretimini sağlamaktadır. Nihayetinde bitkiler ölürler veya daha önce hayvanlar tarafından yenilebilirler. Yakalanmış güneş enerjisinin pek çok aşama boyunca, bitkilerin veya besin zincirini uzatan hayvanların bakteriyel veya mantarsı çürümeleriyle sonuçlanan uzun ve karmaşık bir besin zinciri boyunca sızma şansı vardır. Veya bazıları, önce turba daha sonra da kömür olarak yer altında birikebilirler. Ama nihai ısı ölümüne doğru giden evrensel akım asla tersine çevrilemez. Besin zincirinin her halkasında, her hücrenin içinde aşağı doğru sızan tüm aşamalarda, enerjinin bir kısmı kullanılamaz hale gelir. Devridaim makineleri

. . . pekala, bu kadar tekrar yeter. Ama bundan önceki en az bir kitabımda yaptığım gibi Sör Arthur Eddington'un konu hakkındaki şu harikulâde sözünü alıntıladığım için de özür dilemeyeceğim:

> Eğer birisi size evren hakkındaki favori teorinizin Maxwell denklemleriyle çeliştiğini gösterirse, bu Maxwell denklemlerinin problemidir. Eğer teorinizin gözlemlerle çeliştiği ortaya çıkarsa, eh, bu gözlemciler kimi zaman hata yapabilirler. Ama eğer teorinizin termodinamiğin ikinci yasasını ihlal ettiği ortaya çıkarsa size hiçbir umut vaat edemem; teorinizin derin bir utanç içinde çökmekten başka şansı yoktur.

Yaradılışçılar evrim teorisinin Termodinamiğin İkinci Yasasıyla çeliştiğini söylediklerinde (ki sıklıkla söylerler) aslında bize sadece İkinci Yasayı anlamadıklarını söylerler (evrimi anlamadıklarını zaten biliyorduk). Güneş yüzünden ortada çelişki falan yoktur!

İster yaşamdan, ister suyun bulutlara yükselip tekrar yere düşmesinden bahsediyor olalım, nihayetinde sistemin tamamı güneşten gelen düzenli enerji akımına bağlıdır. Fizik ve kimya yasalarına (ve elbette İkinci Yasaya) uymaması asla söz konusu değilse bile güneşten gelen enerji, karmaşıklık, çeşitlilik, güzellik ve esrarengiz bir istatistiksel olasılıksızlık ve kasıtlı tasarım yanılsaması evrimleştirmek üzere fizik ve kimya yasalarını esnetmesi için yaşama güç verir. Bu yanılsama o kadar ikna edicidir ki, Charles Darwin sahneye çıkana kadar en büyük zihinlerimizi yüzyıllarca kandırmıştır. Doğal seçilim bir olasılıksızlık pompasıdır: istatistiksel olarak olası olmayanları üreten bir süreçtir. Rastgele değişikliklerin hayatta kalmak için gereken şeylere sahip olan ufak bir kısmını sistematik olarak alır, tahayyül edilmesi imkansız zaman dilimleri boyunca adım adım biriktirir ve nihayetinde evrim, olasılıksızlık ve çeşitlilik dağlarını, yükseklik ve menzilleri adeta sınır tanımayan zirveleri, benim "Olasılıksızlık Dağı" adını verdiğim mecazi dağı tırmanır. Doğal seçilimin olasılıksızlık pompasının yaşamın karmaşıklığını "Olasılıksızlık Dağı"na tırmandırtması, güneş enerjisinin suyu normal bir dağın zirvesine yükseltmesinin bir nevi istatistiksel muadilidir.[1] Yaşamın karmaşıklığı evrimleştirebilmesinin tek sebebi, doğal seçilimin onu, yerel olarak, istatistiksel olarak olası olandan olmayana doğru sürmesidir. Bunun da mümkün olmasının tek sebebi güneşten gelen kesintisiz enerji arzıdır.

1- Claude Shannon'un, kendisi de istatistiksel olasılıksızlığın bir ölçütü olan "bilgi"nin metriğini geliştirirken, Ludwig Boltzmann'ın bir önceki yüzyılda entropi için geliştirdiğiyle aynı matematik formülüne erişmesi bir tesadüf değildir.

"BÖYLESİNE BASİT BİR BAŞLANGIÇTAN"

Evrimin başladığından beri nasıl işlediği konusunda pek çok şey biliyoruz, Darwin'in bildiklerinden çok daha fazlasını. Ama evrimin ilk olarak nasıl başladığı konusundaki bilgilerimiz Darwin'inkilerden pek fazla değil. Bu kitap kanıtlar hakkında bir kitap ve evrimin bu gezegende başladığı o tarihi olaya ışık tutan hiçbir kanıtımız yok. Bu olağanüstü nadirlikte bir olay olabilir. Yaşamın sadece bir kez ortaya çıkmış olmasa yeterlidir ve bildiğimiz kadarıyla gerçekten de bir kez çıktı. Hatta tüm evrende bile sadece bir kez ortaya çıkmış olması mümkündür ama bundan şüpheliyim. Bu olay hakkında (kanıtlardan ziyade saf mantığı esas alarak) diyebileceğimiz bir şey, Darwin'in "böylesi basit bir başlangıçtan" derken makul davranmış olduğudur. Basitin zıttı, istatistiksel olarak olasılıksızlıktır. İstatistiksel olarak olasılıksız olan şeyler bir anda var olmaya başlamazlar: istatistiksel olarak olasılıksız olmanın *anlamı* budur. Başlangıç basit olmak zorundadır ve doğal seçilimle evrim hala, basit başlangıçların karmaşık sonuçlar üretebildiğini bildiğimiz tek süreçtir.

Darwin *Türlerin Kökeni Üzerine*'de evrimin nasıl başladığı konusunu tartışmamıştır. Bu problemin dönemin bilimini aştığını düşünüyordu. Hooker'e yazdığı daha önce alıntıladığım mektubunda Darwin şöyle demiştir: "Şu an için yaşamın kökeni hakkında kafa yormak çok saçma; oldu olacak maddenin kökenini de düşünsünler." Problemin günün birinde çözümlenme olasılığını reddetmemişti (gerçekten de maddenin kökeni problemi büyük oranda çözülmüştür) ama bunun uzak bir gelecekte olabileceğini söylemişti: "Balçık, protoplazma vs.nin yeni bir hayvan ürettiğini görmemize daha çok var."

Francis Darwin, babasının mektuplarını derlediği baskısında bu konu hakkında bir dipnot koyarak şunları söylemiştir:

> Babam aynı konu hakkında 1871'de şöyle yazmıştır: "Canlı bir organizmanın ilk kez oluşması için gerekli olan tüm koşulların şu anda mevcut olduğu sıklıkla dile getirilir. Ama eğer, her türden amonyak, fosforik tuz, ışık, ısı, elektrik vs.nin mevcut olduğu küçük ve ılık bir gölette, kimyasal olarak daha da karmaşık değişikliklere uğramaya hazır bir protein bileşiği bulunsaydı, bu madde günümüzde derhal parçalanır veya yutulurdu ama canlılar ortaya çıkmadan önce durum bu olmazdı."

Charles Darwin burada iki farklı şey yapıyordu. Bir yanda yaşamın nasıl başlamış olabileceğine dair tek spekülasyonunu (meşhur "küçük ve ılık gölet" pasajı) ortaya atarken diğer yanda bu olayın gözleri önünde tekrarlanabileceğini uman gününün biliminin gözlerini açıyordu. "Canlı bir organizmanın ilk kez oluşması için gerekli olan tüm koşullar" günümüzde mevcut olsa bile, böylesi bir yeni üretim "derhal parçalanır veya yutulurdu" (muhtemelen bakteriler tarafından, günümüzde böyle düşünmek için iyi sebeplerimiz var), "ama canlılar ortaya çıkmadan önce durum bu olmazdı."

Darwin bunu, Louis Pasteur'un Sorbonne'deki bir konuşmasında şunları söylemesinden yedi yıl sonra yazmıştı: "Cansız bir varlıktan canlı bir varlık oluşabileceği öğretisi, bu basit deneyle yediği ölümcül yumruktan sonra asla kendine gelemeyecek." Bahsedilen basit deney, Pasteur'un (zamanının popüler beklentilerinin aksine), mikroorganizmaların erişiminin engellendiği et suyunun bozulmayacağını gösterdiği deneydi.

Pasteur'unkisi gibi deneyler kimi zaman yaradılışçılar tarafından kendi savları lehinde bir kanıt olarak sunulur. Hatalı kıyas şu şekilde işler: "Cansız bir varlıktan canlı bir varlık oluşması günümüzde hiç gözlemlenmiyor. Dolayısıyla yaşamın kökeni imkansızdır." Darwin'in 1871'de söylediği söz tam da böylesi bir mantıksızlığa cevap vermek amacıyla tasarlanmıştı. Açıkça görülüyor ki cansız bir varlıktan canlı bir varlık oluşması çok nadir bir olaydır ama bu olay en azından bir kez olmuş olmalı ve bu durum, bu ilk canlının ortaya çıkmasının doğal bir olay olduğunu düşünseniz de doğaüstü bir olay olduğunu düşünseniz de doğrudur. Yaşamın kökeninin tam olarak ne kadar nadir bir olay olduğu sorusu, benim de daha sonra döneceğim ilginç bir sorudur.

Yaşamın nasıl başlamış olabileceğini düşünmeye dair (Rusya'dan Oparin ve ondan bağımsız olarak İngiltere'den Haldane'ye ait olan) ilk ciddi teşebbüslerin her ikisi de işe yaşamın ilk kez oluşması için gereken şartların hala mevcut olduğunu reddederek başlamıştır. Oparin ve Haldane ilk atmosferin şu ankinden çok farklı olacağını, özellikle o atmosferde hiç serbest oksijen olmayacağını ve bu yüzden atmosferin (kimyacıların gizemli bir şekilde adlandırdıkları üzere) "indirgen" bir atmosfer olduğunu öne sürmüşlerdir. Bizler artık atmosferdeki serbest oksijenin tamamının yaşamın, spesifik olarak da bitkilerin ürünü olduğunu ve dolayısıyla (elbette) yaşamın ortaya çıktığı evvel zaman koşullarının bir parçası olmadığını biliyoruz. Oksijen, atmosferi, kirletici bir madde, hatta bir zehir olarak doldurmuştur, ta ki doğal seçilim canlıları, oksijen sayesinde zenginleşecek hatta oksijenin yokluğunda

boğulacak biçimde şekillendirene kadar. "İndirgen" atmosfer, yaşamın kökeni problemine en ünlü deneysel saldırıya, Stanley Miller'in, sadece bir hafta fokurdayıp kıvılcımlar saçtıktan sonra amino asit ve yaşamın diğer müjdecilerini oluşturduğu, basit malzemelerle dolu deney tüpüne ilham kaynağı olmuştur.

Günümüzde Darwin'in "küçük ve ılık gölet"i ve bunun ilham verdiği, Miller tarafından hazırlanan cadı iksiri sıklıkla, daha çok beğenilen başka alternatiflere bir giriş olarak görülerek reddedilmektedirler. İşin aslı, bu konuda ezici bir fikir birliği yoktur. Umut verici pek çok fikir ileri sürülmüştür ama hataya yer bırakmayacak şekilde bunlardan birine işaret eden belirleyici kanıtlar yoktur. Önceki kitaplarımda, Graham Cairns-Smith'in inorganik kil kristalleri teorisinin ve son zamanlarda daha revaçta bir görüş olan, yaşamın ilk ortaya çıktığı koşulların, bazıları, gerçek anlamda kaynayan sıcak su kaynaklarında gelişen ve üreyen günümüzün "termofilik" bakteri ve arkelerinin cehennemsi habitatlarına benzediği görüşünün de dâhil olduğu pek çok ilginç olasılığa yer vermiştim. Günümüzde biyologların çoğu, oldukça ikna edici bulduğum bir sebepten ötürü "RNA dünyası teorisi"ne doğru kaymaktadırlar.

Yaşamın meydana gelmesindeki ilk adımın ne olduğu hakkında herhangi bir kanıtımız yok ama bunun ne *türden* bir adım olması gerektiğini biliyoruz. Doğal seçilimin başlamasını sağlayan her ne idiyse öyle bir adım olmalıdır. O ilk adımdan önce, sadece doğal seçilimin elde edebileceği türden gelişmeler imkansız idi. Bunun da anlamı, kilit adımın (henüz bilinmeyen bir süreçle) kendi kendini kopyalayan bir varlığın ortaya çıkması olduğudur. Kendi kendini kopyalama özelliği, kopyalanmak için birbirleriyle yarışan bir varlıklar popülasyonu doğurur. Hiçbir kopyalama mekanizması mükemmel olmadığı için de popülasyon kaçınılmaz olarak çeşitlemeler içerecektir ve eğer çeşitlemeler bir kopyalayıcılar popülasyonunda yaşıyorlarsa, başarılı olmak için gereken şeylere sahip olanlar üstün geleceklerdir. Bu doğal seçilimdir ve kendi kendini kopyalayan ilk varlık ortaya çıkmadan işlemeye başlayamazdı.

Darwin, "küçük ve ılık gölet" paragrafında, yaşamın kökenindeki kilit olayın kendiliğinden oluşan bir protein olabileceği spekülasyonunda bulunmuştu ama bunun Darwin'in pek çok fikrinden daha az umut verici olduğu ortaya çıkmıştır. Bu, proteinlerin yaşam için hayati öneme sahip olduklarını reddetmek anlamına gelmiyor. Bölüm 8'de, tam şekilleri, bileşenleri olan amino asitlerin bir boyutlu dizisiyle belirlenen proteinlerin, kendilerini katlayarak üç boyutlu nesneler mey-

dana getirmek gibi özel bir özelliğe sahip olduklarını görmüştük. Aynı zamanda bu şekillerin onlara kimyasal tepkimeleri muazzam bir belirlilikle katalize edip tepkime hızlarını bir trilyon kat arttırma becerisi verdiğini görmüştük. Enzimlerin belirliliği biyolojik kimyayı mümkün kılar ve proteinler alabilecekleri şekillerin kapsamı açısından sınırsız esneklikteymiş gibi gözükürler. Yani proteinler bunu yapmakta başarılılar. Hatta çok çok başarılılar ve Darwin onlardan bahsetmekte oldukça haklıydı. Ama proteinlerin aşırı derecede başarısız oldukları bir şey var ve Darwin bunu göz ardı etmişti. Proteinler kendi kendilerini kopyalamada ümitsizce başarısızdırlar. Kendilerinin kopyalarını yapamazlar. Bunun da anlamı, yaşamın kökenindeki kilit adımın bir proteinin bir anda ortaya çıkması olamayacağıdır. Peki bu kilit adım neydi?

