SEAN B. CARROLL

TÜRKÇESİ: ÇAĞATAY TARHAN



SERENGETİ YASALARI

YAŞAMIN İŞLEYİŞİNİ VE BUNUN ÖNEMİNİ KEŞFETME ARAYIŞI

GİNKO BİLİM

SEAN B. CARROL

Ödüllü bir bilim insanı, yazar, eğitimci ve yapımcıdır. Howard Hughes Tıp Okulu'nda, Bilim Eğitimi dalında müdür yardımcısıdır ve Madison'da bulunan Wisconsin Üniversitesi'ndeki Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü'nde Allan Wilson Profesörüdür. Kitapları arasında *Endless Forms Most Beautiful, Brave Genius* ve kurgu olmayan kitaplar dalında Ulusal Kitap Ödülü için finale kalan *Remarkable Creatures* bulunmaktadır. Maryland, Chevy Chase'de yaşamını sürdürmektedir.

ÇAĞATAY TARHAN

1977 doğumlu olan Çağatay Tarhan, Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden mezun olmuştur. İstanbul Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü'nde yüksek lisans ve doktorasını tamamlamıştır ve halen aynı bölümde çalışmalarını sürdürmektedir. Bugüne dek kendi alanıyla ilgili çeşitli akademik eserlerin Türkçeleştirilmesine katkı sağlamıştır. Alfa Bilim Dizisinden çıkan *Hayvanlar Ne İster?* (Marian S. Dawkins), *Üçüncü Şempanze* (Jared Diamond), *Özgürlüğün Evrimi* (Daniel Dennett) ve *Genişlemiş Fenotip* (R. Dawkins) kitaplarının çevirmenidir.

Kitabın özgün adı: The Serengeti Rules:
The Quest to Discover How Life Works and Why It Matters

GİNKO BİLİM - 15

BİLİM DANIŞMA KURULU
KEREM CANKOÇAK • GÜNSELİ BAYRAM AKÇAPINAR • FERHAT SARI

SERENGETİ YASALARI SEAN B. CARROLL
YAŞAMIN İŞLEYİŞİNİ VE BUNUN ÖNEMİNİ KEŞFETME ARAYIŞI

The Serengeti Rules: The Quest to Discover How Life Works and Why It Matters

© 2016 Sean B. Carroll

Tüm hakları saklıdır. Yayıncının yazılı izni olmadan,
bu kitabın herhangi bir parçası herhangi bir biçim altında veya fotokopi,
kayıt dahil elektronik veya mekanik herhangi bir yolla veyahut herhangi bir bilgi
saklama ve geri alma sistemi vasıtasıyla yeniden üretilemez veya yayılamaz.

TÜRKÇESİ • **ÇAĞATAY TARHAN**

KAPAK ve İÇ TASARIM • **DEVRİM KOÇLAN**

ISBN 978-605-80678-1-3
Birinci Basım Mayıs 2019

© Ginko Kitap Ltd. Şti. 2019

Baskı: Mutlu Basım Yayın - Bahri Mutlu
Davutpaşa Cad. Güven İş Merkezi C Blok No. 256 Topkapı / İst.
Sertifika No: 18569

Ginko: Osmanağa Mah. Ali Suavi Sk. No: 10 D. 3 Kadıköy / İstanbul • Sertifika No: 35054
T: 0216 449 20 99 • F: 0216 449 21 00
www.ginkokitap.com • posta@ginkokitap.com



SEAN B. CARROLL

SERENGETİ YASALARI

YAŞAMIN İŞLEYİŞİNİ VE BUNUN ÖNEMİNİ KEŞFETME ARAYIŞI

TÜRKÇESİ: ÇAĞATAY TARHAN

GİNKO BİLİM

İÇİNDEKİLER

Giriş: Mucizeler ve Merak 09

I. HER ŞEY DÜZENLENİR 21

1 Vücudun Bilgeliği 23

2 Doğanın Ekonomisi 37

II. YAŞAMIN MANTIĞI 54

3 Düzenlemenin Genel Kuralları 59

4 Yağ, Geri Bildirim ve Mucize Mantar 81

5 Takılmış Gaz Pedalları ve Bozuk Frenler 99

III. SERENGETİ YASALARI 114

6 Bazı Hayvanlar Diğerlerinden Daha Eşittir 121

7 Serengeti Mantığı 141

8 Kanserin Başka Bir Türü 167

9 Altmış Milyon Kömür Balığı Alın ve On Yıl İçinde Bizi Arayın 181

10 Diriliş 197

Sonsöz: Yaşamın Yasaları 217

Teşekkür 229

Notlar 231

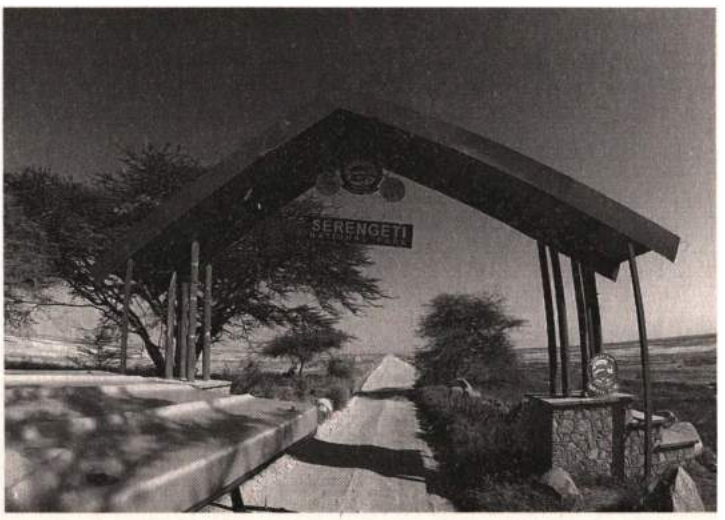
Kaynakça 247

Dizin 263

Hayvanlar ve onları gözeten insanlar için

Her birimizin kaderinin ve yaşamının günün birinde bir satranç oyununu kazanmamıza ya da kaybetmemize bağlı olacağının kesin olduğunu varsayalım. Taşların en azından isimlerini ve hamlelerini öğrenmeyi temel görev olarak benimsememiz gerektiğini düşünmez misiniz? ... Kaderin, yaşamın, her biriminizin ve şu ya da bu ölçüde bizimle ilişkide olan her canlının mutluluğunun satrançtan çok daha karmaşık ve zor olan bir oyunun kurallarına dair bir şeyleri bilmemize bağlı olduğu oldukça açık ve temel bir gerçektir. Bu, çok uzun çağlar boyunca oynanan bir oyundur... Dünya satranç tahtası, taşlar evrenin görüngüleri ve oyunun kuralları da Doğa'nın yasaları dediğimiz şeylerdir.

THOMAS H.HUXLEY, A LIBERAL EDUCATION (1868)



ŞEKİL 1 Naabi Giriş Kapısı, Serengeti Milli Parkı
Patrick Carroll'un izniyle.

GİRİŞ

MUCİZELER VE MERAK

Resmî olarak Tanzanya Route B144 olarak bilinen bozuk ve çakıl taşlı yol Afrika'nın iki büyük mucizesi arasında sarsıntılı, diş takırdatan ve idrar torbanızı zorlayan bir bağlantı yoludur.

Yolun doğu ucunda, 15 km'den fazla genişlikteki, Büyük Rift Vadisi'nin yok olmuş pek çok yanardağlarından birinin çökmesiyle ortaya çıkmış bir kaldera olan dev Ngorongoro Krateri'nin muazzam yeşil yamaçları bulunmaktadır ve burası 25.000'den fazla büyük hayvana ev sahipliği yapmaktadır. Batıda, bu bulutsuz, kartpostal güzelliğindeki günde, bizim varış yerimiz olan Serengeti'nin geniş düzlükleri uzanmaktadır.

Aradaki yol, Ngorongoro'nun yemyeşil dağlık arazisiyle sert bir karşıtlık oluşturur. Gözle görünür su kaynağı yoktur; yanlarından geçtiğimiz parlak kırmızı renkli şukalarıyla Maasai çobanı ve yanındaki çocuklar bulabildikleri her kahverengi anızlı bölgede hayvanlarını otlatıyordu. Fakat sarsıla sarsıla gittiğimiz yol, Serengeti Milli Parkı'nın basitçe yapılmış giriş kısmına vardığında, manzara değişmişti.

Maasai'ler yok olmuş, kullandıkları çorak toprak yerini saman rengi otlaklara bırakmış ve keçi ve sığırlar yerine kahvaltılarını toz içinde bırakanın kim ya da ne olduğunu görmek için bakan zarif, siyah şeritli Thomson ceylanları gelmişti.

Land Cruiser'ımızın içinde tahminler yapılıyordu. Gazellerin olduğu yerde, uzun otlar arasında gizlenmiş başka canlılar da olabilirdi. Aracın üzerindeki pencereyi açtık, ayağa kalktık ve aklımda Paul Simon'ın *Graceland*'ının Afrika ritimleri çalarken etrafı taramaya başladım.

Bu, Maasaililerin "sonsuz düzlük" anlamına gelen "Serengit" dedikleri yere ilk ziyaretimdi. Bu efsanevi vahşi yaşam mabedine yaptığım hac ziyaretinde bana eşlik eden ailemdi:

aileleriyle birlikte hacılar ve Graceland'a gidiyoruz

Başlangıçta biraz kaygılıydım. Bu vahşi yaşam neredeydi? Evet, kurak mevsimdi fakat her şey *gerçekten kurak* görünüyordu. Burası ününe layık olabilir miydi?

Sürüp giden otlaklar ancak nadiren kayalık tepelerle ya da *kopje*lerle kesintiye uğruyordu. Hayvanlar (ya da turistler), burada bulunan granit kayaların üzerinden kilometrelerce alanı tarayabiliyordu. Otların biraz üzerinden açığa çıkan gri ya da kırmızı renkli termit yuvaları da mevcuttu. Gözler doğal olarak bu şekillere takılıyordu.

"Orada ne var?" diye sordu araçtaki bir ses.

Birkaçımız dürbünlerimizi alıp birkaç yüz metre uzaklıktaki ıssız tepeciğe dikkat kesildik.

"Aslan!"

Altın renkli bir dişi aslan tepede durmuş çevresindeki otlar üzerinden etrafı süzüyordu.

Tamam, işte buradalar, diye kendi kendime mırıldandım. *Fakat meşhur Serengeti bu mu?*

Bu kuru ve uzun otlar arasında bir şeyleri görmek çok zor olacaktı. Gruptaki tek biyolog bendim ve benden başka kimsenin günler boyunca bunu yapmak istemesini bekleyemezdim.

Aracımızla ilerledikçe, aralarında oraya buraya serpiştirilmiş ve tepesi yassı biçimde olan birkaç akasya ağacının bulunduğu, yeşil otlaklar karşımıza çıktı. Bol miktarda su taşıyan bir nehir yatağı yeşil alanlar arasından dolanıyordu. Küçük bir tepeden geçip, bir dönemeci aldıktan sonra fren yaparak durduk; zebra ve Afrika antilobu yolu kapatmış ve tüm manzarayı engellemişti.

Burası bir farklı türler deniziydi. Belki de iki bin ya da daha fazla hayvan kargaşa içinde bir su birikintisinin kıyısında toplanmıştı. Zebraların çığlıkları havlamayla gülme arası bir şeydi: "kva-ha, kva-ha". Afrika antilobuysa "huh?" diye yalnızca söyleniyor gibi görünüyordu. Bir milyon kadar Afrika antilobu, iki yüz bin zebra ve on binlerce başka hayvan daha yeşil otlaklara doğru

yağmuru takip edip giderken bu topluluklar gezegendeki en büyük hayvan göçünün sona kalanlarıydı.

Solumuzda bulunan küçük tepenin –Dawn Patrol– oradaki su birikintisinin kıyısından gelen, yavruların da bulunduğu bir grup fil öndekileri yakalamak için koşuşturuyordu. Sürü yol açmak için birbirinden ayrıldı.

Serengeti oradan itibaren pek çok büyüklük, şekil ve renkte memelileri barındıran, bitimsiz bir tuval ortaya koyuyordu: radyo antenimiz gibi dik duran kuyruklarıyla gri renkli, küçük Afrika domuzları; iki ya da üç değil, en az dokuz Afrika antilobu türü; küçük Dikdik, dev Boğa Antilobu, İmpala, Topi Antilobu, Su Antilobu, Sığır Antilobu, Thomson Ceylanı ve daha büyük olan Grant Ceylanı ve çeşitli Antiloplar; Kara sırtlı çakallar, uzun boylu Masai Zürafası ve evet bu ilk günde pek çok aslan, bir ağaçta pinekleyen leopar ve yolun yarım metre ötesinde duran çita dahil olmak üzere üç büyük kedinin hepsi...

Pek çok fotoğraf görmüş ve film izlemiş olsam da hiçbir şey beni bu ilk kez gördüğüm baş döndürücü sahneyle karşılaşmaya hazırlamamıştı ve hiçbir şey bunun heyecanını bozamazdı.

Hayvanların oluşturduğu kalabalıkla birlikte görebildiğim kadar uzaklara yayılan akasyaların bulunduğu geniş yeşil vadiye bakarken ve güneş etrafımızı saran tepelerin ardında batarken, üzerime tuhaf ama hoş bir duygu çöktü. Bu, Tanzanya'ya ilk gelişim olsa da kendimi *evimde* hissediyordum.

Burası gerçekten de benim evimdi. Doğu Afrika'nın Rift Vadisi boyunca benim, sizin atalarınızın ve atalarımızın atalarının kemikleri gömülüydü. Ngorongoro Krateri'yle Serengeti arasında kırk beş kilometre uzunluğundaki verimsiz topraklardan oluşan, bükümlü bir labirent gibi Olduvai Gorge uzanıyordu. Onlarca yıllık araştırmadan sonra Mary ve Louis Leakey'in (ve onların oğullarının) Doğu Afrika'da 1,5-1,8 milyon yıl önce yaşamış insansıların bir değil, iki değil *üç* farklı türünü ortaya çıkardığı yer, onun aşınmış etekleriydi. Mary ve ekibi daha sonra kırk beş kilometre güneydeki Laetoli'de bizim küçük bir beyne sahip ama dik yürüyen atamız olan *Australopithecus afarensis*'e ait üç milyon altı yüz bin yıllık ayak izlerini keşfetti.

İnsansılara ait bu zor elde edilen kemikler, her ne kadar belirli aktörler değişmiş olsa da, bugün görebildiğimiz dramanın – sayısız şeytani avcıdan uzak durmaya çalışan, otlayan hayvan sürülerinin dramı– binlerce yıldır sürdüğünü söyleyen diğer hayvanların fosillerinin oluşturduğu samanlıkta, paha biçilmez iğnelerdi. Olduvai civarında bir yığın taş alet bulundu ve bu kemikler üzerindeki kesik izleri bize aynı zamanda atalarımızın yalnızca seyirci değil, eylemin oldukça içinde olduğunu da söylemekteydi.

* * *

İnsan hayatı binlerce yılda büyük oranda değişti fakat bu değişim asla geçtiğimiz yüzyıldaki kadar çok ve hızlı olmadı. Türümüz *Homo sapiens*'in iki yüz bin yıllık var oluşunun neredeyse tümünde biyolojinin kontrolü altındaydık. Meyveler, kabuklu yemişler ve bitkileri topladık; mevcut hayvanları ve balıkları avladık ve tıpkı zebralar ve Afrika antilopları gibi kaynaklar azaldığında göç ettik. Tarım yapıp uygarlık kurduktan ve şehirleri geliştirdikten sonra bile havanın, kıtlığın ve salgınların getirdiği zorluklara hâlâ oldukça maruz kalıyorduk.

Fakat geçtiğimiz birkaç yüzyılda durumu değiştirdik ve biyolojinin kontrolünü elimize aldık. Yirminci yüzyılın ilk yarısında üç yüz *milyon* kadar insanı öldüren (tüm savaşların toplamından çok daha fazla) çiçek hastalığı virüsü (Smallpox) tamamen etkisiz hale getirilmediyse de ortadan kaldırıldı. On dokuzuncu yüzyılda şehirlerde yaşayan tüm insanların %70–90'ına bulaşan ve belki de her yedi Amerikalıdan birinin ölümüne neden olan bir bakterinin sebep olduğu tüberküloz gelişen dünyada neredeyse tamamen yok edildi. İki düzineden fazla başka aşı; bulaşan, sakat bırakan ya da milyonları öldüren çocuk felci, kızamık ve boğmacayı da içine alan hastalıkları bugün önlemektedir. HIV/AIDS gibi on dokuzuncu yüzyılda var olmayan ölümcül hastalıklar değiştirilmiş, ilaçlarla durdurulmuştur.

Yiyecek üretimi de tıp kadar çarpıcı bir dönüşüm geçirdi. Romalı bir çifti 1900'de Amerikan çiftçiliğindeki uygulamaları –saban kullanımı, çapalama, tırmık çekme, tapan çekme– tanıyabilirken, daha sonra meydana gelen devrimi kavrayamazdı. Yalnızca yüzyıl içinde ortalama mısır üretimi dört bin metrekare (metrekare) başına 1170 kg'dan 5300 kg'a çıkarak dört kat artmıştır. Benzer miktardaki kazanç, buğday, pirinç, yer fıstığı, pata-

tes ve diğer ürünler için de geçerlidir. Biyoloji sayesinde, yeni tarım ürünleri varyetelerinin, yeni besi hayvanları yetiştirmenin, böcek öldürücülerin, bitki öldürücülerin, antibiyotiklerin, hormonların, dölleyicilerin ve makineleşmenin icadıyla, aynı büyüklükteki tarım alanı artık dört kat daha büyük bir popülasyonu beslemektedir fakat bu, geçen yüzyıldaki yüzde kırktan fazlasıyla kıyaslandığında, toplam ulusal işgücünün yüzde ikisinden daha azıyla başarılmaktadır.

Tıp ve tarımda geçtiğimiz yüzyılda kaydedilen ilerlemelerin insan biyolojisi üzerindeki birleşik etkisi muazzamdır: İnsan popülasyonu iki milyardan daha azken, bugün yedi milyardan daha fazlaya ulaşacak şekilde patlama yapmıştır. İnsan popülasyonunun (1804'te) bir milyara ulaşması iki yüz bin yıl almışken şimdi her on iki ya da on dört yılda nüfusumuza bir milyar insan daha eklemekteyiz. Bunun yanında, 1900 yılında doğan Amerikalı kadın ve erkekler sırasıyla kırk altı ve kırk sekiz yıl ortalama ömür uzunluğuna sahipken 2000 yılında doğanlar yetmiş dört ve seksen yıl kadar yaşayacaklar. Doğadaki değişim oranlarıyla karşılaştırıldığında bu kadar kısa zamanda, yüzde elliden fazla artış oldukça şaşırtıcıdır.

Paul Simon'ın akılda kalıcı bir şekilde söylediği gibi bunlar mucizevi zamanlardır.

YASALAR VE DÜZENLEMELER

Egemenliğimiz, bitkiler, hayvanlar ve insan vücudu üzerindeki kontrolümüz, yaşamı moleküler düzeyde kontrol etmekle ilgili hâlâ gelişme gösteren kavrayışımızdan kaynaklanmaktadır. İnsan yaşamını moleküler düzeyde kontrol etme hakkında öğrendiğimiz en belirleyici şey *her şeyin düzenlemeye tabi olduğudur*. Bu geniş kapsamlı ifadeyle kastettiğim şey şudur:

- Vücutta bulunan her türdeki molekül –enzim ve hormonlardan, lipitlere, tuzlara ve diğer kimyasal maddelere kadar– belirli bir oranda tutulur. Örneğin bazı moleküller kanda diğer moleküllerden on milyar kere daha fazla bulunmaktadır.

- Vücutta bulunan her hücre tipi –kırmızı hücreler, deri hücreleri, bağırsak hücreleri ve iki yüzden fazla diğer tipteki hücre– üretilir ve belirli sayıda tutulur.
- Vücutta gerçekleşen her süreç –hücre çoğalmasından şeker metabolizmasına, yumurtlamadan uyumaya kadar– belirli bir madde ya da maddeler kümesiyle yönetilir.

Hastalıkların, çoğunlukla düzenleme sırasında, bir şeyin çok az ya da çok fazla yapılmasının söz konusu olduğu normal dışı durumlardan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Örneğin pankreas çok az miktarda insülin ürettiğinde durum diyabetle sonuçlanır ya da kanda çok fazla "kötü" kolesterol bulunduğunda bu durum ateroskleroz ya da kalp kriziyle sonuçlanabilir.

Bir hastalığa müdahale etmek için düzenlemeye ilişkin "kuralları" bilmemiz gerekir. Moleküler biyologların (yaşamı moleküler düzeyde çalışan herhangi bir kimse için kullanacağım genel terim) işi, bir süreci düzenlemeye katılan –spor terimini kullanırsak– oyuncuları (molekülleri) ve oyunu yöneten kuralları ortaya koymaktır. Yaklaşık elli yıldan beri, pek çok farklı hormonun, kan şekerinin, kolesterolün, nörokimyasalların, mide asidinin, histaminin, kan basıncının, hastalık yapıcı etkenlere karşı bağışıklığın, çeşitli hücre tiplerinin çoğalmasının ve daha pek çok şeyin vücuttaki düzeylerini düzenleyen kuralları öğrenmekteyiz. Fizyoloji ya da Tıp dallarındaki Nobel Ödüllerini daha çok oyuncuları ve düzenleme kurallarını keşfeden araştırmacılar almıştır.

Bugün eczanelerin rafları bu bilginin uygulamadaki karşılıklarıyla doludur. Düzenlemenin moleküler düzeyde kavranmasıyla, belirleyici nitelikteki moleküllerin ya da hücre tiplerinin düzeylerini normal, sağlıklı duruma döndürmek üzere pek çok ilaç geliştirilmiştir. Gerçekten de dünyada ilk elli sırada yer alan (tümünün satış bedeli 2013'te 17 milyar dolar) olan ilaç ürünlerinin çoğu varlığını doğrudan moleküler biyolojideki devrime borçludur.

Moleküler biyologlar topluluğu, benim de içinde yer aldığım topluluk, insan yaşamına birlikte yaptıkları nicel ve nitel katkıyla haklı olarak gurur duymaktadır. İnsan genomundan elde edilen bilgiyi açığa çıkarmada konusundaki çarpıcı ilerlemeler daha özel ve etkili ilaçların tasarımına olanak sağlayarak, yeni bir tıbbi atılım dalgasına öncülük etmektedir. Biyolojimizi düzenleyen kural-

ları kavrayışımıza ilişkin devrim sürecektir. Bu kitabın amaçlarından biri bu devrimin nasıl gerçekleştiğine bir göz atmak ve günümüzde nereye doğru gittiğine bakmaktır.

Fakat moleküller âlemi yaşamın kurallara sahip tek alanı ya da geçtiğimiz yarım yüzyıl boyunca biyolojinin değişim geçiren tek dalı değildir. Biyolojinin peşinde olduğu şey, yaşamı her ölçekte düzenleyen kuralları anlamaktır. Buna paralel fakat daha az göze çarpan bir devrim, farklı bir biyolog topluluğunun doğayı çok daha büyük ölçekte yöneten kuralları keşfetmesiyle gerçekleşti. Bu kurallar, gelecekte sahip olacağımız refahla, keşfedebileceğimiz tüm moleküler kurallar kadar ya da onlardan daha fazla ilişkilidir.

SERENGETİ YASALARI

İkinci devrim, birkaç biyoloğun basit ve naif görünen sorular sormasıyla gerçekleşmeye başladı: Gezegenimiz neden yeşil? Hayvanlar yiyeceklerin hepsini neden yemiyor? Bazı hayvanları ortadan kaldırırsak ne olur? Bu sorular, vücutta farklı türdeki moleküllerin ve hücrelerin sayılarını düzenleyen moleküler kurallar olduğu gibi, belirli bir yerde ne kadar ve hangi türde hayvan ve bitkilerin bulunacağını belirleyen ekolojik yasaların keşfine yol açtı.

Bu ekolojik yasalara "Serengeti Yasaları" diyeceğim çünkü Serengeti bunların uzun süren, cesur çalışmalar sonucunda ortaya çıkarıldığı yerdir ve bu yasalar, örneğin, Afrika bozkırlarında ne kadar aslan ya da fil yaşadığını belirlemektedir. Bu yasalar ayrıca, örneğin aslanlar yok olduğunda ne olacağını anlamamıza da yardımcı olmaktadır.

Fakat bu yasalar, tüm dünyada etkin olduğu gözlemlendiğinden ve karada olduğu kadar okyanus ve göllerde de iş başında olduğu ortaya konduğundan, Serengeti'den çok daha geniş bir ölçekte geçerlidir. (Bu yasaları kolayca "Erie Gölü Yasaları" olarak adlandırabilirdim fakat bu pek etkileyici bir adlandırma gibi görünmüyor). Bu yasalar hem şaşırtıcı hem de kapsamlıdır: Şaşırtıcıdır çünkü canlılar arasındaki açık biçimde ortada olmayan bağlantıları açıklar; kapsamlıdır çünkü doğanın, hayvanları, bitkileri ve tabi olduğumuz temiz hava ve suyu ortaya çıkarma yeteneğini düzenlemektedir.

Bununla birlikte, insan biyolojisine ilişkin moleküler yasaları tıbba uygularken ortaya koyduğumuz özen ve masrafın aksine, bu Serengeti Yasalarını değerlendirme ve insani sorunlara uygulama konusunda pek başarılı olamadık. Herhangi bir ilaç insanların kullanması için onaylanmadan önce, etkinliğine ve güvenilirliğine ilişkin olarak titizlikle yapılan bir dizi tıbbi testten geçmelidir. Bir ilacın bir tıbbi durumu tedavi edebilme başarısını ölçmenin yanı sıra bu çalışmalar, ilacın vücutta bulunan başka maddelerle ya da diğer süreçlerin düzenlenmesiyle etkileşerek sorunlu yan etkilere sahip olup olmadığını da ortaya koyar. İlacın onaylanma ölçütü büyük bir engel teşkil eder; aday ilaçların yaklaşık yüzde seksen beşi tıbbi testler sırasında başarısız olmaktadır. Reddedilme oranının bu kadar yüksek olması; kısmen, doktorların, hastaların ve düzenleyici kurumların ilaçların sahip olduğu yan etkiler konusunda hoşgörülerinin düşüklüğünü yansıtmaktadır.

Öte yandan, yirminci yüzyılın büyük çoğunluğunda ve gezegenin büyük bir kısmında insanlar, çeşitli türlere ait popülasyonları değişime uğratmanın ya da onların yaşam alanını bozmanın yan etkilerini hiç anlamadan ya da çok düşük düzeyde bir kavrayış ve değerlendirmeyle avlandı, balık tüketti, tarım yaptı, ağaçlandırma yaptı, her şeyi yaktı ve uygun bulduğu her yere yerleşti. Popülasyonumuz yedi milyara fırlayınca başarımızın yan etkileri tedirgin edici sorunların ortaya çıkmasına neden oldu.

Örneğin dünyadaki toplam aslan sayısı yalnızca elli yıl önce dört yüz elli binken bugün otuz bine düşmüştür. Ormanlar Kralı bir zamanlar tüm Afrika'da ve Hint yarımadasında görülürken yirmi altı ülkede artık görülmemektedir. Tüm Afrika'daki aslanların yüzde kırkı, aslanların Serengeti'deki en büyük kalelerinden birine sahip olan Tanzanya'da bulunmaktadır.

Okyanuslar için de benzer bir durum geçerlidir. Köpekbalıkları dört yüz milyon yıldan fazla bir zamandır denizlerde av peşinde dolaşmaktadır fakat geçtiğimiz elli yılda pek çok türün popülasyonu yüzde doksan ila doksan dokuz oranında azalmıştır. Bugün, çekiç başlı köpekbalığı ve balina köpekbalığı da dahil olmak üzere tüm köpekbalıklarının yüzde yirmi altısı neslinin tükenme tehlikesiyle karşı karşıyadır.

Bazı kimseler, "Ne olmuş yani? Biz kazandık onlar kaybetti. Doğa bu şekilde işler." diyebilir. Fakat doğada işler bu şekilde

yürümemektedir. Tıpkı bazı önemli bileşenlerin düzeyi çok az ya da çok fazla olduğunda insan sağlığının tehlikeye girmesinde olduğu gibi, Serengeti Yasaları sayesinde popülasyonun bazı üyelerinin sayısı çok fazla ya da çok az olduğunda bütün bir ekosistemin nasıl ve neden "hasta" olduğunu anlayabiliriz.

Küresel ekosistemlerin hasta ya da en azından oldukça yorgun olduğuna ilişkin güçlü kanıtlar mevcuttur. Çevrebilimcilerin geliştirdiği bir ölçüt, insan etkinliğinin, bitkilerin beslenme ve malzeme sağlamak için yetiştirilmesinden, hayvanların otlatılmasından, ahşap elde edilmesinden, balık avlanmasından, konut ve enerji için altyapı sağlanmasından ve yakıtların yakılmasından gelen toplam çevresel ayak izidir. Daha sonra bu veriler gezegenin toplam üretim kapasitesiyle karşılaştırılabilir (Bkz. Şekil 2).



ŞEKİL 2 Dünyanın üretim kapasitesine karşılık insanlığın ekolojik taleplerinin eğilimi. Günümüzde dünyanın üretebileceğini yüzde elli oranında aşmış bulunuyoruz.

Elli yıl önce insan nüfusu üç milyarken her yıl dünyanın yıllık kapasitesinin yaklaşık yüzde yetmişini kullanıyorduk. 1980 yılında bu yüzde yüzü aştı ve günümüzde yüzde yüz elliye ulaştı. Bu da, bir yıl içinde kullandığımız kadarını üretmek için bir buçuk dünyaya ihtiyacımız olduğunu ortaya koymaktadır. Yıl düzeyindeki bu çalışmayı gerçekleştiren yazarların belirttiği gibi toplamda yalnızca bir dünyaya sahibiz.

YAŞAMAK İÇİN GEREKEN YASALAR

Bir biyolog tarafından söylendiği için taraflı gibi görünse de geçtiğimiz yüzyılda biyolojinin etkisi, biyolojinin insan ilişkilerinde tüm doğa bilimleri içinde merkezi önemde olduğunu ortaya koymaktadır. Yiyecek temin etme, tıp, su, enerji, barınak ve geçim kaynağıyla ilişkili karşılaşılan zorluklarda biyolojinin merkezi bir rol oynayacağı konusunda bir kuşku olamaz.

Ekoloji konusunda uzmanlaşmış olan tanıdığım tüm biyologlar, gezegenimizin sağlığının kötüleşmesi ve diğer canlıları beslemek bir yana, ihtiyacımız olan şeyleri sağlayabilmesi konusunda oldukça endişe duymaktadır. Hızla gelişiyor ve insan yaşamına karşı her türlü moleküler ve mikroskobik tehdide ilişkin daha fazla çözüm buluyorken, hepimizin evi olan gezegenimizin durumuna ve yaşamın büyük ölçekte nasıl işlediğine ilgisiz kalmanın getireceği daha büyük tehlikelere karşı keyifle ve bilinçli olarak cahil kalmayı sürdürürsek bu çok simgesel olmaz mıydı? Kuşkusuz, Titanik'te bulunan yolcuların çoğu, yolculuk sırasındaki hızlarından ve bulundukları enlem derecesinden çok akşam yemeği menüsüyle daha ilgililerdi.

Öyleyse, kendi yararımız için, yalnızca bizimle ilgili olanları değil tüm yasaları öğrenmeliyiz. Yalnızca çevreye ilişkin bu yasaları geniş çaplı olarak anlayarak ve uygulayarak, tüm dünyada yol açtığımız yan etkileri kontrol edebilecek ve bunları geri çevirebileceğiz.

Fakat bu kitaptaki amacım, ne kadar acil ve uygulamaya yönelik olsa da bazı yasalardan daha fazlasını önermektir. Bu yasalar yaşamın nasıl işlediğini anlamaya ilişkin uzun süren ve hâlâ devam eden çabanın zor kazanılan ödülleridir. Buradaki amaçlarımdan biri keşfetmenin hazzını ve bu çabayı canlandırmaktır. Temel dayanağım, dünyanın her yanında, laboratuvarlarda çalışan bilim insanlarını takip ettiğimizde ve onların çabalarını, zaferlerini paylaştığımızda, bilimin çok daha keyifli, anlaşılır ve unutulmaz olacağıdır. Bu kitap tamamen büyük sırlar ve zorluklarla boğuşan ve olağanüstü şeyler başaran insanların hikâyelerinden oluşmaktadır.

Keşfettiklerinin ne olduğuna geldiğimizde sonuç bedenlerimiz ya da ekosistemler için gerekli kullanma kılavuzlarından daha

fazlasıdır. Pek çok insanın biyolojiye ilişkin inançlarından bir tanesi (kuşkusuz biyologların ve biyoloji sınavlarının bir hatası olarak) yaşamı anlamanın, muazzam sayıda olgunun yönetimini anlamayı gerektirdiğidir. Yaşam, bir biyoloğun ifade ettiği gibi, "her bir duruma göre düzenlenen neredeyse sonsuz sayıda parça" olarak var olmuş gibi görünmektedir. Buradaki amaçlarımdan bir diğeri de durumun böyle olmadığını ortaya koymaktır.

İnsan vücudunun çalışması ya da Serengeti'de karşılaştığım manzara üzerine kafa yorduğumuzda, ayrıntılar boğucu, parçalar sayısız ve bunların arasındaki etkileşimler çok karmaşık gibi görünür. Bahsedeceğim az sayıdaki genel kuralın gücü, bunların karmaşık pek çok olguyu yaşamın basit mantığına indirgeyebilmesinden kaynaklanmaktadır.

Örneğin bu mantık, hücrelerimizin ya da vücutlarımızın bazı maddelerin üretimini artırıp azaltacağını nereden "bildiğini" açıklar. Aynı mantık bozkırda yaşayan bir fil popülasyo . Dolayısıyla belirli moleküler ya da çevreye ilişkin yasalar farklı olsa da bunlarda geçerli olan genel mantık dikkate değer ölçüde benzerdir. Bu mantığı anlamanın, moleküllerden insanlara, fillerden ekosistemlere kadar yaşamın farklı düzeylerde nasıl işlediğini kavrayışımızı büyük ölçüde artıracağına inanıyorum.

Bu nedenle, herkesin burada bulmasını umduğum şey yeni bir kavrayış ve ilhamdır: Yaşamın farklı düzeylerdeki mucizelerini kavramak; bu parlak kavrayışa sahip olarak büyük sırları çözmekle uğraşan sıradışı insanların ve olağanüstü çabaları sonucunda dünyayı iyi yönde değiştiren birkaç insanın hikâyelerinden alınan ilham.

Serengeti'de beş gün geçirdikten sonra biri dışında büyük memelilere ait tüm türleri gördük. Sarı renkli çayırların arasından geri dönerken, tam o sırada, belirgin boynuzuyla ufukta yeni bir siluet göründü. Bu bir Afrika gergedanıydı. Tüm Serengeti'de yalnızca otuz bir gergedan kaldığı dikkate alınırsa bu oldukça nadir rastlanan ve heyecan verici bir görüntüydü. Bir zamanlar bu hayvanlardan binden fazla bulunduğunu biliyor olduğumuzdan bu aynı zamanda ileride karşılaşacağımız zorluklara dair ciddi bir hatırlatmaydı. Her ne kadar, insanda penisin sertleşmesinin moleküler yasalarını bilmemiz sayesinde, bu işi görecek pahalı olmayan en az beş farklı ilaca

sahip olsak da, gergedanlar, boynuzları Doğuda oldukça pahalı cinsel istek artırıcı olarak kullanıldığından, kaçak olarak avlanmaktadır.

Bunlar mucizevi ve harika zamanlardır
Ağlama bebeğim, ağlama
Ağlama



KISIM I

HER ŞEY DÜZENLENİR

BÖLÜM 1
VÜCUDUN BİLGELİĞİ

Canlı kararlıdır. Kendisini çevreleyen ve genellikle kendisine karşı muazzam kuvvetler tarafından yok edilmemek, tasfiye edilmemek ya da parçalarına ayrılmamak için böyle olmak zorundadır.

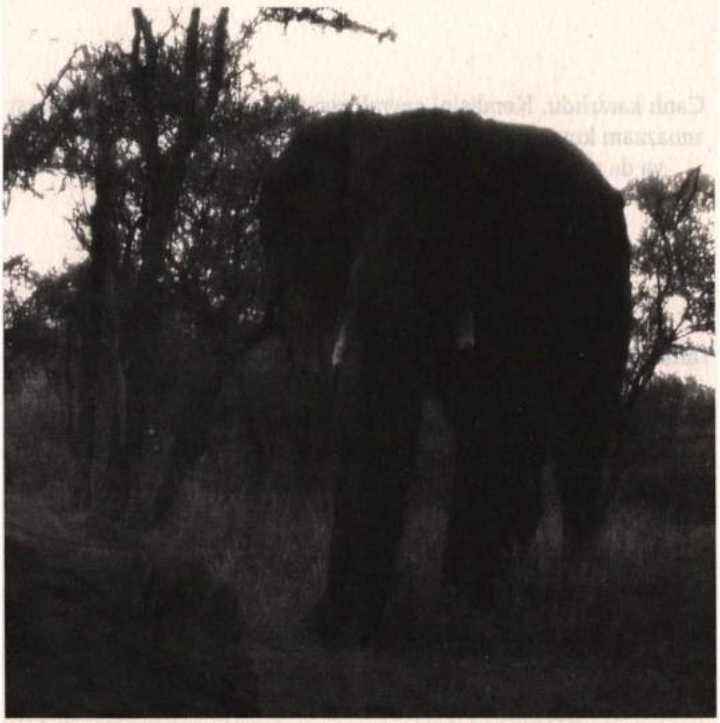
CHARLES RICHET, NOBEL ÖDÜLÜ (1913)

Ağaçtan gelen çatırtı beni derin uykumdan uyandırdı. Kuzey Tanzanya'daki Tarangire Nehri üzerindeki ağaçlık kayalığın üzerine kurulu büyük çadırımızın ön penceresinden dikkatle baktım fakat aysız, zifiri karanlık gecede hiçbir şey göremedim. Belki de rüzgâr bir ağacı devirmişti? Saate baktım –sabah dörttü– ve birkaç saat daha dinlenme umuduyla dönüp yattım.

Sonra, ilk önce çadırın önünde çıtırtılar çıkaran, sonra her tarafımızı saran ve ara sıra kısık, neredeyse mırlama gibi hırıltıların eşlik ettiği güçlü ayak sesleri duydum. Gerçekten de çok *yakındılar*. Eşim Jamie uyanmıştı.

Bir fil ailesi nehir yatağından yukarı doğru, üstteki ağaçların ve çalıların üzerinden etrafı gözetlemeye çıkmıştı. Doğal avcıları ortada bulunmadığında bu hayvanlar istedikleri yere gitmekte ve 3,6 ton ya da daha fazla ağırlıktaki çatallı yükleyicilere benzeyen fildişleriyle önlerine çıkan her şeyi ezip geçmektedir. Dalların ve ağaç gövdelerinin parçalandığını duyduğumuzda bizi onlardan ayıran ince kumaş parçasını düşündüm. Yakınlarında dinlenen insanları zerre umursamadan ve neyse ki, dikdörtgen biçimindeki barınağımızla hiç ilgilenmeden, su içmek için vadiye inmeden önce dalları katır kutur çiğnenerek geçip gittiler.

Gün doğduğunda sürüden ayrılan birinin fotoğrafını çekmek üzere dikkatli bir şekilde dışarı çıktık. Bir genç erkek fil gördük. İkinizin arasında başka bir şey olmadığında filler olduğundan daha büyük görünüyorlar. Kocaman kulakları ve omuzlarına kadar üç metreden fazla boyuyla bu hayvan *dev gibiydi*. Küçük ağaçların dallarını ve yapraklarını soyarken ve pek çok çadırın kenarından dolanıp duran bu paparazziyi göz ardı ederken halinden hoşnut görünüyordu. [Şekil 1.1.]



ŞEKİL 1.1 Fil! Tarangire Milli Parkı'nda kandırmaca taarruzdan sonra korkulu anlar. Patrick Carroll'un izniyle.

Ta ki bir çadırdan gelen gürültüler onu ürkütene kadar. Hortumunu öttürdü ve soluna dönerek bize doğru birkaç hızlı adım attı.

Daha sonra olanlara ilişkin birkaç açıklama söz konusu;

Bana göre ani bir hareketle en yakındaki çadırın içine daldık ve çadırın fermuarını tamamen kapattık (çünkü dört ton ağırlığın-

daki filler fermuarları açamaz). Daha sonra sakinleşmeye çalışarak ve korkudan titreyip fısıldaşarak içeride durduk.