Kendi kendini en iyi kopyalayan molekül DNA'dır. Aşina olduğumuz gelişmiş yaşam formlarında DNA ve proteinler birbirlerini zarifçe tamamlarlar. Protein molekülleri şahane enzimlerdir ama kendi kendilerini kopyalayamazlar. DNA ise tam tersidir. Üç boyutlu şekil alacak şekilde katlanmaz ve dolayısıyla enzim olarak iş görmez. DNA katlanmak yerine açık ve doğrusal formunu korur ve onu hem kendi kendisini kopyalamak hem de amino asit dizilerinin belirleyicisi olmak için ideal hale getiren de budur. Protein molekülleri (tam da "kapalı" şekiller alacak şekilde katlandıkları için), kendilerinin dizi bilgilerini kopyalanacak veya "okunacak" şekilde "açığa vurmazlar". Dizi bilgisi, katlanmış proteinin derinliklerinde, erişimin mümkün olmayacağı şekilde gömülmüştür. Ama DNA'nın uzun zincirinde dizi bilgisi açıktadır ve bir şablon olarak iş görmeye hazırdır.

Hayatın kökenine dair açmaz şudur. DNA kendi kendini kopyalayabilir ama süreci katalize etmesi için enzimlere ihtiyaç duyar. Proteinler ise DNA oluşumunu katalize edebilirler ama doğru amino asit dizilerini belirlemesi için DNA'ya ihtiyaç duyarlar. Dünya'nın ilk zamanlarında mevcut olan moleküller, bu açmazdan kurtulup doğal seçilimin yolunu nasıl açabilirdi? RNA'yla tanışın.

RNA, DNA'yla aynı zincir moleküller ailesine, polinükleotitlere mensuptur. DNA'dakiyle aynı dört "harfi" taşıma yeteneği vardır ve gerçekten de canlı hücrelerde öyle yapar, genetik bilgiyi DNA'dan alır, kullanılabileceği yerlere götürür. DNA, RNA kod dizilerinin oluşturulması için şablon vazifesi yapar ve daha sonra protein dizileri şablon olarak DNA değil RNA kullanılarak oluşturulur. Bazı virüslerin DNA'sı bile yoktur. Onların genetik molekülleri RNA'dır. Genetik bilgiyi bir nesilden diğerine aktarmak tamamen RNA'nın sorumluluğundadır.

Şimdi yaşamın kökenini konu alan "RNA dünyası teorisi"nin kilit noktasına gelelim. Dizi bilgisini iletmeye uygun bir şekilde uzamasının yanında RNA aynı zamanda, enzimatik faaliyetleri olan üç boyutlu şekiller alacak şekilde kendi kendine kurulma (Bölüm 8'de gördüğümüz manyetik kolye gibi) yeteneğine sahiptir. RNA enzimleri gerçekten mevcuttur. Protein enzimleri kadar verimli değillerdir ama iş görürler. RNA dünyası teorisine göre RNA, proteinler evrilip enzimlik rolünü devralana değin işi idare edecek kadar iyi bir enzimdi ve aynı zamanda, DNA evrilip kendi kendini kopyalama rolünü devralana kadar kendisini geçinip gidecek kadar iyi kopyalıyordu.

RNA dünyası teorisini akla yakın buluyorum ve kimyacıların önümüzdeki birkaç on yılda, dört milyar yıl önce doğal seçilimi başlatan o tarihi olayların tamamının yeniden inşasını laboratuar ortamında simüle etmelerinin son derece olası olduğunu düşünüyorum. Doğru yönde büyüleyici adımlar hâlihazırda atılmış durumda.

Bu konuyu kapamadan önce daha önceki kitaplarımda yaptığım bir uyarıyı tekrarlamalıyım. Yaşamın kökeni hakkında akla yakın bir teoriye aslında ihtiyacımız yok ve akla fazla yakın bir teorinin ortaya çıkmasından birazcık rahatsız bile olabiliriz! Buradaki göz kamaştıran paradoks, fizikçi Enrico Fermi'nin ortaya attığı "Herkes nerede?" sorusundan kaynaklanıyor. Sorusu kulağa oldukça anlaşılmaz gelse de Fermi'nin arkadaşları (Los Alamos'taki fizikçi meslektaşları) Fermi'nin ne demek istediğini anlayacak kadar onunla aynı telden çalıyorlardı. Evrenin başka yerlerinde yaşayan yaratıklar tarafından neden ziyaret edilmedik? Neden yüz yüze değilse bile radyo sinyalleri aracılığıyla ziyaret edilmedik (ki bu kat be kat daha olası)?

Günümüzde galaksimizde bir milyardan fazla gezegen olduğunu ve evrende yaklaşık bir milyar galaksi olduğunu hesaplayabilecek durumdayız. Bunun anlamı şudur: her ne kadar gezegenimizin galakside üzerinde yaşam olan tek gezegen olması mümkünse de, bunun doğru olması için yaşamın bir gezegende ortaya çıkma olasılığının milyarda birden çok daha fazla olmaması gerekir. Hal böyleyken bu gezegendeki yaşamın kökenine dair aradığımız teori kati suretle akla yakın bir teori *olmamalıdır*! Öyle olsaydı, yaşamın galakside yaygın olması gerekirdi. Belki de yaygındır, bu durumda aradığımız şey akla yakın bir teoridir. Ama bu gezegenin dışında yaşamın var olduğuna dair herhangi bir kanıtımız yok ve en azından, akla yakın olmayan bir teoriyle tatmin olma hakkına sahibiz. Eğer Fermi'nin sorusunu ciddiye alıp ziyaret edilmemiş olmamızı, galakside yaşamın son derece nadir bulunduğunun ka-

nıtı olarak yorumlarsak, yaşamın kökenine dair akla yakın bir teorinin kati suretle var olmadığını beklemeye meyilli olmalıyız. Bu argümanı daha detaylı olarak *Kör Saatçi*'de ilerlettim ve burada daha fazla bir şey söylemeyeceğim. Ne kadar önemi var (pek yok, zira çok fazla bilinmeyen var) bilemem ama benim tahminim yaşamın çok nadir olduğu ama gezegenlerin sayısı bu kadar fazlayken (her geçen gün yenileri keşfedilmekte) muhtemelen yalnız olmadığımız ve evrende milyonlarca yaşam adasının olabileceği yönünde. Ne var ki, milyonlarca ada bile, birbirlerine (radyo aracılığıyla bile) denk gelme şanslarının neredeyse hiç olmadığı kadar birbirlerinden uzak olabilir. Pratik engeller göz önüne alındığında, maalesef yalnız olmasak bile yalnız oluruz.

"EN GÜZEL VE EN ŞAHANE SAYISIZ FORM EVRİMLEŞTİ VE EVRİMLEŞMEKTE"

Darwin'in "sayısız" ile ne kastettiğinden emin değilim. "En güzel" ve "en şahane"yi daha etkili kılmak için kullanılmış bir üstünlük derecesi olabilir. Herhalde durum kısmen buydu. Ama ben Darwin'in "sayısız" derken daha net bir şey kastettiğini düşünmek istiyorum. Yaşamın geçmişine baktığımızda, bitmek tükenmek bilmeyen, hep kendini tazeleyen yeniliklerle bezenmiş bir resim görüyoruz. Bireyler ölür, türlerin, ailelerin, takımların ve hatta sınıfların soyu tükenir. Ama çağlar birbirlerinin peşi sıra akarken evrimsel sürecin kendisi, azalmamış bir tazelik ve dinmemiş bir gençlikle kendini yerden kaldırıp, yinelenen serpilmesine kaldığı yerden devam eder gibi gözükür.

Şimdi kısaca Bölüm 2'de tarif ettiğim yapay seçilimin bilgisayar modellerine (aralarında eklembiçimlerin ve büyük çeşitlilik arz eden yumuşakça kabuklarının nasıl evrimleşmiş olabileceğini gösteren kabukbiçimlerin de bulunduğu bilgisayar biyobiçimlerinin "safari parkı"na) dönmeme izin verin. O bölümde bu bilgisayar yaratıklarını doğal seçilimin nasıl işlediğini ve yeterli sayıda nesil boyunca devam ederse ne kadar kuvvetli olduğunu örneklendirmek için tanıtmıştım. Şimdi bu bilgisayar modellerini farklı bir amaç için kullanmak istiyorum.

Bilgisayar ekranına bakıp (ister renkli ister siyah) biyobiçimleri ve keza eklembiçimleri seçerken edindiğim en belirgin izlenim, olayın asla sıkıcı bir hal almadığıydı. Garipliklerin ardı arkası kesilmiyordu. Program asla "sıkılmış" gözükmüyordu, keza oyuncu da. Bu durum Bölüm 10'da kısaca değindiğim "D'arcy" programıyla zıtlık arz ediyor. Orada "genler", üzerine bir hayvan çizilmiş olan sanal oyun hamurunun koordinatlarını matematiksel olarak çekiştiriyorlardı. D'arcy

programıyla yapay seçilim yaparken oyuncu zaman geçtikçe, tercihlerin mantıklı olduğu bir referans noktasından uzaklaşıp, başlangıç noktasından uzaklaştıkça mantığın yitip gider gibi durduğu, zarafetten uzak ne idüğü belirsiz şekillerle dolu bir alana doğru ilerlermiş gibi gözüküyordu. Bunun neden böyle olabileceğine dair fikirlerimi zaten belirtmiştim. Biyobiçim, eklembiçim ve kabukbiçim programlarında, embriyolojik sürecin bilgisayar muadiline sahibiz: her biri (kendilerine has yönleriyle) biyolojik olarak akla yatkın olan üç farklı embriyolojik süreç. Buna mukabil D'arcy programı embriyolojiyi simüle etmez. Bunun yerine (Bölüm 10'da açıkladığım gibi), yetişkin bir bireyin diğer bir yetişkin bireye dönüşmesini sağlayan bozulma hamlelerini idare eder. Embriyolojinin yokluğu da onu biyobiçim, eklembiçim ve kabukbiçimlerin sergilediği "yaratıcı doğurganlık"tan mahrum bırakır. Aynı yaratıcı doğurganlık gerçek hayattaki embriyolojiler tarafından da sergilenir, ki bu da evrimin "en güzel ve en şahane sayısız form" meydana getirmesinin asgari bir sebebidir. Peki asgarinin ötesine geçebilir miyiz?

1989'da "Evrilebilirliğin Evrimi" adlı bir makale yazdım. Bu makalede, nesiller geçtikçe hayvanların yalnızca hayatta kalma konusunda daha başarılı hale gelmekle kalmadıklarını, aynı zamanda hayvan soylarının *evrilmekte* daha başarılı hale geldiklerini öne sürdüm. "Evrilmekte başarılı olmak" ne anlama geliyor? Hangi tür hayvanlar evrilmekte başarılıdır? Karada böcekler denizde de kabuklular binlerce farklı türe ayrılmanın, nişleri parsellemenin, evrimsel zaman boyunca oyunbaz bir şekilde kostüm değiştirmenin şampiyonları gibi duruyorlar. Balıklar da inanılmaz bir evrimsel doğurganlık gösterirler. Kurbağalar ve daha tanıdık memeli ve kuşlar da öyle.

1989'da yayınladığım makalede öne sürdüğüm şey, evrilebilirliğin embriyolojilerin bir özelliği olduğuydu. Genler mutasyona uğrayıp hayvanın bedenini değiştirirler ama bunu embriyonik büyüme süreçleri esnasında yapmak zorundadırlar ve bazı embriyolojiler, doğal seçilimin üzerinde çalışması için zengin genetik çeşitlemeler üretmekte diğerlerinden daha iyidirler ve dolayısıyla evrilmekte daha başarılı olabilirler. "Olabilirler" ifadesi biraz güçsüz kaçtı gibi. Bazı embriyolojilerin (bu anlamda) evrilmekte diğerlerinden daha iyi o*lması gerektiği* neredeyse bariz değil mi? Bence öyle. Daha az bariz olan (ama öyle sanıyorum ki savunulabilecek bir sav) ise, "evrilebilir embriyolojiler"in lehine yüksek seviyeli bir doğal seçilim olabileceğidir. Zaman geçtikçe embriyolojiler evrilebilirliklerini iyileştirirler.

Eğer böylesi "yüksek seviyeli bir seçilim" varsa bu, bireyleri genleri başarıyla aktarma kapasitelerine göre (veya eşdeğer olarak, genleri, başarılı bireyler üretme kapasitelerine göre) seçen sıradan doğal seçilimden oldukça farklı olacaktır. Evrilebilirliği iyileştiren yüksek seviyeli seçilim, Amerikalı büyük evrimsel biyolog George C. Williams'ın "dal seçilimi" diye adlandırdığı türden bir seçilimdir. Teknik bir tabir olan dal, yaşam ağacında bulunan (tür, cins, takım veya sınıf gibi) bir daldır. Örneğin böcekler gibi bir dal yayılıp çeşitlenerek dünyaya diğer bir daldan, örneğin pogonophoradan (hayır, bu pek tanınmayan, solucan benzeri yaratıkların adını muhtemelen daha önce hiç duymadınız ve bunun bir sebebi var: onlar başarısız bir dal!) daha başarılı bir şekilde mesken tuttuğunda dal seçilimi gerçekleşmiştir deriz. Dal seçilimi dalların birbirleriyle rekabet edeceklerini ima etmez. Böcekler pogonophorayla yiyecek, mekan veya herhangi başka bir kaynak için (en azından doğrudan) rekabet etmezler. Ama dünya böceklerle doludur ve neredeyse tamamen pogonophoradan yoksundur ve bizler haklı olarak, böceklerin bu başarılarını onların sahip oldukları bazı özelliklere atfetmeye meylederiz. Ben embriyolojilerinin sahip olduğu bir özelliğin böcekleri evrilebilir kıldığını öne sürüyorum. *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak* kitabımın "Kaleydoskopik Embriyolar" adlı bölümünde, aralarında *simetri* kısıtlarının ve *bölütlü (segmentli)* vücut planı gibi modüler mimarilerin de bulunduğu, evrilebilirliğe neden olan spesifik özelliklere pek çok örnek önermiştim.

Eklembacaklı dalı[1] belki de kısmen, bölütsel olarak modüler olan mimarilerinden dolayı evrilmekte, pek çok yöne doğru çeşitlilik oluşturmakta, farklılaşmakta, boş nişleri fırsatçı bir şekilde doldurmakta başarılıdır. Diğer dallar, embriyolojileri vücutlarının pek çok düzleminde ayna izdüşümlü gelişim (ikiyanlı simetriye sahip gelişim) ile kısıtlandığı için benzer şekilde başarılı olabilirler.[2] Kara ve denizleri doldurduğunu gördüğümüz dallar, evrilmekte başarılı olan dallardır. Dal seçiliminde, başarısız dalların soyları tükenir veya çeşitli zorlukların altından kalkacak şekilde farklılaşamayıp yok olup giderler. Başarılı dallar, filogenetik ağacın yaprakları olarak çiçek açıp serpilirler. Dal seçilimi ayartıcı bir şekilde Darwinci doğal seçilimi andırmaktadır. Bu ayartmaya direnilmelidir veya en azından ihtiyatlı olunmalıdır. Yüzeysel benzerlikler fazlasıyla yanıltıcı olabilir.

1- Böcekler, kabuklular, örümcekler, kırkayaklar vs.

2- Örneğin bir kırkayağın bacağındaki bir mutasyon ayağın her iki tarafını da etkileyecektir ve muhtemelen vücut boyunca da tekrarlanacaktır. Her ne kadar bu tek bir mutasyon olsa da embriyolojik süreçler onu vücudun her tarafında tekrarlanmaya zorlayacaktır. Bir kısıtın, bir dalın evrimsel çok yönlülüğünü arttırması ilk bakışta çelişkili gibi gözükebilir. Bunun nedenini *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak*'ın yine "Kaleydoskopik Embriyolar" bölümünde anlattım.