Birkaç saniye içinde olan bitenin biyolojik yorumuna göreyse, beynimde ve vücudumda çok sayıda şey gerçekleşti. Zihnim "Çılgın fil! Kaç!" düşüncesini oluşturmadan önce bile beynimin ilkel bölümü olan amigdala, hipotalamusuma tehlike sinyalini gönderiyordu. Amigdala üzerinde yer alan badem büyüklüğündeki bu komuta merkezi, önemli rolleri olan organlara çok hızlı bir şekilde elektrik ve kimyasal sinyaller gönderir. Hipotalamus, böbreklerimin üzerinde bulunan böbrek üstü bezlerine sinirler aracılığıyla norepinefrin ve adrenalin olarak da bilinen epinefrinin salınma sinyalini gönderdi. Sonra bu hormonlar, kan dolaşımı aracılığıyla pek çok organı dolaştı. Bu hormonlar, bu organlar arasında bulunan kalbimin daha hızlı atmasına, akciğerlerimin solunum yollarını açıp solunum hızını artırmasına, iskelet kaslarımın kasılmasının artmasına, hızlı enerji desteği sağlaması için karaciğerimin depolanmış şekeri salgılamasına ve tüm vücudumdaki düz kas hücrelerimin kan damarlarımın daralmasını, tüylerimin dikilmesini, kanın deri, bağırsak ve böbreklerden uzaklaşmasını sağlamasına yol açar. Hipotalamus ayrıca başka bir kimyasal madde olan kortikotropik salınım faktörünü (KSF), hemen yakında bulunan hipofiz bezine iletir ve buradan adrenokortikotropik hormonun (AKTH) salınmasını tetikler. Bu hormon böbrek üstü bezinin diğer tarafına gidip burada kan basıncını artıran ve kaslarıma kan akışını hızlandıran bir başka kimyasal madde olan kortizolün salınmasına neden olur.

Tüm bu fizyolojik değişimler "savaş ya da kaç" yanıtı olarak bilinen sürecin bir parçasıdır. Yüzyıl kadar önce Harvardlı bir fizyolog olan Walter Cannon tarafından tanımlanıp önerilen bu tepkiler, korku ve öfkeyle harekete geçirilir ve vücudu hızlı bir biçimde savaşmak ya da kaçmak üzere hazırlar. Biz kaçmayı tercih etmiştik.

KORKAKLAR

Cannon sindirimle ilgili çalışmalarını yürütürken önce vücudun korkuya verdiği tepkiyle ilgilenmeye başladı. X ışınları Cannon henüz bir tıp öğrencisiyken keşfedilmişti. Okuldaki bir

hocası ona bu sürecin mekaniğini izlemek üzere keşfedilen yeni aracı kullanmaya çalışmasını önerdi. 1896 yılının Aralık ayında Cannon ve okuldan bir arkadaşı ilk resimleri başarılı bir şekilde elde ettiler. Bu resim, inci bir düğmeyi yutan bir köpeğe aitti. Daha sonra tavuk, kaz, kurbağa ve kediler olmak üzere başka hayvanlar üzerinde de deney yaptılar.

Sindirimi gözlemlemede karşılaşılan zorluklardan biri mide ve bağırsaklar gibi yumuşak dokuların X-ışınlarıyla iyi bir şekilde görüntülenememesiydi. Cannon hayvanları bizmut tuzlarıyla karıştırılmış yiyeceklerle beslemenin onların sindirim organlarını görünür hale getirdiğini buldu. Çünkü bizmut ışınları geçirmiyordu. Baryumun da kullanılabileceğini keşfetmişti. Baryum o dönemde araştırmalarda kullanmak için fazla pahalıydı fakat daha sonra radyologlar tarafından kullanılmaya başlandı (bugün hâlâ gastroenterolojide kullanılmaktadır). Bir dizi klasikleşmiş çalışmasında Cannon, canlı, anesteziyle uyuşturulmamış hayvanlarda ve insanlarda ilk kez peristaltik hareketlerin besinleri yemek borusu, mide ve bağırsaklar boyunca nasıl hareket ettirdiğini gözlemledi.

Cannon deneyleri sırasında, telaşa kapılan bir kedide kasılmaların aniden kesildiğini fark etti. Not defterine şu notu düştü:

Pek çok kez (kuşkuya yer bırakmayacak şekilde) kesin olarak fark ettim ki kedi sessizce soluk alıp vermekten hiddetle çırpınmaya geçtiğinde hareketler tamamen durmaktadır... Yaklaşık yarım dakika sonra hareketleri yeniden başlamaktadır.

Cannon bu deneyi defalarca tekrarladı. Her seferinde, hayvan sakinleştikten sonra hareketler yine başlıyordu. İki yıllık tıp öğrencisi kariyerine bir keşif daha eklemişti. İlerleyen kariyerindeki ikinci klasik yayına "Şiddetli duyguların sindirim sürecini engellediği uzun zamandır bilinmekteydi fakat mideye ilişkin motor etkinliğin gergin koşullarda kendini bu kadar aşırı bir şekilde göstermesi şaşırtıcıdır." diye yazmıştı.

Cannon'ın deneylerindeki ustalığı bir süre sonra kendisinin bir klinisyen olma planlarını bozdu. Yeteneği, işine gösterdiği özen ve çalışma ahlakı Harvard'daki seçkin fizyoloji bölümü üyelerini öyle etkiledi ki, mezun olduğunda kendisine eğitmenlik teklif edildi.

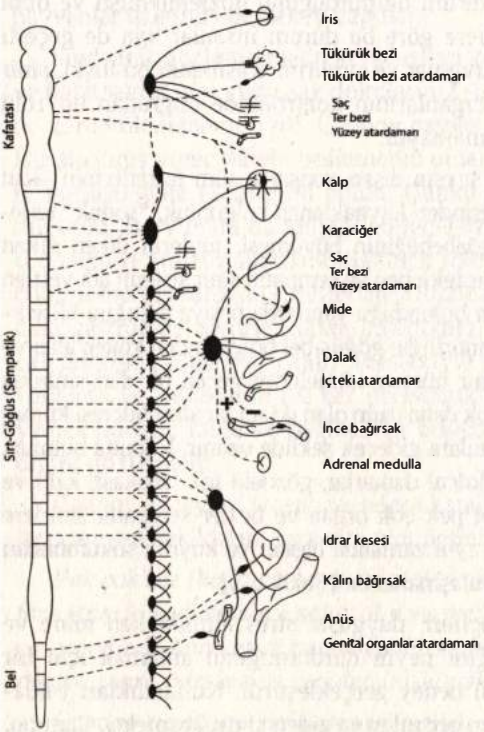
Cannon kendi laboratuvarında duyguların sindirim üzerinde nasıl bir etkisi olduğunu ortaya koymayı amaçlamıştı. Duygusal bakımdan sıkıntılı olmanın tavşanlarda, köpeklerde ve Gine domuzlarında da sindirimi durdurduğunu gözlemlemişti ve tıbbi yazından gelen bilgilere göre bu durum insanlar için de geçerli gibi görünüyordu. Duygular ve sindirim arasındaki bu ilişki, sinir sisteminin sindirim organlarının kontrolünde doğrudan bir rolü olduğunu ortaya koymaktaydı.

Cannon duygusal stresin dışarı yansıyan tüm işaretlerinin –kan damarlarının büzülmesinden kaynaklanan solgunluk, "soğuk" terleme, ağız kuruluğu, gözbebeğinin büyümesi, tüylerin diken diken olması– düz kaslarla desteklenen ve sempatik sinir sistemi adı verilen sisteme dahil sinirlerin bulunduğu yapılarda ortaya çıktığını biliyordu. Sempatik sistem omuriliğin göğüs-bel bölgesinden köken alan ve ganglia adı verilen sinir hücresi kümelerini geçen bir dizi sinirden oluşur. Genel olarak çok daha uzun olan ikinci bir sinir hücresi kümesi, buradan hedef organlara gidecek şekilde uzanır. Vücutta bulunan deri, atardamarlar ve kılcal damarlar, gözdeki iris tabakası, kalp ve sindirim organları gibi pek çok organ ve bezler sempatik sinirlere sahiptir. Bu organlara aynı zamanda baştan ve kuyruk sokumundan köken alan sinirler de ulaşmaktadır. [Şekil 1.2.]

Cannon ve öğrencileri, duygusal stres altındayken mide ve bağırsakların etkinliğini neyin durdurduğunu anlamak için bir dizi basit ama önemli deney gerçekleştirdi. Kullandıkları yaklaşımlardan biri sindirim organlarına giden siniri kesmekti. Cannon, sempatik sisteme ait baş kısmından gelen vagus siniri kesilip sempatik sistemin bir bileşeni olan splanknik sinir kesilmediğinde, peristaltik hareketlerin korku nedeniyle hâlâ durdurulabildiğini buldu. Bu sonuçlar, peristaltik hareketlerin duygularla engellenmesinin sempatik splanknik sinirlerin varlığını gerektirdiğini ortaya koymaktaydı.

Cannon mide etkinliğinin durmasının, genellikle bu tepkiyi uyandıran etkenin bulunma süresinden çok daha uzun sürdüğünü fark etmişti. Bu durum ona, doğrudan sinir uyartılarından başka, uyarılmış durumun süresini uzatan ikinci bir mekanizma olabileceğini düşündürdü. Böbrek üstü bezlerinin merkez bölgesinden elde

edilen bir madde olan adrenalin kana verildiğinde, sempatik sinir sistemi tarafından üretilen bazı etkileri meydana getirebileceği de ortaya konmuştu. Cannon böbrek üstü bezlerinin vücudun korku ve öfkeye verdiği tepkide işe karışıp karışmadığını merak etti.



ŞEKİL 1.2 Sempatik sinir sistemi. Otonom sinir sisteminin bu kısmı dengeyi sağlamak ve kaç ya da savaş yanıtını vermek üzere farklı bezlerle ve düz kaslarla bağlantılıdır. Kafatası ve bel bölgesinden gelen sinirler genellikle sırt-göğüs bölgesinden gelen sinirlerle (örneğin ince bağırsağa giden sinir) ters yönlü olarak çalışır.

Bu olasılığı sınamak için kedi ve köpekler arasındaki "doğal düşmanlığı kullandı". Cannon ve genç bir hekim olan Daniel de la Paz, havlayan köpeklerin neden olduğu strese maruz kalmadan önce ve maruz kaldıktan sonra kedilerden kan örneği aldılar ve bu örnekleri karşılaştırdılar. Korkmuş olan kedilerin kanlarının, çıkarılmış bir parça bağırsak kasının kasılmasını durduğunu keşfettiler. Bu, adrenalin bir kas şeridine uygulandığında gözlemlenen etkinin aynısıydı.

Epinefrin, "adrenalinin" böbrek üstü bezlerinden salgılanan bir bileşeniydi. Cannon ve arkadaşları epinefrinin kalp atım hızını, karaciğerden şeker salınımını ve hatta kanın pıhtılaşmasını

hızlandırdığını da ortaya koydular. Bu etkiler acıyla olduğu kadar korku ya da öfkeyle de tetiklenebiliyordu. Bu etkilerin hiçbiri böbrek üstü bezleri çıkarıldığında ya da böbrek üstü bezlerine giden sinir kesildiğinde ortaya çıkmıyordu. Dolayısıyla sempatik sinir sistemi ve böbrek üstü bezleri, vücudun diğer organlarının hareketlerini düzenlemek üzere birlikte çalışıyordu.

Cannon, epinefrinin neden olduğu tepkilerin böbrek üstü bezlerinin savaş ya da kaç durumuna ya da acı yanıtına hazırlıktaki "acil durum" işlevini yansıttığını ileri sürdü. Darwin'in doğal seçilim ilkesine sıkı biçimde sadık kalan Cannon, böbrek üstü bezi sisteminin rolünü bu bakış açısıyla değerlendirdi:

Enerjisini en iyi biçimde toplayan, işleyen kaslarda, şekeri en iyi şekilde kullanan, en az yorulabilen ve yaşamındaki kaç ya da savaş durumlarında önem arz eden vücut kısımlarına kanı en iyi şekilde sağlayan organizmalar en büyük olasılıkla hayatta kalacak olanlardır.

Cannon'ın öğrencisi olan Philip Bard, daha sonra hipotalamusun, beynin, sindirim, kalp atım hızı, solunum ve savaş ya da kaç yanıtı gibi istemsiz işlevlerini kontrol eden önemli bir kısmı olduğunu ortaya koydu. Hem beynin bu bölgesi hem de bu acil durum tepkileri eskiden kalmaydı. Aynı tepkiler grubu atalarımıza, tıpkı günümüzde kendini New York'taki taksilerden kurtaran yayalara ya da fillerden kaçan turistlere yardım ettiği gibi, çayırda aslanlardan ve sırtlanlardan kaçmaya da yardım etmişti.

BİR ASKER BİLİM İNSANI

Cannon Sarmaşık Birliği'ndendi* ama fildişi kulede yaşayan bir bilim insanı değildi. 1916'da, Birinci Dünya Savaşı'nın üçüncü yılında, Avrupa'daki savaş devasa kayıplara sebep olan korkunç bir yenişememe durumuna gelmişken Birleşik Devletler'in savaşa katılması, artan bir olasılık olarak görünüyordu. Cannon'dan askerler ve sivillerin hayatını korumak üzere hükümete tavsiyelerde

* ABD'nin kuzeydoğusundaki sekiz vakıf üniversitesinin oluşturduğu birlik. Genelde üstün başarıya sahip bu okullar akademide mükemmellik, zor öğrenci kabul etme ve seçkincilikle bağdaştırılmıştır. Bu gruptaki okulların duvarlarındaki sarmaşıkların bir gelenek göstergesi olduğu düşünüldüğünden bu isim verilmiştir.

bulunacak özel bir fizyologlar konseyine başkanlık etmesi istendi. Cannon savaştaki tıbbi durumlara ilişkin en önemli sorunlardan birinin yaralı askerlerde şok durumunun ortaya çıkması olduğunu öğrendi. Kendisi stres altındaki hayvanlarla yaptığı deneysel çalışmalardaki gözlemleri sayesinde bazı şok belirtilerinin –kalbin hızlı atması, büyümüş gözbebekleri, aşırı terleme– ayırdına varmıştı. Bu belirtileri gösteren yaralı askerlerin durumu genellikle hızlı biçimde kötüleşiyor ve bu askerler sonunda ölüyorlardı. Cannon bir fizyolog arkadaşına "Bunu tedavi etmek için denenmemiş bir yol yok mu?" diye sordu.

Cannon şok sorununu öyle ciddiye aldı ki bu sendromu hafifletmek için bir yol bulup bulamayacağını görmek için bazı hayvan deneylerine başladı. Birleşik Devletler sonunda Nisan 1917'de savaşa girdiğinde Cannon kırk beş yaşındaydı, beş çocuk babasıydı ve bu görevden kolaylıkla muaf tutulabilirdi. Bunun yerine Avrupa'ya gidecek ilk Amerikan sağlık birimlerinden biri olan Harvard Hastane Birimi'nin üyesi olarak gönüllü oldu. Kuzey Fransa'da ön cephedeki şok koğuşunda görev yapmak istediğini bildirdi.

Boston'daki ailesiyle vedalaştı, trenle New York'a gitti ve *Saxonia* isimli İngiltere'ye gidecek nakliye gemisine bindi. Deniz üstündeki yolculuk on bir gün sürecekti. Alman denizaltılarının tespit etmesini önlemek için gemi bütün pencereleri kapatılarak geceleyin tamamen karartılıyordu. Genel olarak çarpışmayı engellemek üzere gemilerin iki ucunda ışık yanmasına karşın *Saxonia*'da torpidoları yanıltmak için yalnızca arka kısımda ışık yanıyordu. Yolculuğun sekizinci günü, gemi İngiltere kıyılarına yaklaşırken kıyafetle uyuma emri verildi. Eğer gemi vurulursa filikalara tamamen giyinik olarak atlamak daha iyiydi. Gemi yağmur ve sis içinde dalgalı denizde ilerlerken Cannon rahatlamış, eşi Cornelia'ya, "İşlerin yolunda gitmesi için iyi koşulların bulunmadığını söylemeliyim." diye yazmıştı. Bir İngiliz destroyerinin onlara eşlik etmek üzere ortaya çıkması endişelerini hafifletmişti.

İngiltere'ye güvenli bir şekilde vardıktan sonra Cannon, pek çok seyyar hastaneden ilkine gitti. Bir süre sonra İngilizlerin gerçekleştirdiği büyük saldırıdan yaralılar gelmeye başladı. Her ne kadar on yedi yıl önce tıp fakültesinden mezun olduğundan beri

doktorluk yapmamışsa da kendisinden ameliyat odasında, yaralara pansuman yapılmasında ve koğuşlarda yardım etmesi istendi.

Cannon daha sonra cepheye yakın bir hastaneye gitti. Askerlerin sayısının iç yakıcı ve hızlı bir şekilde düşmesine, yardım edemeden, tanık oldu. Askerlerin ölüm nedeni Cannon ve pek çok diğer Amerikalı ve İngiliz fizyoloğun çözmeye kararlı olduğu bir sırdı.

Şoka ilişkin önemli bir ipucu, askerlerin sadece nabızlarının değil kan basınçlarının da ölçüldüğü yeni bir yaklaşım sayesinde ortaya çıktı. Sağlıklı askerlerin kan basıncı yaklaşık 120-140 mmHg (kısaltma milimetre civa anlamına gelmektedir) arasındayken şoktaki askerlerin kan basıncı 90'ın altındaydı. Basıncın 50-60'a düştüğü durumda hastanın bir daha iyileşemediği gözlemlenmişti.

Düşük kan basıncı hayati organların yeterli yakıtı alamazken atıkları da dışarı atamaması anlamına gelmektedir. Fransa'daki ilk zamanlarında Cannon, şoktaki askerlerin kanında, kanın önemli bir tamponlayıcı bileşeni olan bikarbonat iyonlarının konsantrasyonunu ölçmeye karar verdi. Hasta askerlerin bikarbonat düzeylerinin daha az olduğunu keşfetti ve bu da normalde bir miktar bazik olan kanın daha asidik hale gelmesi demekti. Dahası, daha asidik kan daha düşük basınç ve daha ciddi bir şok durumunun varlığı anlamına geliyordu. Cannon basit bir tedavi önerdi: Şoktaki askerlere sodyum bikarbonat verilmeliydi.

Cannon Avrupa'ya vardıktan yalnızca iki ay sonra, elde ettiği ilk sonuçları eşi Cornelia'ya 1917 Temmuzu'nun sonlarında bildirdi:

Pazartesi günü kan basıncı 64 milimetre civa olan (normali 120 civarıdır) bir hasta vardı ve durumu kötüydü. Ona her iki saatte bir bir çay kaşığı soda [sodyum bikarbonat] verdik ve ertesi sabah kan basıncı 130 olmuştu. Çarşamba günü kolunun üst kısmı tamamen ezilmiş bir asker geldi, bu tür vakalar genellikle ölür. Ameliyat sonunda kan basıncı oldukça düşerek 50 olmuştu; ona soda verilmeye başlandı ve ertesi sabah kan basıncı 112'ydi.

Cannon aynı hafta içinde aynı şekilde tedavi edilen üç askerden ayrıca damar içine sodyum bikarbonat verilen ve hızlı soluk alması ve nabzı çabucak azalan bir asker de dahil olmak üzere "ölümden kurtarılanlardan" da bahsediyordu.

Cannon ve müttefik sağlık komutanlığı bu keşif nedeniyle oldukça heyecanlanmıştı. Şok genellikle ameliyat nedeniyle ortaya çıktığından bikarbonat kullanımı tüm ciddi vakalarda standart koruyucu önlem olarak kullanılmaya başlandı. Cannon ve arkadaşları şokun gelişimini engellemek için, yaralı askerleri sıcak battaniyelere sararak açıkta kalmaktan korumayı, sıcak içecekler vermeyi, kuru sedyede taşımayı ve ameliyat sırasında daha hafif anestezi sağlamayı içeren diğer uygulamaları da önerdiler.

Cannon bu yöntemleri uygulamak için savaş alanında ya da savaş alanının yakınında bulunan şoka girmiş askerlere müdahale etmek üzere "şok takımlarının" yerleştirilmesini ve eğitimini organize etti. Bu takımların işi nasıl yürüttüğünü görmek için cepheye yakın bir teftiş gezisi yaptı.

1918 Temmuzu'nun ortasında Fransa'nın doğusundaki Chalons-sur Marne yakınındaki bir hastaneyi ziyaret ediyordu. Diğer doktorlarla birlikte bir akşam geçirdikten sonra Cannon uyumak için ayrıldı. Uzaktan gelen patlama seslerini duyabiliyordu fakat bu alışkın olunan bir durumdu. Gece yarısından hemen önce "sanki binlerce dev kamyon beton üzerinde hızlı biçimde gidiyormuş gibi...en etkili, en korkunç ve en anlaşılmaz derecede ürkütücü gümbürdemeyle" uyandı. Hemen pencereden dışarı baktı ve tüm ufkun top mermilerinin patlama ışıklarıyla aydınlandığını gördü. Yakından geçen ve yakındaki bir hastaneye düşüp patlayan bir top mermisin sesini duydu. Top mermileri saatler boyunca her üç dakikada bir binanın bir buçuk kilometre çevresindeki alana düşmeye devam etti.

Cannon ağır Alman hücumunun ortasında, ilk yaralılar gelmeye başladığında şok koğuşuna çağırıldı. Sonra çok sayıda yaralı gelmeye devam etti. Günün sonunda 1100 yaralı gelmişti. Şok koğuşu dolduğunda Cannon sağır edici bir gürültü duydu. Bir top mermisi yalnızca 6 metre ötedeki şok koğuşuna düşmüş, koğuşunu çatısını uçurmuş ve şarapnel parçaları Cannon'ın bulunduğu koğuşa yağmıştı. Patlamadan kaynaklanan toz duman ve gazlar havayı doldurmuştu ama Cannon ve takımın geri kalanı tüm hastalar arka taraftaki daha güvenli yerlere taşınana kadar yerlerinde kalmıştı.

Bu çarpışma savaşta bir dönüm noktasıyla sonuçlanmıştı. Alman akını durmuş ve müttefikler sonraki haftalar ve aylar boyunca onları doğuya doğru itmişti. Cannon, daha önce

Almanların elinde bulunan bölgelere giden öncü grubu takip etti. Fransız kasabalarının yeşilliklerden arınmış, harap olmuş ve düşman mahkûmların uzun sıra oluşturduğu yıkıntılara dönüştüğüne tanık oldu. Sonunda, hastanelere gelen müttefiklere ait yaralı asker seli azalmış ve nihayet tamamen durmuştu. Savaş bitmişti. Cannon eşine, "Dünyanın tarihini değiştiren bu mücadelenin merkezine yakın bir yerde yaralılara yardım ettiğimizi bilmek şimdi beni tatmin ediyor." diye yazmıştı.

Cannon'ın savaş sırasında bu örnek niteliğindeki çabası bir dizi ödülle takdir edildi. On dört aylık bir sürede teğmenlikten yüzbaşılığa, sonra binbaşılığa ve sonunda yarbaylığa terfi etti. İngilizler tarafından Kraliyet Onur Nişanıyla ödüllendirildi ve Avrupa'daki Amerikan güçlerinin komutanı olan General Pershing tarafından *"Şok tedavisinde olağanüstü değerli ve açık eğitim hizmetlerinden ötürü"* övgüye değer bulundu. Paris'teki coşkulu kutlamadan sonra Ocak 1919'da, Birleşik Devletlerdeki evine, eşine, çocuklarına ve Harvard'daki laboratuvarına döndü. [Şekil 1.3]

VÜCUDUN BİLGELİĞİ

Cannon'ın Fransa'daki deneyimleri onu derinden etkiledi. Bu deneyimler insan yaşamını sürdürmek için gereken önemli değişkenleri ilk elden ve güçlü bir şekilde kavramasını sağlamıştı. Bunlar, hayvanlarda sindirimin, solunumun, kalp atım hızının ve strese yanıtın kontrolüne ilişkin edindiği bilgilerle birlikte onu vücudun dengesizliklere tepki vermesi ve oldukça dar sınırlar içinde önemli işlevleri sürdürebilmesi üzerinde düşünmeye kışkırtmıştı.

Cannon'a göre sinir sisteminin ve hormonal sistemin pek çok etkinliği büyük dalgalanmaları engellemede ve vücudun iç koşullarını –sıcaklık, asitlik, tuz, oksijen ve şeker derişimi– sabit tutmada işlev görüyordu. Bu dar sınırlar ihlal edildiğinde bunu ciddi hastalıkların ya da ölümün takip edeceğini gayet iyi biliyordu. Örneğin kanın pH'ı, asitliğin bir ölçüsü, 7,4 civarında tutuluyordu. Eğer bu değer 6,5'e düşerse koma ve ölüm gerçekleşiyor, 7,7'ye çıkarsa kasılmalar ve nöbetler görülüyordu. Benzer şekilde kalsiyum düzeyi 100 mililitre kanda 10 miligram olacak şekilde tutuluyordu. Bu değer yarı yarıya azaldığında kasılmalar görülüyor, iki katına çıktığında ise kişi ölüyordu.

Cannon verdiği derslerde ve yayınlarında doğuştan gelen bir "vücut bilgeliği" olduğundan söz etmeye başladı. "Vücudumuz ancak geçtiğimiz yıllarda farkına varabildiğimiz biçimde kendine oldukça özen gösterecek şekilde yapılanmıştır" diye yazıyordu. Yakın zaman önce gerçekleşen önemli keşiflerden biri; insülinin kandaki şekeri kontrol ettiğinin anlaşılmasıydı. Cannon, yemekten sonra kandaki şeker düzeyi yükseldiğinde vagus sinirinin pankreası, fazla şekerin depolanmasına neden olan, insülini salgılamak üzere nasıl uyardığını fark etmişti. Tersine, eğer şeker düzeyi düşerse, otonomik sistemde bulunan başka sinirler karaciğerden şeker salınmasını sağlamak üzere böbreküstü bezlerini uyarıyordu. Bu şekilde diyordu Cannon: "Organizma kandaki şeker yüzdesinin değişeceği aralığı otomatik olarak sınırlar."



ŞEKİL 1.3 Askerî üniformasıyla Walter B. Cannon.

Fotoğraf aile albümünden alınmıştır. Walter Bradford Cannon vesikaları, 1873–1945, 1972–1974 (dahil), 1881–1945 (toplu). H MS c40. Harvard Tıp Kütüphanesi'nin izniyle, Francis A. Countway Tıp Kütüphanesi, Boston, Massachusetts.

Cannon vücudumuzdaki organların çoğunun birbirinin zıt yönlü çalışan sinir girdilerine sahip olduğunu vurguluyordu. Bu biçimdeki sinir donanımıyla organların etkinliği koşullara bağlı olarak artırılabilir ya da azaltılabilirdi. Vücudun dalgalanmalara

karşı kendini ayarlama yeteneğinden etkilenmiş olan Cannon vücutta sağlanan kararlı durumu tanımlayacak yeni bir terim önerdi: *homeostazi* (Yunancada "benzer" anlamına gelen *homeo* ve "sabit durmak" anlamına gelen *stazi*). Bu yüce ya da soyut bir felsefi kavram değildi. Cannon'ın bu kavramının kökleri otuz yıla yayılan fizyolojik çalışmalara dayanıyordu. Homeostazi temelde düzenlemeyle ilgili bir kavramdı. Buna göre fizyolojik süreçler, vücudun içindeki koşulların belirli aralıklarda kalmasını sağlamak –bu şekilde düzenleme yapmak– üzere vardı.

Cannon kendi düşüncelerini ilk olarak bilimsel yazında ayrıntılandırdıktan sonra *The Wisdom of the Body* [Vücudun Bilgeliği] isimli popüler bilim kitabında paylaştı. Vücuttaki denge durumunun etkin düzenlenme nedeniyle ortaya çıktığına ilişkin iddiasına pek çok kanıt sundu. İlk olarak, dışarıdan gelen tüm karmaşık ve çeşitli durumlarla karşılaşan vücudun ortaya koyduğu denge durumunun, kararlılığı sağlayan düzenleyici mekanizmaların varlığına işaret ettiğini vurguladı. İkinci olarak, durumun, değişime hem pozitif hem de negatif yönde direnen etkenler nedeniyle dengede kaldığını ileri sürdü. Üçüncü olarak, işbirliği içindeki pek çok etkenin genellikle eş zamanlı olarak ya da kandaki asit-baz dengesinde olduğu gibi, bir durumu dengede tutmak için, peş peşe etkinlik gösterdiğine işaret etti. Son olarak, kandaki şeker düzeyi dengesinin sağlanmasında gösterildiği gibi, belirli bir yönde etki gösteren bazı düzenleyici etkenlerin varlığının, buna ters yönde etkisi olan etkenlerin varlığına işaret ettiğini ileri sürdü.

Kısaca Cannon, vücuttaki her şeyin düzenlendiğini ileri sürüyordu ve bu nedenle "organizmada gerçekleşen düzenleme fizyolojinin temel konusudur" sonucuna varmıştı.

Cannon'ın sindirim, susuzluk, açlık, korku, acı, şok, sinir ve hormon sistemi üzerine yaptığı çalışmalarından ve duru anlatımı sayesinde çalışmalarına erişilebilmesinden köken alan homeostazi, fizyoloji ve biyolojide temel bir kavram haline geldi. Bazıları onu biyolojideki bütünleştirici düşüncelerden biri olarak Darwin'in doğal seçilim ilkesiyle karşılaştırdı.

Cannon homeostatik mekanizmaların tıbba olan etkilerinin geniş kapsamlı ve oldukça olumlu olduğuna inanıyordu. Boston bölgesindeki hekimlere "Hasta Bakımında İyimser Olma Nedenleri" başlıklı bir söylev verdi ve bu söylev daha sonra *New*

England Journal dergisinde yayımlandı. Sunumuna her zamanki alçakgönüllülüğüyle başladı:

> Her gün hasta erkek ve kadınların pratik sorunlarıyla uğraşan siz hekimlerin bir fizyolog ve laboratuvara hapsolmuş olan benden bir sunum yapmamı istemeniz şaşırtıcıdır. Belki de benim burada bulunmamı sizin açıklamanız gerekir; belki de ben biraz özür borçluyum! ... Bir fizyolog olarak yapılmasını önereceğim tek şey; tıbbi uygulamadaki iyimserliğin temelini oluşturmada işe yarayacak yıllarca süren araştırmalardan, okumalardan ve organizmanın yaptıkları hakkındaki düşüncelerden bazı öneriler almaktır.

Cannon, şöyle devam eder:

> bazı etkenler organizmayı belirli bir yönde etkilediğinde, ortaya çıkacak dalgalanmaları çok ileri gitmeden engelleyen ve organizmayı normal durumuna döndüren içsel düzenlemeler derhal devreye sokulur. Bunların kendimizin müdahale ettiği süreçler olmadığına dikkat edin. Bunlar otomatik olarak gerçekleşen ayarlamalardır.

Bu kendi kendini düzenlemenin harikulade gücünün ışığında Cannon, "Eğer vücut kendi bakımını büyük oranda yerine getirebiliyorsa hekimlerin işlevi nedir?" diye sorar.

Bu soruya, bu mekanizmalar hata yaptığında ya da sekteye uğradığında doktorlara başvurulur, diye yanıt verir. Cannon, doktorların kullandığı yeni tedavilerin –insülin, tiroksin, antitoksinler– ne kadarının vücudun kendi düzenleme sistemlerinin doğal bileşenleri olduğunu belirtir. Dolayısıyla hekimlerin rolü, vücudun doğal denge mekanizmalarını güçlendirmek ya da yeniden devreye girmesini sağlamaktır. Cannon, bu mekanizmaların gücünün ve hekimlerin bunlara, giderek artan, destek sağlama yetilerinin tıptaki iyimserliğin nedeni olduğunu ileri sürer.

Cannon, düzenlemenin fizyolojinin merkezi konusu olduğuna ve düzenlemede ortaya çıkan anormalliklerin de tıbbın merkezi konusu olduğuna dair keskin düşüncelere sahipti. Tesadüfen, tam da Cannon bu düşüncelerini ifade ederken, bir başka biyolog, düzenlemenin doğada daha büyük ölçekteki temel bir mesele olduğu sonucuna varıyordu.

BÖLÜM II

DOĞANIN EKONOMİSİ

Hayvanların ne kadar sayıda olacağını belirleyen düzenlemelere ilişkin çalışmalar her ne kadar şimdiye dek hiç yapılmamış olsa da ekolojiyle ilgili konuların yaklaşık yarısını oluşturmaktadır.

CHARLES ELTON

Filin saldırısı bir blöftü. O tepede hangi memelinin patron olduğunu anlamamıza yetecek birkaç adım atmıştı o kadar.

Kalp atışlarımız normale döndükten ve fil de yokuş aşağı doğru yol almaya başladıktan sonra, önceki gece gerçekleşen hücumdan sonra ne olduğuna bakmaya ancak cesaret edebildik. Kırık ağaç kalıntıları, çıplak dallar ve geçmek bilmeyen bir dışkı kokusu (bizim değil onlarınki) vardı. Filler muhteşem dışkı üreticileridirler: Metrelerce uzunluktaki bağırsakları, yüz kilogramdan fazla yiyecek ve iki yüz litre su tüketmeleriyle yarışarak günde yüz kilograma yakın gübre bırakırlar.

Doğal avcılarının olmayışına ve devasa iştahlarına bakarak Doğu Afrika'nın neden filler tarafından istila edilmediği ya da soyulup soğana çevrilmediği sorusu sorulabilir. Bunun nedeni belki de karadaki hayvanların en büyüğü olan Afrika fillerinin çok yavaş üremesidir. Dişi filler on yaşına kadar olgunlaşmaz, yaşamları boyunca yalnızca birkaç yavru verirler ve yüz yirmi kiloluk bir yavrunun gelişmesi yirmi iki ayı bulur.

Bunun cevabını *Türlerin Kökeni Üzerine* kitabında veren Charles Darwin'di:

> Fillerin tüm hayvanlar içinde en yavaş üreyen hayvan olduğu sanılmaktadır ve ben, fillerin sayısının olası en küçük artış oranını hesaplamak için bir miktar uğraştım; fillerin otuz yaşında doğurmaya başladığı, altı yavru vererek doksan yaşına kadar ürediği ve yüz yaşına dek yaşadığı varsayılabilir; bu doğruysa, ilk fil çiftinden gelen yavru fillerin sayısı 740-750 yıl sonra yaklaşık olarak on dokuz milyon olurdu. Gerçekten de 50 nesilden ya da 2500 yıldan az bir zaman sonra fillerin toplam *hacmi* gezegenin hacmini geçerdi.

Bu hesap saçma görünüyor. Fakat yelpazenin diğer kısmına bir bakalım. Bağırsaklarımızda yaşayan *Escherichia coli* gibi tipik bir bakterinin ağırlığı bir gramın trilyonda biri kadardır (bir trilyon bakteri bir gram ağırlığındadır; bir filin ağırlığı dört milyon gramdır). Bakterilerin yirmi dakikada bir bölündüğü dikkate alındığında, bir bakterinin dünyanın ağırlığına eşit ağırlıkta olacak kadar çok bakteriyi ne kadar zamanda vereceği hesaplanabilir. Yanıt, yalnızca iki gündür.

Fakat dünya yalnızca fillerden ya da bakterilerden oluşmamaktadır.

Neden? Çünkü tüm canlıların çoğalmasının ve ulaşabileceği sayının bir sınırı vardır.

Darwin bunu fark etmişti. Bu durumu anlamıştı çünkü Reverend Thomas Malthus, *Essay on the Principle of Populations* (1789) [Nüfus İlkesi Üzerine Deneme] isimli meşhur eserinde bunu belirtmişti:

Popülasyon, denetim altında olmadığında, geometrik olarak büyür... Yeryüzünün bir yerindeki varoluş tohumları, yeteri kadar yiyecek, yeteri kadar alan olduğunda, binlerce yıllık bir zamanda milyonlarca dünyayı doldurabilir. Doğanın her yanı kaplayan kaçınılmaz zorunlulukları bunu belirli sınırlar içinde tutar. Bitki ve hayvan ırkları, bu büyük kısıtlayıcı kanunun hükümdarlığında sıkışıp kalır.

Fakat bu "sınırlar" nasıl ayarlanır? Bu sınırlar farklı canlılar için farklı biçimde olacak şekilde nasıl ayarlanır? Darwin bunu bilmiyordu. Bir başka İngiliz doğacı, tuhaf türde hayvanlarla kar-

şılaştığı, bir sırrın peşine düştüğü, bu macera sırasında bir (ya da birkaç) aydınlanma yaşadığı, sonrasında muhteşem bir kitap yazdığı ve yeni bir bilim dalını oluşturduğu uzak adalarda keşfe çıkana kadar bu sorular üzerinde ciddi biçimde durulmamıştı. Charles Elton hiçbir yerde Darwin ya da Malthus kadar tanınmıyordu fakat biyologlar arasında çağdaş ekolojinin kurucusu olarak biliniyordu ve onun ilgisini çeken esas gizem hayvanların sayısının nasıl belirlendiğiydi.

KUZEY KUTBUNA YOLCULUK

Terningen, buzlu Barents Denizi'nde dalgaların etkisiyle yükselip alçalıyordu ve yirmi bir yaşındaki Oxford Üniversitesi öğrencisi Charles Elton da gemiyle birlikte hareket etmekteydi. İki direğe sahip bu yelkenli gemi, Kutup Dairesinde yalıtılmış bir kayalık ada olarak bulunan ve en bilinen özelliği, gayet uygun biçimde, Mount Misery [Yokluk Dağı] olarak adlandırılması olan Bear Adası'na gitmek üzere iki gün önce gece yarısı güneşi altında Tromsø'den ayrılmıştı.

Elton, Norveç'in kuzeybatısında bulunan kutup takımadalarındaki en büyük adada kapsamlı bir coğrafi ve biyolojik araştırma yapma amacında olan farklı bilim dallarından –kuşbilim, botanik, jeoloji ve zooloji– yirmi kişilik Oxford Üniversitesi Spitsbergen Keşif Heyeti grubunun bir parçasıydı. Bu, gezegende görülen en sert havanın belirsizliği içinde kendini tehlikeye atarken, fırtınanın çalkantılara boğduğu ve buz parçalarının üzerinde dağıldığı sulara, büyük oranda üzerinde yaşanmayan, kısmen karlarla ve buzla kaplı adalara cüretkâr ve tutkulu bir yolculuktu. Ayrıca gruptaki hiç kimse kutup bölgesine daha önce gitmemişti. Fakat Oxfordlu seçkin grubun peşinde olduğu şey, bir tür macera ve kendini sınamaydı.

Bear Adası dört yüz seksen kilometreden biraz daha yakın mesafedeydi ve bu yolculuk daha önce İngiltere'yi hiç terk etmemiş olan Elton için ciddi bir sınanma olacaktı. Gemi, daha önce yatakların olduğu bölmesinde kokusu hiç çıkmayan balina yağının muhafaza edildiği, yelkenliden bozma bir gemiydi. Buna fırtınalı bir denizin varlığı eklendiğinde tam tamına berbat bir durum ortaya çıkıyordu.

Vahşi yaşam daha küçük yaşlarından itibaren Elton'ı büyülüyordu. İngiltere'nin kırsal bölgelerinde kuşları izleyerek, böcek yakalayarak, göldeki hayvanları toplayarak ve çiçekleri inceleyerek sayısız gün geçirmişti. On üç yaşındayken yaptığı gezintileri ve gözlemleri içeren bir günlük tutmaya başladı. Elton bu geziye, öğrencisinin doğa tarihine olan hâkimiyetinden ve tutkusundan etkilenen, seçkin bir yazar ve zoolog olan (Darwin'in yakın arkadaşı Thomas Huxley'in torunu) Julian Huxley tarafından davet edilmişti. Keşfe katılabilmesi için yolculuğa çıkmadan bir ay önce kabul aldığından hazırlık için yeteri kadar zaman bulamamıştı. Babası bir miktar para yardımı yapmış, kardeşi, askerî botlarını ve diğer bazı eşyalarını ödünç vermiş, annesi de iki ay sürecek yolculukta gerekecek eşyalarını hazırlamaya yardım etmişti. Elton, kendi sözleriyle, "oldukça deneyimsiz ve acemiydi" ve daha önce yalnızca birkaç basit kamp yapmıştı. Huxley, Elton'ı cesaretlendirmiş ve ailesine güvence vermişti, "Lütfen bu gezinin, diyelim başlangıç düzeyinde bir İsviçre tırmanışından daha tehlikeli olmadığını ve zorlu dağ tırmanışlarından çok daha tehlikesiz ve önemsiz olduğunu farz edin."



ŞEKİL 2.1 Oxford Üniversitesi'nin ilk Spitsbergen keşif ekibi, 1921. Charles Elton sağdan beşinci sırada, boğazlı kazaklı. Vincent Summerhayes, Elton'ın hemen solunda.

Fotoğraf, C. S. Elton'ın 1978–1983 yılları arasındaki anlatılarından Norveç, Tromsö'deki Norsk Polarinstitutts Kütüphanesi'den alınmıştır.

Fakat yolculuğun daha üçüncü gününde verilen bu taahhüt çökmüştü. Kırk altı yaşındaki tıbbi memur ve usta dağcı Tom Longstaff gemideki en deneyimli yolculardı. Elton'ı kötü durumda görünce, "Şu zavallı çocuk için bir şey yapmalıyım" diye düşündü ve ona bol miktarda brendi vererek tedavi etmek istedi. Midesi bomboş olan Elton o kadar sarhoştu ki, yedi kişilik ekip adanın güneydoğusundaki Walrus Körfezi'nde kıyıya vardığında filikadaki eşyaların üzerinde oturmuş avazı çıktığı kadar bağırarak şarkı söylüyordu.