Var olduğumuz gerçeği, neredeyse katlanılamayacak kadar şaşırtıcı. Etrafımızın, bizi üç aşağı beş yukarı yakinen andıran zengin bir hayvan ekosistemiyle, biraz daha az andıran ve beslenmemiz için nihayetinde muhtaç olduğumuz bitkilerle ve uzak atalarımızı andıran ve zamanımız geldiğinde çürüyüp aralarına karışacağımız bakterilerle çevrili olması gerçeği de öyle. Darwin var oluşumuza dair sorunun boyutunu kavramakta ve çözümünün farkına varmakta zamanının çok ötesindeydi. Hayvan, bitki ve diğer tüm canlıların birbirlerine olan bağımlılıklarının ve karmaşıklığı insanın başını döndüren ilişkiler ağının önemini kavramakta da zamanının ötesindeydi. Kendimizi nasıl oldu da sadece var olurken değil, etrafımız böylesi karmaşık, zarif, en güzel ve en şahane sayısız formla çevriliyken bulduk?

Yanıt şu: var olduğumuzun farkına varma yeteneğine sahip olduğumuz ve onun hakkında sorular sorabildiğimiz göz önüne alınırsa durum başka türlü olamazdı. Kozmologların bize belirttiği üzere, gökyüzünde yıldızlar görüyor olmamız bir tesadüf değil. İçlerinde yıldızlar olmayan, fizik yasa ve sabitlerinin ilkel hidrojeni homojen olarak dağıtıp yıldızların içinde toplamadığı evrenler var olabilir. Ama o evrenleri kimse gözlemlemiyor çünkü herhangi bir şeyi gözlemleme yeteneğine sahip varlıklar yıldızlar olmadan evrilemezler. Yaşam, enerji sağlaması için en az bir yıldıza ihtiyaç duymakla kalmaz. Yıldızlar aynı zamanda kimyasal elementlerin çoğunun oluşturulduğu fırınlardır ve zengin bir kimya olmadan hayat imkânsızdır. Tüm fizik yasalarını tek tek sayıp hepsi için aynı şeyi söyleyebiliriz: . . . görüyor olmamız bir tesadüf değil.

Aynısı biyoloji için de geçerli. Baktığımız hemen her yerde yeşil görüyor olmamız bir tesadüf değil. Kendimizi dallanıp budaklanan bir yaşam ağacının ipince bir dalına tünemiş olarak bulmamız bir tesadüf değil; yiyen, büyüyen, çürüyen, yüzen, yürüyen, uçan, kazan, sokulan, kovalayan, kaçan, atik, kurnaz milyonlarca türle çevrili olmamız bir tesadüf değil. Yeşil bitkilerin sayısı bizim sayımızı en az ona katlamasaydı bize güç verecek enerji üretilemezdi. Av ve avcıların, parazit ve konakların giderek kızışan silahlanma yarışları olmasaydı, Darwin'in "doğanın savaşı", "kıtlık ve ölüm"ü olmasaydı, bırakın herhangi bir şeyi takdir edip anlama yeteneğine sahip olanları, onları görebilen sinir sistemleri bile var olamazdı. Etrafımız en güzel ve en şahane sayısız formla çevrili ve bu bir tesadüf değil, rastgele olmayan doğal seçilimle evrimin doğrudan bir sonucu; şehirdeki tek oyun, yeryüzündeki en büyük gösteri.

EK

TARİH İNKÂRCILARI

AMERİKA'NIN EN TANINMIŞ anket şirketi olan Gallup, 1982'den beri düzensiz ama sık aralıklarla Amerikan halkının şu soru hakkındaki fikrini almaktadır:

> Aşağıdaki ifadelerden hangisi insanoğlunun kökeni ve gelişimi hakkındaki görüşlerinize en yakın görüştür?
>
> 1. İnsanoğlu, daha az gelişmiş yaşam biçimlerinden milyonlarca yılda gelişmiştir ama bu süreci Tanrı yönetmiştir. (%36)
> 2. İnsanoğlu daha az gelişmiş yaşam biçimlerinden milyonlarca yılda gelişmiştir ama Tanrı bu süreçte herhangi bir rol oynamamıştır. (%14)
> 3. Tanrı insanoğlunu son 10.000 yıl içinde, bugünkü biçimine çok benzer bir biçimde yaratmıştır. (%44)

Maddelerin yanına eklediğim yüzdeler 2008'e ait ama 1982, 1993, 1997, 1999, 2001, 2004, 2006 ve 2007'nin yüzdeleri de aşağı yukarı aynı.

İkinci seçeneği %14'lük bir azınlığın seçmiş olduğunu görmek beni şaşırtmadı. Ne yazık ki ikinci seçenekteki "ama Tanrı bu süreçte herhangi bir rol oynamamıştır" cümlesi, dindar insanlar bu seçeneğe karşı olsunlar diye kurgulanmış gibi görünüyor. Asıl öldürücü darbe, üçüncü seçeneğin aldığı destek miktarının oturup ağlanacak kadar yüksek olması. Amerikalıların %44'ü, Tanrı tarafından yönetilmiş olsun ya da olmasın, evrimi reddediyor ve Dünya'nın 10.000 yıldan daha yaşlı olmadığına inanıyor. Daha önce de belirttiğim gibi, Dünya'nın yaşının 4,6 milyar yıl olduğunu düşünürsek, bu durum Kuzey Amerika'nın genişliğinin 10 metreden kısa olduğuna inanmakla eşdeğer. Anketin uygulandığı dokuz yılın hiçbirinde üçüncü seçeneğin seçilme oranı %40'ın altına düşmemiş; iki kere %47'ye kadar çıkmış. Amerikalıların

%40'tan fazlası insanların diğer hayvanlardan evrildiklerini reddediyor ve bizim (ve üstü kapalı olarak ima edilen o ki, tüm yaşamın) Tanrı tarafından son 10.000 yıl içinde yaratıldığımıza inanıyor. Bu kitap gerekli.

Gallup tarafından sorulan soruların odağında insan var. Bu durumun katılımcıların duygusal cevaplar verme ihtimalini artırdığı ve bilimsel görüşü kabul etmelerini zorlaştırdığı iddia edilebilir. 2008'de Pew Forum, Amerikalılar arasında yaptığı ve insanlara özel bir vurgu yapılmayan benzer bir anketi yayınladı. Sonuçlar Gallup'unkilerle tam olarak uyuşuyordu. Anket ve cevap yüzdeleri şöyleydi:

Dünyada yaşam...		
Zamanın başlangıcından beri şimdiki gibiydi		%42
Zamanla evrildi		%48
Doğal seçilimle evrildi	%26	
Yüce bir varlık yönetiminde evrildi	%18	
Evrildi ama nasıl oldu bilmiyorum	%4	
Bilmiyorum		%10

Pew tarafından yapılan anketteki sorular zamana değinmemiş, bu yüzden evrimi reddeden %42'lik kesimin ne kadarının aynı zamanda (Gallup anketindeki %44'lük dilimin düşündüğü gibi) Dünya'nın yaşının 10.000 yıldan daha az olduğunu düşündüğünü bilmiyoruz. Ancak Pew'in %42'sinin de, tıpkı Gallup'un %44'ü gibi, bilim insanlarının bulduğu 4,6 milyar yıldansa, on bin yılı destekleyeceği muhtemel gözüküyor. Dünya'nın herhangi bir değişim geçirmeden şu anki haliyle 4,6 milyar yıldır var olduğuna inanmak en az, şu anki haliyle birkaç bin yıldır var olduğuna inanmak kadar gülünç ve aynı zamanda İncil'e de uygun değil.

Peki ya Britanya? Bizde durum nedir? 2006'da BBC'nin göreceli olarak kaliteli bilim belgesel dizisi olan *Horizon*[1], Ipsos MORI'ye[2] Britanya'da bir anket yaptırdı. Ne yazık ki kilit soru iyi kurgulanmamıştı. İnsanlardan aşağıdaki "yeryüzünde yaşamın kökeni ve gelişimi ile ilgili üç teori ya da açıklamadan" birini seçmeleri istendi. Her seçenekten sonra, o seçeneğin seçilme yüzdesini verdim.

1- Bunun Amerika'daki benzeri, genellikle *Horizon*'daki programları yayınlayan ya da *Horizon* ile ortak yapımlar gerçekleştiren *Nova*'dır.
2- Ipsos MORI, Britanya'daki en büyük anket şirketlerinden biridir –*çev.n.*

(a) "Evrim teorisi" insan türünün milyonlarca yıllık bir süre içerisinde, daha az gelişmiş yaşam biçimlerden geliştiğini söyler. Bu süreçte Tanrı'nın bir rolü yoktur. (%48)

(b) "Yaradılış teorisi" Tanrı'nın insan türünü son 10.000 yıl içinde şimdikine çok benzer bir biçimde yarattığını söyler. (%22)

(c) "Akıllı tasarım teorisi" canlıların belli özelliklerinin en iyi, doğaüstü bir varlığın, örneğin Tanrı'nın müdahalesi ile açıklandığını söyler. (%17)

(d) Bilmiyorum. (%12)

Maalesef bu seçenekler bazı insanları tercih ettikleri seçeneklerden mahrum bırakmıştır. "(a)'yı seçiyorum ama Tanrı bu süreçte bir rol oynamıştır" diyenlere seçenek tanımamıştır. (a) seçeneğindeki "bu süreçte Tanrı'nın bir rolü yoktur" ifadesinden ötürü bu seçeneğin seçilme yüzdesinin %48 gibi düşük bir değer olması şaşırtıcı değildir. (b) seçeneğinin %22'lik değeri ise endişe verici derecede yüksek; özellikle de 10.000 yıllık gülünç yaş sınırını düşününce. Hatta eğer yaradılışçılığın bir türünü destekleyenleri bulmak için (b) ve (c)'yi toplarsak %39'u elde ederiz. Bu toplam hala Amerika'daki %40'tan fazla olan değer kadar yüksek değil. Ayrıca Amerika yüzdesinin sadece genç dünya yaradılışçılarını belirttiğini, Britanya'daki %39'un içindeyse (c)'yi seçen yaşlı dünya yaradılışçılarının da olduğunu unutmamak gerek.

MORI'nin anketinde Britanyalılara eğitim hakkında ikinci bir soru da soruluyordu. Söz konusu üç teori fen derslerinde öğretilmeli miydi, öğretilmemeli miydi? Sonuç endişe verici. Ankete katılanların sadece %69'u evrimin fen derslerinde (bir çeşit yaradılışçılık veya akıllı tasarım teorisi ile birlikte olsun ya da olmasın) öğretilmesi gerektiğini düşünüyordu.

2005'te Eurobarometer şirketi Britanya'yı içeren ama Amerika'yı içermeyen daha geniş kapsamlı bir araştırma yaptı. Bu ankette (Avrupa Birliği'ne üye olmaya talip, nüfusunun büyük çoğunluğu Müslüman tek ülke olan Türkiye de dâhil olmak üzere) otuz iki Avrupa ülkesinden insanlara bilimsel konulardaki fikir ve inançları soruldu. Tablo 1'de çeşitli ülkelerde "İnsanlar bugün bildiğimiz haline daha önceki hayvan türlerinin değişerek türemesiyle ulaşmıştır" cevabında birleşenlerin yüzdesi verilmektedir. Bunun MORI'nin anketindeki (a) seçeneğinden daha ılımlı bir ifade olduğuna dikkat edin, zira bu ifa-

TABLO 1: "İnsanlar bugün bildiğimiz haline daha önceki hayvan türlerinin değişerek türemesiyle ulaşmıştır" önermesine verilen cevaplar.

Ülke	Toplam	Doğru (%)	Yanlış (%)	Bilmiyorum (%)
İzlanda	500	85	7	8
Danimarka	1.013	83	13	4
İsveç	1.023	82	13	5
Fransa	1.021	80	12	8
Britanya	1.307	79	13	8
Belçika	1.024	74	21	5
Norveç	976	74	18	8
İspanya	1.036	73	16	11
Almanya	1.507	69	23	8
İtalya	1.006	69	20	11
Lüksemburg	518	68	23	10
Hollanda	1.005	68	23	9
İrlanda	1.008	67	21	12
Macaristan	1.000	67	21	12
Slovenya	1.060	67	25	8
Finlandiya	1.006	66	27	7
Çek Cumhuriyeti	1.037	66	27	7
Portekiz	1.009	64	21	15
Estonya	1.000	64	19	17
Malta	500	63	25	13
İsviçre	1.000	62	28	10
Slovakya	1.241	60	29	12
Polonya	999	59	27	14
Hırvatistan	1.000	58	28	15
Avusturya	1.034	57	28	15
Yunanistan	1.000	55	32	14
Romanya	1.005	55	25	20
Bulgaristan	1.008	50	21	29
Letonya	1.034	49	27	24
Litvanya	1.003	49	30	21
Kıbrıs	504	46	36	18
Türkiye	1.005	27	51	22

Kaynak: Eurobarometer, 2005.

dede Tanrı'nın evrimsel süreçte bir rol oynamış olma olasılığı dışarıda tutulmamış. Ülkeleri, bu önermeyi kabul etme yüzdelerine göre, diğer bir deyişle günümüz biliminin doğru olarak nitelendirdiği cevaba göre sıraladım. Buna göre ankete katılan İzlandalıların %85'i bilim insanlarının düşündüğü gibi insanın başka türlerden evrildiğini düşünüyor. Türklerin ise %27 gibi küçük bir kısmı böyle düşünüyor. Tablodaki ülkeler arasında Türkiye, evrimin yanlış olduğunun çoğunluk tarafından kabul edildiği tek ülke. Britanya, evrimi reddeden %13'lük kesimle beşince sırada. Avrupa'da yapılmış bu araştırmada ABD bulunmuyor ama ne acıdır ki benzeri anketlerde Türkiye'den çok az daha iyi çıkıyor.

"İlk insanlar dinozorlarla aynı dönemde yaşamıştır" önermesine verilen cevapların yüzdelerini gösteren Tablo 2'deki sonuçlar daha da ilginç. Ülkeleri yine doğru cevap verme yüzdelerine göre sıraladım (bu sorunun doğru cevabı "yanlış"tır[1]). Türkiye yine en sonda, ilk insanların dinozorlarla aynı dönemde yaşadığı tamı tamına %42'lik bir kesim tarafından kabul edilirken, yalnızca %30'u bu önermeyi reddetmeye hazır. Bu oran İsveç'te %87. Üzülerek söylemeliyim ki Britanya tablonun altlarında yer alıyor. %28'lik bir kısmımız bilim ve tarih bilgilerini herhangi bir eğitim kaynağından ziyade Çakmaktaşlardan almış.