Elton ayıldıktan sonra, dış kısmında balina kemiklerinin, deniz aygırı iskeletlerinin, bir kutup ayısına ve birkaç kutup tilkisine ait kafatasının oraya buraya dağılmış olarak bulunduğu bir balina kesim merkezinin yıkıntıları içinde arkadaşlarıyla kamp kurdu. Plana göre grup, takımın tamamına katılıp 190 km kuzeydeki Spitsbergen'e gitmeden önce, bir hafta boyunca 19 km uzunluğundaki adanın güney kısmını keşfedecekti. Dört kuşbilimci kuşlara odaklanırken Elton ve botanikçi Vincent Summerhayes tüm bitki ve hayvanları inceleyecekti.

Kuşlarla ilgilenen ekip, özellikle de keşif grubunun lideri olan F.C.R. Jourdain, oldukça hevesliydi. Kıyıdaki "ilk gece", sabaha karşı iki buçukta (24 saat gün ışığı vardı), Jourdain, Elton, Summerhayes ve Longstaff'ı işlerine başlamak üzere uyandırdı çünkü kaybedecek zaman yoktu. Longstaff, "Sekiz saat uyumalıyım" diye yanıtladı ve deneyimli kaşif, Elton ve Summerhayes'e de "Onu umursamayın" diye fısıldadı. Kuş grubu akşam olunca yorgunluktan tamamen tükendiğinde Elton Longstaff'ın uyarısının ne kadar yerinde olduğunu anladı. Longstaff'ın bilgece tavsiyelerini daha dikkatle dinlemeyi öğrenmişti.

İyi bir gece uykusu çektikten sonra Elton ve Summerhayes çevreyi araştırmak ve örnek toplamak için ayrıldı. Elton günün birinde "hayvanların o gizem perdesinin ardında ne yaptığını" bilmeyi hayal ediyordu. Şimdi, üzerinde çalışmak bir yana, çok az ziyaret edilmiş olan yabancı bir dünyayı inceleme şansına sahip oluyordu.

Soğuk kutup akıntısının batıdan gelen körfez akıntısıyla [Gulf Stream] karıştığı bölgede bulunan ada, sulu kar ya da tipiye maruz kalmadığı zamanlarda, sürekli olarak sis altındaydı. Büyük oranda düz, iç kısımları boyunca onlarca göl bulunan, kuzey

kısmı neredeyse ay benzeri görünüme sahip ve çorak yapısıyla dikkat çeken bu ada güzelliklerden de yoksun değildi. Güney ucunda, denize tepeden bakan ve yüz binlerce deniz kuşunun bulunduğu pek çok yüksek uçurum vardı. Bunların arasında sayıları en fazla olanlar, siyah ve beyaz renkli Bayağı Dalıcımartı ile Brunnich Dalıcımartı, kara ayaklı martı ve gri fulmar fırtına kuşuydu. Elto ayrıca, küçük dalıcımartı [auk], Norveç kutup martısı ve kutup martılarını da görmüştü.

Elton ve Summerhayes, incelemelerine kampın yakınında başladı ve sonra çeşitli göllere ve bölgelere doğru yayıldılar. Elton, bu küçük ve ince yapılı botanikçinin mükemmel ve azimli bir çalışma arkadaşı olduğunu çabucak kavramıştı. Kendisinden yalnızca üç yaş büyük olan Summerhayes dünyada daha fazla yer görmüştü ve buna 1916 yılında yapılan Somme savaşında savaşmış olmak da dahildi. Summerhayes, kuzey kutbundaki bütün kuşları keşfetme konusunda Elton'ın bu bölgedeki hayvanları keşfetmeye hevesli olduğu kadar hevesliydi ve bu keşif gezisi sırasında Elton'a botanik konusunda çok şey öğretti.

Havaya ve zamanın kısıtlı olmasına karşın, iki genç, tüm adadaki çeşitli habitatları bitki ve hayvan yaşamı bakımından inceleyebildiler. Örneğin adada kelebek, güve, kınkanatlı, arı ya da eşekarısı yoktu. Böcek sınıfında genellikle sinekler ve ilkel böcekler olarak bilinen yay kuyruk böcekleri vardı.

Elton bu zenginlikleri toplamak ve saklamak için çeşitli araçlar getirmişti. Uçan böcekleri kelebek kepçesiyle yakalıyordu; diğer böcekleri, bitkileri sallayarak beyaz çarşafların üzerine düşürüyor ve kimilerini de taşları ters çevirerek ortaya çıkarıyordu. Böcekler siyanürle öldürüldükten sonra Elton bu böcekleri etiketleyerek kâğıt mendil içine koyuyor ve sigara paketleri içinde taşıyordu. Suda yaşayanlar içinse ağ gözleri farklı büyüklükte olan farklı ağlar kullandı. Bazı sucul hayvanları daha sonra tıpalayıp mumla kapatacağı alkol ve formalin içeren cam tüplerde saklıyordu.

Elton, her türün, bu genel olarak çorak toprakta ve zorlu koşullarda, hayatta kalmasına neyin olanak sağladığına özellikle dikkat ediyordu. Örneğin deniz kuşlarının denizden beslendiği ve kayalıklardan bıraktıkları dışkıların aşağıda büyüyen verimli bitki örtüsüne gübre sağladığı çok açıktı. Elton'ın adanın iç kısımlarda

rastladığı alaca kirazkuşu gibi diğer kuşlar yaprakarısıyla beslenirken, korsanmartı diğer kuşların yiyeceklerini ve yumurtalarını çalarak besleniyordu.

Günler geçip de yiyecek kaynakları azaldığında, korsanmartı artık diğer kuşlar üzerinden beslenen tek canlı olmaktan çıkmıştı. Kuşbilimciler pek çok yumurta ve kuş topladılar. Yumurta kabuklarının içeriği üflenerek uzaklaştırılıyor ve o şekilde saklanıyordu (Jourdain kabuklara bir keresinde o kadar çok üflemişti ki bayıldı). Yumurta içeriğiyse omlet yapımında kullanılıyordu.

Derileri yüzüldükten sona kuşların gövdeleri derin tavalara konuyordu. Elton ve keşif takımı ne kadar çok türün yenebilir nitelikte olduğunu görünce şaşırmıştı. Ayrıca Elton eve yazdığı mektupta kahvaltıda dalıcımartı yumurtası ve "fulmar kapama, deniz ördeği, uzun kuyruklu ördek, mor çulluk, alaca kirazkuşu, sebze ve pirinç" yediklerini de neşeyle anlatmıştı.

Adada planladıkları bir haftanın sonuna doğru geminin adaya güvenli bir şekilde yaklaşmasını olanaksız kılacak bir fırtına başladı. Longstaff, daha uzun süre kalmaları ve *Tromsø'de bekleyen Terningen*'e bir mesaj ulaştırmaları gerekeceğini fark etti. Elton'dan kendisiyle birlikte adanın kuzeydoğu ucundaki telsiz istasyonu bulunan kömür madenine gelmesini istedi (keşif gezisi kuralına göre güvenlik amacıyla daima iki kişi birlikte gitmeliydi). Sonu madene varacak on bir kilometrelik bu zorlu yürüyüş, karda ve karla karışık yağmur altında dört saat sürmüştü ve dönüşte de keskin kayalıkların, çamurlu yolların geçildiği bir dört saat daha söz konusuydu.

Fırtınalara, azalan ekmeğe, pişirmede kullanılacak margarin yağ kalmamasına ve askerî botları yalnızca bir hafta içinde neredeyse delinmek üzereyken Elton, Bear Adası'ndaki yaşamın "oldukça eğlenceli" olduğunu söylemişti.

Gemi, dört gün boyunca güçlü fırtınalarla boğuştuktan sonra Bear Adası'na dönebildi ve beş gün gecikmeyle Elton ve arkadaşlarını aldı. Tüm keşif grubu kuzeydeki Spitsbergen'e ve "küçük buzulları" (yeşilimsi renkteki tehlikeli buz parçaları) önlerine çıkaracak şekilde sürükleyen bir başka fırtınaya doğru yol almaya başladı.

Terningen, fırtına dindikten sonra Spitsbergen'in batı kıyısına doğru yöneldi. Adaya 450 km kadar kalmışken, gemi, yolun yarısında buz fiyordunun mavi sularına döndü ve bu sırada bulutlar da aralanmıştı. Grup burada sarp dağların karla kaplı zirvelerinin ve eriyerek bembeyaz bir şelaleye dönüşen ışıltılı buzulların büyüleyici manzarasıyla karşılaştı. Bir grup fırtına kuşu ve deniz kuşu suyun hemen üzerinde gezinirken, bir balinanın su püskürtmesi ve bir domuz balığı sürüsü deniz yüzeyindeki buzları dağıttı.



ŞEKİL 2.2 Charles Elton, 1921'de, Bruce City, Spitbergen'de göl yaşamıyla ilgili çalışmaları sırasında. Fotoğraf, C. S. Elton'in 1978–1983 yılları arasındaki anlatılarından Norveç, Tromsö'deki Norsk Polarinstitutts Kütüphanesi'den alınmıştır.

Üç yüz yirmi kilometreden daha fazla genişliğe sahip olan Spitsbergen keşif yapmak bakımından muazzam fırsatlar ve zorluklar sunuyordu. Elton, Summerhayes'le birlikte on gün boyunca incelemelerde bulunacağı, ana adanın batısındaki daha küçük ve Prens Charles Burnu isimli adaya çıktı. Longstaff, üzerinde pek çok fok balığının bulunduğu, yarısı buzla kaplı ve kilometrelerce uzunluktaki büyük lagünün kenarında kamp yeri kurarken, Elton'a yardım etti. Longstaff gemiye dönmeden önce, lagündeki buz tabakasının üzerinde yürümemesi için Elton'ı uyardı. Elton,

Longstaff'ın yalnızca bir kez tavsiyede bulunduğunu öğrenmişti. Eğer biri bu tavsiyeyi unutursa, bu kendi hatası olurdu.

Hayvanları gözlemleyerek ve örnekler toplayarak geçen verimli dokuz günün ardından Elton bu hatayı yaptı. Jeolog R.W. Segnit'le birlikte kıyıya bağlı olan bir buz kütlesi üzerinde yürüyordu. Kıyı tarafından gelen bir akıntının oluşturduğu zayıf bir noktaya bastı ve buz gibi suya düşecek gibi oldu. Bir süreliğine kendisini tutan sırt çantası sayesinde suya düşmekten kurtuldu ve sonra tekrar buzun üzerine dikkatli bir şekilde çıktı. Fakat bir an için sersemlemiş olan, üşümekten donan ve güneş gözlüğü gözlerinde olan Elton etrafında döndüğünü ve neredeyse gerisin geri açılan deliğe düşeceğini fark etmedi. Segnit'in bağırması, onu boğulmasına neden olacak bir hata daha yapmaktan alıkoydu. Üşümekten titreyen Elton, kurumak üzere kampa dönebildi; ana adanın iç kısmında bulunan Klaas Billen Körfezi'nde daha uzun süre kalabilmek için iki gün sonra burayı terk etti.

Daha kuzeyde olmasına ve Bear Adası'ndan daha karlı ve buzlu olmasına karşın Spitsbergen'in yaz sıcaklığı daha yüksekti (bazen 10°C'nin üzerine çıkıyordu) ve en azından kar yağmadığı zamanlarda daha rahattı. Elton, kutup bölgesinde yaşayan hayvanlardaki uyarlanımlarla ilgili bazı deneyler yapmak için bu koşullardan yararlandı. Bu iklimde yaşamayı nasıl sürdürdükleri ve hangi habitatlarda yaşayabildikleri hakkında daha fazla şey öğrenmek için kabuklu hayvanların ve onların yumurtalarının donup çözünmeye ve deniz suyunun farklı konsantrasyonlarına karşı toleransını sınadı. [Şekil 2.2.]

Elton, Spitsbergen'de bitki örtüsü ile kuşların ve böceklerin yaşamı bakımından Bear Adası'ndakine oldukça benzer bir görünümle karşılaştı fakat kutup tilkisinin iki türü, (boynuzları olmayan) ren geyiği ve fok balıklarını içerecek şekilde büyük memeli hayvanların varlığına ilişkin daha fazla kanıt buldu. Bir sabah, domuz pastırması pişerken kamp bölgesinin aşağısından bir çığlık yükseldi: "Kutup ayısı!"

Kimse bu davetsiz misafirin buzullar ve vadiler arasından körfeze nasıl ulaştığını bilmiyordu ama misafir gelip onları bulmuştu işte. Ne yazık ki onu vurmaktan başka çare yoktu. Tek zoolog olan Elton, ayının vücudunun içini ve dışını etraflıca ince-

ledi fakat ayının üzerinde koleksiyonuna ekleyebileceği bir asalak bulma konusunda hayal kırıklığına uğradı.

İki aydan uzun bir süre tundrada yaşadıktan ve burada örnek topladıktan sonra artık deneyim kazanmış olan kutup kaşifi, otuz üç tane kutusuyla diğer teçhizat ve örneklerini bir araya getirdi. Bunları gemiye kendisi yükledi ve sonra eve döndü.

İNİŞLİ ÇIKIŞLI KUTUP BESİN ZİNCİRİ

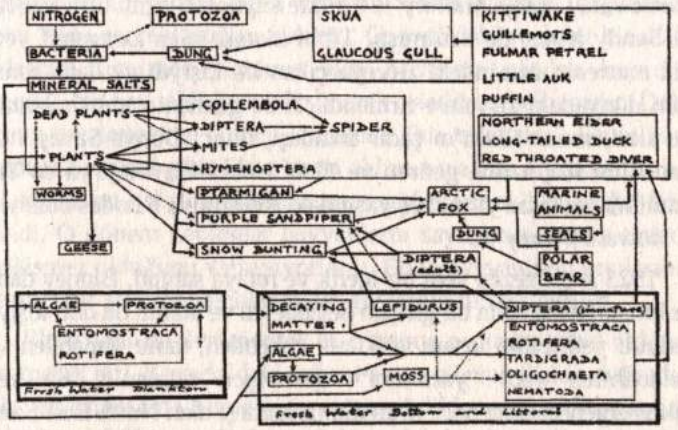
Güvenli bir şekilde Oxford'a döndükten sonra Elton ve Summerhayes incelemelerinden elde ettikleri verileri bir araya getirdi. Doğayla ilgilenen pek çok kimse, özellikle koleksiyoncular, kutuptaki adalardan gelen örneklerin yetersizliği karşısında hayal kırıklığına uğramış olabilir. Fakat Elton, türlerin görece az olmasının oradaki organizmalar arasındaki tüm etkileşimleri ve ilişkileri ortaya koymak, diğer bir deyişle, hayvan yaşamı üzerindeki perdeyi sıyırmak bakımından nadiren karşılaşılan bir fırsat sunduğunu fark etmişti.

Daha önceki doğacılar topluluğu (komüniteyi) tek bir varlık ya da türlerin toplamı olarak görürken Elton yeni ve işlevsel bir anlayışı benimsedi: Elton için kutuptaki adaların ekonomisinde değerli metanın yiyecek olduğu gayet açıktı. Bu nedenle her canlının yiyeceğinin kaynağının izini sürdü.

Karada yiyecek bulmak oldukça zordu fakat denizde bol miktarda yiyecek mevcuttu, bu nedenle çalışmaya denizden başladı. Denizde yaşayan plankton ve balık gibi hayvanların deniz kuşları ve fok balıkları tarafından yendiğini biliyordu. Deniz kuşlarıysa kutup tilkisi (ve ayrıca korsanmartı ve kutup martısı) tarafından, fok balıklarıysa kutup ayıları tarafından yeniyordu. Bu ilişkiler Elton'ın "besin zinciri" adını verdiği şeyi oluşturuyordu.

Fakat tundranın sakinleri arasındaki bağlantılar birkaç hayvanın çok ötesine geçmekteydi. Deniz kuşlarının dışkısı, bakteriler tarafından kullanılan, bitkilerin beslenmesinde rol oynayan, böcekler için besin kaynağı olan azot içeriyordu. Bu sonda sayılan her iki organizma karada yaşayan kuşlar (kar tavuğu, çulluk) tarafından tüketiliyordu ve bu kuşlar da kutup tilkisine yem oluyordu. Bir topluluktaki besin zinciri bu şekilde, Elton'ın önce "besin-döngüsü" daha sonra besin "ağları"

adını verdiği ağ örgüsü içinde birbirine bağlanıyordu. Elton bu zincirleri ve ağları, türünün ilk örneği olarak, Summerhayes'le birlikte 1923'te yayımladığı bir makalede şema biçiminde gösterdi. [Şekil 2.3]



ŞEKİL 2.3 Bear Adası'ndaki besin zinciri. Charles Elton tarafındn çizilen ilk besin ağı. Karadaki besin zincirini takip etmek için üst sol köşedeki azot (Nitrogen) ve bakterilerle (Bacteria) başlayın ve kutup tilkisine (Arctic fox) gelen tüm yolları takip edin.

Summerhayes ve Elton'dan (1923).

YABANİ SIÇANLAR VE VAŞAK

Elton'ın kendisi akademideki besin zincirinde ve Oxford Üniversitesi Keşif Heyeti'nde hızlıca yol aldı. 1922 yılında lisans eğitimini bitirdikten sonra 1923'te bölüm okutmanlığına atandı ve Spitsbergen'e yapılacak yeni keşif gezisinin başuzmanı oldu.

Yirmi üç yaşında biri için bu olağanüstü bir sorumluluktu fakat Oxford gibi bir kurum için de bu normal bir durumdu. Kutup keşfi büyük oranda genç adamların oynadığı bir oyundu ve Elton, diğer girişimlerde ya da hüsranla sonuçlanan denemelerde adını duyuran pek çok keşif üyesi gibi bu saygın kurumun bir üyesiydi. İlk keşif yolculuğunu düzenleyen, o dönem lisans eğitimini sürdüren ve yalnızca yirmi bir yaşında olan Geroge Binney'di. Binney 1923'teki yolculuğu ve 1924'te yapılan, daha

iddialı ve karmaşık nitelikteki yolculuğun da düzenlemesini gerçekleştirecekti. Daha sonra, İkinci. Dünya Savaşı'nda, İsveç'teki Alman kuşatmasını yarmak üzere yaptığı girişimler nedeniyle nişana layık görüldü. 1923'teki keşif gezisine, bir sonraki yıl Everest Dağı'na çıkma girişiminde bulunan ve zirveye birkaç yüz metre kala George Mallory'le birlikte kaybolan yirmi bir yaşındaki Sandy Irvine de katılmıştı. Tıbbi memur olan Longstaff yedi bin metrenin üzerindeki zirveye çıkan ilk kişiydi ve daha sonra tüm dünyadaki zirvelere tırmandı. 1924 gezisinin tıbbi memuru ve kimi zaman Elton'ın çadır arkadaşı, İkinci Dünya Savaşı'nda penisilini ilaç haline getiren ve 1945 Nobel Fizyoloji ya da Tıp ödülünü paylaşan yirmi beş yaşındaki Avustralya Rhodes bursiyeri Howard Florey'di.

1923 keşif gezisi yeni bir içerik ve rotaya sahipti. Binney daha az iddialı, daha etkin bir girişim peşindeydi ve takımı on dört kişiye indirdi: yedi bilim insanı ve kürek çekebilen, tamir yapabilen ve avlanabilen yedi "yardımcı". *Terningen* dümenini bu kez Spitsbergen'in daha önce keşfedilmiş kardeşi olan North East Land (Nordaustlandet) adasına çevirdi. Spitsbergen'e yakın olmasına karşın bu adaya ulaşmak daha zordu. Adanın etrafını saran kalın buz tabakaları geminin geçmesini engelliyordu ve bu buz parçaları, dümdüz bir doğrultuda geçmeye çalışan geminin pervanesini kırdı. Kısmi olarak arızalanmış olan gemi buz kütleleri tarafından sürükleniyordu ve adaya yapılacak keşif planından vazgeçildi.

Fakat Elton'a göre yolculuk böylece bitmemişti. Gemi İngiltere'ye dönerken her zaman olduğu gibi Tromsø'de durdu. Elton burada bir kitapçıya gitti ve Robert Collett tarafından Norveç'teki memeliler üzerine yazılmış olan *Norges Pattedyr* adlı büyük bir kitaba rastladı. Elton, Norveççe'yi okuyamasa da kitap o kadar ilgisini çekti ki cebinde kalan İngiliz sterlinlerinden birini daha sonra "bütün hayatını değiştirdi" dediği bu kitap için harcadı.

Elton Oxford'a döndüğünde Norveççe bir sözlük edindi ve kitabın bir bölümünü kelime kelime çevirerek okudu. Yabani sıçan üzerine yazılmış yaklaşık elli sayfa, her ne kadar küçük gine domuzuna benzeyen bu hayvanları hiç görmemiş olsa da, Elton'ın çok ilgisini çekmişti. Collett'in, yabani sıçan yılı olarak adlandırılan ve sıçanların sonbaharda İskandinav dağlarından ve tundralarından, yurttaşların yüzyıllar boyunca görülmüş sıradışı bir olay

olarak kayda geçeceği kadar kalabalık olacak şekilde akın ettiği dönemi anlatışından büyülenmişti.

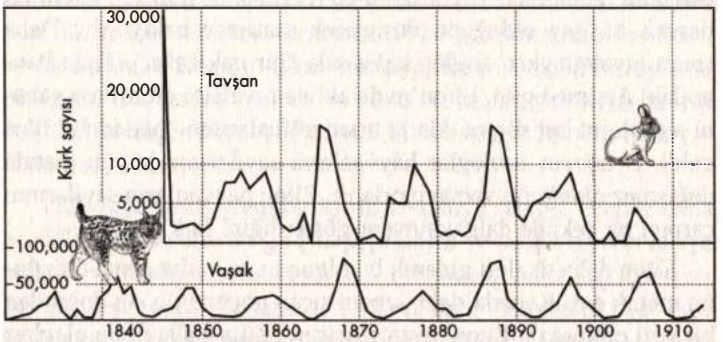
Elton, bahsedilen olayları grafiğe döktü ve bu olayların üç ya da dört yılda bir oldukça düzenli bir döngü halinde tekrarladığını ortaya koydu. Haritalar çizdi ve İskandinavya'nın farklı bölgelerindeki farklı yabani sıçan türlerini içeren göçlerin çoğunlukla aynı yılda gerçekleştiğini fark etti. Oxford'daki yaşlı bir binadaki odasının zeminine yayılmış olan haritalara gözden kaçırdığı önemli bir şey olduğunu düşünerek saatlerce bakıyordu. Daha sonra tuvaletteyken aniden kafasında "bir ışık çaktı". Tıpkı banyodaki Arşimed gibi, Elton'ın da aklına tuvalette otururken yabani sıçanların belirli aralıklarla artan nüfuslarının "patladığı" fikri geldi. O dönem zoologlar hayvanların sayılarının büyük oranda değişmez olduğunu varsayıyorlardı. Elton hayvanların sayılarının çarpıcı bir şekilde dalgalanmalar gösterdiğini fark etmişti.

Elton daha da ileri giderek bu olgunun ne kadar genel olduğunu merak etti. Kanada'daki yabani sıçan göçüne ilişkin doğrudan bir veri olmasa da Elton besin zincirini dikkate alarak bu olayları tahmin edebiliyordu. Daha önce Kanadalı bir doğabilimci tarafından yazılmış olan ve kutup tilkisini de içeren diğer memelilerin popülasyonlarındaki dalgalanmalardan bahseden bir kitap okumuştu. Tilkilerin Kanada yabani sıçanlarını yediğini bilen Elton, kürk ticareti yapan Hudson Bay Şirketi tarafından ele geçirilen tilki derilerinin sayılarını bir tabloya yazmış ve beklendiği gibi, tilki derisi sayısındaki artışla Norveç'teki yabani sıçan yılları arasında karşılıklı bir ilişki olduğunu bulmuştu.

Elton'ın besin zinciri kavramı kullanılarak yapılan çıkarımlar çoğaldı. Yabani sıçanlar aynı zamanda kuşlar tarafından da avlanıyordu. Elton, kısa kulaklı baykuşların ve baykuşları avlayan aladoğanların sayısının Norveç'in güneyindeki yabani sıçan yıllarında arttığını da fark etmişti.

Sayıları çılgınca değişen tek av yabani sıçanlar değildi. Elton, Kanada tavşanı (ya da yaban tavşanı) popülasyonunun da salınıma tabi olduğunu ve sayılarının ciddi ölçüde azalmadan önce her on yılda bir büyük bir artış gösterdiğini öğrendi. Bu tavşanlar Kanada vaşaklarının en çok tercih ettiği avdı. "Tavşanlarla beslenirler, tavşanları takip ederler, tavşanları düşünürler, tatları tavşan gibidir, onlarla birlikte artarlar ve başarısız olurlarsa tavşansız

ormanlarda açlıktan ölürler" diye yazmıştı bir doğa bilimci. Bu sırada vaşak kürkü Hudson Bay Şirketi için çalışan kürk avcılarının başlıca hedefiydi. Şirketin 1821'den o güne dek her yıl aldığı kürlerin kayıtlarını dikkatli bir şekilde tuttuğu ortaya çıktı. Bu veri grafiğe döküldüğünde, elde edilen kürk sayısı, tavşan döngüsüyle uyumlu olan dikkat çekici bir on yıllık döngüyü ortaya koymaktaydı. [Şekil 2.4]



ŞEKİL 2.4 Kanada'nın kuzeyindeki vaşakların ve tavşanların on yıllık döngüleri. Elton, vaşak ve tavşan popülasyonlarının on yıllık dönemlerdeki artışını ve azalışını belirlemek için Hudson Bay şirketinin kayıtları üzerinde çalıştı.

Elton'dan (1924)

Elton bu döngülerin, hayvan topluluklarında işlerin nasıl yürüdüğüne ilişkin önemli işaretleri ortaya koyduğunu düşündü. Bu döngüler popülasyonların, özellikle kontrol edilmediğinde, çarpıcı biçimde artma gücüne sahip olduğunu gösteriyordu. Aynı şekilde yabani sıçanlarda ve tavşanlarda görülen ani azalma, hayvanların büyük bir kısmını ortadan kaldırabilecek yaygın hastalıklar gibi, başka etkenlerin olduğunu ortaya koyuyordu. Aynı zamanda bu döngüler, türlerin sayısının besin zinciri aracılığıyla diğer türlerin sayısını nasıl etkileyebildiğini de göstermekteydi.

Kısacası bu döngüler hayvanların sayılarının çeşitli şekillerde kontrol edildiğini sergilemekteydi. Elton, "Hayvan Sayılarındaki Dönemsel Dalgalanmaları" 1924'te yazdığı kırk beş sayfalık makalede ayrıntılı olarak sundu. Fakat o sırada yeni bir bilim olan ekolojiye ilişkin bir köşe taşı döşediğini bilmiyordu.

YAŞAM SADECE YİYECEK MESELESİDİR

Elton'ın eski hocası olan Julian Huxley, 1926 yılında biyolojiyle ilgili bir dizi kitap hazırlıyordu. Huxley, her bir kitabın yeni ve henüz ortaya çıkan alanlara odaklanacak öncü düşünürler tarafından yazılmasını istiyordu. Elton yirmi altı yaşında olmasına karşın Huxley, onun kutuplardaki kapsamlı deneyimine (o zamana kadar üç keşif gezisi) saygı duyuyor ve yayımlanmış çalışmalarında ortaya çıkan orijinal düşünme biçimini takdir ediyordu. Huxley, Elton'a hayvan ekolojisi hakkında kısa bir kitap yazmasını teklif etti ve Elton da bunu kabul etti.

Elton kendisini bu projeye kaptırdı. Oxford Üniversitesi Müzesi yakınındaki dairesinde neredeyse her gece ondan bire kadar durmadan yazıyordu ve kitabı yalnızca seksen beş günde bitirdi. Bu muazzam tempoya karşın ortaya çıkan *Animal Ecology* [Hayvan Ekolojisi] hem içerik hem de biçim bakımından bir klasikti. İki yüz sayfalık kitap anlaşılmayı kolaylaştıran benzetimleriyle merak uyandırıcıydı ve sohbet havasında yazılmıştı. Kitabın bölümleri, sunulan temel düşünceler etrafında mantıklı bir şekilde düzenlenmişti ve Elton'ın yeni bir bilim olarak gördüğü ekolojinin başlıca yönleriyle gündemi belirliyordu.

Elton kitabının konusunun "temel olarak hayvanların sosyolojisi ve ekonomisi olarak adlandırılabilecek şeyle ilgili olduğunu" açıklıyordu. İnsan toplumu ve ekonomisiyle kurulan benzerlik bilinçliydi. "Hayvanların, insan toplumu kadar karmaşık ve onu çalışmak kadar keyifli olan karmaşık bir toplum düzenine sahip olduğu açıktır" ve "ekonomik yasalara tabidir" diye yazıyordu Elton. Bu benzerlik biyolojide derin köklere sahipti. "Doğanın ekonomisi" kavramı on sekizinci yüzyılda büyük doğa bilimci Carl Linnaeus ve on dokuzuncu yüzyılda da Darwin tarafından benimsenmişti. Kavram insan toplumunu çağrıştırıyordu, hayvan toplulukları farklı yerlerde bulunan, farklı rollere sahip olan ve birbiriyle etkileşen canlılardan oluşmaktaydı.

"İlk bakışta hayvan topluluklarına ilişkin genel ilkeleri keşfetmek konusunda bir hayal kırıklığı yaşayabiliriz," diyordu Elton. Fakat kuzey kutbunda kendisinin yaptığı gibi "basit topluluklar üzerinde dikkatle çalışmak, bir hayvan topluluğunun farklı kısımlarını incelememize olanak sağlayan pek çok ilke olduğunu ve bu

ilkelerin ışığında görünürdeki karmaşıklıkların ortadan kaybolduğunu göstermektedir."

Bu ilkeler, Elton'ın besin ve besin zincirine verdiği merkezi önemden kaynaklanıyordu. Elton, besini hayvan ekonomisindeki "para birimi" olarak görüyordu. "Tüm hayvanların temel güdüleyicisi doğru türdeki ve yeterli miktardaki besini bulma gereksinimidir. Besin hayvan toplulukları için yakıcı bir sorundur ve topluluğun tüm yapısı ve etkinliği besin kaynakları sorununa dayalıdır" diye iddia ediyordu. Elton, etkileyici ve zekice bir Çin atasözünün eşlik ettiği bu öneriden kaynaklanan her bir ilkeyi kısaca açıklamıştır:

Besin Zincirleri

"Büyük balık küçük balığı yer, küçük balık su böceklerini yer; su böcekleri bitki ve çamur yer."

Besin zincirleri bir topluluğun çeşşitli üyeleri arasındaki "ekonomik" bağlantıları oluşturur. Hayvanların oluşturduğu zincir besin aracılığıya birbiriyle bağlantılıdır ve hepsi nihai olarak bitkilere bağımlıdır. Elton'ın şemasında otçullar, "hayvan toplumlarındaki temel sınıfı oluşturur", bunlarla beslenen etçillerse bir sonraki sınıftır ve bu, besin zincirinin ucundaki "düşmanı olmayan" hayvana ulaşana dek devam eder.

Elton'a göre bu besin zincirinin yapısı farklı düzeylerdeki canlıların büyüklükleriyle ilişkilidir.

Besinin Büyüklüğü

"Büyük kuş küçük tohum yiyemez."

Elton, büyüklüğün besin zincirini oluşturan yapıdaki temel belirleyici olduğunu ileri sürmüştür. Boyun eğdirilemeyecek kadar büyük ya da bir hayvana yeterli gelmeyecek kadar küçük olan şeyler menünün dışında kalır: "Etçil hayvanın avının büyüklüğü bir yandan gücü ve avı yakalama yeteneğiyle sınırlıyken öte yandan, küçük besinlerin kendisinin ihtiyaçlarını karşılayacak kadar doyurma kapasitesiyle sınırlıdır."

Dolayısıyla bu büyüklük ölçütleri, popülasyonlardaki ve besin zincirlerindeki farklı türde hayvanların sayılarının ne olacağına ilişkin önemli sonuçlar doğurur.

Sayılar Piramidi

"Bir tepede iki kaplan barınmaz"

Elton, besin zincirinin başlangıcındaki hayvanların tipik olarak bol miktardayken, kaplanlar gibi, zincirin sonunda bulunanların sayı bakımından görece az olduğunu fark etmişti. Sayı, genellikle bu iki uç arasında giderek azalmaktaydı. Elton bu örüntüye *sayılar piramidi* adını verdi.

Buna ilişkin olarak verdiği örnek, içinde "yaprak biti gibi sayısız otçul böceğin, çok sayıda örümceğin ve etçil böceklerin, oldukça fazla sayıda bülbülün ve yalnızca bir ya da iki şahinin" bulunabileceği İngiliz meşesiydi. Birinci elden sunduğu bir başka örnek, çok sayıda deniz kabuklusunun balıklar tarafından, balıkların fok balıkları tarafından, fok balıklarının da az sayıdaki kutup ayısı tarafından yendiği kuzey kutbuydu. Elton bu piramitlerin "dünyanın her yerindeki" tüm hayvan topluluklarında görüldüğünü ileri sürüyordu.

Sayılar piramidi, verili bir alanda hayvanların sayılarında belirli bir denge olduğunu ortaya koymaktaydı. Dolayısıyla temel soru bu yoğunluğun nasıl devam ettirildiği sorusuydu: Hayvanlar sayılarını bir tarafta aşırıya varmaktan, diğer tarafta yok olmaktan kaçınacak şekilde nasıl ayarlıyorlardı? Elton, genel olarak, sayıdaki artışın avcılar, hastalık yapıcılar, asalaklar ve besin kaynaklarıyla kontrol edildiğini iddia ediyordu. Yok olmaktan kaçınılıyordu çünkü avın sayısı azaldıkça avcılar başka avların peşine düşüyor ve böylece sayılarını tekrar arturıyorlardı diye açıklıyordu.

Elton'ın hayvanların sayılarının ayarlanmasına ilişkin tarifi Cannon'ın homeostazi düşüncesiyle karşılaştırılabilir nitelikteydi. Buna göre düzey, karşıt etkenlerin dengesiyle belirli bir aralıkta tutulmaktadır. (Elton bu kavramı kullanmadı çünkü Cannon bunu henüz popüler hale getirmemişti fakat daha sonraki çevrebilimciler kavramı kullandılar).

Elton hayvanların sayılarının düzenlenmesinin pratik öneminin yanı sıra muazzam ölçüde temel bir öneme sahip olduğunu düşünüyordu ve kitabının neredeyse dörtte birini bu konuya ayırdı. Öte yandan "Halihazırda hayvanların sayısını belirleyen kanunlar hakkında çok az şey bilindiğinden genellemeler yaparak konuşmak kaçınılmazdır" itirafında bulunuyordu.

Gerçekten de, fizyologların insanlarda ve diğer canlılarda geçerli olan süreçleri düzenleyen kanunları araştırmaları Cannon tarafından nasıl tetiklendiyse çevrebilimciler de Elton'ın kitabı sayesinde hayvanların sayılarını düzenleyen kanunları araştırmak üzere harekete geçtiler.

Bu da inceleyeceğimiz bir sonraki konuyu oluşturmaktadır.

Fakat buna başlamadan önce, Elton'ın kitabının, intihar eden sıçanlar efsanesini büyütmesine ilişkin olan etkisinden de bahsetmemiz gerekiyor. Elton'ın Collett'in kitabında okuduğuna göre "bir yabani sıçan yılı, sayısız yabani sıçanın deliye dönüp şehre indiği zaman" gerçekleşmektedir. Elton, *Animal Ecology* kitabında, "Yabani sıçanlar genellikle gece hareket etmekte ve tereddüt etmeden atlayıp ölümüne yüzdükleri denize varana kadar yüzlerce kilometre yol almaktadır." diye yazar. Fakat bu anlatım Collett'in kitabında toplanan hikâyelere dayanmaktadır. Toplu intihar bir yana Elton hayatında hiç yabani sıçana ya da bunların göçüne tanık olmamıştı.

Yabani sıçanların intiharı efsanesi, sıçanları ölüme atlarken gösteren 1958 yapımı bir Walt Disney filmi olan *White Wilderness*'tan [Beyaz Çöl] kayda değer bir destek bulmuştu. Filmdeki anlatıcı "Bir tür dürtü, küçük sıçanları ele geçirir ve nedensiz bir histeriyle birlikte sürüp gider" diye açıklama yaptıktan sonra seyirci yüksek bir uçurumdan aşağı atlayan sıçanları görür. Sahne kurmacadır; hayvanlar filmi yapanlar tarafından uçurumdan aşağı atılır.

Film Oscar Ödülü kazanır.



KISIM II

YAŞAMIN MANTIĞI

E.coli için geçerli olduğu bulunan her şey
filler için de geçerli olmalıdır.

JACQUES MONOD VE FRANÇOIS JACOB

Elton, hayvanların sayısının düzenlenmesinin hem doğa hem de uygulamalı alanlar bakımından ne kadar büyük bir önem arz ettiğini ortaya koymuş ve Cannon, fizyolojinin düzenlenmesinin hayvan ve insan sağlığı bakımından ne kadar hayati önemde olduğunu açıklamıştı. Öte yandan kendilerinin de teslim ettiği gibi, ikisi de herhangi bir şeyin ekosistemlerdeki ya da vücudun içindeki niceliğinin nasıl belirlendiği konusunda çok ayrıntıya girememişti.

Düzenlemenin kanunlarını ortaya çıkarmadaki zorluklar çevrebilimciler ve fizyologlar için bir miktar farklıdır. Elton ve meslektaşları için "oyuncular" genellikle çıplak gözle görülebilen ve belirli bir yerde bulunan hayvanlar ve bitkilerdir. Fakat çevrebilimciler oyunun kurallarını öğrenme yönteminden yoksundurlar; çevrebilim deneysel değil büyük oranda gözleme dayanan tanımlayıcı bir bilim dalıdır.

Bunun aksine, Cannon ve meslektaşları deney yapma konusunda oldukça iyiydiler fakat 1930'lu yıllardaki fizyoloji çalışmalarının büyük oranda organlar ve dokular düzeyinde gözlemlenen olgularla sınırlı olması nedeniyle bir yetersizlik içindeydiler. Bu olguları düzenleyen oyuncular elde etmesi ve tanımlaması zor olan, gözle görülmeyen nitelikteki moleküllerdi.

Sonraki üç bölümde, fizyolojik düzenlenmenin hem genel hem de bazı özel kanunlarının nasıl keşfedildiğine ilişkin öyküler anlatacağım. İlginçtir, buna dair ilk keşifler vücutları olmayan canlılarla, sindirim sistemimizde bulunan minik bakterilerle, yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır (Bölüm 3). Bu öncü çalışmalar, her ne kadar bakterilerde açığa çıkarılmış olsa da, buradaki yasaların bizi de içeren tüm canlılardaki her tür sürecin genel düzenleme biçimleri olduğunu ortaya çıkarması bakımından önemlidir. Bu öncüler tarafından aydınlatılan yollar izlenerek insanlardaki –kolesterol metabolizmasının düzenlenmesi (Bölüm 4) ve hücre çoğalması (Bölüm 5)– önemli süreçler ortaya çıkarılmıştır. Bu oyunlardaki özel kuralların ve oyuncuların tanımlanmasının sonucu, Cannon'ın büyük iyimserliğinin ya da hayal gücünün çok ötesine geçen bir biyomedikal devrim olmuştur.

Bu genel yasaların keşfi iki başka nedenden ötürü de önemlidir. Birincisi, bu yasalar, öncü bir moleküler biyolog olan François Jacob'un yaşamın "mantığı" dediği şeyin zeminini oluşturur. Bu terim, hem doğrudan anlamında (eğer A, B'yi düzenliyorsa, B,

C'yi düzenliyorsa, A, C'yi düzenler) hem de düzenleyici mantık organizma için "anlamlıdır" biçimindeki dolaylı çağrışımı –Cannon'ın "vücudun bilgeliği" ile aynı çağrışım– anlamında kullanılır.

Bu genel yasaların önemli olmasının ikinci nedeni benzer yasaların ve mantığın ekolojik ölçekte de geçerli olmasıdır. Ekolojiyle ilgili özel yasalara üçüncü kısımda değineceğim fakat sonraki bölümlerde yer alan her bir hikâyedeki ayrıntılar kadar buna da dikkat etmeniz için sizi şimdiden önem ve mantık benzerliğne dikkat etmeniz bakımından uyarıyorum.

BÖLÜM III

DÜZENLEMENİN GENEL YASALARI

Hücre, yaptığı işi isteklerine göre uyarlar.
Ancak ihtiyacı olan şeyleri, ihtiyaç duyduğu zaman üretir.

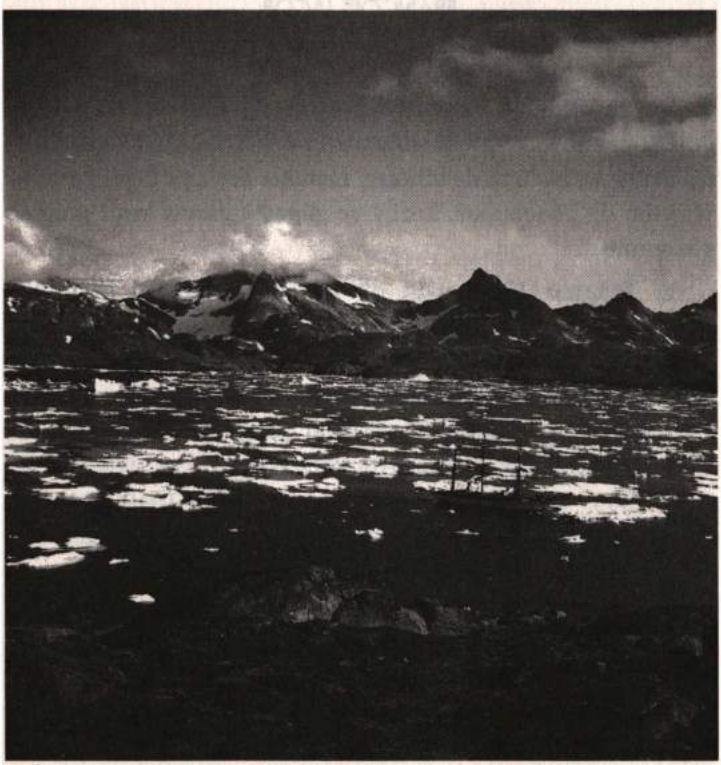
FRANÇOIS JACOB

Büyük Britanya, kutupların keşfiyle ilgilenen tek ülke değildi. Ekonomik ve stratejik etmenlerin etkisiyle, kimi zaman ulusal övünç ve nadiren de bilimsel merakla pek çok ülke, yirminci yüzyılın ilk döneminde, kuzey ve güney kutbuna keşif grupları göndermişti.

11 Temmuz 1934'te, üç direkli Fransız gemisi *Pourquoi-Pas? IV* ("Neden Olmasın"), Grönland'ın buzlu kıyılarına gitmek üzere Normandiya kıyısındaki Saint-Malo'dan ayrıldı. Geminin kaptanı, meşhur kutup kâşifi Jean-Baptiste Charcot'ydu. Tıp eğitimi almış olan Charcot bu kariyerinden vazgeçti ve hükümet destekli iki Fransız Antarktikası keşif gezisiyle tanındı: 1903-1905 arasında *Français*'le ve 1908-1910 arasında *Pourquoi-Pas*'la. Charcot, buza, fırtınalara, sıfırın altında kırk dereceye varan sıcaklıklara ve uzun kutup gecelerine karşı cesaret göstererek yeni topraklar keşfetti, iki bin sekiz yüz kilometrelik bir kıyı şeridinin ve adaların haritasını çıkarttı, ulusal bir kahraman oldu ve daha sonraki kâşiflerin hayranlığını kazandı. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra kuzey kutbuyla ilgilenmeye başladı. Bu yolculuk, altmış yedi yıldır kuzey kutbuna yapılan yolculukların yirmi beşincisiydi ve Charcot'nun da Grönland'a onuncu seferiydi.

Gemi, hepsi de gönüllü olan otuz üç kişilik bir ekibi taşıyordu. Gemide ayrıca, dördü bir etnografya çalışmasının parçası olarak bir yıl Eskimolarla yaşamak üzere Angmagssalik kasabasında inen altı üniversite öğrencisi de vardı. Biri yirmi dört yaşındaki Jacques Monod olmak üzere kalan iki öğrenci, gemide ve kıyıda bilimsel çalışmalar yapacaktı.

Meşhur yazlık tatil yeri olan Cannes'da büyümüş olan Monod deneyimli bir denizciydi fakat Charcot'nun ekibine göre amatör sayılırdı. Şimdi karşılaşmak üzere olduğu denizlerde herhangi bir deneyimi olmamıştı. Genç zoolog, Paris Sorbonne'daki araştırmalarını Charcot'nun ekibine ve kuzey kutbuna yapılacak iki aylık maceraya katılmak üzere bırakmıştı. Görevi, Elton'ın ve arkadaşlarınınkine benzer şekilde örnek toplamaktı.



ŞEKİL 3.1 Grönland'da Pourquoi-Pas?, 1934.

Fotoğraf, Jacques Monod, © Pasteur Enstitüsü/Jacques Monod Arşivi.

Gemi, Fransa'dan ayrıldıktan on iki gün sonra sisle kaplı Faroe Adaları'nda durdu. Kazandaki bazı hasarları onarıldıktan sonra *Pourquoi-Pas?* İzlanda'ya gitti, kömür aldı ve Grönland'a doğru yola çıktı. Monod tüm yol boyunca plankton ve geminin bordasından attığı ağla küçük deniz kabukluları, deniz kurtları ve larva topladı. Geçilen her enlemle hava giderek soğudu ve daha çok buz görünmeye başladı. Gemi Grönland'ın doğu kıyısındaki Scoresby Sound'a yaklaşınca buzla kaplı bölgeler yolu kapattı. Gemi beş gün boyunca yavaş yavaş hareket etti. Bu sırada bir gözcü gözetleme yerinden, buzdaki görünür görünmez kapanan boşlukları takip ediyor ve ekipten başka biri arka kısımda pervaneye zarar verebilecek buz kütlelerini uzaklaştırıyordu.

Gemi kıyıya ulaştıktan sonra, (bugünkü adı Tasiilaq olan) Angmagssalik'e gitmek üzere ayrılmadan önce Monod'un, kıyıdaki deniz yaşamından örnekler toplamak için üç günü vardı. Monod ve bir arkadaşı, taş ve mineral örnekleri toplamak için fiyordun etrafındaki dağlara tırmanmak üzere yola koyuldu. Hevesli bir dağcı olan Monod gördükleri karşısında büyülenmişti. Ailesine, "Pek çok harikulade ve sıradışı şey gördüm!" diye yazmıştı. "Sevgili ailem, keşke nasıl bir merak ve heyecan içinde olduğumu bilebilseydiniz!"

Gemi, kömürün azalması nedeniyle ikmal yapmak üzere İzlanda'ya gitmek için ayrılmak durumundaydı. Fırtına sayesinde hızla yol aldı. Zayıf görüş alanıyla buz adalarının etrafından dolaşan Charcot, kömür rezervi neredeyse tamamen bitmişken, ne pahasına olursa olsun geminin yola devam etmesine karar verdi. Ekip kömür almak üzere Reykjavik'e zor da olsa gidebildi ve başka bir aksilik yaşanmadan eve dönebildi.

Monod topladıkları örnekler ve yaptığı gözlemlere ilişkin kısa bir açıklama yayımladı fakat ne yazık ki bir kutup biyoloğu olmadı. İki yıl sonra, bir kez daha, Grönland'a gidecek olan *Pourquoi-Pas*'a katılmaya davet edildi. Monod yolculuğa katılma eğilimindeydi fakat son anda Nobel ödüllü Thomas Hunt Morgan'ın laboratuvarında genetik konusunda çalışmak üzere California Institue of Technology'ye [California Teknoloji Enstitüsü] gitmeye karar verdi.

Daha sonra bunun çok iyi bir karar olduğu ortaya çıktı. 15 Eylül 1936'da Grönland'a gerekli erzakı bıraktıktan ve bir fırtınanın dinmesini bekledikten sonra *Pourquoi-Pas* eve devam etmeden önce

yine Reykjavik'e uğradı. Fakat birkaç saat içinde güçlü bir fırtınaya yakalandı. 16 Eylül sabahında ön ve arka direkleri kırıldı ve flok yelkeni radyo antenini paramparça etti. Hasar gören gemi sürüklendi, bir yanına yattı ve sonra bir resife çarptı. Bir kişi hariç Charcot ve diğer kırk dört kişi soğuk ve çalkantılı denizde hayatını kaybetti.

Monod'un hayatını kurtarmış olması biyoloji bilimi için de oldukça talihli bir olaydı. Her ne kadar California'dayken herhangi bir şey keşfetmemiş olsa da daha sonra yeni bir bilim dalı olan moleküler biyolojinin kurucularından biri olacaktı. Monod ve çalışma arkadaşları, yaşamın moleküler düzeydeki ilk düzenlenme yasalarından bazılarını açığa çıkaracak ve bu keşifler onu bir kez daha kuzeye, bu kez Nobel ödülü almak üzere Stockholm'e yollayacaktı.

Fakat Monod öncelikle uzun sürecek öldürücü bir fırtınaya karşı durmak zorundaydı.

TAMAMLANMAMIŞ ÇOĞALMA

Monod, California'da kaldıktan sonra Sorbonne'da çalışmalarına devam etmek ve doktorasını alacağı bir problemi araştırmak üzere Paris'e döndü.

Bu dönem, yaşayan hücreler içinde neler olup bittiğine ilişkin çok az şey bilindiği için, biyolojiyle ilgili basit sorular dönemiydi. Tüm hücrelerin tipik davranışlarından biri; hücre bölünmesi aracılığıyla daha çok hücre meydana getirmektir. Sorular oldukça Eltoncuydu*: Hücreler hangi besinlere ihtiyaç duyar? Hücrelerin sayılarını belirleyen nedir?

Henüz California'dan ayrılmadan önce Monod bu konularla ilgili deneylere başlamıştı. Fakat çalışmalarında kullandığı organizmalar laboratuvar koşullarında oldukça yavaş üreyen ve araştırma yapmak için kötü bir seçim olan tek hücreli bir protozoa grubuydu. Yakında bulunan Pasteur Enstitüsü'ndeki André Lwoff, Monod'a kültür ortamında kolayca üreyen ve hızlı bir biçimde çoğalan bakterilerle çalışmasını önerdi.

Daha önce araştırmacılar bakteri besi ortamı olarak çok iyi tanımlanmamış, örneğin öğütülmüş inek beyni gibi, besinler kul-

* Yazar burada hayvan ekolojisi ve besin zinciri gibi konularda çalışmalar yapmış olan zoolog Charles Sutherland Elton'ı kastetmektedir. –ç.n.

lanmaktaydı. Monod'un geliştirdiği ilk şey, neredeyse her bir bileşeni sistematik olarak değiştirip bunun bakteri çoğalmasının üzerindeki etkisini ölçebildiği bir dizi deney yapmasına olanak sağlayan, dikkatle belirlenmiş besi yeri bileşenleri kullanmak oldu. Elde ettiği en net sonuçlardan biri, bakteri çoğalma miktarının verilen karbon enerji kaynağının (glukoz ya da mannitol gibi bir şeker) miktarıyla doğrudan orantılı olmasıydı. Bu gözlem, beslenme ve çoğalma arasındaki oldukça basit bir ilişkiyi ortaya koyuyordu: Bakteriler var olan besini kendi kopyalarına çeviriyordu.

Monod ilerleme kaydediyordu fakat 1939 yazında savaş rüzgârları bir kez daha Avrupa'da yayılmaktaydı. Pek çok Fransız gibi Monod da gelmekte olanı görememişti. 31 Ağustos 1939'da Monod babasına şöyle yazıyordu: "Savaş olmayacak...Hitler...savaşın kendisine neye mal olacağını biliyor." Hemen ertesi gün Almanya, Fransa ve Büyük Britanya'ya savaş ilan ederek Polonya'yı işgal etti.

Savaş Fransa ile Almanya arasında birdenbire patlak vermedi. Günler, haftalar ve gergin pek çok ay savaş olmaksızın geçip gitti. Monod, savaş patlak verirse yaşından dolayı (otuz yaşındaydı) birtakım gereksiz idari işlerde görevlendirilmesinden endişe duyuyordu. Bilimsel yeteneğini kullanabilmek istediğinden Sorbonne'dan ayrıldı ve iletişim mühendisi olarak eğitilmek üzere orduya yazıldı.

Monod ilk eğitimini tamamladıktan hemen sonra, Almanya, Hollanda, Belçika ve 10 Mayıs 1940'ta Kuzey Fransa'ya kapsamlı bir saldırıya giriştiğinde savaş artık kapıya dayanmıştı. Fransız ordusu birkaç gün içinde bozguna uğradı; Monod'un alayı savaş bitene kadar bulunduğu üsten hiç ayrılmadı. Monod savaş esiri olmadığı için bir kez daha şanslıydı. Fransa teslim olduktan sonra, Alman işgali altındaki Paris'te çalışmalarını sürdürmek için eve döndü.

BAKTERİLER NE YEMEYİ SEVER

Monod otuz yaşındayken bir lisansüstü öğrencisine göre yaşlıydı. Doktorasını bitirmek üzere çalışacağı bir problem bulma konusunda ümitsizdi. Bakterilerin, içinde farklı şekerler bulunan besi yerlerindeki üreme özelliklerini inceleyen çok sayıda deney yaptı. 1940 sonbaharında bakterilere farklı şekerleri birlikte verdiğinde ne olacağını görmeye karar verdi.

Bakteri konsantrasyonunu zamana karşı grafiğini çizdiğinde tek şeker kullandığı besi yerinde gözlemlediği üreme eğrisinin aynısı olan tanıdık bir üreme eğrisiyle karşılaştı. Bu eğriler birbirinden ayrılabilen üç farklı fazdan oluşmaktaydı: üremeden önce kısa bir hazırlık safhası, bakterilerin her otuz ile altmış dakikada bir bölündüğü üssel artış dönemi ve bakteri konsantrasyonunun artık artmadığı durgunluk safhası. Fakat belirli şekerler birlikte bulunduğunda üreme eğrileri farklılık gösteriyordu. Burada iki hazırlık safhasıyla birbirinden ayrılmış olan iki çoğalma fazı var gibi görünüyordu. [Şekil 3.2]



ŞEKİL 3.2 Monod'un çifte-üreme eğrisi. Bakteriler glukoz ve mannozda üretildiğinde tek bir eğri gözlemlenir (solda) fakat glukoz ve maltozda üretildiklerinde üssel biçimde çoğalırken bu şekilde çoğalmaya devam etmeden önce (sağda) kısa bir süre durur (ok işareti). Durma ve ikinci çoğalma Monod'un ileri sürdüğü tezin ve sonra Nobel Ödülü'nün temelini oluşturur.

Şekil Jacques Monod'un kendi laboratuvar defterlerindeki orijial veriye dayanarak Leanne Olds tarafından çizilmiştir.

Kafası karışmış olan Monod kendisinin "çifte-üreme" adını verdiği üreme grafiğini Lwoff'a gösterdi. Kıdemli bir bilim insanı olan Lwoff önce tereddüt etti ve sonra "Bu, enzim uyarlanmasıyla ilgili bir durum olabilir" dedi.

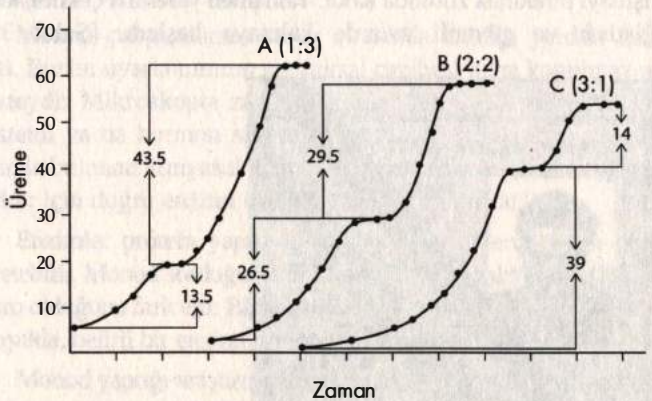
"Enzim uyarlanması mı? Hiç duymamıştım!" diye yanıtladı Monod.

Lwoff, Monod'a, bakteri ya da maya hücrelerinin var olan besini parçalayacak enzimi üreterek ortama uyarlandığını ortaya koyan birkaç eski makale gösterdi. Monod'un grafikte gördüğü eğriler mikropların her bir şekere uyarlanması için gerekli olan zamanı yansıtıyor olabilirdi. Basit bir mikrobun nasıl olup da özel

bir kimyasala yanıt olarak bir enzim ürettiği tamamen sırdı. Monod bu sırrın peşine düşmeye karar verdi.

Monod, ikinci üreme eğrisinin ortaya çıkışının hangi şekerin ortamda bulunduğuna bağlı olduğunu keşfetti. Bu da bakterilerin belirli şekerleri diğerlerine tercih ettiğini gösteriyordu. Bazı şekerleri yemeye hazırdılar fakat daha az tercih edilen diğer şekerlere uyarlanmak ve bunları sindirecek enzimleri üretmek için zamana ihtiyaçları vardı. Monod, çifte-üreme eğrisine ilişkin açıklamanın, bakterinin önce tercih ettiği şekeri kullanması ve bir duraklama döneminden sonra daha az tercih ettiği ikinci şekeri kullanmaya geçmesi olduğunu düşündü.

Bu düşünceyi sınamak için deneyde her bir şekerin oranını değiştirmek gibi basit bir yöntemi benimsedi. Eğer haklıysa, her bir şeker tüketilirken üreme fazının uzunluğunun buna göre değişeceğini düşündü. Gördüğü şey de tam olarak buydu. [Şekil 3.3.]



ŞEKİL 3.3 Çifte-üreme eğrisinin her bir kısmının oranı iki şekerin oranına bağlıdır. Monod iki şekeri 1:3, 2:2 ve 3:1 oranında karıştırdığında ilk üreme eğrisi uzamış ve ikinci üreme eğrisi de oransal olarak kısalmıştır. Bu durum, bakterilerin önce birinci sonra ikinci şekeri kullandığını ortaya koymaktadır.

Monod'dan (1942), Leanne Olds tarafından değiştirilerek çizilmiştir.

Lwoff, Monod'un sınamak istediği her bir noktaya özel olarak yoğunlaşan deney tasarımından etkilenmişti. Her ne kadar bir komite üyesi "Monod'un yaptığı işlerin Sorbonne'la bir ilgisi yoktur." dese de Sorbonne Monod'u ödüllendirdi.

Monod bakterilerin belirli şekerlere yanıt olarak ürettiği enzimler üzerinde çalışmayı umuyordu fakat çalışmaları daha hiç yol

alamadan yine kesintiye uğradı. Alman işgali ilerlerken Paris'teki atmosfer giderek gerginleşiyordu ve sokaklar Monod'un Yahudi eşi Odette için artık daha tehlikeli olmuştu. Odette başkenti terk etti çocuklarını Fransa'nın güneyindeki daha güvenli bir yere götürdü. Müttefikler Avrupa'yı yeniden işgal ettiğinde Fransa'da başka bir savaş daha olacağını tahmin eden Monod, Paris'in en militan direniş grubu olan Francs-Tireurs et Partisans'a (FTP) katıldı.

Monod'un görevi istihbarat toplamak ve müttefiklerin bıraktığı silahların dağıtımını sağlamaktı. Monod aylar boyunca Sorbonne'lu bir bilim insanı ve direniş ajanı olarak ikili bir yaşam sürdü. Öyle ki, suç belgelerini laboratuvarın dışında bulunan doldurulmuş bir zürafanın bacağında saklıyordu. Fakat direniş üzerindeki Alman baskısı artınca ve Monod'un üstleri ve arkadaşları tutuklanıp işkence görmeye başlayınca Monod için Sorbonne'da çalışmak ya da evde uyumak çok tehlikeli bir hal almıştı. Sonunda laboratuvarda çalışmayı bırakmak zorunda kaldı. Tamamen yeraltına çekildi, kılık değiştirdi ve güvenli evlerde kalmaya başladı. [Şekil 3.4]



ŞEKİL 3.4 Jacques Monod'un 1944 Fransız Direnişi sırasındaki kimlik kartı. Monod Fransa Dahili Güçleri'nin komutanı ünvanını almıştı. Direniş üyeleri kendi isimlerini kullanmadığından ona "Malivert" takma adı verilmişti.

Oliver Monod'un izniyle.

Monod ulusal direniş örgütü olan *Forces Françaises de L'Intérieur*'de [Fransa Dahili Kuvvetleri] kıdemli subaylığa yükseltildi. Burada sabotaj eylemlerine katıldı ve hatta düşmanla işbirliği yapan hainlerin infaz emrini verdi. Monod, Ağustos 1944'te Paris'in özgürleşmesi için verilen savaşın yönetilmesine yardım eden komutanlardan biriydi. Daha sonra Almanya teslim olana kadar Fransız ordusunda subay olarak hizmet etti.

ENZİM DÜZENLENMESİNİN YASALARINI ARAŞTIRMAK

Savaş Monod'u, ailesini ve ülkesini altı yıl boyunca meşgul etti. Nihayet sona erdiğinde Monod o kötü zamanları geride bırakmaya ve kendisini araştırmalara vermeye çok istekliydi. Lwof, Monod'a Pastör Ensitüsü'nde daimi bir kadro teklif etti ve Monod da bu teklifi kabul etti.

Monod çalışmalarına savaş sırasında kaldığı yerden devam etti. Enzim uyarlanımının mantıksal cazibesi karşı konulmaz nitelikteydi: Mikroskopta zar zor görülebilen ve herhangi bir sinir sistemi ya da hormon sistemi olmayan –yalnızca bir membran içinde bulunan kimyasal torbası– bir bakteri, var olan herhangi bir şeker için doğru enzimi üretmeyi nasıl "biliyordu"?

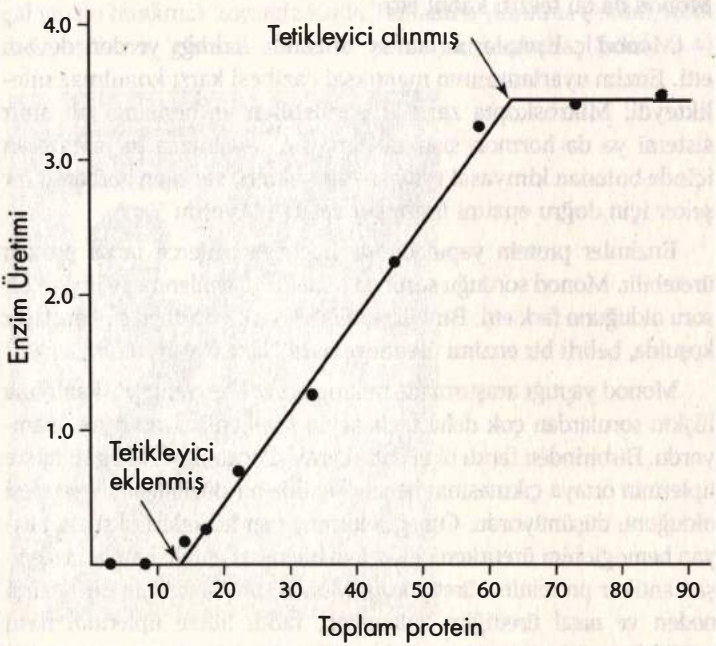
Enzimler protein yapıdadır ve hücreler binlerce farklı protein üretebilir. Monod sorduğu sorunun temelde düzenlenmeye ilişkin bir soru olduğunu fark etti: Bir hücre, diğer koşullarda değil de belirli bir koşulda, belirli bir enzimi üretmeye nasıl "karar" veriyordu?

Monod yaptığı araştırmada mikropların şeker yeme alışkanlığına ilişkin sorulardan çok daha fazla şeyin söz konusu olduğuna inanıyordu. Birbirinden farklı olan daha karmaşık canlılardaki farklı hücre tiplerinin ortaya çıkmasının benzer şekilde bir düzenlenme meselesi olduğunu düşünüyordu. Örneğin kırmızı kan hücreleri oksijeni taşıyan hemoglobini üretirken beyaz kan hücreleri enfeksiyonlarla savaşan antikor proteinleri üretiyordu. Monod, bir bakterinin bir enzimi neden ve nasıl ürettiğini anlamanın, farklı hücre tiplerinin nasıl yapıldığı temel sorununu aydınlatacağına inanıyordu.

Bu gizemde bir çatlak açmak için sadece bir şekere, süt şekeri olan laktoza, ve bir anahtar oyuncuya, "β-galaktozidaz" adı veri-

len ve laktozu galaktoz ve glukoza parçalayan bakteri kaynaklı enzime, odaklanmaya karar verdi. Bakteriler enerji elde etmek için basit bir şeker olan glukozu kullanmayı tercih eder. Glukoz ve galaktozdan oluşan birleşik yapıdaki bir şeker olan laktozu kullanmak için bakteriler onu iki parçaya ayırmak zorundadır.

1940'ların sonu ve 1950'lerin başı moleküler biyolojinin şafağıydı ve pek çok deneyin nasıl yapılacağına ilişkin pek az öncü çalışma vardı. Monod ve ekibi farklı olasılıkları ayıklamak için çeşitli teknikler geliştirmede üstün başarı gösterdi. Yapılan temel gözlem şekerin varlığının enzimin ortaya çıkmasına neden olduğuydu. Buna ilişkin olası bir açıklamaya göre şeker, bakteride zaten bulunan fakat etkin halde olmayan enzime doğrudan bağlanarak onu bir şekilde etkin hale getiriyor ve aktif biçimine dönüştürüyordu. Bir dizi önemli ve teknik olarak zorlayıcı deneyde Monod ve ekibi bu düşünceyi yerle bir etti.



ŞEKİL 3.5 Enzim üretiminin tetiklenmesi. Laktoz gibi bir tetikleyici çoğalmakta olan E.coli popülasyonunun besi yerine eklendiğinde β-galaktozidaz enzimi üretilir; tetikleyici ortadan kaldırıldığında enzim sentezi durur. Monod ve Jacob'dan (1961) alınmış ve Leanne Olds tarafından yeniden çizilmiştir.

Monod'un deneyleri laktozun, enzimin *üretimini* sıkı bir şekilde düzenlediğini ortaya koyuyordu. Bir bakteri türü olan *Escherichia coli* laktoz yokluğunda üretildiğinde, bir hücrede yalnızca birkaç β-galaktozidaz enzim molekülü vardı. Laktoz eklendiğinde bu sayı yalnızca birkaç dakika içinde hücre başına binlerce moleküle ulaşıyordu. Şeker ortamdan çekildiğinde ise enzimin sentezi duruyordu. [Şekil 3.5] Enzim üretiminin bu şekilde açılıp kapatılması bir şekilde şekerin varlığına/yokluğuna bağlı olarak düzenleniyordu. Şekerin enzim üretiminin *tetikleyicisi* olduğu söyleniyordu.

Bu, bakteri açısından tamamen mantıklıydı; enzimi yalnızca (besin kaynağı olan) laktoz varken üretiyordu ve çevrede laktoz yokken enzim üreterek enerjisini harcamıyordu. Fakat bu mantık nasıl işliyordu?

Enzim üretiminin düzenlenmesinin yasaları Monod'u birkaç yıl boyunca meşgul etti. Bunun iki temel nedeni vardı: Birincisi, oyundaki tüm oyuncuları bilmiyordu; ikincisi, düzenlemenin mantığının nasıl işlediğine ilişkin zihinsel bir zorluk yaşıyordu. Yaptığı basit gözleme göre bakteri, tetikleyici şekerin varlığında enzim üretiyordu. Monod ve çalışma arkadaşları tetikleyiciyi enzim sentezini pozitif yönde kontrol eden bir şey olarak düşünmeyi sürdürdüler, (burada şematik olarak gösterilmiştir ve kitap boyunca → işaretiyle ifade edilmiştir):

Tetikleyici (laktoz)
↓
Enzim (β-galaktozidaz)

Büyük bir ilerleme sağlamak için bir başka önemli oyuncuyu keşfetmeleri ve kurdukları mantığı ters çevirmeleri gerekecekti.

Sonunda doğruya nasıl ulaştıklarını açıklayacağım fakat doğru mantık, düzenlemeyi ve kitabın tamamını anlamak için o kadar önemli ki deneysel ayrıntılara boğulup resmin bütününü kaçırmanızı istemiyorum. Bu nedenle hemen Monod'un neyi kaçırdığını ve laktozun enzim sentezini nasıl düzenlediğini size anlatacağım. Daha sonra geri dönüp Monod ve arkadaşlarının bunu nasıl ortaya çıkardığına değineceğim.

Monod'un keşfetmesi gereken oyuncu, laktoz ve enzim arasında etkinlik gösteren başka bir proteindi. İşlevi özel olarak β-galaktozidaz enzim sentezini baskılamak olduğundan bu prote-

ine *baskılayıcı* (reppressor) adı verildi. Yürütülen mantığın ters çevrilmesi laktozun enzim sentezini doğrudan pozitif olarak kontrol etmediğinin anlaşılmasıyla mümkün oldu. Laktoz baskılayıcıyı engelliyor ve böylece baskılayıcı da enzim üretimini baskılamıyordu.

Mantık diliyle söylersek iki negatif bir pozitif ediyordu.

Enzim düzenlenmesindeki çift-negatif mantık biyolojide oldukça önemli bir anlam ortaya çıkarttı: Laktoz yokken şekeri parçalayan enzime gerek yoktu ve bir baskılayıcı enzimin sentezini engelliyordu (negatif düzenleme aşağıda ⊥ işaretiyle gösterilmiştir ve bundan sonra kitapta da böyle ifade edilecektir); laktoz, ortamda bulunduğunda, baskılayıcıyı engeller ve enzimi şifreleyen genin çalışmasını sağlar. Üretilen enzim de şekeri parçalayarak hücreye gerekli enerjiyi verir:

Çift-negatif mantık

Laktoz yok	Laktoz var
	⊥
Baskılayıcı	Baskılayıcı (engellenmiş)
⊥	⊥
Enzim geni KAPALI	Enzim geni AÇIK

Basit bir bakteri için ne kadar güzel bir mantık ve ekonomi.

Baskılamanın nasıl işlediğine ilişkin bazı ayrıntılara kısaca değineceğim fakat buradaki amaçlarım ve kitabın geri kalanı söz konusu olduğunda, enzim düzenlenmesinin önemi karmaşık ayrıntılarda değil mantığında saklıdır. Buradaki bilimsel keşif, zihinsel eğilimlere bağlı kalınmayarak ortaya çıkmıştır. Bazı olguları gözlemlediğimizde, sebep ve etki arasındaki zincirde bulunan en az bağlantıyı içeren, en doğrudan açıklamayı düşünmeye eğilimliyiz. Caddede giden bir araba gördüğümüzde birinin frene basmaktan vazgeçtiğini değil gaza bastığını düşünürüz.

A'nın varlığı (örn., bir şeker), B'nin (bir enzim) ortaya çıkmasına neden olursa bunların arasında pozitif bir ilişki olduğunu düşünürüz: A, B'ye neden olur. A'nın B'yi engelleyen başka bir şeyi (baskılayıcıyı) engellediği açıklamasını düşünebilmek için hayal gücünü zorlamak gerekir.

Fakat yaşamın –moleküler ölçekten ekolojik ölçeğe kadar tüm aşamalarında– genellikle ilk başta hayal ettiğimizden daha uzun ve arada daha çok bağlantılar bulunan etkileşim zincirleriyle yönetildiği ortaya çıkmıştır. Her aşamada gerçekleşen düzenlemenin yasalarını gerçekten anlamak ve müdahale etmek için bu bağlantıların her birini ve bunların arasındaki etkileşimlerin doğasını bilmemiz gerekmektedir.

Baskılayıcı keşfetmek ve enzim düzenlenmesinin mantığını bulmak için Monod'un yeni bir yaklaşıma ihtiyacı vardı.

BASKILAYICININ KEŞFİ

Bu yeni yaklaşım genetiğin kullanımıydı. Öncelikle, bir çiçeğin pembe rengi gibi gözle görülebilir bir özelliğin nasıl ortaya çıktığıyla ilgilendiğinizi düşünelim. Pembe rengi ortaya çıkarmada işe karışan tüm oyuncuları bulmak için deneyebileceğiniz iki temel yöntem vardır. Çiçeği ezip parçalayan ve sonra buradan bazı basit kimyasallardan pembe rengi meydana getiren tüm enzimleri saflaştırmayı deneyen biyokimyasal yaklaşımı benimseyebilirsiniz. Bu oldukça zor ve zaman isteyen bir iştir.

Bunun yerine genetik yaklaşımı benimseyebilirsiniz. Bu yaklaşımda, pembe bitkilerin tohumları elde edilir, binlerce fide büyütülür ve pembe çiçekliler değil de örneğin beyaz çiçeklere sahip olan nadir bitkiler dikkate alınır. Her beyaz çiçekli bitki genetik bir kusura, pembe pigmentlerin yapılmasında işlev gören bazı genlerinde bulunan mutasyona sahiptir. Bu nedenle bu genler üzerinde çalışmanız gerekir.

Genetik yaklaşımın büyük avantajı, ilgilenilen genlerdeki mutasyonları bulmak için basit, görsel bir sınamaya dayalı olması ve belirli bir eğilimde olmayı dışlamasıdır. Oyundaki oyuncuların sayısı ve bunların ne yaptığına dair varsayımda bulunmaz. Örneğin; enzim olmayan oyuncuları ortaya çıkarabilir. Geçtiğimiz yaklaşık elli yılda biyoloji ve tıptaki temel buluşların pek çoğu genetik yaklaşım sayesinde yapılmıştır (Sonraki iki bölümde tıbbi öneme sahip örneklerden bahsedeceğim.).

Monod ve ekibi, bakterilerde β-galaktozidaz üretimini engelleyen mutasyonları araştırmaya başladı ve iki mutasyon tipini elde etti. Bunlardan biri kusurlu bir β-galaktozidaz enzimi üreti-

yordu: Bu mutasyonlar enzimin kendisini şifreleyen genlerde bulunuyordu. Bu beklenen bir tipti. Fakat ikinci tipteki mutant özellikle ilginçti: bu mutant bakteriler enzim üretmek için laktoza ihtiyaç duymuyordu. Laktoz ortamda olsun ya da olmasın bu enzimi her zaman ("sürekli olarak") üretiyorlardı. Bu mutantta enzimin açık/kapalı biçimindeki normal düzenlenmesi bozulmuştu. Bu sürekliliğe yol açan mutasyonlar, enzimi şifreleyen genden farklı bir gende bulunuyordu ve bir şekilde bu genin düzenlenme sürecini bozuyordu.

Bu yeni oyuncunun nasıl çalıştığını anlamak enzimin nasıl düzenlendiğini anlamanın anahtarı olabilirdi. Fakat Monod önce bir kafa karışıklığı yaşadı. Sürekli mutantları açıklamaya çalışırken enzim üretiminin pozitif düzenleyicisi olarak işlev gören tetikleyici mantığından hareket etti. Eğer mutant bakteri enzimi üretmek için başka bir tetikleyiciye ihtiyaç duymuyorsa mutantlar kendi β-galaktozidaz tetikleyicilerini üretmek zorundadır diye düşündü. Monod'un kurduğu bu mantığın yanlışlığını ortaya çıkarmak yeni bir çalışma arkadaşı sayesinde geçrekleşecekti.

ÇİFT-NEGATİF MANTIĞININ KEŞFİ

Bu yeni çalışma arkadaşı François Jacob'tu. Savaştan önce bir cerrah olmayı planladığı halde Jacob'un kariyeri, sıhhiyeci olarak görev yaptığı Normandiya'da ciddi şekilde yaralandığında değişti. Bilimsel araştırma yapmaya karar verdi ve tesadüfen, Monod'un bir koridor yakınında bulunan Lwoff'un laboratuvarına katıldı. Jacob, bakteri virüslerinin, bir şey onların çoğalmasını ve birden ortaya çıkmasını tetikleyene kadar bakteri hücrelerinin içinde sessizce saklanmasının söz konusu olduğu farklı bir olgu üzerinde çalışıyordu. Kısa bir süre içinde Jacob bakterilerdeki genlerle çalışmada kullanılacak önemli teknikler geliştirdi. 1957'de Monod'la birlikte çalışmaya başladı ve genetik yöntem çantasında bulunan yeni bir yöntem, nihayet enzim düzenlenmesinin mantığını açığa çıkardı.

Her kromozomun ve çoğu genin iki kopya halinde bulunduğu (her bir ebeveynden birer adet gelir) insanlardan ve hayvanların çoğundan farklı olarak *E.coli*'de her bir genin tek kopya halinde

bulunduğu tek bir kromozom vardır. Jacob'un geliştirdiği yöntemlerden biri genleri bir bakteriden diğerine aktarmasıydı. Bu yöntem onun, genlerin fazladan kopyalarının bulunduğu bir bakteri oluşturmasına ve mutant ve normal genler bir arada bulunduğunda bakterilerin nasıl davrandığını sınamasına olanak sağladı. Monod sürekli mutantlarla ilgili düşüncesinde, haklıysa, genin normal ve mutant kopyası aynı bakteriye aktarıldığında bakteri içinde tetikleyici üretilmeli ve enzim sürekli olarak sentezlenmeliydi.

Fakat Jacob ve Amerikalı bir ziyaretçi araştırmacı olan Arthur Pardee deneyi yaptığında tam tersi bir sonuç elde etti: Bakteri enzimi üretmek için tetikleyiciye (laktoza) ihtiyaç duyuyordu. Araştırmacılar önce şaşırdılar. Acaba bazı teknik hatalar mı yapıyorlardı? Fakat durum böyle değildi: Deneyi tekrarladıklarında da aynı sonuçla karşılaştılar.

Kullandıkları teknikte bir hata yoksa belki de kurdukları mantık hatalıydı. Fizikçiyken biyolog olan ve Pasteur'ü sürekli ziyaret eden Leo Szilard'ın Monod ve Jacob'a önerdiği şey tam da buydu. Belki de tetikleyici hakkında yanlış düşünüyorlardı. Belki de tetikleyici Monod'un düşündüğü gibi enzim sentezini doğrudan etkin hale getirmiyor, enzim sentezinin *negatif düzenleyicisini etkisizleştiriyordu.*

Durum tam da buydu. Çift-negatif mantık elde ettikleri tüm sonuçları anlamlı hale getiriyordu.

Sürekli mutantlar dahili bir tetikleyici üretmiyorlardı, bu mutantlar enzim düzenlenmesinde rol oynayan bir oyuncudan – enzim sentezinin *baskılayıcısından*– yoksundular. Mutantlarda baskılayıcının bulunmayışı, enzim sentezinin bir tetikleyici olmaksızın sürekli olarak gerçekleşmesine neden oluyordu. Ayrıca bir bakteri baskılayıcı genin hem normal hem de mutant kopyasına sahip olduğunda, tetikleyici eklenmediği müddetçe, normal kopya baskın hale geliyor ve enzim üretimini baskılıyordu.

Monod ve Jacob bir kez bu pozitif yönlü basit sebep-etki ilişkisini aştığında başka biçimlerde düşünmeye ve daha önce kendileri (ya da başkası) için mümkün olmayacak şekilde bağlantıları görmeye başladılar.

Bir pazar günü öğleden sonra eşiyle birlikte Paris'teki bir sinema salonunda otururken, Jacob'un aklı filmdense yıllardır

üzerinde çalıştığı bir bilmeceye kaydı. Bazı bakterilerde, ultraviyole ışıkla bombardıman edildiğinde etkin hale geçirilebilecek gizli virüsler mevcuttu. Bunun nasıl olduğu Jacob'un kafasını karıştırıyordu ve hiç kimse, bununla kendisinin o sırada çalıştığı şey ve koridorun diğer ucunda Modon'un araştırdığı şey arasında bir bağlantı olacağını düşünmemişti. Ta ki Jacob, karanlık bir sinemada, pek çok gene sahip olan bir virüsün bakterinin içinde nasıl saklandığını zihninde canlandırmaya başlayana kadar.

Daha sonra Jacob'un kafasında bir ışık çaktı. Virüsün etkinleşme mantığı, enzim tetiklenmesinde geçerli olan çift-negatif mantığın aynısıydı. Bir baskılayıcı, ultraviyole ışık, onu parçalayana ya da ortadan kaldırana ve virüs genleri açılana kadar, virüs genlerini de baskılıyor olmalıydı.

Pozitif etkinleştirme olarak görünen şey aslında yine baskılamanın engellenmesiydi.

Virüs sessiz	Virüs etkin
	UV ışığı
	⊥
Baskılayıcı	Baskılayıcı (engellenmiş)
⊥	⊥
Virüs genleri KAPALI	Virüs genleri AÇIK

Daha önce inandıkları şeyin tamamen farklı bir durum olduğuna ikna olan Monod ve Jacob hücrelerin içinde temel olarak farklı olan iki türde protein bulunduğunu ileri sürdü: hücrede gerçekleşen kimyasal tepkimeleri gerçekleştiren ya da virüsün parçalarını oluşturan enzimler gibi *yapısal* proteinler; ve koşullara bağlı olarak hangi yapısal proteinlerin yapılıp yapılmayacağını kontrol eden *düzenleyici* proteinler. Öyleyse düzenleme söz konusu olduğunda tüm proteinler eşit değildi. Bazı proteinlerin işi diğerlerini kontrol etmekti.

Monod ve Jacob, negatif düzenlenmenin her yerde olduğunu ve başka şekillerde de çalıştığını görmeye başlamıştı.

GERİ BİLDİRİM

Besinleri parçalayarak işe yarayacak bileşenler haline getirmenin yanı sıra bakteriler ve diğer organizmalar basit yapı taşlarından önemli bileşenler de elde edebilir. Canlılardaki tüm işleri gerçekleştiren proteinler, amino asitler adı verilen yapı taşlarından oluşturulur. Bakteriler karbon kaynağı olarak glukoz ve karbondioksit içeren temel nitelikteki besi yerlerinde üretildiğinde yirmi amino asit türünün hepsini meydana getirebilirler.