Bir biyoloji eğitimcisi olarak, Eurobarometer'in, Dünya'nın Güneş etrafında bir kez dönmesinin bir ay sürdüğüne inananların çokluğunu ortaya koyan başka bir ankette (Britanya %19'larda) hazin bir teselli buluyorum. İrlanda, Avusturya, İspanya ve Danimarka'da buna inananların oranı %20'den fazla. Çok merak ediyorum, bu insanlar yıl denen şeyin ne olduğunu zannediyorlar? Mevsimler neden bu kadar düzenli bir şekilde gelip geçiyor? Dünyamızın bu kadar belirgin bir özelliği hakkında azıcık da olsa *merak* duymamışlar mı? Bu çarpıcı oranlar elbette teselli bulunacak sonuçlar değil. Benim o cümledeki vurgum "hazin" kelimesindeydi. Kastettiğim şey, genel bir bilim cahilliği ile karşı karşıya olduğumuz. Bu tabi yeterince kötü ama en azından Türkiye'de (ve muhtemelen İslam dünyasının büyük bir kısmında) mevcutmuş gibi gözüken, belli bir bilime, yani evrim bilimine bilfiil *karşıtlık* önyargısından iyi. Gallup ve Pew'in araştırmalarında aynı önyargının ABD'de de olduğunu gördük.

1- Öyle sanıyorum ki, eğer işgüzar olacaksak, günümüz hayvan bilimcilerinin kuşları hayatta kalan dinozorlar olarak sınıflandırdıklarını kabul etmemiz gerekir. Bu nedenle teknik olarak doğru cevap aslında "doğru" olmalıdır. Yani ankete katılan Türklerin çoğunluğu aslında haklılar. Ama öyle sanıyorum ki insanların genelde "dinozor" kelimesinden kuşları değil, sadece soyları tükenmiş o "korkunç kertenkeleleri" anladıklarını güvenle varsayabiliriz.

TABLO 2: "İlk insanlar dinozorlarla aynı dönemde yaşamıştır" önermesine verilen cevaplar.

Ülke	Toplam	Doğru (%)	Yanlış (%)	Bilmiyorum (%)
İsveç	1.023	9	87	4
Almanya	1.507	11	80	9
Danimarka	1.013	14	79	6
İsviçre	1.000	9	79	12
Norveç	976	13	79	7
Çek Cumhuriyeti	1.037	15	78	7
Lüksemburg	518	15	77	9
Hollanda	1.005	14	75	10
Finlandiya	1.006	21	73	7
İzlanda	500	12	72	16
Slovenya	1.060	20	71	9
Belçika	1.024	24	70	6
Fransa	1.021	21	70	9
Avusturya	1.034	15	69	15
Macaristan	1.000	18	69	13
Estonya	1.000	20	66	14
Slovakya	1.241	18	65	18
Britanya	1.307	28	64	8
Hırvatistan	1.000	23	60	17
Litvanya	1.003	23	58	19
İspanya	1.036	29	56	15
İrlanda	1.008	27	56	17
İtalya	1.006	32	55	13
Portekiz	1.009	27	53	21
Polonya	999	33	53	14
Letonya	1.034	27	51	21
Yunanistan	1.000	29	50	21
Malta	500	29	48	24
Bulgaristan	1.008	17	45	39
Romanya	1.005	21	42	37
Kıbrıs	504	32	40	28
Türkiye	1.005	42	30	28

Kaynak: Eurobarometer, 2005.

2008'in Ekim ayında, Amerika'daki yaklaşık altmış lise öğretmeni Atlanta'daki Emory Üniversitesi'nin Bilim Eğitimi Merkezi'nde toplandı. Anlattıkları korkunç hikâyelerin bazıları yaygınca bilinmeyi hak ediyor. Öğretmenlerden biri, öğrencilerin evrim öğreneceklerini duyunca "gözyaşlarına boğulduklarını" anlatmıştı. Diğer bir öğretmen sınıfta evrim hakkında konuşmaya başladığında öğrencilerin nasıl "Hayır!" diye bağırdıklarından bahsetmişti. Bir diğeri öğrencilerinin, "sadece bir teori" olan evrimi neden öğrenmek zorunda olduklarını bilmeyi talep ettiklerini bildirmişti. Başka bir öğretmen "kiliselerin, derslerimi sabote etmek için öğrencileri okulda belli sorular sormak üzere nasıl eğittiğini" anlatmıştı. Kentucky'deki, paraların müsrifçe akıtıldığı Yaradılış Müzesi, tamamen devasa ölçekli bir tarih inkârına adanmış bir kurumdur. Burada çocuklar üzerinde eyer olan model bir dinozora binebilirler. Bu sadece basit bir eğlence değil, verilmek istenen mesaj açık ve net: dinozorlar yakın bir tarihte insanlarla birlikte yaşamıştır. Bu müze vergiden muaf bir kuruluş olan Tekvindeki Cevaplar tarafından işletiliyor. Yani vergi mükellefleri (bu örnekte Amerikalılar) bilimsel sahteciliğe ve yanlış eğitime maddi destek sağlıyorlar.

Bu tür şeylere ABD'de çok sık rastlıyoruz ve ne kadar kabul etmek istemesem de Britanya'da da sık rastlamaya başladık. 2006'nın Şubat ayında *Guardian* gazetesi "Müslüman tıp öğrencilerinin Darwin'in teorisinin çöktüğünü yazan broşürler dağıttıklarını, dindar Hıristiyan öğrencilerin de artan oranda evrim karşıtı gösteriler yaptıklarını" bildirdi. Müslümanların dağıttıkları broşürler, vergiden muaf bir yardım derneği olan Al-Nasr Vakfı tarafından bastırılmış.[1] Yani Britanya vergi mükellefleri de temel ve ciddi bir bilimsel sahteciliğin Britanya eğitim kurumlarına sistematik bir şekilde yayılmasını maddi olarak destekliyorlar.

1- Vergiden muaf olmak dini bir kuruluşun kolaylıkla elde edebileceği bir statüdür. Oysa dini olmayan kuruluşlara insanlığa hizmet ettiklerini kanıtlamaları için bin dereden su getirtirler. Yakınlarda "Mantık ve Bilim"i destekleyen ve bağışlara açık bir vakıf kurdum. Bağış yapılabilir bir statü elde etmek için yaptığımız uzun, aşırı pahalı ve nihayetinde başarılı olan görüşmeler esnasında, Britanya Bağış Komisyonu'ndan 28 Eylül 2006 tarihli şu mektubu aldım: "Bilimdeki ilerlemenin halkın akli ve ahlaki yönden iyileşmesini nasıl sağlayacağı tam olarak anlaşılmamıştır. Lütfen bize bunun kanıtlarını tedarik edin ya da bununla insancılığın ve akılcılığın gelişimi arasında nasıl bir bağlantı olduğunu açıklayın." Ama dini kuruluşların herhangi bir kanıt göstermeden, hatta görüldüğü üzere, bilimsel sahteciliği fiilen teşvik ederek insanlığa katkıda bulundukları varsayılıyor.

2006'da *Independent* gazetesinde Londra Üniversite Koleji'nden Profesör Steve Jones şöyle diyordu:

> Tam bir sosyal değişim yaşıyoruz. Biyoloji derslerinin ilk birkaç dersinde öğrencilerinin zihinlerinden yaradılışçılığı temizlemek zorunda kalan Amerikalı meslektaşlarım için yıllarca üzüldüm. Şimdiye kadar Britanya'da böyle bir sorunumuz yoktu. Müslüman öğrencilerden, İslami kimliklerinin bir parçası olduğu için yaradılışçılığa inanmak zorunda bırakıldıkları yönünde geri bildirimler alıyorum ama benim daha da şaşırtıcı bulduğum insanlar, yaradılışçılığı evrimin geçerli bir alternatifi olarak gören Britanyalı diğer çocuklar. Bu endişe verici. Bu durum yaradılışçılık fikrinin ne kadar bulaşıcı olduğunu gösteriyor.

Neticede anketler Amerikalıların %40'ının yaradılışçı olduğuna, öyle "evrim var ama Tanrı süreç boyunca yardım etmiştir" gibi şeylere inanan değil (ki böyle düşünen de pek çok insan var), su katılmamış ve kopkoyu bir şekilde evrim karşıtı yaradılışçılar olduklarına işaret ediyor. Britanya'da ve Avrupa'nın büyük bir kısmında durum biraz daha iyi ama çok daha ümit verici değil. Durumdan memnun olmak için hala hiçbir sebep yok.

NOTLAR

ÖNSÖZ

sf. 7 **tanıdık olmayan bir bakış sunulmuştu:** *Gen Bencildir* (1976; 30. yıldönümü baskısı 2006) ve *Genişletilmiş Fenotip* (gözden geçirilmiş baskı 1999).

sf. 7 **Daha sonraki üç kitabım:** *Kör Saatçi* (1986), *Cennetten Akan Irmak* (1995) ve *Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak* (1996).

sf. 7 **En uzun kitabım:** *Ataların Hikayesi* (2004).

BÖLÜM 1: SADECE BİR TEORİ Mİ?

sf. 12 **2004 yılında, *Sunday Times* için, kapanış cümleleri şunlar olan ortak bir makale yazdık:** 'Education: questionable foundations', *Sunday Times*, 20 Haziran 2004.

sf. 19 **"Arada sırada uzaylılarla "temas" halinde olan birinden bir mektup alırım":** Sagan (1996).

sf. 20 **"Hepimiz var olmaya, kullanıma hazır hafızalarla donatılmış olarak, çoraplarımızda delikler ve traşa ihtiyaç duyan saçlarla beş dakika önce başlamış olabiliriz.":** Bertrand Russell, *Din ve Bilim* (Oxford: Oxford University Press, 1997), 70.

sf. 20 **Ünlü bir örnek Illinois Üniversitesinden Daniel J. Simons tarafından hazırlanmıştı:** Dimons ve Chabris (1999).

sf. 22 **Sadece Teksas'da, DNA kanıtları mahkemelerde geçerli olmaya başladığından beri otuz beş hükümlü aklanmıştır:** The Innocence Project, http://www.innocenceproject.org.

sf. 22 **vali olduğu altı yılda George W. Bush ortalama her iki haftada bir ölüm fermanı imzalamıştır:** toplamda 152; 'Bush's lethal legacy: more executions' isimli makaleyi görün, *Independent*, 15 Ağustos 2007.

sf. 24 **Darwin otobiyografisinde:** Darwin (1887a), 83.

sf. 24 **Matt Ridley, Darwin'in bu kitabı, kardeşi Erasmus'un korkutucu derecede zeki arkadaşı Harriet Martineau'nun etkisiyle okuduğundan şüpheleniyor:** Matt Ridley, "The natural order of things", *Spectator*, 7 Ocak 2009.

BÖLÜM 2: KÖPEKLER, İNEKLER ve LAHANALAR

sf. 35 **"Çok sevgili Wallace":** Marchant (1916), 169-70.

sf. 35 **dn. ısrarcı ama yanlış bir dedikodu var:** Darwin'in, Mendel'in çalışmalarından haberdar olup olmadığı konusu Sclater (2003) tarafından ele alınmıştır.

sf. 39 **Diğer genetik rotalar, orijinalinin oranlarını koruyan minyatür soylar üretirler:** Fred Lanting, 'Pituitary dwarfism in the German Shepherd dog', *Dog World*, Aralık 1984, http://www.fredlanting.org/2008/07/pituitary-dwarfism-in-the-german-shepherd-dog-part-1/ adresinde yer verilmiştir.

BÖLÜM 3: MAKROEVRİME GİDEN SEFA YOLU

sf. 53 **"Güney Amerika'dan bir *Macrosila cluentius* numunesinin hortumunu dikkatlice inceledim":** Wallace (1871).

sf. 59 **"*Dorippe*'nin kızgın bir Japon savaşçısına olan benzerliği":** Julian Huxley, "Evolution's copycats", *Life*, 30 Haziran 1952; ayrıca Huxley (1957) "Life's improbable likeness".

sf. 60 **Oylayabileceğiniz bir web sitesi bile buldum:** Samuray yengeci anketi http://www.pollsb.com/polls/view/13022/the-heike-crab-seems-to-have-a-samurai-face-on-its-back-what-s-the-explanation.

sf. 60 **otorite sahibi bir kuşkucunun belirttiği gibi:** Martin (1993).

sf. 66 **"Çok sevgili Darwin":** Merchant (1916), 170.

sf. 68 **Illinois Deneysel İstasyonundaki tarım uzmanları bu deneye çok uzun bir zaman önce, 1896'da başlamışlardır:** Dudley and Lambert (1992).

sf. 68 **diş çürümesine karşı dirençleri için yapay olarak seçilmiş on yedi sıçan neslini görüyoruz:** Ridley (2004), 48.

sf. 74 **"insanlarla temas kurmak için can atan":** Trut (1999), 163.

sf. 77 **Örümcek orkidesi diye adlandırılan:** Bu orkidelerle ilgili sitelerden bazıları: www.arhomeandgarden.org/plantoftheweek/articles/orchid_red_spider_8-29-08.htm, http://www.orchidflowerhq.com/Brassiacare.php, http://www.absoluteastronomy.com/topics/Brassia, http://en.wikipedia.org/wiki/Brassia.

sf. 78 **bu film, konuşmanın 'Morötesi Bahçe' adlı kaydında izlenebilir:** *Growing Up in the Universe* DVD olarak richarddawkins.net'den temin edilebilir.

sf. 78 **Her tür, çeşitli kaynaklardan edinilmiş maddelerden karakteristik bir kokteyl hazırlar:** Eltz vd. (2005).

sf. 80 **Temizleme alışkanlığından başka yerde bahsetmiştim:** Dawkins (2006), 186- 7.

BÖLÜM 4: SESSİZLİK VE YAVAŞ ZAMAN

sf. 91 **dn. Söylentiye göre:** Periyodik tablonun Mendeleev'e rüyasında malum olduğu söylentisi ile ilgili tartışma için baknız: G.W. Baylor, "What do we really know about Mendeleev's dream of the periodic table? A note on dreams of scientific problem solving", Dreaming 11: 2 (2001), 89-92.

sf. 96 **Püskürük kayaçların katılaşmasının güzel yanı, katılaşmalarının aniden gerçekleşmesidir:** İzokron tarihlendirme yöntemi şahane bir site olan "Talk.Origin" web sitesinde Chris Stassen tarafından tam olarak açıklanmaktadır: www.talkorigins.org/faqs/isochron-dating.html.

sf. 98 **Ödül almış bir yaradılışçı web sitesinden bir alıntı yapalım:** http://homepage.ntlworld.com/malcolmbowden/creat.htm.

sf. 103 **Bu parça üçe bölündü:** Torino Kefeninin tarihlendirilmesi için bakınız: Damon vd. (1989).

sf. 104 **Kaldı ki henüz diğer tarihlendirme yöntemlerinden bahsetmiş bile değilim**: Bütün yöntemleri şu sitede bulabilirsiniz http://www.usd.edu/esci/age/current_scientific_clocks.html#.

BÖLÜM 5: GÖZLERİMİZİN ÖNÜNDE

sf. 107 Yukarıdaki grafik Uganda Avcılık Dairesi'nin, 1962'de yayınlanan verilerini göstermektedir: Brooks ve Buss (1962).

sf. 109 O yıl araştırmacılar beş çift *Podarcis sicula*'yı Pod Kopiste'den Pod Mrcaru'ya götürdüler: Pod Mrcaru'daki kertenkeleler üzerine yapılan araştırmalarla ilgili bilgiler için bakınız: Herrel vd. (2008) ve Herrel vd. (2004).

sf. 111 Tüm bunlar, Michigan Eyalet Üniversitesi'nden bakteriyolog Richard Lenski ve meslektaşları tarafından, *Escherichia coli* denen bir bakteriyle, uzun vadeli olağanüstü bir deneyde gerçekleştirildi: Lenski'nin *E. coli* araştırması Lenski ve Travisano'dan alınmıştır. Lenski'nin ekibinin yayınları şu adreste toplanmıştır: http://myxo.css.msu.edu/cgi-bin/lenski/prefman.pl?group=aad.

sf. 124 Ünlü bir bilimsel güncenin (blog) sahibi olan P.Z. Myers: http://scienceblogs.com/pharyngula/2008/06/lenski_gives_conservapdia_a_le.php.

sf. 126 John Endler'in dar görüşlü yol arkadaşına anlattığı deneyler: Lepistes araştırması için bakınız: Endler (1980, 1983, 1986).

sf. 130 Bu beklentiye cevap verenlerden biri Kaliforniya Üniversitesi'nden (Riverside) David Reznick oldu: Reznick vd. (1997).

sf. 132 Bazı hayvanbilimciler *Lingula*'nın neredeyse hiç değişmemiş bir "yaşayan fosil" olduğu iddiasını reddetmektedirler: Örn. Christian C. Emig, "Proof that *Lingula*(Brachiopoda) is not a living-fossil, and emended diagnoses of the Family Lingulidae", *Carnets de Géologie*, letter 2003/01 (2003).

BÖLÜM 6: KAYIP HALKA MI? "KAYIP" DERKEN NEYİ KASTETTİNİZ?

sf. 133 "Kayıp" derken neyi kastettiniz?: www.talkorigins.org/faqs/faq-transitional/part2c.html#arti,http://web.archive.org/web/19990203140657/gly.fsu.edu/tour/article_7.html.

sf. 138 "evrimsel olarak ileri bir aşamadadır": Dawkins (1986), 229.

sf. 141 "Eğer insanlar kurbağa ve balıktan geçerek maymunlardan geldilerse, o zaman neden fosil kayıtlarında "maybağa" yok?": 'Darwin's evolutionary theory is a tottering nonsense, built on too many suppositions', *Sydney Morning Herald*, 7 Mayıs 2006.

sf. 141 *Sunday Times*'ta (Londra) televizyonda yayınlanmış: http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/education/article4448420.ece.

sf. 142 İşte bunlardan biri olan *Eomaia*: Ji vd. (2002).

sf. 143 *Yaradılış Atlası*: İnanılmaz ama bu berbat, pahalı ve parlak kağıt israfının üçten fazla cildi var.

sf. 143 bir balık yemini "şayak sineği" gibi gösteriyor: Şu adreste açık ve net görülüyor: http://www.grahamowengallery.com/fishing/more-fly-tying.html.

sf. 152 "Doğruca Müze'ye gittik": Smith (1956), 41.

sf. 157 *Tiktaalik!* Hiçbir zaman unutulmayacak bir isim: http://www90.homepage.villanova.edu/lowell.gustafson/anthropology/tiktaalik.html.

sf. 160 "yürüyen manati" fosili, *Pezosiren*: Domning (2001).

sf. 161 heyecan verici haber geldi: Natalia Rybczynski, Mary Dawson ve Richard Tedford, 'A semi-aquatic Arctic mammalian carnivore from the Miocene epoch and origin of Pinnipedia', *Nature* 458 (2009), pp. 1021–4. Natalia

Rybczynski'nin heyecanla bu yeni fosilden bahsettiği kısa bir filmini şurada bulabilirsiniz: http://nature.ca/pujila/ne_vid_e.cfm.

sf. 162 ***Odontochelys semitestacea*:** Li vd. (2008).

sf. 163 **"Haberler ve Görüşler" köşesinde *Odontochelys* makalesi hakkında yayınlanan yorum:** Reisz ve Head (2008).

sf. 165 ***Proganochelys*:** Joyce ve Gauthier (2004).

sf. 167 **Başka bir kitabımda DNA'nın "Ölülerin Genetik Kitabı" olduğunu söylemiştim:** Dawkins (1998), Bölüm 10.

BÖLÜM 7: KAYIP İNSANLAR MI? ARTIK KAYIP DEĞİLLER

sf. 172 **"*Pithecanthropus* [Java Adamı] bir insan değildi":** Dubois (1935), aynı zamanda şurada da alıntılanmış: http://www.talkorigins.org/pdf/fossil-hominids.pdf.

sf. 173 **Bununla birlikte, yaradılışçı bir organizasyon olan Tekvin'deki Cevaplar (Answers in Genesis) bu iddiayı, geçersiz hale gelen savlar listesine ekledi:** http://www.answersingenesis.org/home/area/faq/dont_use.asp.

sf. 173 **"Gürcü Adam":** http://www.talkorigins.org/faqs/homs/d2700.html.

sf. 174 **Biz doğruca şempanzelerden türemedik:** http://www.talkorigins.org/faqs/homs/chimp.html.

sf. 176 **İlk numune, bir türün isimlendirilen ve bir müze tarafından kendisine etiket verilen ilk bireyidir:** Şu adreste insansıların ilk numunelerinin faydalı bir listesi var: http://www.talkorigins.org/faqs/homs/typespec.html.

sf. 177 **dn. Yirminci yüzyılda Darwin'in en büyük varislerinden biri sayabileceğimiz bu adam:** Hamilton'un nevi şahsına münhasır hatıralarına da yer veren ve makalelerinin derlendiği kaynaklar için bakınız: Hamilton (1996, 2001) Bunlardan ikinci ciltte, Hamilton'un cenazesi için ona yazdığım övgüye de yer veriliyor.

sf. 180 **aşağıda listelenen şu isimlerle anılmıştır:** http://www.mos.org/evolution/fossils/browse.php.

sf. 184 **"Ertesi gün hapı, bir çocuk sapığının en yakın dostudur":** 'Morning-after pill blocked by politics', *Atlanta Journal-Constitution*, 24 Haziran 2004.

BÖLÜM 8: SİZ KENDİNİZ DOKUZ AYDA BAŞARDINIZ

sf. 196 **dn. "Bütün mat ve çirkin şeyler":** şarkı sözlerinin kullanımı için izin veren Python (Monty) Pictures'e teşekkürler. Terry Jones ve Eric Idle'ye de teşekkürler.

sf. 201 **YouTube'de (. . .) nefes kesen bazı filmler mevcut:** Örneğin, http://www.youtube.com/watch?v=XH-groCeKbE.

sf. 202 **Craig Reynolds 1986'da buna benzer şekilde (. . .) 'Boids' adını verdiği bir program yazdı:** http://www.red3d.com/cwr/boids/.

sf. 210 **aralarında parlak zekâlı matematiksel biyolog George Oster'in de bulunduğu Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesinden bir grup bilim insanı bu sürecin şifresini çözdüler:** Odell vd. (1980).

sf. 214 **Nobel Ödüllü embriyolog Roger Sperry tarafından yapılan bu konu hakkındaki klasik ilk deneylerden biri:** Meyer (1998).

sf. 223 yumurtadan yeni çıkmış bir toprak solucanı (. . .) larvasının, 558 hücresinin tamamının aile ağacını göstereyim: *C. elegans* hücrelerinin aile ağacı şu adresten: http://www.wormatlas.org/userguides.html/lineage.htm. Wormatlas.org sitesinin tamamı, bu minik yaratıklar hakkında bir bilgi hazinesi. Aynı zamanda, *C. elegans* hakkında Sydney Brenner, H. Robert Horvitz ve John Sulston tarafından yapılan (Brenner (2003), Horvitz (2003), Sulston (2003)) üç adet Nobel Ödülü konuşmasını da kesinlikle tavsiye ediyorum. Bu konuşmaları şu adresten izleyebilir ya da metinlerini okuyabilirsiniz: http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2002/index.html.

BÖLÜM 9: KITALARIN GEMİSİ

sf. 233 *Caenorhabditis*'in akrabası küçücük iplik kurtları: http://www.bayercropscience.co.uk/pdfs/nematodesguide.pdf.

sf. 237 en başta yapılan çalışmaları yürütmüş olan Dr. Ellen Censky: Censky vd. (1998).

sf. 239 "Çok yakın akraba olan küçük bir grup kuşta böylesi bir yapısal derecelenme ve çeşitlenme görünce": Darwin (1845), 380.

sf. 240 "Kirli siyah rengi, aptal ve uyuşuk hareketleri olan gudubet bir yaratıktır": Darwin (1845), 385–6.

sf. 241 "Sonuç olarak elimizde şu harika gerçek var": Darwin (1845), 396.

sf. 241 "Bendenizin ve gemideki pek çoklarının vurduğu": Darwin (1845), 394–5.

sf. 242 "kaplumbağalar adadan adaya değişiklik gösteriyordu": Darwin (1845), 394.

sf. 246 "kendine has bir Mbuna faunası vardı": Owen vd. (1989).

sf. 249 "Kimi takımların tamamının adalarda hiç varlık göstermemesi konusuyla ilgili olarak": Darwin (1859), 393.

sf. 251 "doğa bilimci, mesela kuzeyden güneye yolculuğu sırasında": Darwin (1859), 349.

sf. 260 Peki onlar bununla nasıl başa çıkıyorlar? Aslına bakarsanız oldukça acayip bir şekilde: En azından bazılarının kafası karışık. Bazıları ise ikiyüzlü olabilir. Genç Dünya hakkında http://www.answersingenesis.org/articles/am/v2/n2/a-catastrophic-breakup adresindeki bir açıklama, http://www.answersincreation.org/rebuttal/aig/Answers/2007/answers_v2_n2_tectonics.htm adresinde bir yaşlı Dünya yaradılışçısı tarafından çürütülüyor.

sf. 260 türleşme hakkında yakın zamanda yazılan en yetkin kitabın: Coyne ve Orr (2004).

BÖLÜM 10 : KUZENLİK AĞACI

sf. 288 Bu şekilde tavşanları kullanan: Sarich ve Wilson (1967).

sf. 292 Bu doğrultudaki büyük ölçekli ilk çalışma, Profesör David Penny liderliğindeki bir grup genetikçi tarafından Yeni Zelanda'da yapılmıştır: Penny vd. (1982).

sf. 299 Hillis'in web sitesine (Notlar bölümüne bakınız) girip ağacını indirmeye ve (önerdikleri üzere) en az 137 santimetre genişliğindeki bir kağıda (daha büyük olursa daha iyi olur) basıp duvarınıza asmaya değer: www.zo.utexas.edu/faculty/antisense/DownloadfilesToL.html.

sf. 303 **bunları "Kadife Solucan'ın Hikayesinin Sonsözü"nde Yan Wong ile beraber derinlemesine tartıştığımız için burada ele almayacağım:** Dawkins (2004).

BÖLÜM 11 : GEÇMİŞ HER YERİMİZDE

sf. 308 **"Hayvanat bahçesinin akıllı bekçisi Mr. Sutton":** Darwin (1872), 95, 96, 97.

sf. 309 **1845'te Kraliyet Cemiyeti ile yaptığı (. . .) yazışmada:** Sibson (1848).

sf. 313 **Halterlerin nasıl çalıştığının anlaşılmasından büyük oranda (. . .) J. W. S. Pringle sorumludur:** Pringle (1948).

sf. 319 **"Eğer bir optikçi bana tüm bu kusurlarla dolu bir alet satmaya kalksaydı":** Helmholtz (1881), 194.

sf. 321 **Zira göz, optik bir alette bulunabilecek her türlü kusura, hatta kendine özgü ek birkaç kusura sahiptir":** Helmholtz (1881), 201.

sf. 327 **"İyi gelişmiş bir gırtlağa sahip olmalarına ve topluluklar halinde yaşamalarına rağmen zürafalar ancak alçak inilti ve melemeler seslendirebilirler":** Harrison (1980).

sf. 334 **"kendimi bir türlü ikna edemiyorum":** Darwin (1887b).

sf. 334 **dn. diğer bir Avustralyalı Michael Denton ile karıştırmayın:** M. Denton, *Nature's Destiny* (New York: Free Press, 2002).

sf. 336 **"geçici çözümlerin yama işinden başka bir şey değildir":** C. S. Pittendrigh, 'Adaptation, natural selection, and behaviour', A. Roe ve G. G. Simpson'un editörlüğündeki *Behaviour and Evolution*'da (New Haven:Yale University Press, 1958).

BÖLÜM 12 : SİLAHLANMA YARIŞI VE 'EVRİMSEL TEODİSE'

sf. 344 **Memeli türüne mensup en hızlı beş koşucu:** Liste şu adresten: http://www.petsdo.com/blog/top-twenty-20-fastest-land-animals-including-humans.

sf. 345 **Meslektaşım John Krebs ve ben konuyla ilgili 1979'da (. . .) bir makale yayınladık:** Dawkins ve Krebs (1979).

sf. 345 **"aldatıcı görünüşünün gereksiz detaylandırılmış olduğunu ileri sürmeden önce":** Cott (1940), 158-9.

sf. 346 **Hatta şaşırtıcı görünebilir ama bir türdeki dişi ve erkekler arasında ve ebeveynlerle yavruları arasında bile silahlanma yarışları vardır:** Dawkins (2006), Bölüm 8 ve 9, 'Battle of the generations' ve 'Battle of the sexes'.

sf. 353 **"şeyranın papazı nasıl da bir kitap yazardı":** Darwin (1903).

sf. 353 **"[D]oğa, ne merhametlidir, ne de acımasız":** Dawkins (1995), Bölüm 4, 'God's utility function'.

sf. 356 **Belki ilginizi çekebilir, acıyı hissedemeyen anormal bireyler vardır:** Örneğin, http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/4195437.stm, http://www.msnbc.msn.com/id/6379795/.

sf. 357 **Stephen Jay Gould, "Ahlaktan nasibini almamış doğa" adlı güzel makalesinde bu konulara değinmiştir:** Gould (1983).

BÖLÜM 13: BU YAŞAM GÖRÜŞÜNDE İHTİŞAM VAR

sf. 361 **"Böylece, tasavvur edebileceğimiz en yüce nesne":** Darwin (1859), 490.

sf. 362 **"bu mantıksal bir çıkarım olmayabilir":** Darwin (1859), 243

sf. 363 **"Yapabileceğimiz tek şey":** Darwin (1859), 78.

sf. 365 **"uzun zamandır pişmanım":** Darwin (1887c).

sf. 370 **donmuş kazanın nasıl "eritilebileceğine" dair:** Söll ve RajBhandary (2006).

sf. 370 **ve fizikçi Paul Davies:** Davies ve Lineweaver (2005).

sf. 371 **ama dünyanın yörüngesinde dönen bir ayımız olmasaydı yaşamın ne derece farklı olacağı ilginç spekülasyonların konusudur:** Comins (1993).

sf. 376 **"Babam aynı konuda hakkında 1871'de şöyle yazmıştır":** Darwin (1887c).

sf. 382 **1989'da "Evrilebilirliğin Evrimi" adlı bir makale yazdım:** Dawkins (1989).

sf. 384 **Kozmologların bize belirttiği üzere, gökyüzünde yıldızlar görüyor olmamız bir tesadüf değil:** Bir örnek için bakınız: Smolin (1997).