Bununla birlikte belirli amino asitler bakterilere sağlandığında, verilen bu amino asitlerin biyosentezi hemen sona erer. Bu hızlı yanıt, bir amino asit ortamda bol miktarda bulunduğunda bakterilerin, özellikle bu amino asidi sentezleyen enzimleri durduran, bazı mekanizmalara sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

1950'li yıllarda pek çok biyokimyacı çeşitli amino asitlerin üretilme yollarını ortaya çıkarmaya çalışıyordu. Biyokimyacılar her amino asidin sentezinin, genellikle bir başlangıç kimyasal öncülünün (P) bir dizi enzimatik tepkimeyle amino aside çevrildiği pek çok adımdan oluşan bir "yolağı" içerdiğini keşfediyordu. Bu yolaklar, tepkimenin her biri farklı bir enzimle üretilen ara ürünlerinin (I1, I2 vb.) bir zinciri olarak şema biçiminde gösterilmiştir:

$$P \rightarrow I1 \rightarrow I2 \ldots \rightarrow \text{amino asit}$$

Örneğin, triptofan amino asidi bakteriye verildiğinde bir ara ürünün sentezinin durduğu keşfedildi. Bu da triptofanın yolaktaki erkenden etki eden bir enzim üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktaydı. Benzer şekilde, izolösin amino asidi verildiğinde de bu amino asit, sentez yolağındaki ilk enzimin işlev görmesini engellemekteydi.

Bu keşifler, bileşenlerin hücre içinde kendi düzeylerini kontrol etme biçimi olarak, kendi sentezleri üzerinde geri bildirimde bulunduğu *negatif geri bildirim* kavramının ortaya atılmasına ilham verdi. Daha sonra her türlü biyosentetik yolak üzerinde yapılan çalışmalar, negatif geri bildirimin yalnızca yaygın bir mekanizma olduğunu değil bunun aynı zamanda, neredeyse değişmeyen biçimde, yolağın, ilk enzimi doğrudan engelleyen son ürünü tarafından çalıştırıldığını ortaya çıkarmıştır.

Enzim tetiklenmesinin çift-negatif mantığında olduğu gibi, biyosentetik yolaklardaki negatif geri bildirimin mantığı biyoloji-

deki büyük bir anlamı ortaya koymuştur: Bir yolağın son ürünü bol miktarda bulunduğunda hücreler onu ya da onun ara bileşenlerini üretmek için enerji harcamaz fakat konsantrasyon düşük olduğunda sentez aygıtı engellenmez ve ihtiyaç duyulan ürün sentezlenir.

Bakteriler kullanılarak yapılan bu öncü çalışmalar, bir molekülün bir başka molekülün konsantrasyonunu etkileyebildiği dört temel yol olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bunlar, daha sonra göreceğimiz gibi, diğer türlerde gerçekleşen her türlü süreci yöneten bir genel kural kümesini ve bir düzenleme mantığını oluşturmaktadır (Bu sayfaya bir işaret koymak isteyebilirsiniz.)

DÜZENLEMENİN GENEL YASALARI VE YAŞAMIN MANTIĞI

Pozitif düzenleme

$A \rightarrow B$ A, B'nin konsantrasyonunu ya da aktivitesini pozitif biçimde düzenler

Negaitf düzenleme

$A \dashv B$ A, B'nin konsantrasyonunu ya da akti vitesini negatif biçimde düzenler.

Çift-negatif mantık

$A \dashv B \dashv C$ A, C'yi negatif biçimde düzenleyen B'yi negatif biçimde düzenler; A, C'nin kon santrasyonunu çift-negatif mantık aracılığıyla arttırır.

Geri bildirim düzenlemesi

$A \rightarrow B \rightarrow C$ C'nin birikimi A'yı ve B ile C'nin üretimini negatif olarak düzenlemek üzere geri bildirim yapar

YAŞAMIN İKİNCİ SIRRI

Baskılayıcıların ve geri bildirimle engellemenin keşfi, bu iki tipteki düzenlemenin moleküler düzeyde tam olarak nasıl çalıştığını anlamaya ilişkin yoğun bir ilgi uyanışına neden oldu. Bir baskılayıcı ne yapar? Tetikleyiciler nasıl çalışır? Geri bildirim nasıl gerçekleşir?

Jacques Monod, 1961 sonbaharında bir akşam meslektaşı olan Agnes Ullman'ın laboratuvarına gitti. Genellikle şık giyimli ve enerji dolu olan Monod kravatını gevşetmiş bir halde yorgun ve endişeli görünüyordu. Uzun bir sessizlikten sonra Ullman'a, "Sanırım yaşamın ikinci sırrını keşfettim." dedi.

Ullman, Monod'un iyi görünmediğini düşündüğünden oturmasını ve ikisinin en sevdiği içki olan viski içmeyi önerdi. Bir iki bardak viski içtikten sonra arkasına yaslanıp uzun bir açıklama yapmaya başladı. Hasta değildi. Formunun zirvesindeydi. Baskılama ve geri bildirimle engellemeyle ilgili yıllardır yaptığı gözlemleri bir kez daha özetledi ve sonra *her iki* olgu için de tek bir açıklama önerdi.

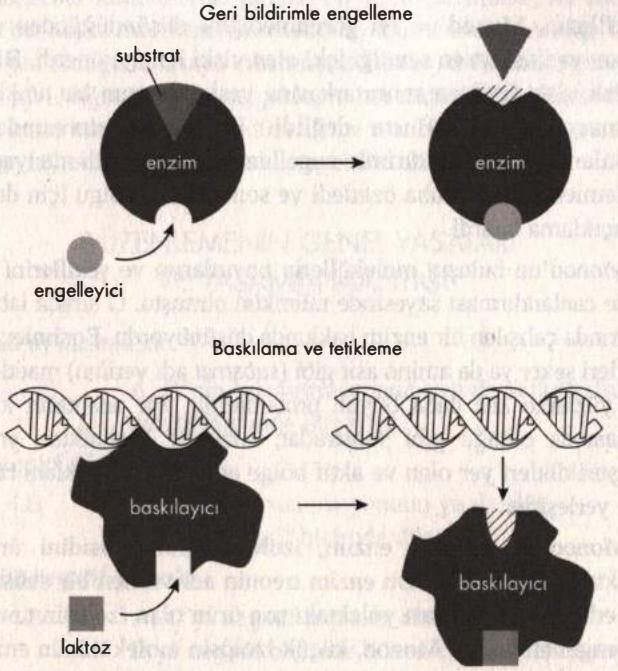
Monod'un buluşu, moleküllerin boyutlarını ve şekillerini zihninde canlandırması sayesinde mümkün olmuştu. O sırada laboratuvarında çalışılan bir enzim hakkında düşünüyordu. Enzimler, etki ettikleri şeker ya da amino asit gibi (*substrat* adı verilen) maddelerden yüzlerce kez daha büyük proteinlerdir. Bir anahtarın kilide uymasında olduğu gibi substratlar, enzimde kesildikleri ya da değiştirildikleri yer olan ve aktif bölge adı verilen oyuklara rahatlıkla yerleşirler.

Monod'un çalıştığı enzim, izolösin amino asidini üreten yolaktaki ilk enzimdi. Bu enzim treonin adı verilen bir substrata etki ediyor ve çalışması yolaktaki son ürün olan izolösin tarafından engelleniyordu. Monod, küçük izolösin molekülünün enzimdeki aktif cebe nasıl uyduğunu ve enzimi çalışmaktan nasıl alıkoyduğunu kafasında canlandırmaya çalışıyordu. Fakat birden aklına izolösinin treoninle aynı şekle sahip olmayabileceği geldi. Belki de izolösin, enzimdeki oyuğa uymuyordu.

Sonra geri bildirimle engellenen diğer enzimleri düşündü ve aynı şeyin onlar için de geçerli olabileceğini fark etti: Bu enzimler substratlarından oldukça farklı görünen moleküller tarafından engelleniyorlardı. Bunun anlamı neydi? Monod geri bildirimle etki eden engelleyicinin (inhibitör) bağlandığı yerin aktif bölgeden farklı olması gereken bir yer düşündü. Enzim –kilit– iki anahtar deliğine sahip olmalıydı: Biri substrat diğeri engelleyici için.

Engelleyicinin bağlanması, bir şekilde enzimin şeklini artık substratına bağlanamayacağı biçimde (anahtar deliği kapalı)

değiştiriyordu. Monod bu olguya *allosteri* (Yunanca *allos*, "diğer", stereos ise "katı ya da nesne" anlamına gelmektedir.) adını verdi. Allosterinin proteinlerin aktivitesini düzenleyen önemli bir yol olabileceğini düşündü (Şekil 3.6'da üst kısıma bakınız).



ŞEKİL 3.6 Allosteri geri bildirimle engellemenin ve enzim tetiklenmesinin temelidir. (Üst kısım) Substrat enzimin aktif bölgesine yerleşirken engelleyici farklı bir cebe girer. Engelleyici bağlandığında aktif bölgenin şekli substratın bağlanamayacağı şekilde değişir. (Alt kısım) Baskılayıcıdaki bir bölge ONA'ya balanırken dier bir bölge laktoza bağlanır. Laktoz bağlandığında baskılayıcının şekli değişir ve artık ONA'ya bağlanamaz. Bu da enzimi üreten genin açık kalmasına neden olur. Leanne Olds tarafından çizilmiştir.

Derken, bir akşam tüm parçalar birleşti. Tetikleyici ve baskılayıcı, geri bildirimle engelleme mekanizmasıyla tam olarak aynı olacak şekilde allosteri yoluyla çalışıyordu. Baskılayıcı da, biri DNA'ya bağlanmak için diğeri de tetikleyici için olmak üzere iki bölgeye sahip olmalıydı. Tetikleyici bulunmadığında, baskılayıcı DNA'ya bağlanarak geni kapalı tutuyordu; tetikleyici bulunup da baskılayıcıya bağlandığında baskılayıcının fiziksel yapısında bir

değişimi başlatarak DNA'dan ayrılmasına, genin açık konumda kalmasına neden oluyordu (Şekil 3.6'da aşağıdaki kısma bakınız).

Monod, basit ve birleştirici nitelikteki büyük bir fikre ilişkin iki kanıta sahipti: Küçük moleküller (amino asitler ve tetikleyiciler), büyük moleküllerin (proteinler) şekillerini ve etkinliklerini düzenler. Enzim baskılanması ve geri bildirimle engelleme gibi birbiriyle ilişkisiz görünen iki olguyu birleştirmiş olan Monod, yapılabilecek genellemeleri tasavvur etti. Örneğin allosteri, hormonlar ve sinir iletiçileri (nörotransmitterler) gibi küçük moleküllerin hormon ve sinir sistemini nasıl düzenlediğini açıklayabilirdi. Bu düşüncenin sahip olabileceği kapsamı düşündüğünde çok heyecanlanan Monod düşüncesini değerlendirmesi için Ullmann'a gitti.

Yaşamın birinci sırrı DNA olduğu için ikinci sır belki de –genlerin ve proteinlerin nasıl düzenlendiğini anlamaya ilişkin tüm kapsamıyla– allosteriydi. En sonunda Nobel Komitesi bunun ve ayrıca Monod ve Jacob'un tüm keşiflerinin Fizyoloji ve Tıp dalında 1965 Nobel Ödülü'nü hak ettiğine karar verdi.

E.COLI ve FİLLER

Monod ve Jacob'un araştırmalarının önemi, özellikle *E.coli*'de β-galaktozidaz enziminin işlevinin düzenlenmesinin sırrını çözmekle ilgili değildi. Elton ve Cannon'da olduğu gibi onların düşüncesinin gücü de, ortaya çıkardıkları düzenleme yasalarına ilişkin orijinallikten ve genelleştirmelerden kaynaklanıyordu.

Elton'ın, ekosistemi; besin zinciri aracılığıyla birbiriyle etkileşen organizma topluluğu olarak tasavvur etmesi ve Cannon'ın, vücudu; sinir sistemi ile hormon sistemi aracılığıyla birbiriyle iletişim kuran organlar topluluğu olarak görmesi gibi Monod ve Jacob da hücrelerdeki yaşamı; "kendilerinin, hem sentezini hem de aktivitelerini düzenleyen karmaşık iletişim sistemleriyle birbirine bağlı makromoleküller topluluğu olarak" değerlendirmekteydi.

Monod ve Jacob, tamamen tek hücreli bir bakteriyle yaptıkları çalışmalardan elde ettikleri kavrayışın çok daha karmaşık organizmalardaki karmaşık olguları anlamadaki etkisinin ne şekilde olduğunu çok açık bir şekilde açıkladılar. 1961'de, elde ettikleri bilgiyi ustaca sentezleyerek "meşhur, *E.coli* için doğru olan her-

hangi bir şeyin filler için de doğru olması gerektiği aksiyomuna" vardılar.

Bu, kanıtlanmış ya da doğrulanmış bir olgudan ziyade cüretkâr bir dilekti; fakat öngörüde bulunmalarını engellemedi. Daha yüksek organizasyonlu canlılardaki düzenlemenin "ölçülemeyecek" kadar karmaşık olduğunu kabul ederken şunu öneriyorlardı:

Öte yandan, daha basit canlılarda temel mekanizmaların geçerli olma olasılığı oldukça düşük görünmektedir: Allosterik engelleme, tetikleme ve baskılama farklılaşmış organizmalarda kullanılmıyor olmalıdır. Fakat doğaları gereği bu mekanizmaların çok farklı durumlara uyarlanabilecekleri ve *E.coli* ve insanda tamamen farklı amaçlara hizmet edecekleri oldukça açıktır.

Monod ve Jacob için yüksek organizasyonlu canlılarda yalnızca bu mekanizmalar değil aynı zamanda negatif düzenlemenin mantığı da son derece önemliydi. Kanser hücrelerinin, "normal dokularda çoğalmayı kontrol eden koşullara" duyarlılığını kaybettiğini fark ederek kanserin hücre çoğalmasını kontrol etme sürecinde işe karışan bir baskılayıcıyı engelleyen genetik mutasyonlardan ya da diğer etkenlerden kaynaklanabileceğini ileri sürdüler.

Dördüncü ve beşinci bölümlerde göstereceğim gibi, bu önerileri oldukça etkili ve dikkate değer ölçüde isabetliydi.

BÖLÜM IV

YAĞ, GERİ BİLDİRİM VE MUCİZE MANTAR

Genleri değiştirmek yerine iyi genleri daha çok çalıştırmak için düzenleme ilkelerinden yararlanabiliriz.

DR. JOSEPH GOLDSTEIN VE DR.MICHAEL BROWN,
MERCK CEO'SU DR.ROY VAGELOS'A

29 Haziran 1935'te, Amerikalı Ancel Keys ve İngiliz Bryan Matthews, Şili'nin kuzeyindeki Aucanquilcha Dağı'nın zirvesine yakın bir yerde, deniz yüzeyinden yaklaşık altı kilometre yüksekte kamp kurdu. Birkaç sırık ve bunların üzerine attıkları battaniyelerle kendilerine bir rüzgâr sığınağı yaptılar. Rüzgârdan ve gece yarısı sıfırın altında on beş dereceye düşen soğuktan korunmak için buraya sığındılar. Pek çok kere zirveye çıktıkları on beş gün boyunca altı kilometrenin üzerinde bir yükseklikte kaldılar. O sırada ulaştıkları rakım And Dağları'nda çıkılan en yüksek rakımdı. Fakat bu korkusuz insanlar, uzman dağcılar değil üniversitede çalışan fizyologlardı.

Keys Harvard'da, Matthews Cambridge Üniversitesi'ndeydi. İnsan bedeninin çok yüksek irtifada kendini buna nasıl ayarladığı konusunu çalışmak üzere Şili'ye giden on kişilik International High Altitude Expedition'ın (IHAE) [Uluslararası Yüksek İrtifa Keşif Grubu] üyesiydiler. Aucanquilcha, beş bin üç yüz metrede dünyanın en yükseğinde yaşayan yerleşik bir popülasyona ve beş

bin yedi yüz metrede de dünyanın en yükseğinde bulunan madene ev sahipliği yapıyordu. Bu keşif yolculuğu, insanların bu biçimdeki aşırı koşullarda nasıl yaşadığını ve çalıştığını anlamaya yönelik en büyük, en yükseğe çıkılan, en uzun süren, bilimsel olarak en donanımlı ve teknik bakımdan en gelişkin girişimdi.

Büyük bir bilim insanı olmanın işaretlerinden biri merakının peşinden gitmekse –Cannon, Elton ve Monod buna iyi birer örnektir– Keys tüm grup içinde bunun tipik bir temsilcisi sayılırdı. California'da büyümüş olan bu yetenekli çocuk on beş yaşındayken Arizona'daki bir mağarada bulunan yarasa dışkılarını temizlemek üzere liseyi bıraktı ve sonra Colorado'daki bir altın madeninde madencilere patlayıcı taşıyan bir barutçu olarak çalıştı. Buradan dönüp okulu bitirdikten sonra üniversitede kimya bölümüne girdi, sonra okula ilgisini yitirdi ve okulu, Çin'e giden bir transatlantikte gresör olarak çalışmak üzere bıraktı. "Temel olarak alkole" dayalı bir beslenme rejiminden kendini kurtardıktan sonra üniversiteye döndü, ekonomist oldu ve yalnızca altı ay içinde buna biyolog ünvanını da ekledi. Bundan sonra oşinografi ve biyoloji doktorası alacağı California, La Jolla'daki Scripps Enstitüsü'ne gitti. Daha sonra, Harvard'da "Yorgunluk Laboratuvarı'na" katılmadan ve Şili'deki IHAE macerasını düzenlemeden önce, fizyoloji dalında doktorasını aldığı Cambridge Üniversitesi'ne gitti.

Bir bilim insanının yolculuğundaki ortak bileşenlerden biri de mutlu tesadüflerdir; Cannon'ın kızgın kedileri, Elton'ın Tromsø'deki dükkânda gördüğü yabani sıçanlarla ilgili kitap ve Monod'un tuhaf üreme eğrisi buna örnek olarak verilebilir. Keys içinse bu mutlu tesadüf ordunun çağrısıydı. Aucanquilcha zirvesine yakın yerde kaldıkları altı gün süresince Keys ve Matthews yalnızca su ve konsantre yiyecekle idare etmek zorundaydı. Görünüşe göre bu, ordudaki levazım birliğinin ilgisini çekmek için yeterli bir deneyimdi. Avrupa'da savaş başladığında ordu, yer birlikleri paraşütçülere ulaşmadan önce paraşütçülerin beslenebileceği hafif ve dayanıklı yiyecekler geliştirmenin akıllıca olacağını düşündü. Böylece, Savunma Bakanlığı'nın Levazım Teşkilatı, Keys'i danışman olarak göreve çağırdı.

Keys, bu kez Minnesota Üniversitesine gitmek üzere bir kez daha taşındı. Bir albay Minneapolis'e geldi ve Keys'le birlikte alışveriş için Twin Cities'teki en iyi markete gittiler. Buradan aldıkları

yiyecekleri kâğıt poşetlere böldüler ve bunları deneme amaçlı olarak yerel bir askerî üsse götürdüler. Georgia'daki Fort Benning'de yapılan denemelerden sonra yaklaşık üç bin kalorilik paketin içeriğinde, hepsi üniforma ceplerine sığabilecek su geçirmez paketlerde bulunan bir parça salam ya da konserve et, bisküvi, bir parça çikolata, ciklet, kibrit ve birkaç tane sigara bulunmasına karar verildi. K-öğünü (söylentiye göre K, Keys'in K'siydi) adı verilen bu paketten, savaşın en ateşli dönemi olan 1944'te, yüz milyon adet üretildi.



ŞEKİL 4.1 Ancel Keys And Dağları'nda. Keys, (sırtüstü uzanmış) vücudun yüksek irtifaya nasıl tepki verdiğini ölçmek için altı bin metrede kan veriyor.
Keys, A. (1936) "The Physiology of Life at High Altitudes." Scientific Monthly 43(4): 309 künyeli yayından.

Savaştan sonra Keys başka birtakım zorluklarla uğraşmaya yöneldi. Yiyecek sıkıntısı çeken Avrupa'da kalp krizi nedeniyle ölüm oranı düşerken önde gelen pek çok Amerikalının kalp krizi nedeniyle ölmesine ilişkin istatistik ilgisini çekmişti. Neden bazı insanlar kalp krizi geçirirken diğerleri geçirmiyordu? Keys, Minneapolis bölgesinden yaşları kırk dört ile elli beş arasında değişen iki yüz seksen bir erkeği, beslenmeyi de içeren altmış farklı özelliğin kalp krizi riskini nasıl etkilediğine ilişki uzun süreli bir çalışma yapmak için bir araya getirdi.

Minnesota'daki çalışma devam ederken Keys, kalp hastalıklarıyla ilgili konuşmalar yaparak dünyayı dolaştı. Napoli'deki arka-

daşları orada bunun önemli bir sorun olmadığını iddia edince Keys bundan şüphe duydu ve durumu incelemek üzere Napoli'ye gitti. Napolili bir grup itfaiyeciyi incelerken, bunların kanlarındaki kolesterol düzeyinin Amerika'daki iş adamlarının kolesterol düzeyinden çok daha düşük olduğunu gördü. Aynı durumun İspanya'daki yoksul insanlarda da söz konusu olduğunu fark etti. Keys için aradaki ilişki oldukça açıktı. Zengin insanlar yağ bakımından zengin yiyeceklerle besleniyor ve daha fazla kalp krizi geçiriyordu.

Fakat tıp alanında çalışan arkadaşları, beslenme, serumdaki kolesterol düzeyi ve kalp krizi arasındaki bağlantı konusunda kuşku duymaktaydı. Bunun üzerine Keys ve arkadaşları, dünyanın çok çeşitli yerlerinden –Yugoslavya, İtalya, Yunanistan, Finlandiya, Hollanda, Japonya ve Birleşik Amerika– farklı beslenme özelliklerine sahip on iki binden fazla kişide kalp hastalığı riskini çalışmak üzere daha önce hiç yapılmamış, büyük ölçekli bir uluslararası çalışma düzenledi. "Yedi Ülke" çalışması 1958'de başlatıldı ve buna göre çalışma kapsamında yer alan insanlar her beş yılda bir kontrol edilecekti.

1963'te her iki çalışmadan da sonuç elde edildi. Keys, Minnesota'daki iş adamlarını on beş yıl boyunca takip ettikten sonra kalp hastalıkları için temel risk faktörünü serum kolesterol düzeyi olarak belirledi. Yüz mililitre kanda iki yüz altmış miligramdan daha fazla kolesterol bulunan erkeklerde, kolesterol düzeyi iki yüzün altında olanlara göre kalp krizi geçirme riski beş kat daha fazlaydı. Yedi Ülke çalışması, beş yıllık incelemede aynı sonuca ulaştı. Örneğin Finlandiya'nın doğusunda ortalama kolesterol düzeyi iki yüz yetmişti ve buradaki kalp krizi geçirme riski, kolesterol düzeyi iki yüzün altında olan Çekoslovakyalılara göre dört kat daha fazlaydı.

Keys, insanların yedikleri şeylerin onları hasta ettiğine ilişkin artık sağlam kanıtlara sahipti. Elli yıldır insanın aort dokusundaki aterosklerozlu plakların normal aort dokusuna göre en az yirmi kat daha fazla kolesterol içerdiği ve hayvanlara kolesterol vermenin hiperkolesterolemi ve ateroskleroza neden olduğu biliniyordu. Fakat insanlarda serum kolesterol düzeyleri ile kalp hastalıkları arasındaki bağlantı kurmaya yardımcı olan ve tehlikeye ilişkin farkındalık yaratan çalışmalar, bu geniş ölçekli epidemiyolojik çalışmalardı.

Bu bağlantı, kalp hastalığından mustarip insanların sağlık durumlarını iyileştirmek üzere nasıl bir tedavi uygulanacağını açıklamıyordu. Kolesterol basitçe elimine edilecek bir şey değildir: Kolesterol molekülü yaşam için vazgeçilmez niteliktedir. Bu molekül, hücreler arasında ve hücrelerle çevre arasında bir bariyer oluşturan, tüm hayvan hücrelerinin zarlarındaki vazgeçilmez bir bileşendir. Hücre zarının akışkanlığını ve zardaki diğer moleküllerin hareketliliğini düzenler. Dahası, kolesterol, sterol adı verilen önemli bir molekül sınıfında bulunmaktadır, kortizolü, cinsiyet hormonları olan testosteron ve östrojeni içeren beş çeşit steroid hormonun öncüsüdür ve sindirimde önem arz eden safranın bileşenidir. Dolayısıyla buradaki önemli mesele bu sterolün sağlıklı düzeyde nasıl tutulacağı bir başka deyişle kolesterol homestazisinin nasıl sağlanacağıdır. 1960'ların ilk yarısında kalp hastalıkları, Amerikalı yetişkinler arasında ölümün başlıca nedeniydi. Bu durumun değiştirilmesi olanaklıysa, kolesterol düzenlenmesinin yasalarını bilmeyi gerektirecekti.

Kolesterolün düzenlenmesinin nasıl gerçekleştiğini anlamaya ilişkin en önemli adım, Monod ve Jacob'un düşüncelerinden etkilenmiş olan iki genç fizyoloğun bu iki Fransız bilim insanının kullandığı yöntemi uygulamasıyla atıldı. Bu iki genç ilk olarak problemi çözmek için bir takım oluşturdular. Sonra, tıpkı Monod ve Jacob'un üzerinde çalıştığı daimi bakteri mutantlarında olduğu gibi, enzim sentezinin düzenlenmesi bozulmuş olan insanlar üzerinde çalışmaya karar verdiler. Bu insanlardaki mutasyonları inceleyerek kolesterol düzenlenmesinin mantığına ilişkin yöntemsel bir çalışma yürüttüler. Monod ve Jacob'tan tam yirmi yıl sonra Nobel Ödülü almak üzere Stockholm'e gitmek için onlarla aynı yolculuğu yaptılar.

GERİ BİLDİRİMİN KEŞFİ

Joe Goldstein ve Mike Brown ilk kez 1966'da acil serviste stajyer olarak çalışmaya başladıkları Boston'daki Massachusetts Genel Hastanesi'nde karşılaştı. Oldukça farklı bir geçmişe sahip olsalar da –Goldstein Güney Carolina'daki küçük bir kasabada büyümüştü, Brown ise New York ve Philadelphia'da yetişmişti– aynı yolda ilerlediler. Viziteye çıktıkları uzun günlerden sonra,

diğer genç hekimlerden çok daha fazla olacak şekilde oturup karşılaştıkları hastalıkların olası gelişim seyri üzerinde tartışmaktan hoşlandıklarını fark ettiler.

Boston'daki zorunlu hizmet bittikten sonra her ikisi de temel araştırmalar yapıp, hasta ziyaretine çıkarak görevlerini ikiye katladıkları Maryland, Bathesda'daki Ulusal Sağlık Enstitüsü'ne (USE) hekim öğretim üyesi olarak girdiler. Goldstein'ın görev yeri Ulusal Kalp Enstitüsü'ydü. Gördüğü ilk hastalardan ikisi oldukça sıradışıydı. Bu hastalar, her ikisi de kalp krizi geçirmiş olan altı yaşında bir kız çocuğu ve onun sekiz yaşındaki abisiydi. her ikisi de kalp krizi geçirmiş olan altı yaşında bir kız çocuğu ve onun sekiz yaşındaki abisiydi. Bu, Goldstein için yaşamının değiştiği bir andı.

İki kardeş USE'deki hastaneye ailesel hiperkolesterolemi (AH) olarak bilinen bir durum nedeniyle gelmişti. Ebeveynlerden kalıtılan bu hastalığın iki biçimi mevcuttur: Yaklaşık beş yüz insanda bir görülen, *heterozigot* olan biçiminde, bireyler mutant genin bir kopyasına sahiptir, serum kolesterol düzeyleri üç yüz-dört yüz aralığındadır ve bu bireyler otuz beş gibi erken bir yaşta kalp krizi geçirmektedir; yaklaşık bir milyonda bir sıklıkta görülen oldukça nadir *homozigot* biçiminde ise bireyler mutant genin iki kopyasını taşır, serum kolesterol düzeyleri sekiz yüz gibi astronomik bir düzeydedir ve beş yaşından itibaren kalp krizi görülebilir.

Texaslı kardeşler en ciddi tabloya neden olan homozigot biçime sahipti. Goldstein Brown'a bu çocuklardan bahsetti ve ikisi ne türde bir bozukluğun kolesterol düzeylerinde böyle çarpıcı bir yükselmeye neden olabileceğini düşünmeye başladı. USE'de geçirdikleri günlerin bir kısmında, Monod ve Jacob'un düzenlemeyle ilgili uzun uzun tartışılan yeni düşüncelerini de içeren çeşitli konularla ilgili, gece kurslarına katıldılar. Goldstein ve Brown tıp fakültesinde kolesterol sentezinin geri bildirim düzenlemesine tabi olduğunu öğrenmişlerdi: Köpekler kolesterolce zengin yiyeceklerle beslendiğinde kolesterol sentezi baskılanıyordu. Goldstein ve Brown, AH hastalarında kolesterolün geri bildirimle düzenlenmesinde bir sorun olabileceğini düşündüler.

Yetenekli arkadaşlarının pek çoğu kanser, sinir bilim ve diğer prestijli alanlarda araştırma yapmak gibi bir kariyer planlarken Goldstein ve Brown bir takım oluşturup kolesterolün düzenlen-

mesine odaklanmaya karar verdiler. Arkadaşları, "Bu yalnızca şekilsiz bir yağ damlası" diye şaka yollu laf dokunduruyordu. Fakat Goldstein ve Brown bu iğnelemeleri görmezden geldi ve Texas Üniversitesi Southwestern Tıp Merkezi'ne geçtikten sonra laboratuvarlarını birleştirerek güçlerini resmî olarak da bir araya getirdiler. Haftada yedi gün çalışarak, yalnızca iki yıl içinde, bir dizi çok iyi tasarlanmış deneyle kolesterolleminin sırrını ve kolesterol düzenlenmesinin mantığını ortaya çıkardılar.

Çalışmalarına başladıkları sırada, iki karbonlu bir öncülden yirmi yedi karbonlu kolesterol molekülünün yapıldığı yolak ortaya kondu. Bu, bir dizi araştırmacıya toplamda on bir Nobel Ödülü kazandıran bir başarıydı. Bu yolakta işlev gören otuz enzim vardı fakat kolesterol sentezinin yolağın ilk adımında işlev gören bir enzimin aktivitesiyle belirlendiği biliniyordu. Bu enzim 3-hidroksi-3-metilglutaril koenzim A redüktazdı. Bu bölümde bahsedeceğim tek enzim bu olduğundan ve enzimin tam olarak ne yaptığını bilmek burada önem arz etmediğinden bu enzime yalnızca "redüktaz" diyeceğim. Önemli olan şey yine bu enzimin düzenlenme mantığıdır.

Brown ve Goldstein insanlardaki redüktaz aktivitesi üzerine çalışmalıydı fakat enzim karaciğerde işlev gördüğü için insanlarda bu çalışmayı yapmak zordu. Bunun yerine enzimi insanlardan alınan ve laboratuvarda kültürü yapılan hücrelerde gözlemleyebilecekleri bir yöntem geliştirdiler. Hücreler kültür ortamında çoğalmak için genellikle serum biçiminde verilen besinlere ihtiyaç duyarlar. Brown ve Goldstein'ın keşfettikleri ilk şeylerden biri, redütazın aktivitesinin serumda bulunan bir şey tarafından negatif yönde düzenlendiğiydi: Serum varken enzim aktivitesi azalıyordu; serum ortamdan alındığında enzim aktivitesi on kat artıyordu.

Daha sonra serumdaki hangi bileşenin redüktaz aktivitesini baskıladığını bulmak istediler. Bunun serumda lipit taşıyan bir bileşen olması gerektiğini düşündüler ve buradan hareketle LDL (low-density lipoprotein [düşük yoğunluklu lipoprotein]), HDL (high-density lipoprotein [yüksek yoğunluklu lipoprotein]) adı verilen bileşenlerin ve lipit taşımayan kısmın aktivitesini kontrol ettiler. Buna göre, HDL ya da diğer kısımlar değil, LDL'nin enzim aktivitesinin olası engelleyicisi olduğunu keşfettiler:

Goldstein ve Brown, Monod ve Jacob'un keşiflerini ve mantığını izleyerek kolesterolü çok fazla miktarda üreten hiperkolesterolemi hastalarının redüktaz geninde enzimi LDL düzenlemesine dirençli hale getiren mutasyonlara sahip olabileceklerini ileri sürdü. Yaptıkları ilk ölçümler bu durumu destekliyor gibi gözüküyordu. Goldstein ve Brown, AH hastalarından aldıkları hücreleri kültür ortamında çoğaltıklarında, bu hücrelerdeki redüktaz aktivitesinin sağlıklı olan insanlardan aldıkları hücrelerdekine göre kırk ila altmış kat daha fazla olduğunu ve LDL'nin bu bireylerde enzim aktivitesi üzerinde etkili olmadığını gözlemlediler:

Normal kontrol grubu	*AH hastaları*
LDL	LDL
⊥	⊥
Redüktaz	Redüktaz (↑~altmış kat)

Fakat yaptıkları bir sonraki deney, redüktazın kendisinin AH hastalarında değiştiği iddiasını geçersiz kıldı ve başka bir olasılığı ortaya çıkardı. LDL, protein kısımdan ve kolesterolü de içeren lipit kısımdan oluşan bir moleküldür. Brown ve Goldstein, enzim aktivitesinin baskılanmasında kolesterolün etken aktör olduğunu ileri sürdü ve bu nedenle hücreleri lipit içermeyen kolesterolle besledi. Kolesterolün gerçekten de normal hücrelerde enzimin olası baskılayıcısı olduğunu keşfettiler fakat kolesterolün AH hastalarından alınan hücrelerde de redüktaz aktivitesini engellediğini görünce şaşırdılar. Bu da AH hastalarının redüktazının kolesterol aracılı geri bildirimle kontrole sağlıklı insanlarınki kadar duyarlı olduğunu ortaya koyuyordu fakat kolesterol LDL içindeyken bu durum geçerli değildi.

AH hastalarındaki sorun redüktaz enzimlerinden kaynaklanmadığına göre bu, Brown ve Goldstein'ın bilmediği başka bir etken olmalıydı. Kolesterol taşıyan LDL, hücrelerin dışında dolaştığından belki de AH hastalarındaki sorun kolesterolün hücrelerin dışında bulunan LDL'den içeri taşınmasındaydı.

Brown ve Goldstein, hücrelerin dışında LDL'ye özel bir reseptörün bulunabileceğini düşündü. Bu fikri sınamak için basit bir deney yaptılar. LDL parçacıklarına radyoaktif bir "etiket" taktılar, böylece bunların hücrelere ne kadar bağlandığını ölçebileceklerdi. Etiketli LDL parçacıklarının normal hücrelere güçlü bir şekil-

de bağlanırken AH hücrelerine bağlanmadığını gözlemlediler. Bu deney normal hücrelerde özel bir LDL reseptörü olduğunu ve bu reseptörün AH hastalarına ait hücrelerde bulunmadığını ortaya koydu. Kolesterol düzeylerinin düzenlenmesinde gerçekten de başka bir etken rol oynuyordu.

Brown ve Goldstein, reseptörün kolesterolü dışarıdan hücre içine nasıl getirdiğini açıklığa kavuşturdu. LDL'nin protein kısmı kolesterolü taşıyor ve reseptöre bağlıyordu. Bundan sonra kolesterol molekülleri, redüktaz aktivitesini düzenlemek üzere işlev gördükleri hücre içine girerek protein kısımdan ayrılıyordu. LDL reseptörünün keşfi, dolaşımda olan LDL'nin AH hastalarında kolesterol sentezini normal insanlarda olduğu gibi neden düzenleyemediğini açıklıyordu:

Normal kontrol grubu	*AH hastaları*
LDL (kolesterol)	LDL (kolesterol)
|	|
LDL reseptörü	LDL reseptörü
⊥	⊥
Redüktaz	Redüktaz (↑~altmış kat)

Brown ve Goldstein ayrıca hücrelerin üzerinde bulunan LDL reseptörlerinin sayısının redüktazda olduğu gibi geri bildirim mekanizmasıyla düzenlendiğini de buldular: Hücrelerde kolesterol düzeyi düşük olduğunda LDL reseptörlerinin sayısı artıyorken kolesterol düzeyi yüksekken reseptör sayısı ve redüktaz aktivitesi azalıyordu. Bu mantık, hücrelerin kolesterol düzeylerini nasıl ayarladığını mükemmel bir şekilde ortaya koymaktadır: Kolesterol düzeyi düşük olduğunda hücreler kolesterolü sentezlediği gibi onu LDL reseptörleri aracılığıyla kan dolaşımından içeri alacaktır; kolesterol düzeyi yeterliyse redüktaz ve LDL reseptörü baskılanır.

Vücutta bulunan tüm kolesterolün yüzde doksan üçten fazlası hayati işlevlerden sorumlu olarak görev yaptığı hücrelerde bulunmaktadır. Fakat toplam kolesterolün geriye kalan yüzde yedisi, yaklaşık üçte ikisi LDL, üçte biri de HDL biçiminde olmak üzere kan dolaşımında bulunmaktadır. Epidemiyolojik çalışmalar ve

hayvanlarda yapılan deneyler, plak oluşumundaki ve kalp hastalıklarındaki esas sorumlunun kolesterolün kan dolaşımındaki LDL biçimi ("kötü kolesterol") olduğunu göstermiştir. Brown ve Goldstein'ın kolesterol düzenlenmesine ilişkin sağladığı bilgiler hastalık tedavisinde işe yarayabilir miydi? İkilinin bilmediği şey olan tıbbi devrimin tohumları Texas'tan çok uzaklarda atılıyordu.

KOLESTEROLE YÖNELİK BİR "PENİSİLİN" Mİ?

Akira Endo kalabalık ailesiyle birlikte Japonya'da, Akita'daki bir çiftlikte büyüdü. Dedesi genç Akira'ya doğa hakkında bir şeyler öğreterek tıp ve bilim alanındaki ilgisini onunla paylaşmıştı. Endo on yaşındayken mantarlar ve küflerden çok etkileniyordu. Örneğin sinekleri öldüren ama insanlara zarar vermeyen mantarlar olduğunu öğrenmişti. Üniversitedeyken, mavi-yeşil bir mantar olan *Penicillium* tarafından üretilen penisilin antibiyotiğini keşfeden Alexander Fleming'in öncü nitelikteki çalışmalarını öğrendi.

Endo mezun olduktan sonra gıda bileşenleri üzerinde ilk kez çalıştığı Tokyo'daki Sankyo ilaç şirketinde çalışmaya başladı. Burada görevi şaraplarda ve şıralardaki posa miktarını azaltacak enzimi bulmak olan Endo iki yüzden fazla mantar ırkı üzerinde çalışma yaptı. Üzümler üzerinde üreyen ve doğru enzimi üreten asalak bir mantar türü keşfetti. Ürün başarılı bir şekilde ticarileştirildikten sonra Endo yeni ilgi alanı olan kolesterole döndü.

Yüksek kolesterolle kalp hastalıklarını ilişkilendiren epidemiyolojik çalışmaların sayısı arttığından, Endo, farmasötik şirketlerde çalışan pek çok bilim insanı gibi, kolesterol sentezini engelleyen etkenlerin önemli birer ilaç olabileceğini düşündü. Gerçekten de 1960'lı yıllarda yüksek kolesterolle mücadele etmeyi amaçlayan pek çok ilaç geliştirildi fakat bunlar büyük oranda etkisizdi ve tipik olarak yan etki sorunlarıyla boğuşuyordu. Hiçbiri redüktazı hedeflememişti.

Fakat Endo'nun orijinal bir fikri ve farklı bir yaklaşımı vardı. Mantarların rakip mikropların çoğalmasını engelleyen penisilin gibi pek çok türde bileşeni ürettiğini çok iyi biliyordu. Bazı mantarların zarındaki asıl sterolün kolesterol değil ergosterol molekülü olduğunu da biliyordu. Buradan yola çıkarak bazı mantarların doğal olarak diğer organizmalardaki kolesterol sentezini engelle-

yecek bir bileşen evrimleştirmiş olabileceğini düşündü. Kolesterol sentezine yönelik böyle bir "penisilin" bulabilir miydi?

Bu araştırmayı yapmak için Endo basit bir strateji geliştirdi. Redüktazın kolesterol sentez yolağındaki ilk adım olduğunu biliyordu ve bu nedenle enzim aktivitesini engelleyen herhangi bir şeyi belirleyecek doğrudan bir test tasarladı. Herhangi birinin redüktaz engelleyicisi üretip üretmediğini görmek için laboratuvarda üreyen mantarların besi yerlerinden örnek alabilirdi. 1971 yılının Nisan ayında, Endo ve üç asistanı çalışmaya başladı.

Endo ve ekibi toplamda yaklaşık altı bin kadar olacak şekilde her gün *pek çok* mantar üretti ve bunları test etti. İki yıl süren araştırmadan sonra ümit vaat eden iki tür elde ettiler. Daha sonra da bunların ürediği besi yerlerindeki aktif bileşenleri elde etmeye çalıştılar. *Pythium ultimum* mantarından elde edilen ilkinin daha önce keşfedilmiş olan sitrinin antibiyotiği olduğu ortaya çıktı. Bu antibiyotik redüktazı engelliyordu fakat hayvanlar için oldukça zehirli olduğu da bilinmekteydi. 1973 yılında elde edilen ikinci bileşense Kyoto'daki bir sokak satıcısının sattığı pirinçten sağlanan mavi-yeşil küf olan *Penicillium citrinum*'du ve penisilinin elde edildiği mantarın bir akrabasıydı.