EK: TARİH İNKÂRCILARI

sf. 387 **1982'den beri düzensiz ama sık aralıklarla:** Gallup'un anket sonuçları şuradan alınmıştır: "Evolution, creationism, intelligent design", http://www.gallup.com/poll/21814/Evolution-Creationism-Intelligent-Design.aspx.

sf. 388 **2008'de Pew Forum (. . .) benzer bir anketi yayınladı:** Pew'in anket sonuçları şuradan alınmıştır: "Public divided on origins of life", 17 Temmuz 2005'te yapılmıştır, http://pewforum.org/surveys/origins/.

sf. 388 **Peki ya Britanya? Bizde durum nedir?:** Ipsos MORI'nin anket sonuçları şuradan alınmıştır: "BBC survey on the origins of life", 5–10 Ocak 2006'da yapılmıştır, http://www.ipsos-mori.com/content/bbc-survey-on-the-origins-of-life.ashx.

sf. 389 **daha geniş kapasamlı bir araştırma:** Eurobarometer 224 araştırması sonuçları şuradan alınmıştır: "Europeans, science and technology" Ocak–Şubat. 2005'te yapılmıştır, http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_224_report_en.pdf.

sf. 391 **ne acıdır ki benzeri anketlerde Türkiye'den çok az daha iyi çıkıyor:** Miller vd. (2006).

sf. 393 **Anlattıkları korkunç hikâyelerin bazıları yaygınca bilinmeyi hak ediyor:** "Emory workshop teaches teachers how to teach evolution", *Atlanta Journal-Constitution*, 24 Ekim 2008.

sf. 393 **"Müslüman tıp öğrencilerinin Darwin'in teorisinin çöktüğünü yazan broşürler dağıttıklarını":** "Academics fight rise of creationism at universities", *Guardian*, 21 Şubat 2006.

sf. 394 **"Tam bir sosyal değişim yaşıyoruz":** "Creationism debate moves to Britain", *Independent*, 18 Mayıs 2006.

KAYNAKÇA ve İLERİ OKUMALAR

Adams, D. and Carwardine, M. 1991. *Last Chance to See*. London: Pan.

Atkins, P. W. 1984. *The Second Law*. New York: Scientifi c American.

Atkins, P. W. 1995. *The Periodic Kingdom*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Atkins, P. W. 2001. *The Elements of Physical Chemistry: With Applications in Biology*. New York: W. H. Freeman.

Atkins, P. W. and Jones, L. 1997. *Chemistry: Molecules, Matter and Change*, 3rd rev. edn. New York: W. H. Freeman.

Ayala, F. J. 2006. *Darwin and Intelligent Design*. Minneapolis: Fortress.

Barash, D. P. and Barash, N. R. 2005. *Madame Bovary's Ovaries: A Darwinian Look at Literature*. New York: Delacorte.

Barlow, G. W. 2002. *The Cichlid Fishes: Nature's Grand Experiment in Evolution*, 1st pb edn. Cambridge, Mass.: Basic Books.

Berry, R. J. and Hallam, A. 1986. *The Collins Encyclopedia of Animal Evolution*. London: Collins.

Bodmer, W. and McKie, R. 1994. *The Book of Man: The Quest to Discover Our Genetic Heritage*. London: Little, Brown.

Brenner, S. 2003. 'Nature's gift to science', in T. Frängsmyr, ed., *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, 274–82. Stockholm: The Nobel Foundation.

Brooks, A. C. and Buss, I. O. 1962. 'Trend in tusk size of the Uganda elephant', *Mammalia*, 26, 10–34.

Browne, J. 1996. *Charles Darwin*, vol. 1: *Voyaging*. London: Pimlico.

Browne, J. 2003. *Charles Darwin*, vol. 2: *The Power of Place*. London: Pimlico.

Cain, A. J. 1954. *Animal Species and their Evolution*. London: Hutchinson.

Cairns-Smith, A. G. 1985. *Seven Clues to the Origin of Life: A Scientifi c Detective Story*. Cambridge: Cambridge University Press.

Carroll, S. B. 2006. *The Making of the Fittest: DNA and the Ultimate Forensic Record of Evolution*. New York: W. W. Norton.

Censky, E. J., Hodge, K. and Dudley, J. 1998. 'Over-water dispersal of lizards due to hurricanes', *Nature*, 395, 556.

Charlesworth, B. and Charlesworth, D. 2003. *Evolution: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.

Clack, J. A. 2002. *Gaining Ground: The Origin and Evolution of Tetrapods*. Bloomington: Indiana University Press.

Comins, N. F. 1993. *What If the Moon Didn't Exist? Voyages to Earths that Might Have Been*. New York: HarperCollins.

Conway Morris, S. 2003. *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*. Cambridge: Cambridge University Press.

Coppinger, R. and Coppinger, L. 2001. *Dogs: A Startling New Understanding of Canine Origin, Behaviour and Evolution*. New York: Scribner.

Cott, H. B. 1940. *Adaptive Coloration in Animals*. London: Methuen.

Coyne, J. A. 2009. *Why Evolution is True*. Oxford: Oxford University Press.

Coyne, J. A. and Orr, H. A. 2004. *Speciation*. Sunderland, MA: Sinauer.

Crick, F. H. C. 1981. *Life Itself: Its Origin and Nature*. London: Macdonald.

Cronin, H. 1991. *The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today*. Cambridge: Cambridge University Press.

Damon, P. E.; Donahue, D. J.; Gore, B. H.; Hatheway, A. L.; Jull, A. J. T.; Linick, T. W.; Sercel, P. J.; Toolin, L. J.; Bronk, R.; Hall, E. T.; Hedges, R. E. M.; Housley, R.; Law, I. A.; Perry, C.; Bonani, G.; Trumbore, S.; Woelfl i, W.; Ambers, J. C.; Bowman, S. G. E.; Leese, M. N.; and Tite, M. S. 1989. 'Radiocarbon dating of the Shroud of Turin', *Nature*, 337, 611–15.

Darwin, C. 1845. *Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world, under the Command of Capt. Fitz Roy, R.N.*, 2nd edn. London: John Murray.

Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*, 1st edn. London: John Murray.

Darwin, C. 1868. *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, 2 vols. London: John Murray.

Darwin, C. 1871. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, 2 vols. London: John Murray.

Darwin, C. 1872. *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. London: John Murray.

Darwin, C. 1882. *The Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects*. London: John Murray.

Darwin, C. 1887a. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 1. London: John Murray.

Darwin, C. 1887b. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 2. London: John Murray.

Darwin, C. 1887c. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 3. London: John Murray.

Darwin, C. 1903. *More Letters of Charles Darwin: A Record of his Work in a Series of Hitherto Unpublished Letters*, 2 vols. London: John Murray.

Darwin, C. and Wallace, A. R. 1859. 'On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection', *Journal of the Proceedings of the Linnaean Society (Zoology)*, 3, 45–62.

Davies, N. B. 2000. *Cuckoos, Cowbirds and Other Cheats*. London: T. & A. D. Poyser.

Davies, P. C. W. 1998. *The Fifth Miracle: The Search for the Origin of Life*. London: Allen Lane, The Penguin Press.

Davies, P. C. W. and Lineweaver, C. H. 2005. 'Finding a second sample of life on earth', *Astrobiology*, 5, 154–63.

Dawkins, R. 1986. *The Blind Watchmaker*. London: Longman.

Dawkins, R. 1989. 'The evolution of evolvability', in C. E. Langton, ed., *Artificial Life*, 201–20. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Dawkins, R. 1995. *River Out of Eden*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Dawkins, R. 1996. *Climbing Mount Improbable*. London: Viking.

Dawkins, R. 1998. *Unweaving the Rainbow*. London: Penguin.

Dawkins, R. 1999. *The Extended Phenotype*, rev. edn. Oxford: Oxford University Press.

Dawkins, R. 2004. *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Dawkins, R. 2006. *The Selfish Gene*, 30th anniversary edn. Oxford: Oxford University Press. (First publ. 1976.)

Dawkins, R. and Krebs, J. R. 1979. 'Arms races between and within species', *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, 205, 489–511.

de Panafieu, J.-B. and Gries, P. 2007. *Evolution in Action: Natural History through Spectacular Skeletons*. London: Thames & Hudson.

Dennett, D. 1995. *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*. London: Allen Lane.

Desmond, A. and Moore, J. 1991. *Darwin: The Life of a Tormented Evolutionist*. London: Michael Joseph.

Diamond, J. 1991. *The Rise and Fall of the Third Chimpanzee: Evolution and Human Life*. London: Radius.

Domning, D. P. 2001. 'The earliest known fully quadrupedal sirenian', *Nature*, 413, 625–7.

Dubois, E. 1935. 'On the gibbon-like appearance of *Pithecanthropus erectus*', *Proceedings of the Section of Sciences of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen*, 38, 578–85.

Dudley, J. W. and Lambert, R. J. 1992. 'Ninety generations of selection for oil and protein in maize', *Maydica*, 37, 81–7.

Eltz, T.; Roubik, D. W.; and Lunau, K. 2005. 'Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees', *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59, 149–56.

Endler, J. A. 1980. 'Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*', *Evolution*, 34, 76–91.

Endler, J. A. 1983. 'Natural and sexual selection on color patterns in poeciliidfishes', *Environmental Biology of Fishes*, 9, 173–90.

Endler, J. A. 1986. *Natural Selection in the Wild*. Princeton: Princeton University Press.

Fisher, R. A. 1999. *The Genetical Theory of Natural Selection: A Complete Variorum Edition.* Oxford: Oxford University Press.

Fortey, R. 1997. *Life: An Unauthorised Biography. A Natural History of the First Four Thousand Million Years of Life on Earth.* London: HarperCollins.

Fortey, R. 2000. *Trilobite: Eyewitness to Evolution.* London: HarperCollins.

Futuyma, D. J. 1998. *Evolutionary Biology*, 3rd edn. Sunderland, Mass.: Sinauer.

Gillespie, N. C. 1979. *Charles Darwin and the Problem of Creation.* Chicago: University of Chicago Press.

Goldschmidt, T. 1996. *Darwin's Dreampond: Drama in Lake Victoria*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Gould, S. J. 1977. *Ontogeny and Phylogeny*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Gould, S. J. 1978. *Ever since Darwin: Refl ections in Natural History*. London: Burnett Books / Andre Deutsch.

Gould, S. J. 1983. *Hen's Teeth and Horse's Toes.* New York: W. W. Norton.

Grafen, A. 1989. *Evolution and its Infl uence*. Oxford: Clarendon Press.

Gribbin, J. and Cherfas, J. 2001. *The First Chimpanzee: In Search of Human Origins*. London: Penguin.

Haeckel, E. 1974. *Art Forms in Nature*. New York: Dover.

Haldane, J. B. S. 1985. *On Being the Right Size and Other Essays*. Oxford: Oxford University Press.

Hallam, A. and Wignall, P. B. 1997. *Mass Extinctions and their Aftermath.* Oxford: Oxford University Press.

Hamilton, W. D. 1996. *Narrow Roads of Gene Land*, vol. 1: *Evolution of Social Behaviour*. Oxford: W. H. Freeman / Spektrum.

Hamilton, W. D. 2001. *Narrow Roads of Gene Land*, vol. 2: *Evolution of Sex*. Oxford: Oxford University Press.

Harrison, D. F. N. 1980. 'Biomechanics of the giraffe larynx and trachea', *Acta Oto-Laryngology and Otology*, 89, 258–64.

Harrison, D. F. N. 1981. 'Fibre size frequency in the recurrent laryngeal nerves of man and giraffe', *Acta Oto-Laryngology and Otology*, 91, 383–9.

Helmholtz, H. von. 1881. *Popular Lectures on Scientifi c Subjects*, 2nd edn, trans. E. Atkinson. London: Longmans.

Herrel, A.; Huyghe, K.; Vanhooydonck, B.; Backeljau, T.; Breugelmans, K.; Grbac, I.; Van Damme, R.; and Irschick, D. J. 2008. 'Rapid large-scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 4792–5.

Herrel, A.; Vanhooydonck, B.; and Van Damme, R. 2004. 'Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or constraint?' *Journal of Evolutionary Biology*, 17, 974–84.

Horvitz, H. R. 2003. 'Worms, life and death', in T. Frängsmyr, ed., *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, 320–51. Stockholm: The Nobel Foundation.

Huxley, J. 1942. *Evolution: The Modern Synthesis.* London: Allen & Unwin.

Huxley, J. 1957. *New Bottles for New Wine: Essays.* London: Chatto & Windus.

Ji, Q.; Luo, Z.-X.; Yuan, C.-X.; Wible, J. R.; Zhang, J.-P.; and Georgi, J. A. 2002. 'The earliest known eutherian mammal', *Nature*, 416, 816–22.

Johanson, D. and Edgar, B. 1996. *From Lucy to Language*. New York: Simon & Schuster.

Johanson, D. C. and Edey, M. A. 1981. *Lucy: The Beginnings of Humankind*. London: Granada.

Jones, S. 1993. *The Language of the Genes: Biology, History and the Evolutionary Future*. London: HarperCollins.

Jones, S. 1999. *Almost Like a Whale: The Origin of Species Updated*. London: Doubleday.

Joyce, W. G. and Gauthier, J. A. 2004. 'Palaeoecology of Triassic stem turtles sheds new light on turtle origins', *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, 271, 1–5.

Keynes, R. 2001. *Annie's Box: Charles Darwin, his Daughter and Human Evolution.* London: Fourth Estate.

Kimura, M. 1983. *The Neutral Theory of Molecular Evolution.* Cambridge: Cambridge University Press.

Kingdon, J. 1990. *Island Africa.* London: Collins.

Kingdon, J. 1993. *Self-Made Man and his Undoing.* London: Simon & Schuster.

Kingdon, J. 2003. *Lowly Origin: Where, When, and Why our Ancestors First Stood Up*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.

Kitcher, P. 1983. *Abusing Science: The Case Against Creationism*. Milton Keynes: Open University Press.

Leakey, R. 1994. *The Origin of Humankind*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Leakey, R. and Lewin, R. 1992. *Origins Reconsidered: In Search of What Makes Us Human*. London: Little, Brown.

Leakey, R. and Lewin, R. 1996. *The Sixth Extinction: Biodiversity and its Survival*.

London: Weidenfeld & Nicolson.

Lenski, R. E. and Travisano, M. 1994. 'Dynamics of adaptation and diversification: a 10,000-generation experiment with bacterial populations', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91, 6808–14.

Li, C.; Wu, X.-C.; Rieppel, O.; Wang, L.-T.; and Zhao, L.-J. 2008. 'An ancestral turtle from the Late Triassic of southwestern China', *Nature*, 456, 497–501.

Lorenz, K. 2002. *Man Meets Dog*, 2nd edn. London: Routledge.

Malthus, T. R. 2007. *An Essay on the Principle of Population*. New York: Dover. (First publ. 1798.)

Marchant, J. 1916. *Alfred Russel Wallace: Letters and Reminiscences*, vol. 1. London: Cassell.

Martin, J. W. 1993. 'The samurai crab', *Terra*, 31, 30–4.

Maynard Smith, J. 2008. *The Theory of Evolution*, 3rd edn. Cambridge: Cambridge University Press.

Mayr, E. 1963. *Animal Species and Evolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Mayr, E. 1982. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Medawar, P. B. 1982. *Pluto's Republic*. Oxford: Oxford University Press.

Mendel, G. 2008. *Experiments in Plant Hybridisation*. New York: Cosimo Classics.

Meyer, R. L. 1998. 'Roger Sperry and his chemoaffinity hypothesis', *Neuropsychologia*, 36, 957–80.

Miller, J. D.; Scott, E. C.; and Okamoto, S. 2006. 'Public acceptance of evolution', *Science*, 313, 765–6.

Miller, K. R. 1999. *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground between God and Evolution*. New York: Cliff Street Books.

Miller, K. R. 2008. *Only a Theory: Evolution and the Battle for America's Soul*. New York: Viking.

Monod, J. 1972. *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*. London: Collins.

Morris, D. 2008. *Dogs: The Ultimate Dictionary of Over 1,000 Dog Breeds*. London: Trafalgar Square.

Morton, O. 2007. *Eating the Sun: How Plants Power the Planet*. London: Fourth Estate.

Nesse, R. M. and Williams, G. C. 1994. *The Science of Darwinian Medicine*. London: Orion.

Odell, G. M.; Oster, G.; Burnside, B.; and Alberch, P. 1980. 'A mechanical model for epithelial morphogenesis', *Journal of Mathematical Biology*, 9, 291–5.

Owen, D. F. 1980. *Camouflage and Mimicry*. Oxford: Oxford University Press.

Owen, R. 1841. 'Notes on the anatomy of the Nubian giraffe (Camelopardalis)', *Transactions of the Zoological Society of London*, 2, 217–48.

Owen, R. 1849. 'Notes on the birth of the giraffe at the Zoological Society's gardens, and description of the foetal membranes and some of the natural and morbid appearances observed in the dissection of the young animal', *Transactions of the Zoological Society of London*, 3, 21–8.

Owen, R. B.; Crossley, R.; Johnson, T. C.; Tweddle, D.; Kornfield, I.; Davison, S.; Eccles, D. H.; and Engstrom, D. E. 1989. 'Major low levels of Lake Malawi and their implications for speciation rates in cichlid fishes', *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, 240, 519–53.

Oxford English Dictionary, 2nd edn, 1989. Oxford: Oxford University Press.

Pagel, M. 2002. *Encyclopedia of Evolution*, 2 vols. Oxford: Oxford University Press.

Penny, D.; Foulds, L. R.; and Hendy, M. D. 1982. 'Testing the theory of evolution by comparing phylogenetic trees constructed from five different protein sequences', *Nature*, 297, 197–200.

Pringle, J. W. S. 1948. 'The gyroscopic mechanism of the halteres of Diptera', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Series B, *Biological Sciences*, 223, 347–84.

Prothero, D. R. 2007. *Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters*. New York: Columbia University Press.

Quammen, D. 1996. *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*. London: Hutchinson.

Reisz, R. R. and Head, J. J. 2008. 'Palaeontology: turtle origins out to sea', *Nature*, 456, 450–1.

Reznick, D. N.; Shaw, F. H.; Rodd, H.; and Shaw, R. G. 1997. 'Evaluation of the rate of evolution in natural populations of guppies (*Poecilia reticulata*)', *Science*, 275, 1934–7.

Ridley, Mark 1994. *A Darwin Selection*, 2nd rev. edn. London: Fontana.

Ridley, Mark 2000. *Mendel's Demon: Gene Justice and the Complexity of Life*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Ridley, Mark 2004. *Evolution*, 3rd edn. Oxford: Blackwell.

Ridley, Matt 1993. *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature*. London: Viking.

Ridley, Matt 1999. *Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters*. London: Fourth Estate.

Ruse, M. 1982. *Darwinism Defended: A Guide to the Evolution Controversies*. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Sagan, C. 1981. *Cosmos*. London: Macdonald.

Sagan, C. 1996. *The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark*. London: Headline.

Sarich, V. M. and Wilson, A. C. 1967. 'Immunological time scale for hominid evolution', *Science*, 158, 1200–3.

Schopf, J. W. 1999. *Cradle of Life: The Discovery of Earth's Earliest Fossils*. Princeton: Princeton University Press.

Schuenke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U.; and Rude, J. 2006. *Atlas of Anatomy*. Stuttgart: Thieme.

Sclater, A. 2003. 'The extent of Charles Darwin's knowledge of Mendel', *Georgia Journal of Science*, 61, 134–7.

Scott, E. C. 2004. *Evolution vs. Creationism: An Introduction*. Westport, Conn.: Greenwood.

Shermer, M. 2002. *In Darwin's Shadow: The Life and Science of Alfred Russel Wallace*. Oxford: Oxford University Press.

Shubin, N. 2008. *Your Inner Fish: A Journey into the 3.5 Billion-Year History of the Human Body*. London: Allen Lane.

Sibson, F. 1848. 'On the blow-hole of the porpoise', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 138, 117–23.

Simons, D. J. and Chabris, C. F. 1999. 'Gorillas in our midst: sustained inattentional blindness for dynamic events', *Perception*, 28, 1059–74.

Simpson, G. G. 1953. *The Major Features of Evolution*. New York: Columbia University Press.

Simpson, G. G. 1980. *Splendid Isolation: The Curious History of South American Mammals*. New Haven: Yale University Press.

Skelton, P. 1993. *Evolution: A Biological and Palaeontological Approach*. Wokingham: Addison-Wesley.

Smith, J. L. B. 1956. *Old Fourlegs: The Story of the Coelacanth*. London: Longmans.

Smolin, L. 1997. *The Life of the Cosmos*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Söll, D. and RajBhandary, U. L. 2006. 'The genetic code – thawing the "frozen accident"', *Journal of Biosciences*, 31, 459–63.

Southwood, R. 2003. *The Story of Life*. Oxford: Oxford University Press.

Stringer, C. and McKie, R. 1996. *African Exodus: The Origins of Modern Humanity*. London: Jonathan Cape.

Sulston, J. E. 2003. '*C. elegans*: the cell lineage and beyond', in T. Frängsmyr, ed., *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, 363–81. Stockholm: The Nobel Foundation.

Sykes, B. 2001. *The Seven Daughters of Eve: The Science that Reveals our Genetic Ancestry*. London: Bantam.

Thompson, D. A. W. 1942. *On Growth and Form*. Cambridge: Cambridge University Press.

Thompson, S. P. and Gardner, M. 1998. *Calculus Made Easy: Being a Very Simplest Introduction to Those Beautiful Methods of Reckoning Which Are Generally Called by the Terrifying Names of the Differential Calculus and the Integral Calculus*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Thomson, K. S. 1991. *Living Fossil: The Story of the Coelacanth*. London: Hutchinson Radius.

Trivers, R. 2002. *Natural Selection and Social Theory*. Oxford: Oxford University Press.

Trut, L. N. 1999. 'Early canid domestication: the farm-fox experiment', *American Scientist*, 87, 160–9.

Tudge, C. 2000. *The Variety of Life: A Survey and a Celebration of All the Creatures that Have Ever Lived*. Oxford: Oxford University Press.

Wallace, A. R. 1871. *Contributions to the Theory of Natural Selection: A Series of Essays*. London: Macmillan.

Weiner, J. 1994. *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in our Time*. London: Jonathan Cape.

Wickler, W. 1968. *Mimicry in Plants and Animals*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Williams, G. C. 1966. *Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought*. Princeton: Princeton University Press.

Williams, G. C. 1992. *Natural Selection: Domains, Levels, and Challenges*. Oxford: Oxford University Press.

Williams, G. C. 1996. *Plan and Purpose in Nature*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Williams, R. 2006. *Unintelligent Design: Why God Isn't as Smart as She Thinks She Is*. Sydney: Allen & Unwin.

Wilson, E. O. 1984. *Biophilia*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Wilson, E. O. 1992. *The Diversity of Life*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Wolpert, L. 1991. *The Triumph of the Embryo*. Oxford: Oxford University Press.

Wolpert, L.; Beddington, R.; Brockes, J.; Jessell, T.; Lawrence, P.; and Meyerowitz, E. 1998. *Principles of Development*. London and Oxford: Current Biology / Oxford University Press.

Young, M. and Edis, T. 2004. *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.

Zimmer, C. 1998. *At the Water's Edge: Macroevolution and the Transformation of Life*. New York: Free Press.

Zimmer, C. 2002. *Evolution: The Triumph of an Idea*. London: Heinemann.

KULLANILAN RESİMLER HAKKINDA BİLGİ

Hem metnin içindeki hem de renkli kısımlardaki resimlerin doğruluk ve uygunluğu konusunda değerli öneri ve yönlendirmelerini esirgemeyen şu kişilere yürekten teşekkür ediyoruz: Larry Benjamin, Catherine Bosivert, Philippa Brewer, Ralf Britz, Sandra Chapman, Jennifer Clack, Margaret Clegg, Daryl P. Domning, Anthony Herrel, Zerina Johanson, Barrie Juniper, Paul Kenrick, Zhe-Xi Luo, Colin McCarthy, David Martill, P. Z. Myers, Colin Palmer, Roberto Portela-Miguez, Mai Qaraman, Lorna Steel, Chris Stringer, John Sulston and Peter Wellnhofer.

RENKLİ SAYFALAR

sayfa 1: *The Earthly Paradise* by Jan Brueghel the Elder, 1607–8, Louvre, Paris: Lauros/Giraudon/ The Bridgeman Art Library.

sayfa 2–3: (a) Wild cabbage (*Brassica oleracea*), sea cliffs, Dorset: © Martin Fowler/Alamy; (b) vegetable spiral: Tom Poland; (c) Bernard Lavery, holder of 14 world records, with one of his giant cabbages in Spalding, Lincs., 1993: Chris Steele-Perkins/Magnum Photos; (d) sunflowers, Great Sand Dunes National Monument, Colorado: © Chris Howes/Wild Places Photography/Alamy; (e) sunflower field, Hokkaido: Mitsushi Okada/Getty Images; (f) Astucieux du Moulin de Rance, a British Belgian Blue bull, presented by B. E. Newton: Yann Arthus-Bertrand/CORBIS; (g) Kathy Knott, the winner in a posing routine at the 1996 British Bodybuilding Championships: © Barry Lewis/Corbis; (h) Chihuahua and Great Dane: © moodboard/alamy.

sayfa 4–5: (background) summer meadow, Norfolk: © G&M Garden Images/Alamy; (a) comet orchid (*Angraecum sesquipedale*), Perinet National Park, Madagascar: Pete Oxford/Nature Picture Library and *Xanthopan morgani praedicta*: © the Natural History Museum/Alamy; (b) bucket orchid (*Coryanthes speciosa*): © Custom Life Science Images/Alamy; (c) bee emerging from a bucket orchid: photolibrary/Oxford Scientific Films; (d) Andean Emerald hummingbird (*Amazillia franciae*), Mindo, Ecuador: Rolf Nussbaumer/Nature Picture Library; (e) South African sunbird, Cape Town, South Africa: © Nic Bothma/epa/Corbis; (f) Hummingbird Hawk-moth (*Macroglossum stellatarum*), Switzerland: Rolf Nussbaumer/Nature Picture Library; (g) hammer orchid and wasp, Western Australia: Babs and Bert Wells/Oxford Scientific Films/ photolibrary; (h) *Ophrys holosericea* orchid attracting male buff-tailed bumble bee: blickwinkel/ Alamy; (i, j) evening primrose (*Oenothera biennis*) in normal and ultraviolet light: both Bjorn Rorslett/Science Photo Library; (k) spider orchid (*Brassia rex*), Papua New Guinea: © Doug Steeley /Alamy

sayfa 6–7: (a) Pair of pheasants (*Phasianus colchius*): Richard Packwood/Oxford Scientific Films/photolibrary; (b) guppies: Maximillian Winzieri/Alamy; (c) Malaysian orchid mantis (*Hymenopus coronatus*), Malaysia: Thomas Minden/Minden Pictures/National Geographic Stock; (d) leaf mantis nymph, Amazon rainforest, Ecuador: © Michael & Patricia Fogen/ Corbis; (e) satanic leaf-tailed gecko: © Jim Zuckerman/Corbis; (f) caterpillar mimicking snake, rainforest, Costa Rica.

sayfa 8: Gorilla experiment: Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattentional blindness for dynamic events. *Perception*, 28, 1059–1074. Crocoduck tie: courtesy of Josh Timonen. Caddis fly: photo courtesy of Graham Owen.

sayfa 9: *Darwinius masillae*: © Atlantic Productions Ltd/photo Sam Peach.

sayfa 10–11: (a) Devonian scene by Karen Carr: © Field Museum; (b) *Tiktaalik* fossil: © Ted Daeschler/Academy of Natural Sciences/VIREO; (c) *Tiktaalik* model and photo: copyright Tyler Keillor; (d) manatee and calves, ZooParc, Saint-Aignan, 2003: AFP/ Getty Images; (e) dugong at Sydney Aquarium, 2008: AFP/Getty Images; (f) *Odontochelys*: Marlene Donnelly/courtesy of The Field Museum.

sayfa 12–13: (a, b) the enzyme hexokinase closes round a glucose molecule: courtesy Thomas A. Steitz. (c) Cutaway artwork of an animal cell: Russell Knightley/Science Photo Library.

sayfa 14–15: (a) Fertilized human egg cell and (b) two-cell human embryo at 30 hours: both Edelmann/Science Photo Library; (c) eight-cell human embryo at 3 days and (d) sixteen-cell human embryo at 4 days: both Dr Yorgos Nikas/Science Photo Library; (e) embryo at 10 days inside the womb, just implanted in the uterine lining; (f) at 22 days, the embryo has a curved backbone and the neural tube is open at both ends; (g) at 24 days, the embryo is firmly implanted in the uterine wall, the heart extends almost up to the head and the placenta links it to the uterus, and (h) at 25 days: all photo Lennart Nilsson © Lennart Nilsson; embryo (i) at 5-6 weeks; (j) at 7 weeks: both Edelmann/Science Photo Library; (k) foetus at 17 weeks, (l) at 22 weeks: both Oxford Scientific Films/photolibrary; (m) newborn baby: Getty Images/Steve Satushek.