Laboratuvar çalışmalarında kullanmak üzere yeterli miktarda aktif bileşen elde etmek için altı yüz litrelik dev bir kazanda bu mantarı ürettiler ve buradan, tipik bir aspirin tabletinden daha az bir miktar olan yirmi üç miligram bileşen elde ettiler. Bu saf maddeyle, ML-236B adını verdikleri molekülün (daha sonra kompaktin olarak adlandırıldı) düşük konsantrasyonlarda bile etkili olarak redüktazın potansiyel bir engelleyicisi olduğunu gösterdiler. Kompaktin molekülünün bir kısmı redüktazın substratına benziyordu ve bu da enzimin çalışmasını nasıl engellediğini açıklıyordu: Molekül, redüktazın, substratın ("anahtarın") normalde yapısına uyup enzimin çalışmasını bloke ettiği aktif bölgesine ("kilit") giriyordu.

Kompaktin umut vaat eden bir ilaç olarak görünüyordu. Şimdi Endo'nun 2012 yılında dünyada 29 milyon dolar satış yapan ve yirmi beş milyon kişinin kullandığı bir ilaç sınıfı olan ilk statini keşfettiğini söylesem Endo'nun çok zengin ve ünlü olduğunu, belki de Nobel Ödülü kazandığını düşünürdünüz.

Hayır, böyle bir şey olmadı.

Kompaktin'in keşfinden kalp hastalıklarının ilacı olmaya giden yol dolambaçlı ve engebeliydi. Bu hikâye, Endo, Brown ve Sankyo'dakini içermese de birkaç farmasötik firma yöneticisini kapsayan pek çok insanın inancı ve azmiyle ilgili bir hikâyedir.

MANTARDAN ECZANEYE

Endo ve Sankyo kompaktini keşfettiklerini yayımladılar ve bu yeni bileşenin patentini aldılar. Bir sonraki önemli adım, kompaktinin aktivitesinin hayvanlarda denenmesiydi. İyi haber, göründüğü kadarıyla, kompaktinin sıçanlara herhangi bir zarar vermemesiydi. Kötü haber, sıçanları yedi gün boyunca kompaktinle beslemenin ya da onu beş hafta boyunca yüksek dozlarda vermenin kolesterolde herhangi bir değişikliğe yol açmamasıydı. Kompaktin farelerde de etkisizdi. Hayvanlarda gözlemlenen bu olumsuz sonuçlara bakılırsa kompaktinin bir ilaç olarak başarı şansı ve Endo'nun yıllarca süren çalışmaları duvara toslamış görünüyordu.

Fakat Endo kompaktinden vazgeçmedi. 1976'nın baharında bir gün işe yakın bir barda, araştırmalarında yumurtlayan tavuk kullanan bir arkadaşına rastladı. Endo'nun daha sonra yaptığı bazı deneyler ona, sıçan ve farelerde elde ettiği olumsuz sonuçların, bu türlerde kolesterolün düzenlenme biçimindeki özgünlükle ilgili olduğunu ve ilacın başka hayvanlarda etkili olabileceği umudunu verdi. Barda karşılaştığı meslektaşı Endo'nun tavuklarla deney yapmasına izin verdi.

Bir aylık uygulamadan sonra tavukların kolesterol düzeyi yüzde elli oranında azalmıştı! Tavuklarda elde edilen bu başarı, ilacı maymun ve köpekler üzerinde denemeye teşvik etti ve kompaktin bu hayvanlardaki kolesterol düzeyinin yüzde otuz ila kırk dört oranında azalmasına neden oldu. Maymunlar ve insanlar arasındaki yakın akrabalık göz önünde bulundurulduğunda bu sonuçlar ilacın potansiyeline ilişkin umut vaat ediyordu. Sankyo, ilacı geliştirmek için, Endo, farmakologlar, patologlar, kimyacılar ve toksikologlardan oluşan bir Kompaktin Geliştirme Projesi takımı oluşturdu.

Fakat tam da kompaktinin geleceği parlamaya başlamışken, toksikologlar yüksek dozda kompaktinle beslenen sıçanların karaciğer hücrelerinde bazı bozukluklar saptadı. Klinik geliştirmeye devam etmeye karar verme süreci aylarca sürdü. Bununla

birlikte, insanlar üzerindeki denemeler sürüyorken Sankyo'daki toksikologlar başka bir sorunla karşılaştılar. İki yıl boyunca yüksek dozda kompaktinle beslenen köpeklerde, bağırsak tümörü olduğu düşünülen bir durum ortaya çıktı. Sankyo 1980 yılının Ağustos ayında kompaktinin geliştirilmesini durdurdu.

Bu sırada başkaları Endo ve Sankyo'nun çalışmalarının farkına varmıştı. Lipitler konusunda uzman bir biyolog olan Roy Vagelos, Birleşik Devletler'deki Merck ilaç şirketinin araştırma biriminin şefiydi. Vagelos, üniversiteden Merck'e ilaçların keşfedilme biçimini değiştirme umuduyla geçmişti. Onlarca yıl boyunca şirketler, çok sayıdaki bileşiklerin, belirli bir molekül hedefi yerine hücrelere ya da bakterilere karşı aktivitelerini değerlendirerek ilaç adaylarını araştırmıştı. Vagelos, biyokimyayı daha hedefe yönelik yaklaşımlar geliştirmek için kullanmayı amaçladı. Ayrıca Paris'te Jacques Monod'la çalışarak heyecan verici bir yıl geçirmişti ve böylece düzenlemenin mantığı hakkında düşünmeye alışmıştı. Brown ve Goldstein'ın kolesterol düzenlenmesinin yasaları ile Endo'nun mantarlardaki doğal redüktaz engelleyicisinin keşfi arasında Vagelos, yeni türde bir kolesterol ilacının potansiyelini fark etmişti.

Vagelos Merck'teki araştırmacıları diğer mantarlarda kompaktin benzeri maddeler bulmak yönünde cesaretlendirdi ve bu araştırmacılar 1979'un ilk yarısında, *Aspergillus terreus* mantarında benzer bir bileşiğin varlığını keşfettiler. Daha sonra "lovastatin" adı verilen bu bileşik, kompaktinden, yapısından yalnızca fazladan bir metil grubu (bir karbon ve üç hidrojen atomu) bulunmasıyla farklılık gösteriyordu. Merck hemen lovastatinin insanlardaki klinik deneylerini başlattı fakat Vagelos Sankyo'nun kompaktin denemelerini durdurduğunu ve kompaktinin köpeklerde tümör oluşumuna yol açtığına ilişkin söylentileri duyduğunda Merck'te yapılan çalışmalara derhal son verdi. Kompaktin ve levastatin başarısızlığa uğramıştı ve Texas'taki beklenmedik sonuç elde edilmeseydi öylece kalacaktı.

Brown ve Goldstein da Endo'nun keşfinden haberdardı. Enzim engelleyicisinin gücünden etkilenerek bu bileşikten bir miktar talep ettiler. Ayrıca Endo'yu Texas'taki laboratuvarlarını ziyarete davet ettiler ve kompaktinin etkileri üzerinde çalışmak için onunla işbirliği yaptılar. Araştırmacılar kompaktinin yalnızca redüktaz aktivitesini engellediğini gözlemlemeleri için değil aynı

zamanda ilaçla muamele edildiğinde hücrelerin çok daha fazla enzim ürettiğini görünce çok şaşırdılar. Bu, kolesterol düzenleme yasalarında önemli bir çift-negatif mantık işlediğini ortaya çıkardı: İçerideki kolesterol sentezi engellendiğinde enzim sentezinin geri bildirimle baskılanması da engelleniyordu:

Kompaktin
▲
redüktaz aktivitesini *engeller* → → → kolesterol
⊥ *daha az geri*
bildirim baskılaması
daha fazla redüktaz

Şimdi artık bu yasaları biliyor olmaları nedeniyle Brown ve Goldstein için heyecan verici bir olasılık ortaya çıktı. Daha önce redüktaz ve hücrelerin üzerinde bulunan LDL reseptörlerinin birlikte düzenlendiğini keşfettikleri için redüktaz enzimini engelleyen bileşiklerin LDL reseptör düzeylerini de *artırabileceğini* düşündüler. Eğer bu doğruysa, hücre üzerinde bulunan LDL reseptörlerinin sayısının artması nedeniyle daha fazla LDL kandan hücrelere çekilebilir ve böylece kalp hastalıklarında hayati öneme sahip olan dolaşımdaki LDL kolesterol düzeyini *azaltabilir*:

Kompaktin yokluğunda	*Kompaktin varlığında*
az LDL reseptörü	↑ LDL reseptörü
fazla serum LDL kolesterolü	↓ Serum LDL kolesterolü

Brown ve Goldstein bu olasılığı sınamak için Merck'ten küçük bir miktar lovastatin aldı ve bunu köpeklere verdi. Beklendiği gibi ilaç hem LDL reseptör düzeyini hem de LDL'nin kan dolaşımından temizlenmesini arttırdı. Bu sonuç, ilacın insanlarda LDL'yi kandan temizleyip, düzeyini düşürdüğü konusunda Brown ve Goldstein'ı ikna etti fakat Sankyo ve Merck, klinik araştırmayı köpeklerde tümör görülmesinin neden olduğu endişe nedeniyle durdurdu.

Goldstein Japonya'ya gidip, o sırada Sankyo'dan ayrılıp Tokyo Noko Üniversitesi'ne geçmiş olan Endo'yu ziyaret etti. Endo, Goldstein'a köpeklerde görülenin tümör olduğunu düşünmediği söyledi; patologlar gördükleri şey konusunda yanılmışlardı. Köpeklerin bağırsağındaki şeyin sindirilmemiş ilaç olduğuna

inanıyordu. Ona göre, görülen anormallikler, insanlara verilmesi düşünülenin yaklaşık yüz katı kadar olan aşırı dozdan kaynaklanıyordu. Ayrıca Goldstein oldukça yüksek dozda kompaktin uygulanmış hücrelerin içinde tuhaf yapılar görmüştü. Kompaktinin toksik etkisine ilişkin endişe abartılmış olabilir miydi?

Goldstein ve Brown redüktaz engelleyicilerin insanlarda, özellikle AH hastaları gibi büyük risk taşıyanlarda, işe yarayıp yaramadığını ortaya çıkarma konusunda oldukça hevesliydi. Bu nedenle, yüksek kolesterol ve LDL düzeyine sahip altı AH hastasından oluşan küçük bir grupta lovastatinin LDL düzeyini düşürüp düşürmediğini sınamak için, iki hekim olan, David Bilheimer ve Scott Grundy ile birlikte çalışmaya başladılar. Tahmin ettikleri ve umdukları gibi lovastatin uygulaması sonucunda LDL reseptörlerinin sayısı artmış ve LDL kolesterol düzeyleri yüzde yirmi yedi oranında azalmıştı.

Bu sonuçlarla heyecanlanan Brown ve Goldstein Merck'teki Vagelos'a mektup yazdı. Mektupta ilaç tedavisinin AH hastalarındaki LDL reseptör yoksunluğuna ilişkin "genetik kusuru" nasıl geri çevirdiklerini açıkladılar. "Genleri değiştirmekten ziyade iyi genleri daha çok çalıştırmak için düzenleme ilkelerinden faydalanabiliriz" diye yazdılar. Kompaktin keşfedileli on yıl, Merck ve Sankyo redüktaz engelleyici geliştirmekten vazgeçeli ise üç yıl olmuştu. Goldstein ve Brown, Vagelos ve Merck'in bunlar üzerinde "olabildiğince hızlı biçimde" çalışmaya dönmesi konusunda ısrarcı oldu.

Birkaç ay içinde Merck lovastatini daha büyük ölçekte fakat yalnızca oldukça yüksek kolesterolü olan ve kalp-damar hastalığına sahip yüksek riskli hastalarda tekrar denemeye başladı. Çalışmayı yürütenler lovastatinin kanser yapıcı ya da toksik olup olmadığı üzerinde duruyordu. Merck'in Temel Araştırmalar biriminin yeni şefi olan Dr. Edward Skolnick, bu endişeler giderildiğinde lovastatinin çok önemli bir ilaç olabileceğini düşündü ve böylece olası toksik özelliklerini değerlendirmek için kapsamlı bir çalışma yapmak üzere bir takım oluşturdu. Skolnick'in projeye katılması ve ilaca destek olması Brown ve Goldstein için harika bir haberdi. Bu üç adam birbirini Massachusetts Genel Hastanesi'ndeki uzmanlık döneminden beri tanıyorlardı. Goldstein ve Skolnick, daha sonra Ulusal Sağlık Enstitüsü'ndeki

(USE) bir laboratuvarı ortaklaşa kullandı ve iyi arkadaş oldular. Skolnick daha önceki çalışma arkadaşlarını ziyaret etmek ve kolesterol düzenlenmesiyle ilgili mümkün olan her şeyi öğrenmek için Texas'a gitti.

Goldstein ve Brown, hayvanlarda görülen lezyonların ilacın doğrudan etkisinden mi kaynaklandığını yoksa daha önce verilen yüksek ve kolayca ortadan kaldırılabilecek dozlarla açıklanıp açıklanmayacağını ayırt etmeye yönelik zekice bir deney önerdi. Skolnick'e göre bu öneri tıkır tıkır işlemiş, herhangi bir lezyon görülmemiş ve diğer testler de kanser yapıcı bir aktiviteye işaret etmemişti. Skolnick, lovastatinin insanlarda güvenle kullanılabileceğinden emindi.

İki yıllık bir test etme döneminden sonra lovastatinin plazma ve serumdaki LDL kolesterol düzeyini yüzde yirmi ila kırk arasında düşürdüğü bulundu. Merck, Gıda ve İlaç Dairesi'ne (GİD) başvurdu ve onay alarak ilacı 1987'de piyasaya sürdü.

Fakat elde edilen iyi klinik sonuçlara ve GİD onayına karşın hekimler arasında ilacın genel kullanımına ilişkin kuşku hâlâ sürmekteydi. Her şeyden öte, amaç kolesterolü düşürebilmek değil *ölümleri* azaltabilmekti. Merck, statinlerin uzun dönemli etkilerini araştırmak için yeni nesil statinlerin (simvastatin ya da Zocor) kullanıldığı, dört bin dört yüz kırk dört hastayı kapsayan, beş yıl sürecek bir çalışmaya sponsor oldu. Sonuçlar beklenenden çok daha iyiydi: Çalışma, koroner kaynaklı ölümlerin yüzde kırk iki oranında azaldığını ortaya koymuştu.

Bu etkileyici yararlarıyla birlikte statin devrimi yüksek bir tempoya girdi. Büyük oranda bu ilaçların kullanımı sayesinde Amerikalılar arasında kalp hastalıklarından kaynaklanan ölüm oranı, Ancel Keys'in kolesterole ilişkin uyarılarından beri neredeyse yüzde altmış oranında azalmıştı.

Bu, Brown ve Goldstein'ın kolesterol düzenlenmesinin anahtar yasalarını keşfi, Endo'nun mantarlardaki doğal redüktaz engelleyicilerinin araştırılmasına ilişkin orijinal düşüncesi, Merck yönetiminin ve az sayıda hekimin ısrarı olmaksızın gerçekleşmeyecek bir devrimdi.

Katkılarından dolayı Brown ve Goldstein 1985 Nobel Fizyoloji ve Tıp Ödülü'nü birlikte kazandı. [Şekil 4.2] 1985'te Merck'in

CEO'su olan Vagelos, şirkete yenilik ve ticari başarı anlamında kayda değer bir on yıl yaşattı.

Peki ya Endo? Endo buluşu nedeniyle bir kuruş bile kazanmadı ve statinlerin gelişimine katkısı uzun bir zaman boyunca fark edilmedi. Bu hata, kompaktinin keşfinin otuzuncu yıl dönümü nedeniyle 2003 yılında Kyoto'da onun onuruna düzenlenen bir sempozyumla kısmen düzeltildi. Brown ve Goldstein övgü konuşmasında, "Endo olmasaydı statinler asla keşfedilmeyebilirdi... Statin tedavisi sayesinde yaşamları uzayan milyonlarca insan bunu Akira Endo'ya ve onun mantar özütleriyle yaptığı araştırmalara borçludur." diyordu.



ŞEKİL 4.2 Joseph Goldstein ve Michael Brown. Fotoğraf, Goldstein ve Brown'ın 1985 Tıp ya da Fizyoloji Nobel Ödülü'nü paylaşacaklarının duyurulduğu gün çekilmiştir.

Joseph Goldstein'ın izniyle.

BÖLÜM V

TAKILMIŞ GAZ PEDALLARI VE BOZUK FRENLER

Kanseri ortadan kaldıracak şey merhamet ya da korku değil onun nasıl ve neden ortaya çıktığına ilişkin merak olacaktır.

H. G. WELLS

Bisiklet kullanımı üniversitelerde yaygın olduğundan öğrenciler Chicago Üniversitesi kampüsünde her gün dolanıp duran kırmızı bisikleti fark etmemişti. Fakat daha yakından baksalardı zarif ve gri saçlı bisiklet sürücüsünü görüp şaşıracaklardı. Yine de, ne bu mutlu gezginin seksen sekiz yaşında olduğunu ne de beş toruna sahip bu büyükannenin yakın zaman önce ülkenin en saygın sivil onuru olan Başkanlık Özgürlük Madalyası'nı kazanmış, Amerika'nın en şık bilim insanı olduğunu tahmin edilebilirdi.

Bu, Janet Davison Rowley'di. Kanser araştırmalarında öncü bir isim olan Rowley kanserin genetik bir hastalık olduğunun anlaşılmasında çok önemli bir yere sahipti. Üzerinde çalıştığı sorun bakterilerdeki şeker metabolizmasından ya da insanlardaki kolesterol metabolizmasından çok daha karmaşık olsa da, soruna yaklaşımı Monod ve Jacob'un ve Brown ve Goldstein'ınkiyle aynıydı: Düzenleme yasalarının bozulduğu bir durumu bul ve ne olduğunu çöz. Rowley'in buluşu kansere dair yeni kavrayışı şekillendirdi ve sonuçta hayat kurtaran yeni türde bir ilacın bulunmasına yol açtı.



ŞEKİL 5.1 Janet Rowley laboratuvara giderken.

Fotoğraf Dan Ory tarafından çekilmiştir ve University of Chicago Magazine'in izniyle kullanılmıştır.

KROMOZOMLAR VE KÂĞIT BEBEKLER

Janet Davison, Büyük Bunalım sırasında Chicago'da büyüdü. Para kısıtlıydı ve bu, ailesinin sıklıkla bir mahalleden bir başka mahalleye ve genç Janet için de bir okuldan bir başka okula taşınmasına neden oluyordu. Bu zor zamanlar herhangi bir lüksü ya da sıradışı hobiyi imkânsız kılıyordu. Babası onu pul koleksiyonuyla tanıştırdı ve Janet ince ayrıntıları inceleme konusunda oldukça başarılı olmaya başladı. Erken bir yaşta, ilgilendiği konular arasında, ayırt edici dönemler ya da işaretler gibi küçük farklılıkları görebiliyordu. Yetişkinlik dönemine kadar bu hobiyi sürdürdü ve kazandığı bu örüntü kavrama yeteneği daha sonra çok işine yarayacaktı.

Lisedeki iki yıldan sonra Davison, Chicago Üniversitesi'nde, oraya henüz on beş yaşındayken kayıt olmasına ve hem liseyi hem de lisansı bitirmesine olanak sağlayan özel bir programa yönelik burs kazandı. Davison, bu zorlu ama destekleyici atmosferde başarılı oldu ve kendisinde biyoloji ve tıbba karşı güçlü bir ilgi gelişti. Fakat 1944'te kadınlar için bir kota vardı ve bu altmış beş kişilik bir sınıfta üç kişiye tekabül ediyordu. Kota dolmuştu ve bu nedenle Davidson bir yıl beklemek zorundaydı fakat kayıt olduğunda yalnızca yirmi yaşında olduğu için bunu büyük bir sorun olarak görmemişti. 1948 yılında tıptan mezun oldu ve mezuniyetten sonra yine bir tıp öğrencisi olan Donald Rowley'le evlendi.

Davison (artık Dr. Rowley) öğrenimini erken bir yaşta tamamlamış olmasına karşın çok sonraya kadar bir araştırma kariyeri peşine düşmedi. Tıp fakültesine girdiğinde bir eş ve anne olmak istiyordu ve hekim olmanın, yarı zamanlı bir uzman olmanın ilginç olabileceğini düşündü. Staj dönemini tamamladıktan sonra o ve eşi Donald bir aile oldular. Rowley önce Maryland'de ve sonra Chicago'da çeşitli kliniklerde haftada beş gün çalışırken bir yandan da dört çocuk büyütmeyle uğraşıyordu.

Bu kliniklerden biri gelişim bozukluklarına sahip çocuklarla ilgiliydi. 1959 yılında, insanlardaki toplam kromozom sayısı doğru olarak saptandıktan (kırk altı) yalnızca birkaç yıl sonra, Down sendromlu çocukların fazladan bir 21. kromozoma sahip olduğu keşfedildi. Genetik derslerine hiç katılmamış olsa da Rowley genetik hastalıkların kalıtımı olgusundan etkilenmişti. Yıllarca kliniklerde çalıştıktan sonra daha zorlayıcı bir şey yapmak istedi.

Bu fırsat, Donald, Oxford Üniversitesi'nde, Charles Elton'ın eski çadır arkadaşı ve Penisilin'i geliştirdiği için 1945'te Nobel Ödülü'nü alanlardan biri olan Howard Florey'in yanında ziyaretçi akademisyen olarak bir yıl geçirmeyi planladığında doğdu. Rowley, İngiltere'de geçecek bir yılı kromozomların nasıl incelendiğini öğrenmek ve sonra bu deneyimi Chicago'daki kliniğe getirmek için değerlendirebileceğini düşündü. O dönem kullanılan teknik, kan hücrelerini alıp DNA'nın radyoaktif öncüllerinin varlığında onları çoğaltmayı ve sonra radyoaktif olarak işaretlenmiş kromozomları duyarlı bir film üzerinde görüntülemeyi kapsıyordu. Bu yöntem kromozomların sayısını doğru biçimde belirlemeye ve büyük çaplı anormallikleri saptamaya olanak sağlıyordu fakat farklı kromozomları birbirinden ayıran ayrıntıları fark etmek zordu.

Rowley bu yöntemi, hücreler çoğalırken kromozomların nasıl kopyalandığını inceleyen bir yayının eş-yazarlarından biri olacak kadar iyi öğrendi. Chicago'ya döndüğünde klinikte devam etmek istemediğine, bunun yerine araştırma yapmak istediğine karar verdi. Yalnızca bir yayında adı bulunarak, Chicago Üniversitesi'ndeki Manhattan Projesi araştırma takımının eski başhekimi ve Argonne Kanser Araştırma Hastanesi'nin müdürü olan Dr. Leon Jacobson'a gitti.

Rowley durumunu Jacobson'a, "İngiltere'de başlattığım ve burada sürdürmek istediğim bir araştırma projem var. Burada yarı zamanlı olarak çalışabilir miyim [?] İhtiyacım olan tek şey bir mikroskop ve karanlık bir oda. Bu arada bunun için maaş alacak mıyım? Bir bebek bakıcısına yetecek kadar para kazanmalıyım." diye açıkladı.

Jacobson onu kabul etti ve Rowley çeşitli kan hastalıklarına ait kromozomları incelemeye başladı. Bazı hastaların hücrelerinde fazladan ya da eksik kromozom olduğunu söyleyebiliyordu fakat durumdan sorumlu olan özel kromozomun hangisi olduğunu saptayamıyordu. Floresan boya kullanılarak bu ayrımları görünür hale getiren yeni bantlama tekniği bulunana kadar bu böyle devam etti. Rowley bu tekniği, ziyaretçi araştırmacı olarak gittiği İngiltere'de bir başka seyahatinde öğrendi. Chicago'ya döndüğünde lösemi hastalarından elde edilen daha fazla örneği incelemeye başladı.

1972'nin başında, iki akut miyeloid lösemi hastasının hücrelerinde alışılmadık bir şey dikkatini çekti: İki farklı koromozomun (8. ve 21. kromozomlar) parçaları kopup yer değiştirmişti. *Translokasyon*

olarak bilinen bu durumda aynı değiş tokuşun, aynı kanser tipine sahip iki farklı hastada ortaya çıkması şaşırtıcıydı.

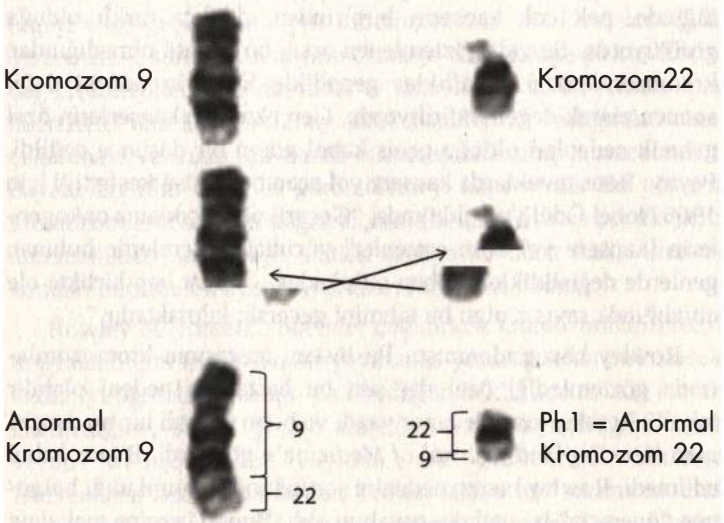
O sırada kanser hücrelerinin anormal sayıda ya da tipte kromozoma sahip olduğu biliniyordu. Fakat daha yakından incelendiğinde, pek çok kanserin birbirinden oldukça farklı olduğu görülüyordu. Sürekli gözlemlenen ortak bir örüntü olmadığından kromozomlardaki tuhaflıklar genellikle kanserin nedeni değil sonucu olarak değerlendiriliyordu. Gerçekten de kanserlerin özel genetik nedenleri olduğu geniş kabul gören bir düşünce değildi. Peyton Rous tavuklarda kansere yol açan bir virüsü keşfettiği için 1966 Nobel Ödülü'nü aldığında, "Geçerli olan açıklama onkogenlerin [kansere yol açan etmenler] vücuttaki hücrelerde bulunan genlerde değişikliklere sebep olduğudur... Fakat hep birlikte ele alındığında sayısız olgu bu tahmini geçersiz kılmaktadır."

Rowley heyecanlanmıştı. İki lösemi hastasının kromozomlarında gözlemlediği özel değişim bu hastalığın nedeni olabilir miydi? Rowley kısa bir rapor yazdı ve bunu önemli bir tıp dergisi olan *New England Journal of Medicine*'e gönderdi. Rapor kabul edilmedi. Rowley bunun nedenini sorduğunda yayımladığı bulgunun "önemsiz" bulunduğu cevabını aldı. Bunun üzerine makaleyi daha az bilinen bir Fransız dergisi olan *Annales de Génétique*'e gönderdi ve burada yayımlandı.

Bundan kısa bir süre sonra Rowley kronik miyelojenik lösemi (KML) adı verilen farklı tipteki kanserleşmeye sahip hastaların hücrelerine bakmaya başladı. Laboratuvarda çalışmadığı günlerde evde çalışarak bu hastaların kromozomlarının ayrıntılı yapısını inceledi. Boyadığı preparatların fotoğraflarını çekti, tek tek kromozomları çıkardı, kırpıntı kâğıtlara tutturdu ve bunları yemek masasına yaydı. Kromozomlar çiftler halindeydi, çoğu, yukarı ve aşağı bakan uzun "kolları" merkez bölgeleri civarından birleşmiş durumdaydı. Çocuklar bu kâğıt bebeklerle oynamak için annelerini rahat bırakmıyordu.

Bundan uzun yıllar önce, Philadelphialı iki araştırmacı, bazı KML hastalarının kanser hücrelerinin sıradışı bir biçimde küçük 22. kromozoma sahip olduğunu keşfetmiş ve buna Philadelphia kromozomu adını vermişti. Rowley yeni boyama tekniğini kullanarak KML hücrelerine dikkatli bir biçimde baktığında, üç örnekte 9. kromozomun normalden daha uzun olduğunu belirledi. Aslında 22.

kromozomun kayıp parçası 9. kromozoma yapışmıştı. Bu da KML hücrelerinde genetik bilginin daha önce düşünüldüğü gibi kaybolmadığını ortaya koyuyordu: Yeni bir yere taşınmıştı. [Şekil 5.2]



ŞEKİL 5.2 Lösemide görülen kromozom değişiklikleri. Janet Davison Rowley, kronik miyelojenik lösemide yalnızca yirmi ikinci kromozomun anormal biçimde küçük olduğunu (Philadelphia kromozomu) değil aynı zamanda bu kromozomun uç kısımlarının dokuzuncu kromozomla değiştiğini de fark etti.

Ruth MacKinnon'un izniyle basılmıştır.

http://scifundchallenge.org/firesidescience/2013/11/11/philadephia-the-birthplace-of-cancer-genetics/.

Birbirinden bağımsız üç kromozom 9;22 translokasyonu bilgisine sahip olarak bulgularını uluslararası öncü bir bilim dergisi olan *Nature*'a bir rapor yolladı. Dergi editörleri makaleyi translokasyonun insan popülasyonunda görülen normal bir varyasyon olabileceği gerekçesiyle reddetti.

Bu sırada Rowley, hastaların kanında bulunan diğer hücrelerin kromozomlarını inceliyordu ve bu hücrelerde kırk altı normal kromozom olduğu ortaya çıktı. Translokasyon kanser hücrelerine özgü bir durumdu. Rowley bununla yetinmeyip KML hastalarında toplamda dokuz kişi olacak şekilde daha fazla sayıda aynı translokasyonu ortaya koydu. Bu normal dışı durum tesadüf olamazdı. Bu ek verilerle Nature ikna oldu ve 1973 yazında makaleyi yayımladı.

Rowley'in iki farklı tipte lösemideki özgün ve farklı kromozomal değişimlere ilişkin keşfi, en azından bazı kanserlerin özel, belki de eşsiz, genetik mutasyonlardan kaynaklandığına güçlü bir kanıt oluşturuyordu. Gözlemlediği translokasyonlar pek çok soruyu akla getiriyordu. Diğerleri neredeydi? Bunlar kanseri nasıl tetikliyordu? Bu sorular Rowley'i yiyip bitirmeye başlamıştı. Yarı zamanlı işi aniden yaşamını en heyecanlı kısmı haline gelmişti. Uzun dönemli planlarının aksine kariyeri ve araştırmaları tali bir durum olmaktan çıkıp, kırk sekiz yaşında, hayatının merkezi olmuştu. Haftanın beş günü bisikletiyle laboratuvara gitmeye başlamıştı.

Bundan kısa bir süre sonra Rowley, akut promiyelositik lösemide, 15. ile 17. kromozomlar arasında bir başka translokasyonu keşfetti. Başka bir grup da Burkitt lenfoma hastalığında bir translokasyon olduğunu ortaya çıkardı.

Bir translokasyon, daha önce komşu olmayan iki DNA parçasının birleşmesi anlamına gelmektedir. Rowley, iki genin bir araya gelmesinin kanserin gelişiminde önemli bir aşama olduğundan kuşkulanıyordu. Fakat 1970'lerin ortalarından sonuna kadar olan dönemde insan genomu (bütün genlerimizi taşıyan yirmi üç kromozomun tümündeki DNA) henüz bilinmemekteydi.

Translokasyonlarının kansere nasıl yol açtığını anlamak bir yana, hangi genlerin bu süreçte rol oynadığını bilmek ulaşılmaz gibi görünüyordu. Bu, bazı şaşırtıcı sonuçlar tamamen farklı bir araştırma alanından gelene kadar böyle sürdü.

KANSER GENLERİNİ BULMAK

Kanserin kökeninde kromozomal değişimlerin olduğuna ilişkin kuşku duyulmuşsa ve bu kuşkular oldukça yaygındıysa virüslerin buradaki rolüne dair kuşkular bundan çok daha fazlaydı. 1910 yılında Rockefeller Enstitüsü'ndeki bir araştırmacı olan Peyton Rous, tavuklarda sarkomaya yol açan bir virüsü tanımladı. Bununla birlikte Rous'un bulgusundan öyle çok kuşku duyuluyordu ve kendisi sorumlu virüsün varlığını ileri sürmekten başka, o kadar az şey yapmıştı ki bu konuda çalışmaktan vazgeçti. Kansere yol açan virüs kavramı ancak on yıllar sonra –virüs çok güçlü bir elektron mikroskopu yardımıyla görülebildiğinde ve başka hayvanlarda tümöre

neden olan diğer virüsler elde edildiğinde– kesin olarak yerleşti. Bu nedenle, Rous'un keşfi ile kendisinin Nobel Ödülü almasının arasında elli altı yıl vardı. Fakat insanlarda saptanmadığından bu virüslerin insan hastalıklarındaki rolü açık değildi.

Yine de, hayvanlarda tümöre yol açan virüslerin varlığı kanser oluşumunun yasalarına ilişkin önemli ipuçları sunuyordu. Rous Sarkoma Virüsü (RSV) gibi bir virüsle çalışmanın sağladığı temel avantajlardan biri yapısının basit olmasıydı. RSV yalnızca birkaç gene sahipti ve bu da basit bir soruyu akla getiriyordu: Hangisi ya da hangi genler kanser oluşumunda işe karışıyordu?

Önemli bir ipucu, Berkeley'deki California Üniversitesi'nde lisanüstü öğrencisi olan ve hücrelerin içinde çoğalabilen fakat bu hücreleri kanser hücrelerine dönüştüremeyen mutant bir RSV elde eden Steve Martin'in keşfiydi. Bu durumdan sorumlu mutasyon, virüsteki dört genden biri olan ve *src* ("sark" biçiminde telaffuz edilmektedir) adı verilen bir viral gende bulunuyordu. Virüsün kansere neden olması için yapısı bozulmamış bir *src* geni gerektiğinden *src* geninin bir viral *onkogen* (kanseri tetikleyen gen) olduğu ileri sürülüyordu. Fakat tavukta bulunan bir virüs geni kanserin genel olarak, özellikle de insanlarda, nasıl ortaya çıktığı hakkında bize ne söyleyebilirdi ki?

Tümör virüslerine dair anahtar önemdeki kavrayış, Goldstein ve Brown'ın "sınıf arkadaşları" ve USE'de eğitim görmüş diğer hekimler olan Harold Varmus ve J. Michael Bishop'tan geldi. Varmus, USE'deyken, Monod ve Jacob'un başlattığı enzim düzenlenmesi konusunda çalışmalar yapıyorken Bishop polio virüslerle çalışmaktaydı. İkili ilk kez, Varmus 1970'te tümör virüsleri ve özellikle RSV'yle çalışmak üzere Bishop'ın San Fransisco'da bulunan California Üniversitesi'ndeki laboratuvarına katıldığında bir araya geldi; daha sonra laboratuvarlarını birleştirdiler.

src geninin keşfi, Varmus ve Bishop'ın bu genin kökeninin ne olduğuna ilişkin merakını uyandırdı. Virüs hücrelere bulaşmak ve orada çoğalmak için bu gene ihtiyaç duymuyordu. Eğer çoğalmak için bu gene ihtiyacı yoksa bu gen neden vardı ve nereden gelmişti? Belki de, diye düşündüler, bu, virüsün tarihsel süreçte kaza eseri olarak yapısına kattığı hücresel bir gendi. Eğer böyleyse, *src* geni tavuğa ait normal hücrelerde bulunabilirdi.

Böyle bir geni aramanın, genetik mühendisliği gelişmeden önceki döneme göre çok daha kolay olduğu söyleniyordu. Virüse ait src genini temsil eden, radyoaktif olarak işaretlenmiş DNA "probunun",* normal hücrelerin DNA'sında benzer bir geni aramak üzere kullanıldığı belirleyici öneme sahip deneyin yapılabilmesi neredeyse dört yıl sürdü. Bunu ortaya çıkaran ilk sonuçlar 1974'te doktora sonrası araştırmacı olan Dominique Stehelin'den geldi: Tavuğun hücrelerinde gerçekten de *src* genine benzer bir gen vardı. Viral onkogen olan v-*src*'dan ayırt etmek için bu gene, c-*src* (cellular *src* [hücresel *src*]) adı verildi. C-*src* geni daha sonra, ördek, hindi ve hatta devekuşu gibi kuşlarda da bulundu.

Fakat c-*src* geni yalnızca kuşlarda bulunmuyordu. Varmus, Bishop ve çalışma arkadaşları olan Deborah Spector, bu genin, insanlar da dahil olmak üzere memelilerde de bulunduğunu gösterdiler. Farklı hayvanlarda bulunuyor oluşu; c-*src* geninin yüz milyonlarca yıldır var olan eski bir gen olduğunu ortaya koyuyordu.

Bunun anlamı neydi? Varmus ve Bishop, heyecan verici olasılıklar üzerinde duruyordu. İlk olarak, c-*src*'ının uzun evrimsel soy ağacı, genin normal hücrelerde bir işlevi olduğuna işaret etmekteydi. İkincisi, c-*src* ile v-*src* arasındaki büyük benzerlik, tümöre neden olan RSV'nin kendisine ait v-*src* genini, c-*src* geninin bir kopyasını yapısına katarak kazanmış olabileceğini ve böyle yaparak geni kanserleşmiş çoğalmaya yol açacak şekilde değiştirdiğini ortaya koyuyordu.

Yine de *src* tek bir örnekti. *src* örneğinde olduğu gibi hücrelerde karşılığı olan diğer tümör virüs onkogenleri neredeydi? Artık yarış bunları bulma üzerineydi. Tavuklara, farelere ya da sıçanlara bulaşan farklı tümör virüslerinde pek çok viral onkogen oldukça hızlı biçimde keşfedildi ve bunların benzerlerinin varlığı, yalnızca kendilerine ev sahipliği yapan türlerde değil insanları da içeren diğer hayvanlarda da saptandı. *myc*, *abl* ve *ras* olarak adlandırılan genler, viral onkogenlerin öncü-onkogen (proto-onkogen) adı verilen normal hücre genlerinden köken aldığına ilişkin anlayışı güçlendirdi.

* DNA'daki özel bir diziyi bulmak için tasarlanan, özel boyalarla ya radyoaktif olarak işaretlenmiş DNA ya da RNA dizileri –ç.n.

1970'lerin sonunda, iki adet güçlü fakat birbiriyle bağlantısı olmayan kanıt kanserin kökenini ortaya çıkarıyormuş gibi görünüyordu. Viral onkogenlerin ve hücrelerdeki öncü-onkogenlerin varlığı, virüslerin, yalnızca hayvanlarda, kansere nasıl yol açtığına dair güçlü bir açıklama getiriyordu. İnsanlarda görülen bazı kanserlerde tutarlı bir şekilde ortaya çıkan kromozom değişikliklerinin varlığının gösterilmesi ikna ediciydi fakat bazı kanser tipleriyle sınırlıydı ve burada işe karışan genlerin hangileri olduğu bilinmiyordu. Bu ikisini birleştirmenin bir yolu var mıydı?

Vardı ve bu bağlantı kanserin nasıl bir düzenlenme hastalığı olduğunu ortaya koyuyordu.

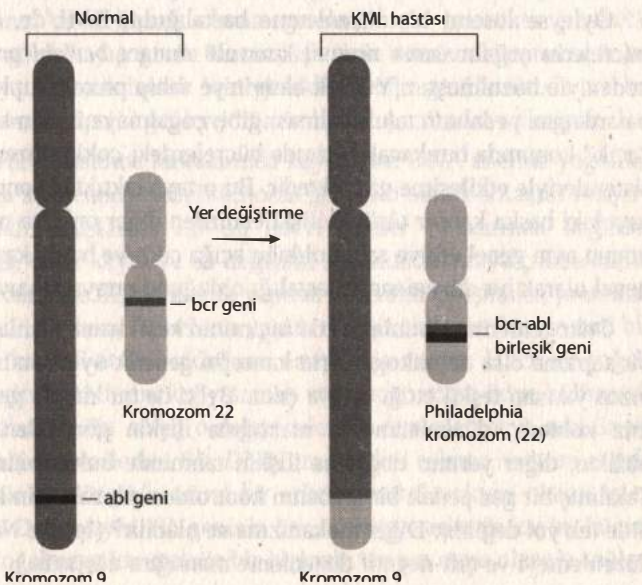
DÜZENLENMENİN YASALARINI BOZMAK

src'dan sonra keşfedilen az sayıdaki viral onkogenler ve hücresel öncü-onkogenler arasında fare Abelson lösemi virüsüne ait v-*abl* geni ve onun hücredeki benzeri olan c-*abl* geni de vardı. *c-scr* ve diğerleri gibi *c-abl* de insan genomunda yer almaktaydı. Araştırmacılar c-*abl* geninin insanda 9. kromozomda bulunduğunu keşfettiğinde aynı kromozomun Rowley'in KML'de tanımladığı translokasyonda rol oynadığı da bilinmekteydi. Bu nedenle aralarında bir bağlantı olup olmadığını merak ettiler. Bu kromozom KML hastalarında c-*abl* geni yakınındaki bir yerden mi kırılmıştı?