sayfa 16: Starling sequence: dylan.winter@virgin.net.
sayfa 17: San Andreas Fault in the Carrizzo Plain, Central California: © Kevin Schafer/Alamy.
sayfa 18–19: (a) Diagram showing the age of the oceanic lithosphere, data source: R. D. Muller, M.Sdrolias, C. Gaina and W. R. Roest, 'Age spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust', Geochem. Geophys. Geosyst. 9.Q04006. doi:10.1029/2007/GC001743. Image created by Elliot
Lim, CIRES & NOAA/NGDC, Marine Geology and Geophysics Division. Data & images available from http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/; (b) artwork showing the process of sea floor spreading: Gary Hincks/Science Photo Library; (c) artwork showing convection currents: © Tom Coulson/ Dorling Kindersley.
sayfa 20–1: (a) Caldera of a volcano, Fernandina Island, Galapagos: Patrick Morris/Nature Picture Library; (b) Galapagos Islands from space: Jacques Descloitres, MODIS Land Rapid Response Team, NASA/GSFC; (c), (d), (f), (g) Diving pelican, Seymour Island; swimming marine iguana Fernandina Island; Galapagos tortoise, Santa Cruz; and pelican, penguin and Sally Lightfoot crabs, Santiago Island: all © Josie Cameron Ashcroft; (e) Espanola saddleback tortoise (*Geochelone elephantopus hoodensis*), Santa Cruz Island, Galapagos: Mark Jones/ Oxford Scientific/photolibrary.
sayfa 22–3: (a) Eastern Grey kangaroo (*Macropus giganteus*), Murramarang National Park, New South Wales: Jean Paul Ferrero/Ardea; (b) open eucalyptus woodland, near Norseman, Western Australia: Brian Rogers/Natural Visions; (c) koala and joey: photo courtesy Wendy Blanshard/ Lone Pine Koala Sanctuary; (d) duck-billed platypus (*Ornithorhynchus anatinus*), swimming underwater; (e) ringtailed lemur (*Lemur catta*), Berenty Reserve, Southern Madagascar: Hermann Brehm/Nature Picture Library; (f) baobab tree, (*Adansonia grandidieri*), Western Madagascar: Nick Garbutt/Nature Picture Library; (g) Verreaux's sifaka lemur (*Propithecus verreauxi*), Berenty Reserve, Southern Madagascar: (*left*) Kevin Schafer/Alamy; (*middle*) © Kevin Schafer/Corbis; (*right*) Heather Angel/Natural Visions.
sayfa 24: Blue-footed booby (*Sula nebouxii*): (*main picture*) © Michael DeFreitas South America/ Alamy; (*top to bottom*) © Westend 61/Alamy; © Fred Lord/Alamy; F1Online/photolibrary; (*bottom two*) Nick Garbutt/Photoshot.
sayfa 25: Clare D'Alberto: © David Paul / dpimages 2009.
sayfa 26–7: (a) spider monkey, Belize, Central America: Cubolimages srl/Alamy; (b) male flying lemur, Borneo: Tim Laman/National Geographic Stock; (c) Egyptian fruit bat: © Tim Flach.
sayfa 28–9: (a) Ostrich (*Struthhio camelus*), running: © Juniors Bildarchiv/Alamy; (b) flightless cormorant (*Nannopterum harrisi*), Punta Espinosa, Fernandina, Galapagos: © Peter Nicholson/ Alamy; (c) flightless cormorant (*Nannopterum harrisi*), diving, Fernandina, Galapagos: Pete Oxford/Nature
Picture Library; (d) kakapo (*Strigops harboptilus*), New Zealand; (e) harvester ant removes her wings before giving birth, artwork by John Dawson: National Geographic/Getty Images; (f) cave salamander (*Proteus anguinus*): Francesco Tomasinelli/ Natural Visions; (g) short-beaked common dolphin (*Delphinus delphis*), Gulf of California, Mexico
sayfa 30–1: (a) European cuckoo ejecting host shrike (*Lanius senator*) egg from nest, Spain: © Nature Picture Library/Alamy; (b) lioness (*Panthera leo*), hunting young kudu, Etosha National Park, Namibia: © Martin Harvey/Alamy: (c) Large White (*Pieris brassicae*) caterpillar with larvae of parasitoid wasp (*Cotesia glomerata*) leaving to pupate: © WILDLIFE GmbH/ Alamy; (d) canopy of Kapur trees, Selangor, Malaysia: © Hans Strand **sayfa 32**: (a) Amazon estuary, aerial view: © Stock Connection Distribution/Alamy; (b) wild garlic (*Allium ursinum*), Cornwall: © Tom Joslyn/Alamy; (c) hills and pastureland, Morgan Territory, California: © Brad Perks Lightscapes/Alamy; (d) moss (*Hookeria luscens*), leaf cells, a polarised light micrograph, showing two whole cells containing chloroplasts: Dr Keith Wheeler/Science Photo Library.

METİNDEKİ ÇİZİMLER
(Sayfa numaraları İngilizce orjinal kitaba ait olan numaralar olarak bırakılmıştır)
Metinde şu sayfalarda bulunan resimler HL Studios tarafından yeniden çizilmiştir: 90, 149 (her ikisi), 153, 166, 167, 168 (her ikisi), 173 (her ikisi), 176, 177, 186, 187, 189, 191, 192 (her ikisi), 193, 196, 222, 225, 227, 228, 230, 231, 232, 287, 289, 290, 294 (her ikisi), 295 (her ikisi), 300 (hepsi), 302, 304, 307, 343, 346, 347 (her ikisi), 350 (her ikisi), 354, 357 and 365.
Diğer resimler:
sayfa 7: 'I still say it's only a theory', cartoon by David Sipress from the *New Yorker*, 23 May 2005: © The New Yorker Collection 2005 David Sipress from cartoonbank.com. All Rights Reserved.
sayfa 40 and 42: Computer-generated images courtesy the author.

sayfa 55: Hamburgh fowl, Spanish fowl and Polish fowl, from Charles Darwin, *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, 1868.
sayfa 57: Kabuki mask of a samurai warrior, detail of a 19th-century woodblock by Utagawa Toyokuni III, photo courtesy Los Angeles Natural History Museum. *Heikea japonica*, a male collected in Ariake Bay, off Kyushyu, Japan, 1968, width 20.4mm, photo Dick Meier, courtesy Los Angeles Natural History Museum.
sayfa 67: Two lines of maize selected for high and low oil content, from J. W. Dudley and R. G. Lambert, 'Ninety generations of selection for oil and protein in maize', *Maydica* 37 (1992) 81–7.
sayfa 68: Two lines of rats, from H. R. Hunt, C. A. Hoppert and S. Rosen, 'Genetic factors in experimental rat caries', in R. F. Sognnaes, ed., *Advances in Experimental Caries Research* (Washington DC: American Association for the Advancement of Science, 1955), 66–81.
sayfa 75: Dmitry Belyaev with laboratory foxes, Novosibirsk, Russia, March 1984, photo RIA Novosti; inset photo from D. K. Belayev, 'Destabilizing selection as a factor in domestication', *Journal of Heredity* 70 (1979), 301–8.
sayfa 112: Graph from A. C. Brooks and I. O. Buss, 'Trend in tusk size of the Uganda elephant', *Mammalia* 26: 1 (1962), 10–34.
sayfa 115: Diagram from A. Herrel, B. Vanhooydonck and R. van Damme, 'Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or restraint', Journal of Evolutionary Biology 17 (2004), 974–84.
sayfa 116: Photograph of caecal valve, from A. Herrel, B. Vanhooydonck and R. van Damme, 'Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or restraint', *Journal of Evolutionary Biology* 17 (2004), 974–84; photo courtesy Anthony Herrel.
sayfa 123 (both), **125** and **127**: Lenski experiment, diagrams from R. E. Lenski and M. Travisano, 'Dynamics of adaptation and diversification: a 10,000-generation experiment with bacterial populations', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 91 (1994), 6808–14.
sayfa 140: *Lingula*: 'Recent specimen of the brachiopod *Lingula* with long pedicle emerging from the 5 cm long valves of the phosphatic shell', © Natural History Museum, London. *Lingulella*, engraving © Natural History Museum, University of Oslo.
sayfa 153: *Eomaia scansoria*, Chinese Academy of Geological Sciences (CAGS), redrawn from Qiang Ji, Zhe-Xi Luo, Chong-Xi Yuan, John R. Wible, Jian-Ping Zhang and Justin A. Georgi, 'The earliest known eutherian mammal', *Nature* 416 (25 April 2002), 816–22.
sayfa 166: *Eusthenopteron*, after S.M. Andrews and T.S. Westoll, 'The postcranial skeleton of *Eusthenopteron foordi* Whiteaves', *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 68 (1970), 207–329.
sayfa 167: *Ichthyostega*, after Per Erik Ahlberg, Jennifer Clack and Henning Blom, 'The axial skeleton of the Devonian tetrapod *Ichthyostega*', *Nature* 437 (1 Sept. 2005), 137–40, fig. 1. *Acanthostega*, after J. A. Clack, 'The emergence of early tetrapods', *Palaeogeography, Palaeoclimatoogy, Palaeoecology* 232 (2006), 167–89.
sayfa 168: *Panderichthys*, reconstruction after Jennifer A. Clack.
sayfa 171: Diagram from D. R. Prothero, *Evolution: What the Fossils Say and Why it Matters*, copyright © 2007 Columbia University Press. Reprinted with permission from the publisher.
sayfa 173 (below): Reconstructed composite skeleton of *Pezosiren portelli*. Lateral view, length roughly 2.1 m. Shaded elements are represented by fossils; unshaded elements . . . are not. The length of the tail, and the form and posture of the feet are partly conjectural. After D. P. Domning, 'The earliest known fully quadrupedal sirenian', *Nature* 413 (11 Oct. 2001), 626–7, fig. 1.
sayfa 177: Diagram modified from W. G. Joyce and J. A. Gauthier, 'Palaeoecology of Triassic stem turtles sheds new light on turtle origins', *Proceedings of the Royal Society of London* 271 (2004), 1–5.
sayfa 204: *Sahelanthropus tchadensis*, reconstruction by © Bone Clones.
sayfa 205: Skull of a foetal chimpanzee, reconstruction by © Bone Clones.
sayfa 206: Baby and adult chimpanzee, photos courtesy Stephen Carr, from Adolf Naef, 'Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschädels', *Die Naturwissenschaften* 14: 21 (1926), 472–7. Original photos by Herbert Lang taken during the American Natural History Museum Congo Expedition, 1909–15.
sayfa 222: Three kinds of virus, after Neil. A. Campbell, Jane B. Reece and Lawrence G. Mitchell, *Biology*, 5th edn, fig. 18.2, p. 321. Copyright © 1999 by Benjamin/Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc. Reprinted by permission of Pearson Education, Inc.
sayfa 227: Neurulation diagram, courtesy PZ Myers.
sayfa 242–3: Cellular family tree of *Caenorhabditis elegans*, http://www.wormatlas.org.
sayfa 259: Map of the Galapagos archipelago, from Charles Darwin, *Journal of Researches*, 1st illus. edn, 1890, © The Natural History Museum, London.
sayfa 266: Forest trees on St Helena, by courtesy of Jonathan Kingdon.

sayfa 275: 'South America Secedes', cartoon by John Holden from Robert S. Diets, 'More about continental drift', *Sea Frontiers*, magazine of the International Oceanographic Foundation, March–April 1967.
sayfa 289: Pterodactyl skeleton, after P. Wellnhofer, *Pterosaurs* (London: Salamander Books, 1991).
sayfa 292: Polydactylic horse, from O. C. Marsh, 'Recent polydactyle horses', *American Journal of Science*, April 1892.
sayfa 295: Okapi skeleton, after a drawing by Jonathan Kingdon.
sayfa 301: Thylacine skull, S. R. Sleightholme and N. P. Ayliffe, International Thylacine Specimen Database, Zoological Society of London (2005).
sayfa 304: Bdelloid rotifer, after Marcus Hartog, 'Rotifera, gastrotricha, and kinorhyncha', *The Cambridge Natural History*, vol. II (1896)
sayfa 309: 'Various species of crabs and crayfishes', from Ernst Haeckel, *Kunstformen der Natur* (1899–1904)
sayfa 311–12: diagrams from D'Arcy Wentworth Thompson, *On Growth and Form* (1917)
sayfa 327: 'Hodgkin's Law', courtesy Jonathan Hodgkin.
sayfa 329: Phylogenetic tree, from David Hillis, Derrick Zwickl and Robin Gutell, University of Texas at Austin, www.zo.utexas.edu/faculty/antisense/DownloadfilesToL.html.
sayfa 347: *Anhanguera*: after John Sibbick.
sayfa 349: Female *Thaumatoxena andreinii silvestri*, from R. H. L. Disney and D. H. Kistner, 'Revision of the termitophilous Thaumatoxeninae (Diptera: Phoridae)', *Journal of Natural History* (1992) 26: 953–91.
sayfa 361: Diagram from R. J. Berry and A. Hallam, *The Collins Encyclopedia of Animal Evolution* (1986)
sayfa 363: Giraffe dissection, photo Joy S. Reidenberg PhD.
sayfa 364: Diagram after George C. Williams.
Telif hakkı sahiplerine ulaşmak için her türlü çaba harcanmıştır. Göz ardı edilen bir telif hakkı sahibi var ise yayıncılar olarak, ilerki baskılara gerekli eklemelerin yapılması için bizlere ulaşılmasından mutluluk duyacağız.

YERYÜZÜNDEKİ EN BÜYÜK GÖSTERİ



"Richard Dawkins bir sanatçının doğanın ustalığına duyduğu hayranlığı, bir bilim insanının bu ustalığın meydana geliş şeklini kavrayışıyla birleştiriyor."

—Matt Ridley, *Nature via Nurture* kitabının yazarı

"Bu yaşam görüşünde ihtişam var" diyordu Darwin evrim hakkında. Bu ihtişamı, tutkulu, berrak ve zeka dolu bir kalemi olan, Darwin'in saygın takipçisi Richard Dawkins'den daha iyi anlatacak biri yok.

—V. S. Ramachandran

Bu kitaba bir evrim savunusu demek kitabın esas noktasını ıskalamak olur: *Yeryüzündeki En Büyük Gösteri* insanlığın akıl ettiği en iyi fikirlerden birini kutluyor. Richard Dawkins'in evrimin öyküsünü ve dünyamızı nasıl şekillendirdiğini anlatışındaki dehaya hayret etmemek mümkün değil. Dawkins'i okurken evrim teorisinin güzelliği ve bilimin yaşamın gizemlerini ortaya çıkarmaktaki gücüne hayranlık duyacaksınız.

—Neil Shubin, *Your Inner Fish* kitabının yazarı

"Şu ana dek Richard Dawkins evrim hakkında söylenebilecek ilginç olan her şeyi söylemişti; bir istisnayla. Dawkins, evrimi destekleyen devasa kanıt yığınlarını ortaya koyduğu *Yeryüzündeki En Büyük Gösteri* ile bu boşluğu dolduruyor ve evrimin "sadece bir teori" olmadığını gösteriyor. Bu, Darwin Yılında okunması gereken önemli ve gerekli bir kitap."

—Jerry Coyne, *Why Evolution is True* kitabının yazarı

Evrimi ister kabul edin ister etmeyin, Dawkins'in Evrime Giriş niteliği taşıyan bu kitabını okuduktan sonar evrimi anlamış olacaksınız. Dawkins'in bilimi, seçme benzeşim ve mecazlarla (origamiyle embriyoloji!) açıklama yeteneği, paleontolojiden moleküler biyolojiye en yeni araştırmaları anlaşılabilir kılıyor ve aynı zamanda hızla genişleyen evrimsel biyoloji alanının coşkusunu yakalıyor.

—Eugenie C. Scott,
Ulusal Bilim Eğitimi Merkezi'nin yönetici müdürü

kuzey

www.kuzeyyayinlari.com

9 789944 315296