Bu düşük bir olasılıktı. Kromozomlar, her biri üzerinde yaklaşık bin gen bulunan büyük yapılardır. *C-abl* geni kromozom üzerinde herhangi bir yerde bulunabilirdi. Hollandalı ve İngiliz araştırmacılardan oluşan bir grup, Philadelphia kromozomu (22. kromozom) taşıyan hücreleri işaretledi ve 9. kromozomdaki c-*abl* geninin gerçekten de 22. kromozoma taşındığını gördüklerinde oldukça şaşırdılar (Bkz. Şekil 5.3, sol taraf).

Bu keşif, c-*abl*'nin insanda görülen kanserlerde doğrudan rol oynadığı olasılığını akla getirdi. KML hücrelerinde c-*abl* genine ne olduğu hakkında daha fazla şey öğrenmek için araştırmacılar 22. kromozomun c-*abl* geninin yakınına yerleşen parçasını elde ettiler. Dikkat çekici biçimde, c-*abl* geninin, on yedi farklı hastada, 22. kromozomun neredeyse aynı yerine hareket ettiği ortaya çıktı. Dolayısıyla, 9. kromozomdan 22. kromozoma translokasyon yalnızca kanserin ayırt edici bir özelliği değildi, aynı zaman-

da kromozomlar esasen aynı yerden birleşiyordu. Bu da c-*abl*'nin 22. kromozomla birleştiği yere ilişkin oldukça önemli bir şeyin söz konusu olduğunu ortaya koydu. Daha ileri çalışmalar, c-*abl* geninin *bcr* (breakpoint cluster region [kırılma kümesi bölgesi]) adı verilen bir başka genle birleştiğini ortaya çıkardı. Sonuç olarak bu birleşik gen, c-*abl* proteininin baş kısmının *bcr* proteininin kuyruk kısmıyla birleşmiş durumda olduğu anormal bir protein üretiyordu (Bkz. Şekil 5.3, sağ taraf).



ŞEKİL 5.3 İki gen birleşerek kansere yol açan bir onkogeni oluşturur. Kronik miyelojenik lösemi hücrelerinde dokuzuncu kromozomdaki abl geni yirmi ikinci kromozomdaki bcr geniyle birleşir; bu birleşik gen anormal derecede etkinliğe sahip bir protein üretir.

Leanne Olds tarafından çizilmiştir.

Bu birleşme bir şekilde normal bir öncü-onkogeni ölümcül bir onkogene çevirmekteydi. Bunun nasıl böyle olduğu, araştırmacılar normal *c-abl* proteini ile *bcr/abl* birleşik proteininin aktivitelerini karşılaştırdığında açıklığa kavuştu. *c-abl* proteini, proteinlere fosfat grupları ekleyen ve tirozin kinaz adı verilen enzim sınıfının bir üyesiydi. Fosfatın eklenmesi ya da çıkarılması, protein aktivitesinin

etken ve edilgen hale çevirerek düzenlenmesinin bir başka yoluydu. Kinazların pek çoğu, hücrenin çoğalıp çoğalmayacağını, farklılaşıp farklılaşmayacağını ya da ölüp ölmeyeceğini belirleyen dahili aygıta hücre dışından bilgi ileten kimyasal düzenleme sistemlerinin parçalarıdır. *c-abl*'nin tirozin kinaz aktivitesi normal hücrelerde genellikle düşük düzeydedir. Buna karşın *bcr/abl* birleşik proteinin aktivitesi oldukça yüksektir. Bu birleşme, Monod ve Jacob'un üzerinde çalıştığı ve daima "açık" konumda olan sürekli mutanlar gibi bir mutant enzim ortaya çıkarmıştı.

Öyleyse lösemi bir düzenlenme hastalığıdır. KML'de, beyaz hücrelerin çoğalmasının normal kontrolü mutant *bcr/abl* proteini nedeniyle bozulmuştur. Yüksek aktiviteye sahip protein, tıpkı arabalarda gaz pedalının takılı kalması gibi, çoğalmaya ilişkin sinyali "açık" konumda bırakacak biçimde hücrelerdeki çoklu düzenleme sistemleriyle etkileşime girmektedir. Bu ortaya çıktıktan sonra çok sayıdaki başka kanser türüyle ilişkilendirilen diğer onlarca mutasyonun aynı genel etkiye sahip olduğu açığa çıktı ve bu da kanserin genel olarak bir düzenlenme hastalığı olduğunu ortaya koyuyordu.

Onkogenlerin ve bunların etki biçiminin keşfi kanseri anlamada bir sıçrama olsa da onkogenlerin kanserin genetik öyküsünün yalnızca yarısını teşkil ettiği ortaya çıktı. Belki de bu kitapta geldiğimiz noktada, düzenlenmenin mantığına ilişkin gördüklerimizle birlikte, diğer yarının doğasına ilişkin tahminde bulunabilirsiniz. Takılmış bir gaz pedalı bir arabanın kontrolden çıkması için kesinlikle tek yol değildir. Diğer mekanizma ne olabilir? (İpucu: Negatif düzenlemeyi ve çift-negatif düzenleme mantığını düşünün.)

Aynı etki, ayağın frenden kayması ya da fren hattının kesilmesi sonucunda da ortaya çıkabilir. Araştırmacılar gerçekten de genetik "frenlerin" kaybının kanser oluşumunda oldukça yaygın bir durum olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

TÜMÖR BASKILAYICILAR

Keşfedilen ilk genetik "fren" retinoblastoma adı verilen ve gözde nadir olarak görülen bir kanser türünde rol oynuyordu. Bu hastalık genellikle çocuklarda oldukça erken bir yaşta ortaya çıkıyor ve bazen ailelerde de görülüyordu. Retinoblastomadaki genetik gizeme ilişkin önemli bir ipucu; bazı vakalarda görülen 13. kromo-

zomun her iki kopyasındaki bir parçanın silinmesiydi. Bu da, bazı genlerin her iki kopyasının da kaybının retinoblastoma oluşumundaki anahtar olay olduğunu ortaya koyuyordu. Bu durum, kanser oluşumunda genin bir kopyasındaki değişimin (örn. *bcr/abl*) anahtar önemde olduğu onkogenlerden farklı bir durumdur.

Genetik jargonu kullanacak olursak, onkogen mutasyonlar etkilerini, normal öncü-onkogen bozulmamış haldeyken bile gösterdiği için bunların baskın (dominant) olduğunu söyleriz. Bunun aksine retinoblastoma mutasyonu, hastalığın ortaya çıkması için her iki kopyanın da değişmiş olması gerektiği için çekiniktir (resesif). Buna göre, kayıp genin normal işlevinin tümör oluşumunu önlemek ya da baskılamak için gerekli olduğu görülmektedir ve bu nedenle, bu tipteki genlere "tümör baskılayıcı" adı verilmiştir.

Retinoblastoma hastalarında kayıp olan DNA üzerine yoğunlaşılması sonucunda retinoblastoma geni (*Rb* olarak adlandırılmıştır) saptandı. Kuşkusuz *Rb*'nin işlevi kanser oluşturmak değildir. Kanser, onun kaybı ya da değişimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Rb proteinine ilişkin olarak yapılan kapsamlı çalışmalar, proteinin normal işlevinin, hücrelerin yaşam döngüsünde verilen önemli bir kararı kontrol etmek olduğunu ortaya çıkarmıştır. Hücreler çoğalmak için DNA'larını kopyalamak ve bundan sonra ikiye bölünmek zorundadır. Bu süreç oldukça sıkı bir düzenlenmeye tabidir ve aşamalı olarak ilerler. Rb, DNA'nın kendini eşleme kararını engelleyerek bu döngüde temel bir erken kontrol noktası olarak işlev görür. Dolayısıyla, *Rb* geninin her iki kopyasının da kaybı, hücrelere çoğalmaya kontrolsüz bir biçimde devam etme olanağı sağlar.

Tümör baskılayıcı tek gen *Rb* değildir. Günümüzde bu nitelikte olan yaklaşık yetmiş gen tanımlanmıştır. *Rb*'deki mutasyonlar yalnızca retinoblastomayla ilişkili değildir; bu mutasyonlar osteosarkoma ve akciğer kanseri gibi diğer kanserlerde de görülmektedir. Dahası, mutasyonlar Rb proteinini etkisiz hale getirmenin tek yolu değildir. Rb proteininin aktivitesi protein kinaz enzimlerinin Rb'ye fosfat grupları eklemesiyle kontrol edilir: Rb, üzerinde daha az fosfat grubu bulunduğunda en aktif halindeyken fazla miktarda fosforlanmayla etkisiz hale getirilir. *bcr/abl*'yi de kapsayan pek çok onkogen proteinin doğrudan ya da dolaylı etkisi, Rb'nin fosforlanmasını, Rb aktivitesini engelleyecek ve hücrenin sürekli olarak bölünmesine yol açacak şekilde artırmasıdır.

Gerçekten de Rb, insanlarda görülen kanserlerin çoğunda, belki de tümünde bir şekilde etkisiz hale getirilmektedir.

Burada bir kez daha negatif düzenlenme ve çift-negatif düzenleme mantığıyla karşı karşıya gelmekteyiz. Genel olarak konuşacak olursak, Rb hücre çoğalmasını baskılamaktadır. Dolayısıyla hücre çoğalmasının ilerlemesi için normal olarak bu baskılayıcının engellenmesi gerekmektedir. Fakat Rb'nin etkisizleştirilmesi (solda) ya da kaybı (sağda), sürekli çoğalmaya olanak sağlar:

Onkogen mutasyonu aracılı kanser	*Tümör baskılayıcıdaki mutasyon aracılı kanser*
Onkoprotein (*bcr-abl*)	Onkoproteinler
▲	▲
Rb proteini etkisiz	Rb geni kayıp
▲	▲
DNA eşlenmesi	DNA eşlenmesi
Hücre çoğalması	Hücre çoğalması

Rb'nin buradaki rolü, Monod ve Jacob'un onlarca yıl önce hücre çoğalmasını baskılayanın etkisizleşmesi sonucunda ortaya çıkan kanser hakkındaki varsayımına önemli derecede uymaktadır (Bkz. Bölüm 3).

Belirli genlerdeki mutasyonların hücre bölünmesinin düzenlenmesine ilişkin yasaları nasıl bozduğu bilgisinden sonra esas zorluk, eğer mümkünse, kanser hücrelerinde frenlerin tekrar nasıl tutturulacağını bulmaktır.

MAKUL TEDAVİ VE AKILCI İLAÇLAR

On yıllardır kanser ameliyat, radyasyon ve bölünen hücreleri öldüren ilaç birliktelikleriyle tedavi edilmektedir. Sonda bahsettiğimiz ilaçlar özel olarak kanser hücrelerini hedeflemeyen kör araçlardır, bu nedenle değişken etkilere sahip olmaları nedeniyle olumsuz niteliğe sahiptirler ve hastaları güç duruma düşüren, tehlikeli yan etkileri vardır. Kanser araştırmalarında uzun vadeli umut, hastaya özgü kanser tipine göre biçimlendirilmiş daha etkili ve güvenli tedavilere yöneliktir. Bu umut gerçeğe dönüştü. Bu yeni sınıfa dahil ilaçların Gleevec adı verilen öncüsü, tam da Janet Rowley'in yemek masası üzerine yaydığı mutasyonu hedeflemektedir.

Fakat pek çok başka öncü gibi Gleevec de hedefine varmadan önce pek çok kez ortadan kalkma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştı. Gerçekten de Gleevec'in öyküsüyle ilk statinin geliştirilmesi arasındaki paralellikler çok şaşırtıcıdır. Fakat bir kez daha, ihtiyacı fark eden ve ilacın geliştirilmesini cesaretlendirmekten hiç vazgeçmeyen bir hekim sayesinde tıp tarihini değiştiren muhteşem bir klinik başarı söz konusu oldu.

bcr/abl translokasyonu, *Rb* baskılayıcısının etkisizleştirilmesine yol açarak kontrolsüz hücre çoğalmasına neden olan etkinliği çok yüksek bir protein kinaz enzimini oluşturur. Gerekli olan şey KML'nin çift-negatif mantığını hatırlamaktı. Buna göre, *bcr/abl*'yi engelleyen ve enzimi zarar vermekten alıkoyan bir şey olmalıydı.

İsviçre, Basel'de bulunan Ciba-Geigy ilaç şirketindeki iki bilim insanı, Nick Lydon ve Alex Matter, pek çok onkogenin yapı bakımından farklı olan kinaz enzimini üretmesinden hareketle, bu enzimlerin çalışmasını durduran engelleyicilerin, kanser hücrelerinin çoğalmasını da durdurabileceğini düşündü. Endo'nun yaptığı gibi doğayı araştırmak ya da ilaç endüstrisindeki geleneksel deneme yanılma yönteminin aksine Lydon ve Matter, kinazların aktif bölgesine yerleşip orayı çalışmaz hale getirecek moleküller geliştirmek üzere "akılcı tasarım" adı verilen bir yöntem kullandı. Böylece normal "anahtar" "kilite" uyamayacaktı. Yıllar süren kimyasal çalışmalar ve denemelerden sonra, normal *c-abl* kinazı engelleyen bir molekülü de içermek üzere pek çok aday bileşik elde ettiler.

Elde ettikleri bileşiklerden birinin KML hücrelerinde işleyip işlemeyeceğini görmek için Lydon tanıdığı bir hekimle çalışmayı önerdi. Portland'daki Oregon Sağlık Bilimleri Üniversitesi'nde çalışan Brian Druker *bcr/abc* kinazın potansiyel engelleyicileriyle ilgilenen tek kişi değildi fakat asıl önemlisi, KML hastalarının hücrelerine ulaşabiliyordu. Druker, Lydon'un kendisine verdiği bileşiklerden birinin çok düşük konsantrasyondayken KML hücrelerini öldürdüğünü fakat normal hücreleri öldürmediğini fark etti.

Druker, Lydon ve Matter deney sonuçlarından oldukça etkilenmiş olsa da şirket KML'ye özgü ilaç için fazla bir pazar bulunduğunu düşünmüyordu. Şirket yönetimini ikna ederek hayvan denemelerine geçmek bir yıl aldı. Daha sonra köpeklerde yapılan ilk toksikoloji denemeleri ilacın insanlarda damar içi kullanım bakımından güvenli olmadığı kuşkusunu uyandırdı. Bundan kısa

bir süre sonra Ciba-Geigy, Novartis isimli yeni bir şirket oluşturmak üzere Sandoz şirketi birleşti. Birleşmeden sonra ilaçla ilgili çalışmalar yavaşladı ve Lydon istifa etti.

Novartis'teki bilim insanları daha sonra hayvanlarda yapılan denemeler aracılığıyla ilacın ağızdan alınan formülünü geliştirdi fakat elde edilen sonuçlar yine şüphe uyandırmıştı. Toksikologlardan biri Matter'e, "Cesedimi çiğnemeden bu bileşeni bir insana veremezsin." demişti.

Fakat Druker buna pabuç bırakmadı. Hastalarının durumu oldukça kötüydü –yirmi beş ila ellisi teşhis konduktan sonraki bir yıl içinde ölmüştü– ve mevcut tedavi yöntemleriyle yapabildiği en iyi şey zaman kazanmaktı. Druker, herhangi bir ilacın toksisitesinin hastaları izleyerek ve ilaç dozunu ayarlayarak üstesinden gelinebileceğini düşünüyordu. Matter'ı "ilaca bir şans vermek" için zorladı ve Matter da ilaca olan ihtiyaç konusunda şirket yönetimine baskı yaptı. Nihayet, Novartis'in yeni CEO'su olan Danial Vasella ilacın insanlarda denenmesine destek oldu. Çalışma, Druker ilacı laboratuvarda KML hücreleri üzerinde ilk kez denedikten neredeyse beş yıl sonra, 1998'in Haziran ayında başladı.

Druker ve diğer iki hekim, az sayıdaki KML hastasına ilacı dozunu yavaş yavaş artırarak verirken hastalığın durumunu ve olası yan etkileri takip ederek vermeye başladı. Sağlanacak herhangi bir yararın temel göstergesi beyaz hücre sayısındaki azalma olacaktı; normalde bir mikrolitre kanda yaklaşık dört bin ila on bin hücre vardır. İlaç düşük dozdayken herhangi bir etki görmediler. Sonra daha büyük doz verdiklerinde bazı hastaların beyaz hücre sayısı düşerek normale döndü. Hastaların kanlarını incelediklerinde Philadelphia kromozomu taşıyan hücre oranının da düştüğünü gördüler. İlaç hedefini yok ediyordu.

Novartis bütün kaynaklarını ilaca ayırdı. Deneyler genişledi, doz artırıldı ve hastalar aylar boyunca izlendi. Yüksek dozda ilaç alan hastaların yüzde doksan yedisinde beyaz hücre sayısı, genellikle yalnızca dört ile altı hafta içinde, normale döndü. Hastaların dörtte üçünde Philadelphia kromozomu taşıyan kanser hücreler yok olmuştu. Sonuçlar iyi değil muhteşemdi, ilaçla tedavi (kemoterapi) tarihinde benzeri görülmemişti. GİD onay sürecini hızlandırdı ve 2001 yılının Mayıs ayında, üç aydan kısa bir sürede ilacı onayladı.

Gleevec sayesinde KML hastalarında hastalığın seyri çarpıcı biçimde değişti. Uzun dönemli sağ kalım oranı (sekiz yıldan uzun zamanda), ilacın kullanılmasından önce yaklaşık yüzde kırk beşken şimdi neredeyse yüzde doksana fırlamıştı. Şirketin tahminlerinin aksine, ilaç Novartis için rekor kırarak on yıllık bir zaman sürecinde yirmi sekiz milyar dolarlık bir satış yakaladı. Lydon, Druker ve Rowley, KML'nin anlaşılması ve tedavisine yaptıkları katkılarından ötürü 2012'de saygın Japan Prize adlı ödülü kazandı.

KML tedavisine akılcı yaklaşım oldukça çarpıcı bir başarıydı. Fakat Gleevec tek bir ilaç, *bcr/abl* yalnızca bir onkogen ve KML yalnızca tek bir tip kanserdi. Diğer kanserler için ne söyleyebilir ve ne yapabiliriz?

DÜŞMANINI BİL VE ONU ÖLDÜR

İnsan yetişkin vücudunu oluşturan otuz yedi trilyon hücre arasında iki yüzden fazla farklı hücre tipi bulunmaktadır. Pek çok farklı türdeki hücreyi doğru sayıda olacak şekilde üretmek ve bunun devamlılığını sağlamak oldukça fazla miktarda düzenleme işlemini gerektirmektedir. Bu aynı zamanda trilyonlarca uzun DNA molekülünün kopyalanmasını da gerektirir. DNA'nın kopyalanması sırasında hatalar yapılır (mutasyonlar). Bu mutasyonların çoğu zararsızdır fakat bazıları bir felaket olasılığını da doğurabilir. Belirli bir kanser türünde hangi özel mutasyonun olduğunu anlamak daha kesin bir teşhis ve hedeflenmiş bir tedavi için anahtar önemdedir.

Kanserleri incelemek için kullanılan teknoloji Janet Rowley kromozom resimlerini kesip onları yemek masasının üzerine dizdiğinden beri ciddi bir gelişme gösterdi. DNA diziliminin hızını artıran ve maliyetini azaltan ilerlemeler sayesinde herhangi bir tümöre daha dikkatle bakmak ve her bir genin bütünlüğünü değerlendirmek mümkün olmuştur. Araştırmacılar her türden binlerce tümör üzerinde çalışarak bir gen mutasyonu kataloğu çıkarmıştır. Her bir kanser türünde sıklıkla mutasyona uğrayan (ya da kaybedilen) genler incelenerek kansere ortak biçimde katkı sağlayan genlerin çoğu tanımlanabilmiştir.

Bu araştırmalardan ortaya çıkan önemli sonuçlardan biri, insanda bulunan tüm genlerin yalnızca küçük bir kısmının kanser-

le ilişkili olduğudur. İnsan genomunda bulunan yaklaşık yirmi bin genden yaklaşık yüz kırkının sıklıkla mutasyona uğradığı ve bunların onkogenlerle tümör baskılayıcılar arasında eşit dağıldığı ortaya çıkmıştır. Bu durum, hakkında bilgi sahibi olmamız gereken oyuncuların sayısını azalttığı için araştırmacılar, doktorlar ve hastalar için genel olarak iyi bir haber olarak değerlendirilebilir. Daha da iyisi, bu genlerin normal işlevleri hakkında pek çok şey bilmekteyiz: Bu genlerin neredeyse tamamı, hücre farklılaşmasını ya da hücrenin yaşamını sürdürmesini düzenleyen ve üzerinde epeyce çalışılmış, bir düzine sistemin ya da yolağın bileşenleridir.

Araştırmalar aynı zamanda kanserlerin çoğunun yüz kırk genin iki ila sekizinde mutasyon taşındığını da ortaya koymuştur. Belirli tümörlerde hangi genlerin değiştiğini bilmek, mutasyonları kanserin davranışıyla ilişkilendirmek ve bu mutasyonlara karşı hedeflenmiş tedaviler geliştirmek üzere bu tümörleri genetik içeriğine göre sınıflandırmak için yeni bir yol sağlamaktadır. 1997 yılında, herhangi bir kanser türündeki mutasyonları özel olarak hedefleyen onaylanmış bir ilaç yoktu; 2015 yılındaysa çoğu araştırma sürecinde olan üç düzineden fazla ilaç mevcuttur. Böylece mesafe katediyoruz fakat bir zafer ilan etmek için henüz çok erken.

Janet Rowley'e 2010 yılında yumurtalık kanseri teşhisi kondu. Tedavisi sırasında, biyopsileri ve diğer tümör örneklerini üzerinde çalışılmaları için meslektaşlarına gönderdi. Fakat 17 Aralık 2013'te sağlık sorunları nedeniyle hayatını kaybetti. Kendisine yapılacak otopsiyi daha önce planladığı için araştırmacılar hastalığının nasıl ilerlediğini öğrenebileceklerdi.

Bu bölümü H. G. Wells'in kanseri çözmeye götürecek güdülenmeyle ilgili bir sözüyle açtım. *Meanwhile* romanındaki karakterin konuşmasında geçen bir önceki cümleyi dahil etmemiştim: "Kanser hastalığı, hastanelerde ve laboratuvarlarda, her duygu titreşimini kontrol edip bastırarak çalışan, sakin, telaşsız, ısrarcı kadınlar ve erkekler tarafından ortadan kaldırılacaktır."

Kansere karşı en önemli çözümleri bulan bilim insanları ne telaşsız oldular ne de acelecilik ve şefkat duygularını kontrol ettiler ya da bastırdılar.



KISIM III

SERENGETİ YASALARI

Popülasyonların nasıl düzenlendiği,
biz onun doğasını anlayabilmeden
ve davranışını tahmin
edemeden önce bilinmelidir.

NELSON HAIRSTON, FREDERIC
SMITH VE LAWRENCE SLOBODKIN (1960)

Vücutta bulunan çok sayıdaki belirli hücre ve molekülü düzenleyen yasaları ve mantığı inceledik ve bunlar bozulduğunda bunun yıkıma yol açan sonuçlarını gördük. Ayrıca özel yasalara ilişkin bilginin hastalıkları tedavide nasıl kullanılabildiğini de gördük. Şimdi dikkatimizi çok daha büyük ölçekteki hayvan ve bitki popülasyonlarının düzenlenme yasalarına ve bunlara ilişkin bilginin hasta türleri ve habitatları iyileştirmek için nasıl kullanabileceğine çeviriyoruz.

Merkezi önemdeki soru Charles Elton tarafından sorulmuştu (Bölüm 2): Hayvan ve bitkilerin türleri ve sayıları nasıl düzenlenir?

Örneğin Serengeti'yi ele alalım. Burası şaşılacak kadar çok sayıda hayvana ev sahipliği yapmaktadır: yetmişten fazla memeli türü, beş yüzden fazla kuş türü ve hatta yüzlerce farklı tür bok böceği. Bu memeliler arasında; en nadir görülenler (yabani köpekler), en hızlı olanlar (çitalar), en büyükler (Afrika fili) ve en kalabalık olanlar (Afrika antilobu) bulunmaktadır.

Bu farklı canlıların sayısını düzenleyen yasalar nelerdir?

Sorunun önemini anlamak için Serengeti'den daha iyi bir yer yoksa da bazı temel yasaları ortaya çıkarmak üzere daha kolay yerlere de bakılabilir. Biyolojideki incelik, anlaşılmak –daha önceki bölümde geçen öncü isimlerin bir enzim ya da tümör virüsü için yaptığı gibi– ve üzerinde bir değişkeni belirli bir zamanda değiştirerek dikkatli bir şekilde kontrollü deneyler yapılmak istenen bir olguya ilişkin en basit modeli bulmakta yatar. Engin ve bozulmamış Serengeti'nin zenginliği, aynı zamanda, göç eden antiloplar, aslan sürüleri ve fil toplulukları üzerinde kontrollü deneyler yapmak oldukça zor (fakat imkânsız değil) olduğundan bilimsel olarak elverişsiz bir durumdur.

Kolesterol ve hücre çoğalmasını yöneten özel yasalar için geçerli olduğu gibi, hayvan popülasyonlarını düzenleyen yasaları keşfetmenin de iki yolu vardır: Yasaların deneysel olarak bozulabileceği sistemler bul ve ne olacağını gör ya da sistemin (bu örnekte ekosistem) bozulduğu durumları bul ve bunun nedenini çöz.

Popülasyonları düzenleyen yasaları tanımlamak için öncelikle dünyanın değişik yerlerindeki bazı öncü keşiflere değineceğim (Bölüm 6), daha sonra bu ve birkaç başka kuralın büyük Serengeti'de nasıl işlediğini keşfedeceğim (Bölüm 7). Bundan

sonra, bu yasaların bozulduğu bazı yerlere döneceğim (Bölüm 8) ve sonra tüm ekosistemi onarmaya çabalayan bazı sıradışı çabalara değineceğim (Bölüm 9 ve 10).

Bu öncü isimlerin keşfettiği şey, daha önce bahsettiğim fizyolojik yasalara şaşırtıcı biçimde benzeyen bir dizi ekolojik kuraldır. Gerçekten de sizi öncelikle bilinçli olarak moleküler düzeydeki negatif ve pozitif düzenlemeyle, çift-negatif mantıkla ve geribildirim düzenlemesiyle tanıştırdım. Şimdi bunların gücünü en büyük sahnede görmek üzeresiniz.

BÖLÜM VI

BAZI HAYVANLAR DİĞERLERİNDEN DAHA EŞİTTİR

Bir ekolojik sistemi çok zorluyorsunuz
ve aniden bütün yasalar değişiyor.

ROBERT PAINE

1963 yılında bile Birleşik Devletler'de insanın ayak basmadığı bir yer bulmak için çok uzaklara gitmek zorundaydınız. Seattle'daki Washington Üniversitesi'ndeki zooloji bölümüne yeni atanmış bir yardımcı doçent olan Robert Paine, aşağı kısımda kalan kırk sekiz eyaletin kuzeybatı köşesinde muhteşem bir olasılık buldu. Öğrencileriyle birlikte Pasifik kıyısına yaptığı bir okul gezisinde Pain, Olimpik Yarımada'nın uç kısmındaki Mukkaw Körfezi'ne vardı. Çanak şeklindeki körfezin kumlu ve çakıllı kıyısı batıdaki açık okyanusa bakıyordu ve üzerinde yer yer kayalar görülüyordu. Pain, kayalar arasında gelişkin bir canlı topluluğu keşfetti. Kayalar arasında oluşan küçük havuzlar yeşil anemonlar, mor denizkestaneleri, pembe deniz yosunları, parlak kırmızı Pasifik denizyıldızı, süngerler, deniz salyangozları ve kitonlar gibi rengârenk canlılarla doluydu. Kayaların üzerinde denizin alçalmasıyla birlikte küçük denizpalamudu grupları ve büyük saplı deniz kaya midyeleri; siyah California midyeleri ve oldukça büyük, *Pisaster orchraceus* adı verilen mor ve turuncu denizyıldızları açığa çıkmıştı.

Pain "Bu tam da aradığım şey" diye düşündü.

Bir sonraki ay, Haziran 1963'te, önce Puget Sound'u feribotla geçip sonra Strait of Juan de Fuca kıyısı boyunca araçla Makah Nation düzlüklerine ve Mukkaw Körfezi koyunun çevresinden

giderek dört saat süren bir yolculuk sonunda, Seattle'dan yine Mukkaw'a geldi. Deniz çekildiğinde hemen ortaya çıkan kayalıklara çıktı. Elindeki levye ve iki metrelik kasasına toplayabildiği her türlü manivelayla kaya üzerinde olan bütün mor ve turuncu denizyıldızlarını yerinden çıkarıp yakaladı ve onları körfezden olabildiğince uzağa fırlattı.

Böylece ekoloji tarihindeki en önemli deneyler başlamış oldu.



ŞEKİL 6.1 Pasifik kıyısındaki kayalık gel-git bölgesinde Pisaster ochraceus denizyıldızı. Bu denizyıldızı midyelerle beslenir ve bu da esmer su yosunu ve küçük hayvanlar gibi diğer türlerin toplulukta birlikte yaşamasına olanak verir.

David Cowles'in izniyle, rosario.wallawalla.edu/inverts

DÜNYA NEDEN YEŞİLDİR?

Paine'in Mukkaw Körfezi'ne ve oradaki denizyıldızına olan seyahati dolambaçlıydı. Massachusetts, Cambridge'de doğup büyüyen Paine, Bağımsızlık Bildirgesi'ni imzalamış olan dedesi Robert Treat Paine'in adını aldı. Doğaya olan ilgisi New England'daki ağaçlıklarda alevlendi. İlk aşkı kuş gözlemlemekti ve ikinci sırada kelebek ve semender gözlemlemek geliyordu.

Paine, tüm gezilerini kayıt alması konusunda ısrarcı olan bir komşusuyla birlikte sıklıkla kuş gözlemine gidiyordu. Bu, keskin bir kuş gözlemcisi olmak bakımından iyi bir eğitimdi ve Paine, en

iyi kuş gözlemcileri arasında özel bir grup olan Nuttall Kuş Gözlem Kulübü'nün en genç üyesi oldu.

Paine ayrıca, gözlerini yabani hayatın dramlarına açan saygın doğacıların yazdıklarından da ilham alıyordu. Edward Forbush'un *Birds of Massachusetts* [Massachusetts'in Kuşları] kitabında geçen şu cümleler onun genç dimağını canlandırıyordu:

Bir grup adam, kış mevsiminde, bir gece önce, Medfield ormanında yanlarından kanat çırparak geçen "dört kanatlı" dev bir kuş görüntüsü yüzünden ürkmüştü. "Kuş" çok uzağa gitmeden karın üstüne düştü. Sonra bunların birbirine ölümcül bir şekilde kenetlenmiş bir çizgili baykuş ve atmaca olduğu anlaşıldı. Kaldırıp baktıklarında ikisi de ölmüştü.

Örümceklerin davranışlarına ilişkin açıklamalardan, Jim Corbett'in *Man-eaters of Kumoan* [Komoan'ın insan yiyicileri] adlı kitabındaki kaplanların ve leoparların peşinde geçen ve tüyleri diken diken eden hikâyelerdeki kadar etkileniyordu. Aslında örümcekler Paine'in evindeki "kutsal nesneler" olarak değerlendiriliyordu. Genç Paine, kendisinin verdiği sinekleri avlayan örümceklere hayran hayran bakarak saatler geçiriyordu.

Harvard'a kayıt olduktan ve fakültede bulunan pek çok ünlü paleontologu tanıyıp onlardan etkilendikten sonra Paine'in ilgisi yoğun bir biçimde hayvan fosillerine kaydı. Dört yüz milyon yıl önce denizlerde yaşamış hayvanlardan öyle etkilendi ki jeoloji ve paleontoloji okumak üzere Michigan Üniversitesi'ne gitmeye karar verdi.

Ders içerikleri kuru kuruya çeşitli hayvan "olojilerinin" (ihtiyoloji [balıklar], herpetoloji [sürüngenler ve amfibiler]) incelenmesini kapsıyordu ve Paine bunu çok sıkıcı bulmuştu. Buna istisna oluşturan tek ders, Fred Smith tarafından verilen tatlı su omurgasızlarının doğal tarihi adlı dersti. Paine, Smith'in öğrencileri düşünmeye kışkırtma yönteminden oldukça etkilenmişti.

Hocaların ders anlatmak istemediği ve öğrencilerin de sınıfta olmak istemediği unutulmaz bir bahar günü Smith öğrencilere "Bu sınıfta kalacağız" dedi. Dışarıda yaprakları yeni çıkmaya başlayan bir ağaca bakıyordu.

Smith, "Şu ağaç neden yeşil?" diye sordu pencereden bakarken.

Bir öğrenci, "Klorofil" diye yanıtlayarak yapraktaki pigmentin adını doğru biçimde söyledi fakat Smith başka bir şeyden bahsediyordu.

"Bütün yeşil kısımları neden yenmiyor? diye devam etti Smith. Çok basit bir soruydu fakat Smith böyle basit soruların cevabının bile nasıl bilinmediğini göstermişti. "Orada bir sürü böcek var. Belki de bir şey onları kontrol ediyordur?" diyerek düşüncelere daldı.

Okuldaki ilk yılının sonunda Smith, Pain'in jeoloji konusunda mutsuz olduğunu anladı ve bunun yerine ekolojiyle ilgilenmesini önerdi. Kendisine, "Neden benim öğrencim olmuyorsun?" diye sordu. Bu hayatındaki önemli bir değişimdi ve dikkate alınması gerekiyordu. Paine, yakınlardaki kayalarda bulunan Devoniyen dönemine ait bazı hayvan fosilleri üzerinde çalışmayı önerdi. Smith, "Mümkün değil." diye yanıtladı. Paine, yaşayan, nesli tükenmemiş canlılar üzerinde çalışmalıydı. Paine bunu kabul etti ve Smith kendisinin danışmanı oldu.

Smith, uzun zamandır üst ve alt kabukları menteşe benzeri bir yapıyla birbirine bağlı olan dallı bacaklılarla (brachiopodlar) ilgileniyordu. Bu hayvanlar fosil kayıtlarında bol miktarda bulunduğu için Paine'in bunlar hakkında bilgisi vardı fakat o dönemki ekolojileri hakkında yeterli bilgi yoktu. Pain'in ilk işi bu hayvanların yaşayan türlerini bulmaktı. Yakınlarda bir okyanus bulunmadığı için Paine 1957 ve 1958'de Florida'ya keşif gezileri yaptı ve ümit veren bazı yerler buldu. Smith'in onayıyla, kendisinin "lisans öğrencisi uzatmalı izni" adını verdiği çalışmaya girişti. 1959'un Haziran ayında tekrar Florida'ya gitti ve orada Volkswagen marka karavanında yaşamaya başladı. On bir ay boyunca bir türün dağılımını, habitatını ve davranışını izledi.

Bu, eğitim sürecindeki bir doğacı için sağlam temel oluşturan türde bir çalışmaydı ve Paine'e doktorasını kazandıracaktı. Fakat süzme yoluyla beslenen dallı ayaklılar çok dinamik hayvanlar değildi. Bunun yanında, altı milimetre uzunluğundaki bu canlıları bulmak için çok miktarda kum elemek de pek heyecan verici bir iş değildi.

Paine, Gulf Coast'a doğru devam ettiğinde kendisinde ilgi uyandıran şey Florida'nın dallı bacaklıları değildi. Paine, Florida sahil şeridinde Alligator Harbor Marine Laboratuvarı'nı keşfetti ve kendisinin orada kalmasına izin verildi. Alligator Point'in uç kısmında, her ayın birkaç günü denizin çekilmesiyle bir araya toplanmış olan otuz santimetreden daha büyük boydaki Florida salyangozu gibi büyük avcı salyangozların ortaya çıktığını fark etti. Alligator Point'in çamur ve testere otları hiç sıkıcı değildi, tam tersine burası bir savaş alanıydı.

Dallı bacaklılarla ilgili olan tezinin en önemli kısmında Paine salyangozlar üzerinde dikkatli ve Eltoncu bir çalışma yaptı. Sık görülen sekiz salyangoz türü saydı ve kimin kimi yediğini belirledi. Bu, "karındanbacaklıların karındanbacaklıları yediği" arenada Paine istisnasız bir şekilde daha büyük salyangozun küçük olanı yediğini görmüştü fakat salyangozlar küçük olan her şeyi yemiyordu. Örneğin beş kiloluk bir salyangoz, özellikle diğer salyangozlarla besleniyordu fakat küçük salyangozlar arasındaki temel yiyecek olan istiridye gibi daha küçük avlara çok az ilgi gösteriyordu. Genç araştırmacı bu veriyi Eltoncu terimlerle yorumluyordu:

Elton (1927), büyüklük ilişkilerinin besin zincirinin varlığının temel nedeni olduğunu, çünkü çok büyük olanın ya da çok küçük olanın daha sonra bir başkası tarafından yenecek olan bir organizma tarafından tüketildiğini ileri sürmüştü. Bu yolla, bir ya da iki ara basamaktan geçen küçük bir canlı daha büyük avcılar için doğrudan av haline gelmekteydi.

Paine Florida'da avcıları yakından takip ederken, danışmanı olan Smith yeşil ağaçlar ve doğada avcıların rolleri hakkında düşünmeye devam ediyordu. Smith yalnızca toplulukların yapısıyla değil aynı zamanda bu yapıyı şekillendiren süreçlerle de yakından ilgileniyordu. Sıklıkla meslektaşları olan Nelson Hairston Sr. ve Lawrence Slobodkin'le evde hazırladıkları yemekleri birlikte yerken, ekoloji alanındaki büyük düşüncelerle ilgili fikirlerini dostça paylaşıyorlardı. Bu üç bilim insanı da hayvan popülasyonlarını kontrol eden süreçlerle ilgileniyordu ve o dönem revaçta olan açıklamalar hakkında hararetli tartışmalara giriyordu. Tartışmadaki bir tarafa göre popülasyon büyüklüğü hava gibi fiziksel koşullar tarafından belirlenmekteydi. Smith, Hairston ve Slobodkin (bundan sonra "HSS" biçiminde kısaltılacaktır) bu fikre kuşkuyla yaklaşıyordu çünkü bu fikir doğru olsaydı, popülasyonun büyüklüğü havaya bağlı olarak tesadüfi biçimde değişirdi. Oysa bu üç bilim insanı doğadaki türlerin bolluğunu, en azından bir ölçüye kadar, biyolojik süreçlerin belirlemesi gerektiğine ikna olmuştu.

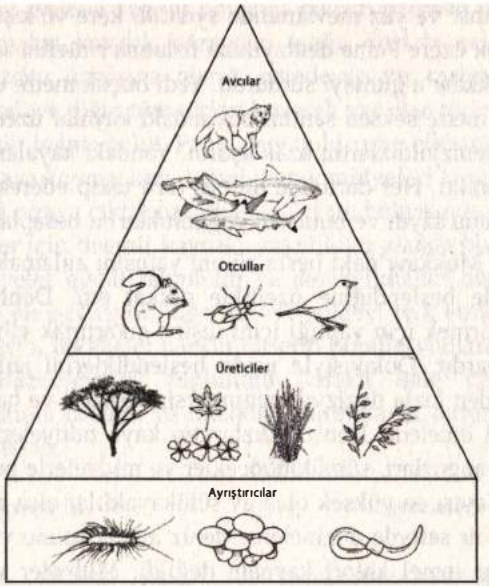
Tıpkı Elton'ın piramidinde olduğu gibi, HSS de besin zincirini, tüketilen besine göre (beslenme düzeyleri olarak bilinen) farklı düzeylere ayrılmış olarak resmediyordu. En altta organik kalıntıları parçalayan ayrıştırıcılar vardı; bunu üzerinde güneş ışığına, yağmura ve topraktaki besinlere bağlı olan bitkilerin bulunduğu

üreticiler vardı; sonraki düzeyde, bitkileri yiyen otçulların oluşturduğu tüketiciler bulunmaktaydı ve tüm bunların üzerinde otçulları yiyen avcılar bulunuyordu. [Şekil 6.2]

Bir sonraki üst düzey tarafından sınırlanan her bir düzey genellikle ekolojik topluluk olarak kabul ediliyordu. Buna göre popülasyonlar aşağıdan yukarı doğru pozitif olarak düzenlenmekteydi. Fakat Smith ve yemek arkadaşları bu bakış açısıyla uyumlu olmayan bir gözlem üzerinde kafa yoruyorlardı; dünyadaki kara parçaları yeşildi. Otçulların mevcut bitki örtüsünü genellikle tamamen tüketmediğini biliyorlardı. Gerçekten de çoğu bitkinin yaprağı yalnızca kısmi olarak yenmenin işaretlerini ortaya koymaktadır. HSS'ye göre bu, otçulların besinle sınırlanmadığı ve otçulları sınırlayan şeyin başka bir şey olduğu anlamına geliyordu. Bu sınırlayıcı şeyin, otçul popülasyonları, besin zincirinde yukarıdan aşağı doğru negatif biçimde düzenleyen avcılar olduğuna inanıyorlardı. Av ve avcı ilişkisi, çevrebilimciler tarafından uzun zamandır çalışılan bir konuydu ve avcı sayısının genellikle avın bolluğu tarafından (tersi değil) belirlendiği düşünülüyordu. Avcıların av niteliğindeki popülasyonları belirlediği önerisi oldukça çarpıcı bir kavrayış değişikliği anlamına gelmekteydi.

HSS bu düşünceyi desteklemek için, yerel kurt ve çakal popülasyonları kıyıma uğradıktan sonra sayısı artış gösteren Arizona'nın kuzeyindeki Kaibab geyik popülasyonu örneğinde olduğu gibi, avcılar ortamdan kaldırıldıktan sonra otçul popülasyonunun patlama yaptığı örnekleri kayda geçmeye başladı. Bu konuya ilişkin gözlemlerini ve savlarını "Topluluk Yapısı, Popülasyon Kontrolü ve Rekabet" başlıklı bir makale hazırladılar ve bunu Mayıs 1959'da *Ecology* adlı dergiye gönderdiler. Makale reddedildi. 1960 yılında *American Naturalist* dergisinin son sayısına kadar da bir daha ortaya çıkmadı.

Avcıların otçul popülasyonları düzenlediğine ilişkin hipotez günümüzde "HSS hipotezi" ya da "Yeşil Dünya Hipotezi" olarak bilinmektedir. Her ne kadar HSS, "Burada kullanılan mantığın kolayca çürütülemeyeceğini" ileri sürse de, yerleşik kabullere meydan okuyan pek çok düşünce gibi onların düşünceleri de çok sayıda eleştiri aldı. Meşru eleştirilerden birine göre, ileri sürdükleri iddialar sınanmalıydı ve daha çok kanıta ihtiyaç duyuyordu. Bu, tam da Smith'in eski öğrencisinin 1963 yılında Mukkaw Körfezi'nde yapmaya giriştiği şeydi.



ŞEKİL 6.2 Biyolojik toplulukların beslenme düzeyleri. Hairston, Smith ve Slobodkin (HSS) yeşil dünya hipotezine göre, organizmalar dört beslenme düzeyinden birine aittirler: ayrıştırıcılar (mantarlar ve solucanlar), üreticiler (bitkiler ve algler), otçullar ve etçiller.
Çizimler Leanne Olds'a aittir.

FIRLAT VE GÖR

HSS hipotezi temelde doğal dünyanın gözleme dayalı bir tanımını içeriyordu. Elton'ın çalışmaları ve düşünceleri, Paine'in dallı bacaklılar ve avcı yılanlar üzerine o tarihe kadarki kendi çalışmaları ile aynı nitelikteydi (bu anlamda Darwin'in çalışmaları da böyleydi). Gerçekten de 1960'lara kadar neredeyse tüm ekoloji gözleme dayalıydı. Farklı açıklamalara ve hipotezlere açık olması gözleme dayalı biyolojinin sınırlarını oluşturuyordu. Daha önce bahsettiğim moleküler biyologlar gibi Paine de doğanın işleyiş biçimini anlamak için –hayvan popülasyonlarını düzenleyen yasalar– müdahale edip bozulabilecek durumlar bulunması gerektiğini fark etti. Avcıların oynadığı role ilişkin özel durumda, avcıları ortamdan uzaklaştırıp ne olacağını görebileceği bir kurguya ihtiyacı vardı. Bu daha sonra "fırlat ve gör" ekolojisi olarak tanımlanacaktı. Bu, denizyıldızlarının fırlatılmasıydı.

Her bahar ve yaz mevsiminde ayda iki kere ve kışın ayda bir kere olmak üzere Paine denizyıldızı fırlatma ritüelini tekrarlamak üzere Mukkaw'a gitmeyi sürdürdü. Yedi buçuk metre uzunluğunda ve bir metre seksen santim boyundaki kayalar üzerinde bulunan tüm denizyıldızlarını uzaklaştırdı. Yandaki kayaları ise doğal akışına bıraktı. Her durumda on beş türü takip ederek kaç birey bulunduğunu saydı ve bunların yoğunluklarını hesapladı.

Paine, Mukkaw'daki besin ağının yapısını anlamak için avcıların neyle beslendiğine özellikle dikkat etti. Denizyıldızının avını sindirmek için yaptığı içini dışına çıkartmak gibi tuhaf bir özelliği vardır. Dolayısıyla neyle beslendiklerini anlamak için Paine binden fazla denizyıldızının tersini çevirdi ve hayvanlarım midelerini inceledi. Denizyıldızlarının kaya midyeleri, kitonlar, deniz salyangozları, sümüklüböcekler ve midyelerle beslendiğini keşfetti. Sayısı en yüksek olan av sülükayaklılar olsa da –denizyıldızları bir seferde düzinelerce deniz kabuklusunu yiyebiliyordu– bunlar temel kalori kaynağı değildi. Midyeler ve kitonlar denizyıldızının en önemli besin kaynağını oluşturuyordu.

Denizyıldızlarını uzaklaştırmaya başladıktan üç ay sonra Paine, eylül ayı geldiğinde topluluğun bileşiminin değişmeye başladığını görmeye başlamıştı bile. Denizpalamutları mevcut alanın yüzde altmış ila seksenini işgal ediyordu. Fakat 1964'ün Haziran ayında, deneye başladıktan bir yıl geçtikten sonra, denizpalamutları yerini küçük ama hızlıca çoğalan kaya midyelerine ve diğer midyelere bırakmıştı. Dahası, dört alg türü büyük oranda ortadan kalkmış, iki deniz salyangozu ve iki kiton türü deney alanını terk etmişti. Denizyıldızları tarafından avlanmasa da denizşakayığı ve sünger türlerinin sayısı da azalmıştı. Öte yandan küçük bir avcı salyangoz olan *Thais emarginata* popülasyonu on ila yirmi kat kadar artmıştı. Tümüne birden bakıldığında, avcı denizyıldızının ortamdan uzaklaştırılması, gel-git topluluğundaki çeşitliliği on beşten türden sekiz türe inecek şekilde hızlı bir biçimde azaltmıştı.

Bu basit deneyin sonuçları büyüleyiciydi. Bu sonuçlar, bir avcının bir topluluktaki tür bileşimini –yediği hayvanları ve yemediği hayvan ve bitkileri etkileyerek– avı aracılığıyla kontrol edebileceğini ortaya koymuştu.

Paine bu deneye beş yıl boyunca devam ederken midyelerin oluşturduğu hat kayalık yüzeyden aşağı, denizin çekilmesinin bıraktığı izden ortalama olarak neredeyse bir metre uzaklığa kadar ilerledi ve diğer tüm türleri kovarak var olan türler arasında en baskın tür haline geldi. Paine denizyıldızının etkisini güçlü bir şekilde ortaya koymasının, temel olarak midyeleri kontrol etmesi aracılığıyla ortaya çıktığını fark etti. Gel-git bölgesindeki hayvanlar ve algler için önemli kaynak, yaşadıkları alanda bulunan türlerdi. Midyeler güçlü rakiplerdi ve denizyıldızları olmadığında hâkimiyeti ele geçiriyor, diğer türleri bölgeyi terk etmeye zorluyorlardı. Avcı, rekabetçi baskın türlerin popülasyonlarını *negatif biçimde düzenleyerek* topluluğu kararlı hale getiriyordu. Denizyıldızının olduğu ve olmadığı durumlarda durum şematik olarak şöyleydi:

Denizyıldızı			Denizyıldızı		
⊥			⊥		
Sülükayaklılar ↔	Midyeler ↔	Kiton	Sülükayaklılar ↔	Midyeler ↔	Kiton
Deniz salyangozu		Algler	Deniz salyangozu		Algler

Paine'in denizyıldızlarını uzaklaştırma deneyi, avcıların kontrolü yukarıdan aşağı gerçekleştirdiğini ileri süren HSS hipotezini güçlü bir şekilde doğruluyordu. Öte yandan bu, tek bir avcıyla, Pasifik kıyısındaki tek bir noktada gerçekleştirilmiş tek bir deneydi. Paine buradan birtakım genellemelere varacaksa deneyi başka bölgeleri ve başka avcıları kullanarak tekrarlamak önemliydi. Mukkaw Körfezi deneyinden elde edilen çarpıcı sonuçlar pek çok fırlat ve gör biçimindeki deneye ilham verdi.

Paine somon balığı avlamaya gittiğinde kimsenin yaşamadığı Tatoosh Adası'nı keşfetti. Mukkaw Körfezi'nden birkaç kilometre uzakta ve yaklaşık sekiz yüz metre açıkta bulunan fırtınalardan harap olmuş bu küçük adada Paine, kayalara tırmanan, büyük *Pisaster* denizyıldızını da içeren, Mukkaw'dakiyle aynı olan pek çok tür buldu. Makah kabilesinin izniyle Paine bunları denize atmaya başladı. Birkaç ay içinde midyeler avcıdan arınmış kayalar üzerinde yayılım göstermeye başladı.

Paine Yeni Zelanda'da ziyaretçi araştırmacı olarak bulunuyorken, Auckland'a yakın bir kıyının kuzey ucunda bir başka gel-git

topluluğunu inceledi. Burada, dünyanın pek çok yerindeki restoranlara ihraç edilen Yeni Zelanda yeşil dudaklı midyesini avlayan ve *Stichaster australis* adı verilen farklı bir denizyıldızı türü buldu. Paine, dokuz aylık bir dönemde, kırk metrekarelik bir alandaki bütün denizyıldızlarını uzaklaştırırken yakındaki benzer bir alanı öylece bıraktı. Oldukça hızlı ve etkileyici bir sonuçla karşılaştı. Deneyin yapıldığı alan, sınırlarını, alçalan deniz hizasına doğru yüzde kırk artıran midyelerin hâkimiyetine geçmişti. Başlangıçta var olan yirmi türün altısı yalnızca sekiz ayda ortadan kayboldu; on beş ay içindeyse alanın büyük bir kısmı midyeler tarafından istila edilmişti. İlginç bir biçimde bu genişleme bir başka büyük midye avcısının (bir denizsalyangozu) varlığına rağmen gerçekleşmişti.

Paine'e göre, Washington ve Yeni Zelanda'daki avcı denizyıldızları gel-git topluluklarının oluşturduğu yapıda "kilit taşıydı". Bir yapının dengesini sağlamak için kemerin üst kısmına yerleştirilen taş gibi, bu besin ağının zirvesinde bulunan tepe taşı konumundaki avcılar bir ekosistemin çeşitliliği için belirleyici roldeydi. Paine'in gösterdiği gibi bunları yerinden etmek topluluğun dağılmasına neden oluyordu. Paine'in öncü nitelikteki deneyleri ve onun ortaya koyduğu terim olan "köşe taşı türler", kendisini başka topluluklarda köşe taşı konumunda olan türleri araştırmaya sevk etti ve kendisini de bir başka ufuk açıcı fikre götürecekti.

SİLSİLE ETKİSİ VE BESİN ZİNCİRLERİNDEKİ ÇİFT-NEGATİF MANTIK

Paine'in fırlat ve gör deneyleri avcılara müdahale etmeyle sınırlı değildi. Kıyıda yaşayan toplulukların toplam bileşimini belirleyen yasaları anlamaya çalışıyordu. Gel-git havuzları ve sığ suların bol miktarda bulunan diğer sakinleri esmer su yosunu olarak da bilinen büyük fukusgiller gibi çok çeşitli algleri içeriyordu. Fakat bunların dağılımları düzensizdi. Bazı alanlarda bol miktarda ve çeşitliyken bazı alanlarda neredeyse hiç yoktular. Alglerle beslenen en yaygın canlılardan biri denizkestaneleriydi. Paine ve Robert Vadas, denizkestanelerinin alg çeşitliliği üzerindeki etkisinin ne olduğunu ortaya koymak için işe koyuldu.

Bunu gerçekleştirmek için Mukkaw Körfezi çevresinde bazı havuzlardaki tüm denizkestanelerini elleriyle uzaklaştırdılar ya da

onları Bellingham yakınındaki Friday Harbor'da bulunan alanlardan tel kafesler aracılıyla uzak tuttular. Yakındaki havuzlara ve alanlara, deneylerinde kontrol grubu olarak kullanmak üzere, hiç dokunmadılar. Denizkestanelerini uzaklaştırmanın çarpıcı sonuçlarıyla karşılaştılar. Pek çok alg türü denizkestanesinin olmadığı yerlerde patlama yapmıştı. Büyük miktarda denizkestanesi popülasyonu barındıran kontrol bölgelerindeyse çok az alg bulunuyordu.

Paine ayrıca denizkestanelerinin baskın olduğu böyle "çorak" alanların Tatoosh Adası çevresinde yaygın olduğunu fark etti. Göründüğü kadarıyla, denizkestanesinin neden olduğu çorak alanlar, otçulların var olan tüm bitki örtüsünü yok etme eğiliminde olmadığı yönündeki temel HSS hipotezini geçersiz kılıyordu. Öte yandan Pasifik sularında neden böyle çorak alanlar olduğunun açıklaması yakın bir zaman sonra, bir başka köşe taşı türün, Paine doğayı bu şekilde kurcalamadan çok uzun süre önce Washington kıyısından uzaklaştırılan bir hayvanın şaşırtıcı keşfiyle ortaya çıkacaktı.

Su samurları bir zamanlar Japonya'nın kuzeyinden Aleutian Adaları'na kadar olacak ve Baja California'ya dek güneye inecek şekilde Kuzey Amerika Pasifik kıyıları boyunca yayılım gösteriyordu. Deniz memelileri arasında en sık görülen ve gösterişli kürkünden dolayı göz dikilen su samurları, on sekiz ve on dokuzuncu yüzyılda o kadar çok avlandı ki daha önce sayısı yüz elli bin ila üç yüz bin kadarken 1900'lerin başında yalnızca iki bin kadar kalmıştı ve Washington da dahil olmak üzere daha önce yaşadığı yerlerin çoğunda ortadan kalkmıştı. Su samurları 1911'de uluslararası anlaşmaya bağlı olarak korunma kapsamına alındı. Aleutian Adaları'nda neredeyse yok olacak duruma geldikten sonra su samurları bazı bölgelerde tekrar yoğun bir şekilde görülmeye başlandı.

1971 yılında Paine'e bu bölgelerden biri olan ve Aleutian Adaları'nın batı kısmındaki ağaçsız bir ada olan Amchitka Adası'na bir ziyarette bulunması önerildi. Bazı öğrenciler buradaki esmer su yosunları topluluklarını inceliyordu ve Paine tavsiyelerini sunmak üzere buraya gitti. Arizona Üniversitesi'nde öğrenci olan Jim Estes, Paine'le tanıştı ve ona araştırma planlarından bahsetti. Estes su samurlarıyla ilgileniyordu fakat kendisi bir çevrebilimci değildi. Paine'e, esmer su yosunları ormanlarının su samuru popülasyonlarının büyümesine nasıl destek olduğu konusunda çalışmak istediğini açıkladı.

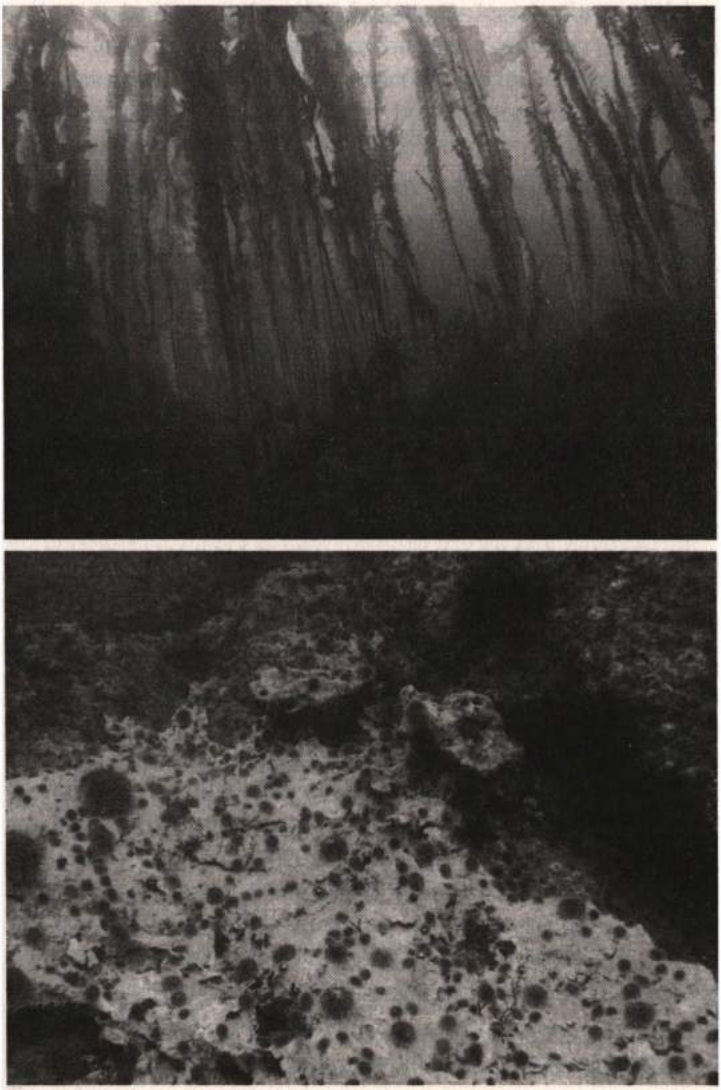
Paine ona, "Jim, yanlış sorular soruyorsun." dedi. "Besin zincirindeki üç basamağa bakmak istiyorsun: Su samurları denizkestanelerini yer; denizkestaneleri esmer su yosunlarını yer."

Estes Amchitka'ya baktığında yalnızca içinde barındırdığı bol miktardaki su samuru ve esmer su yosunu ormanlarını görmüştü. Hemen su samuru barındıran ve barındırmayan adaları birbiriyle karşılaştırma fırsatına sahip olduğunu fark etti. Çalışma arkadaşı olan diğer bir öğrenci John Palmisano ile birlikte üç yüz yirmi km batıdaki on beş buçuk kilometre karelik bir kaya yığını olan Shemya Adası'na gitti. Bir şeylerin oldukça farklı olduğuna dair ilk işaret kumsala gidip dev ölü at kestanesi kalıntıları görmeleriydi. Fakat asıl şaşırtıcı şey, Estes ilk kez su altına daldığında karşılarına çıktı. Hiç esmer su yosunu bulunmamasına karşın deniz tabanı büyük denizkestaneleriyle kaplıydı. Estes, adaların çevresinde bulunan iki topluluk arasındaki diğer çarpıcı farklılıkları da gördü: Rengârenk pasifik kaya balıkları, foklar ve kel kartallar Amchitka çevresinde bol miktarda bulunurken su samurundan yoksun olan Shemya çevresinde pek sık görülmüyordu.

Estes ve Palmisano, iki topluluk arasında görülen büyük farklılıkların, denizkestanelerinin obur avcıları olan su samurlarından kaynaklandığını düşündü. Denizkestaneleri üzerindeki negatif düzenlemelerinin, kıyıda bulunan deniz topluluklarının yapısına ve çeşitliliğine etkisi bakımından anahtar önemde olduğu su samurlarının kilit taşı türü olduğunu ileri sürdüler.

Ester ve Palmisano'nun gözlemleri, su samurlarının bölgeye tekrar sokulmasıyla kıyı ekosisteminin dramatik biçimde yeniden şekilleneceğini ortaya koyuyordu. Öncü nitelikteki çalışmalarından kısa bir süre sonra, Alaska kıyıları boyunca yayılıp çeşitli topluluklara karıştıklarında su samurlarının etkisini sınama fırsatı doğmuş oldu. 1975 yılında su samurları Alaska'nın güneydoğusundaki Deer Harbor'da yoktu. Fakat 1978'e gelindiğinde su samurları buraya yerleşmişti; denizkestanelerinin boyutu küçüktü ve nadiren görülüyorlardı. Deniz tabanı onların kalıntılarıyla doluydu, aynı zamanda uzun ve oldukça yoğun esmer su yosunları toplulukları ortaya çıkmıştı.

Su samurlarının varlığı denizkestanelerini baskılamıştı. Böyle olmasaydı esmer su yosunları denizkestaneleri tarafından baskılanacaktı. Denizkestanesi ve esmer su yosunlarının düzenlenmesi şematik olarak şöyleydi:



ŞEKİL 6.3 Su samurlarının denizkestaneleri ve esmer su yosunu toplulukları üzerindeki etkisi. (Üstte) Su samurlarının varlığında denizkestanesi popülasyonları kontrol altına alınır ve bu sayede esmer su yosunu toplulukları çoğalabilir. (Altta) Su samurları olmadığında denizkestaneleri çoğalır ve esmer su yosunlarından yoksun "çorak" bölgeler yaratır.

Bob Steneck'in izniyle

Su samurları
⊥
Denizkestaneleri
⊥
Esmer su yosunu

Çift-negatif etki bir kez daha karşımıza çıkıyor. Bu örnekte su samurları denizkestanesi popülasyonunu baskılayarak esmer su yosunlarının çoğalmasını "tetikliyor". Esmer su yosunu ormanlarının, otçul denizkestanesiyle beslenen su samuru tarafından düzenlenmesinin keşfi HSS hipotezine ve Paine'in kilit taşı tür kavramına güçlü bir kanıt sağlıyordu. [Şekil 6.3]

Ekolojik terimlerle söylersek, avcı su samurları kendilerinin altında bulunan besin zinciri basamakları üzerinde silsileli bir etkiye sahiptir. Paine, kendisinin ve başkalarının türler bir yerden uzaklaştırıldığında ve oraya yeniden sokulduğunda keşfettiği güçlü ve yukarıdan aşağı yönlü etkiyi tanımlamak için yeni bir terim buldu. Bu etkilere *besin zinciri silsilesi* adını verdi.

Besin zinciri silsilesinin keşfi oldukça ilginçti. Avcıların (denizyıldızları, su samurları) varlığının ya da yokluğunun neden olduğu pek çok dolaylı etki, canlılar arasında daha önce hiç şüphe duyulmamış –gerçekten de hiç hayal edilmemiş– bağlantıları ortaya koyduğu için şaşırtıcıydı. Esmer su yosunlarının çoğalmasının su samurlarına bağlı olduğunu kim düşünebilirdi ki? Bu çarpıcı ve beklenmedik etkiler, besin zincirindeki silsilelerin –biyologların haberinin olmadığı şekilde– farklı tür toplulukları şekillendirmek üzere başka bir yerde gerçekleştiği olasılığını ortaya koyuyordu. Eğer böyleyse, besin zincirindeki silsileler ekosistemlerin, bir topluluktaki canlıların türlerini ve sayılarını belirleyen düzenleme yasalarından başka bir şey olmayan, genel özellikleri olabilirdi.

Gerçekten de pek çok besin zinciri silsilesi her tür habitatta keşfedilmiştir. Yalnızca birkaç örnek yeterli olacaktır.

Oklahoma'daki bir tatlı su akıntısında bulunan avcı-otçul-alg zinciri silsilesi, golyan balıklarının ve bitkilerin bulunma sıklığını düzenlemekteydi. Brier Creek'teki havuzlarda, Mary Power ve çalışma arkadaşları levrek sayısıyla golyan balığı sayısı arasında ters bir ilişki olduğunu fark etti: Bu iki tür ancak büyük bir taşkından sonra on dört havuzun yalnızca ikisinde bir arada bulunuyordu. Dahası, levreklerin bulunduğu havuzlar filamentli alglerin

varlığı nedeniyle yeşil renkliyken içinde levrek olmayan fakat golyan balıkları bulunan havuzlar canlılık bakımından verimsizdi. Bu dağılımlar, tıpkı su samurlarında olduğu gibi, levreklerin otçul golyan balıklarını kontrol etme ve böylece alglerin çoğalmasına olanak verme olasılığını ortaya koyuyordu.

Bu olasılığı sınamak üzere Power yeşil havuzdan levrekleri uzaklaştırdı ve orta kısma engel koyarak havuzu ikiye böldü. Bir kısma golyan balıkları eklerken diğer kısmı kontrol tarafı olarak belirledi. Golyan balıkları, algleri tamamen yok edene kadar yedi. Power daha sonra golyan balığı havuzuna üç tane büyük siyah levrek ekledi. Golyan balıkları, yalnızca üç saat içinde, havuzun levreklerin kendilerine erişemeyeceği sığ kısımlarında çekildi: Birkaç hafta içinde havuzun rengi yeşile dönmüştü. Bu sonuçlar yalnızca levrek-golyan balığı-alg silsilesini göstermekle kalmamış aynı zamanda avcıdan kaçınmanın, avlanmanın kendisine benzer bir etkiye yol açabildiğini ortaya koymuştur.

Levrek-golyan balığı-alg ve su samuru-denizkestanesi-esmer su yosunu üçlüsüne benzer bir avcı-otçul-bitki besin zinciri silsilesi karada da belirlenmiştir. Yirminci yüzyılın ilk yarısında Michigan, Superior Gölü'ndeki Isle Royale'ye tekrar Amerikan geyikleri ve kurtlar yerleştirildi. Uzun süreli çalışmalar, kurtların bol miktarda köknarla beslenen geyiklerin sayısını kontrol etmek suretiyle köknar çoğalmasını olumlu yönde etkilediğini ortaya koydu. Bunun yanında Venezuela'da, tropik ormanlarda gerçekleşen seller sonucunda Lago Guri'de avcıdan yoksun sayısız ada oluştuğunda besin zinciri silsileleri ortaya çıktı. Örneğin, normal asker karınca ile yaprak yiyen karıncaların avcısı olan armadillonun ortadan kaldırılması yaprak yiyen karınca popülasyonunu ağaç büyümesini önemli ölçüde azaltacak kadar artırır. Bu avcılar dolaylı yoldan ağaç büyümesini etkileyerek başka canlıların yaşadığı habitatlara da etkide bulunur.

Tatlı su ve karada görülen bu silsilelerin mantığı şuna benzer:

Avcı	Levrek	Kurtlar	Asker karıncalar, Armadillolar
	↑	↑	↑
Otçul	Golyan balıkları	Geyikler	Yaprak yiyen karıncalar
	↑	↑	↑
Üretici	Algler	Köknar ağaçları	Ağaçlar

Bu silsileleri, farklı besin zinciri düzeylerinde yer alan organizmalar arasındaki yukarıdan aşağı yönlü negatif düzenleyici etkileşimleri vurgulayacak şekilde çizdim. Fakat bunların iki bakımdan çok basitleştirilmiş silsileler olduğunu vurgulamalıyım. İlk olarak, organizmaların büyük bir kısmı basit çizgisel bir besin zincirinde yer almaz fakat Elton'ın iyi bildiği gibi, daha çok üye ve etkileşimden oluşan besin ağlarının bileşenleridir. İkincisi, tüm ekosistemler bir dereceye kadar aşağıdan yukarı doğru düzenlenir. Güneş ışığı olmazsa bitkiler olmayacaktır; bitkiler olmazsa otçullar için yiyecek olmaz; otçullar olmazsa avcıların avı kalmaz. Bununla birlikte, HSS ve Paine'nin neden olduğu kavramsal ilerleme, geleneksel düşünme biçimini altüst etmek ve avcıların üreticiler üzerindeki güçlü ve dolaylı etkilerini açığa çıkarmaktı.

Besin zinciri silsileleri ekosistemlerin dinamik –durağan olmayan– özellikleridir. Gerçekten de besin zinciri silsilelerinin insan müdahalesi olmadan da değiştiği gözlemlenmiştir. 1970'li yıllarda, Alaska'nın güneydoğu kıyılarında bulunan su samuru sayısı yüz binlere çıkmıştı. Fakat daha sonra su samuru popülasyonları, güney Alaska yarımadasındaki Castle Cape'den Aleutian Ada zincirindeki Attu Adası'na kadar çarpıcı biçimde azaldı. Her ne kadar bu durumdan sorumlu olan çeşitli failler düşünülmüşse de Jim Estes ve çalışma arkadaşları asıl şüphelinin katil balinalar olduğunu ortaya koydu. Katil balinaların asıl avları olan denizaslanları ve balinaların sayısı çok azaldığından bunların yakın zaman önce su samurlarını avlamaya başladıklarını ileri sürdüler. Bu şekilde katil balinalar üç düzeyli silsileden (solda) dört düzeyli silsileye (sağda) geçtiler ve daha alt düzeydeki popülasyonların da sırası değişti. Kıyı habitatı yeniden denizkestaneleriyle kaplandı ve esmer su yosunları yok oldu.

Katil balinalar	
⊥	⊥
Su samurları	Su samurları
⊥	⊥
Denizkestaneleri	Denizkestaneleri
⊥	⊥
Esmer su yosunu	Esmer su yosunu

BÜTÜN HAYVANLAR EŞİT DEĞİLDİR

Denizyıldızlarını uzaklaştırmakla başlayan süreç doğanın nasıl işlediğine ilişkin iki temel kavrayışın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Popülasyonların düzenlenmesine ilişkin iki Serengeti Yasası şunlardır:

SERENGETİ YASASI 1

Köşe taşı: Türler birbirine eşit değildir

Bazı türler, sayılarıyla ya da biyokütleleriyle orantılı olmaksızın, içinde bulundukları toplulukların dengesine ve çeşitliliğine etki ederler. Köşe taşı türlerin önemi, besin zincirinde bulunduğu yerden değil etkilerinin büyüklüğünden kaynaklanmaktadır.

Burada avcıların tümünün köşe taşı olmadığını ve tüm köşe taşlarının da avcı olmadığını vurgulamak önemlidir. Bütün ekosistemlerin de mutlaka köşe taşı barındırması söz konusu değildir. Bununla birlikte Bölüm 7'de birkaç köşe taşı türle daha tanışacağız.

SERENGETİ YASASI 2

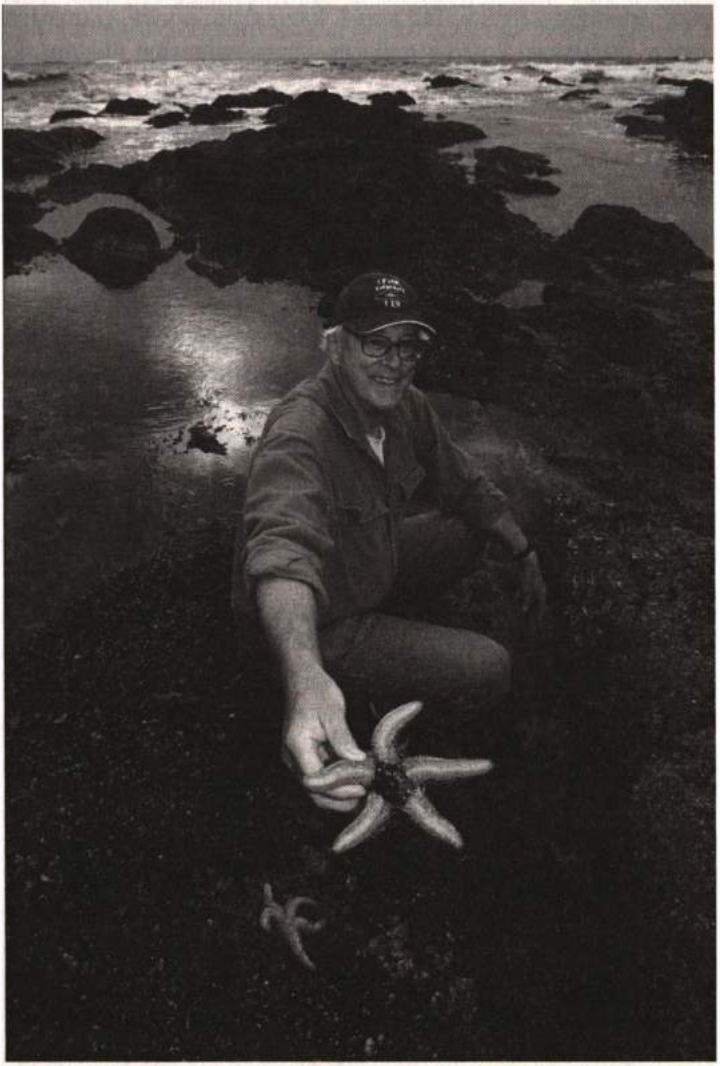
Bazı türler besin zincirindeki silsileler aracılığıyla güçlü nitelikte dolaylı etkilerde bulunur.

Besin ağlarının bazı üyeleri, topluluklara tesir eden orantısız biçimde güçlü (yukarıdan aşağı doğru) etkilere sahiptir ve daha alt besin zinciri düzeylerindeki türleri dolaylı olarak etkiler.

Bu türdeki silsileler, güçlü nitelikteki düzenleyici etkileşimlerin pek çok çiftinin besin zinciri düzeylerini birbiriyle ilişkilendirdiği her yerde var olabilir. Bu çiftler avcı-avcı, avcı-otçul ya da otçul-üretici çiftleri biçiminde olabilir.

Burada bir topluluktaki çoğu türün güçlü etkileşim sergilemediğini vurgulamak önemlidir. Yıllara yayılan bir başka şaşırtıcı çalışmada Paine, Tatoosh Adası'ndaki otçul-üretici etkileşiminin gücünü inceledi. Pek çok türün zayıf ya da ihmal edilebilir bir etkileşim içinde olduğunu gördü. Epey çaba sonucunda elde ettiği bilgiyi

George Orwell'in *Hayvan Çiftliği* adlı eserindeki bir alıntıyla özetledi: "Bazı hayvanlar diğerlerinden daha eşittir." Ben de buna bazı doğacıların diğerlerinden daha eşit olduğunu eklerdim. [Şekil 6.4]



ŞEKİL 6.4 Robert Paine, Mukkaw Körfezi'nde.
Kevin Schafer / Alamy izniyle.

Onkogenlerin ve tümör baskılayıcıların keşfinin, hücre sayısını düzenlemede genlerin tümünün eşit role sahip olmadığını ortaya koymasına benzer şekilde kilit taşı türlerin ve besin zinciri silsilelerinin keşfi de bir organizmalar topluluğu içinde, tüm hayvanların popülasyonların düzenlenmesi bakımından eşit olmadığını açığa çıkarmıştır. Tıpkı bu genlere odaklanmanın bir onkoloğun görevini belirlemesi ve kolaylaştırması gibi kilit taşı türlere ve besin zinciri silsilelerine odaklanmak da bir çevrebilimcinin bir ekosistemin yapısını ve düzenlenmesini anlama sürecinde yapacağı işi kolaylaştırır.

Öyleyse şimdi, yeni bakış açımızla, kitaba başladığım ve atalarımızın köken aldığı yere, muhteşem Serengeti'ye geri dönelim.

BÖLÜM VII

SERENGETİ MANTIĞI

Afrika, üzerinde yaşayan büyük memelilerin sayısı ve çeşitliliği bakımından en dikkat çekici kıtadır... Pek çok kimse bu büyük cüsseli yaşamların bolluğu karşısında şaşkına döner...
Fakat bu neden böyledir?

JULIAN HUXLEY

Tanzanya'da turistik bir yer olan Sao Hill'deki Southern Highlands yatılı okulunun verandasının ışıkları, geceleyin dev bok böceklerini oraya çekerdi ve sekiz yaşındaki Tony Sinclair yurttan kaçarak topladığı bu böcekleri beslerdi. Genç Sinclair bir gece böcek peşinde koşarken onunla aynı şeyi yapan bir leoparla karşı karşıya kaldı. Daha sonra iki avcı birbirinden yavaş yavaş uzaklaştı.

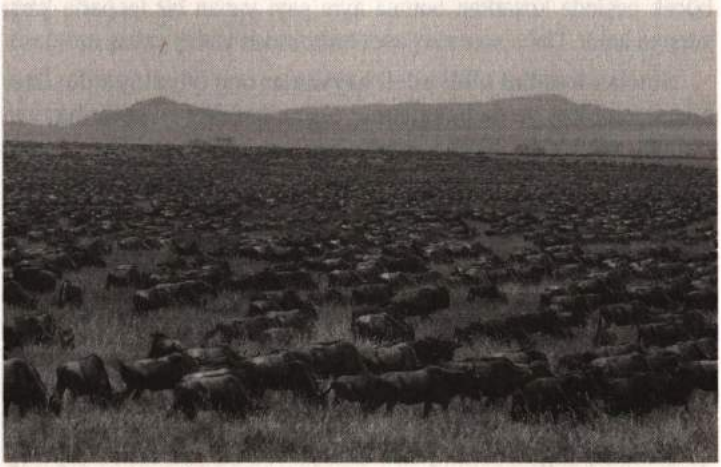
Sinclair kendini bildi bileli hayvanlar onu büyülüyordu. İster böcek ister kuş ya da bukalemun olsun, hareket eden bir hayvan olduğu müddetçe bunun hangi hayvan olduğunun bir önemi yoktu. Önceki adı Kuzey Rodezya olan Zambia'da doğmuştu ama Dar es Salaam'da (önceki adı Tanganika) büyümüştü ve Afrika'nın büyük memelilerini doğada ilk kez, henüz on bir yaşındayken, Kenya'da verdikleri bir molada görmüştü. Sinclair, Nairobi'nin dışındaki bir bölgeyi ziyaret ettiğinde vahşi hayvanların hayatını sürdürdükleri sınırlandırılmış geniş alanlar, Afrika'da 1955 yılında hâlâ bir yenilikti. Sinclair bu büyük hayvanlar karşısında adeta büyülenmişti.

Sinclair, İngiltere'de yatılı okulda okuduktan sonra biyoloji öğrencisi olmak üzere Oxford'a kaydoldu. Okuldaki ikinci gününde öğrencileri Serengeti'de bulunan bir profesör olduğunu

öğrendi. Sinclair, Serengeti'ye hiç gitmemişti ve Afrika'ya dönmek için can atıyordu. Bu nedenle Profesör Arthur Cain'le görüşmeye gitti. Cain oldukça şaşırmıştı.

Caine gönülsüz bir şekilde, "Ah tabii, önümüzdeki yıl gideceğim, benimle gelebilirsin" dedi. Fakat Sinclair birkaç ayda bir gelip ricasını yineliyordu. Bu sırada Oxford'da başka fırsatlar da yakalıyordu. Charles Elto n'ın oğlu olan Robert Elton'la iyi arkadaş olmuştu ve ünlü çevrebilimciyle birlikte aile yemeklerinin keyfini çıkarıyordu.

Sinclair, sonraki yaz, 30 Temmuz 1965'de Serengeti'ye ilk kez gitmek üzere Kenya'daki Mara Nehri'ni geçti. Buradaki görevi, Avrupa ve Asya'dan göç ederken parktan geçen kuşlarla çalışmak üzere bölgeye gelmiş olan Caine'in asistanlığını yapmaktı. Sinclair, ona eşlik eden bir yol arkadaşıyla beraber üç günde Serengeti'deki yirmi bin kilometre karelik bir alanı dolaşmıştı: Düzlükler boyunca gidip savana ve ormanlıkların içinden geçerek ceylan, zebra ve antilop sürülerini, pinekleyen aslanları ve parıldayan göllerde toplanmış pembe flamingo sürülerini görmüşlerdi. Sürekli değişen harikulade manzara, muazzam çeşitlilikteki bitkiler ve hayvanlar ve büyük sürüler, Serengeti'yi Sinclair'in gözünde dünyadaki en olağanüstü yer yapmıştı. Bu harikalar diyarında geçen üç günden sonra Sinclair, "neden bu şekilde var olduğunu" anlamak için Serengeti'de çalışma yapmak üzere hayatının geri kalanını geçirebileceğine karar verdi.



ŞEKİL 7.1 Göç eden Afrika antilopları, Serengeti Milli Parkı.
Anthony R. E. Sinclair'in izniyle.

Serengeti onu gören pek çok kimseyi büyülüyordu. Amerikalı bir avcı ve uzaklardaki yabani hayatı görmeye giden ilk Amerikalı olan Stewart Edward White Ağustos 1913'te Serengeti'ye gelmiş ve gördükleri hakkında şunları yazmıştı:

Pusulanın gösterdiği yönde, Bologonja adı verilen bir nehri bulmak üzere birkaç sığır boğa antilobunun gezindiği kavrulmuş çölde kilometrelerce yol aldım. Sonra bu nehrin yanındaki yeşil ağaçları gördüm, birkaç kilometre daha yürüdüm ve kendimi bir cennette buldum.

Bu bölgenin güzelliğini anlatmak çok zor. Nehirden itibaren yumuşak kıvrımlı, zümrüt kadar yeşil alçak tepeleri aşıp parkta bulunan ağaçların arasından uzanıp gider. Ufuk çizgisine kadar her yer görülebilir; her yerde küçük koruluklar içinde ayrı ayrı duran bu ağaçlar bulunmaktadır ve çimenler de görülebilecek en yeşil renktedir.

Buradaki av hayvanları gibisini hiç görmemiştim. Her tepeyi kaplıyorlardı, açık yerlerde duruyor, ağaçlıklarda geziniyor, ayrı ayrı ya da küçük gruplar halinde alçak arazilerde otluyorlardı. Nereye baktığımın bir önemi yoktu; her yerde bol miktarda bulunuyorlardı. Ne kadar uzağa gittiğimin, kaç tepe geçtiğimin, kaç geniş araziyi incelediğimin bir önemi yoktu. Her yer aynıydı... Bir keresinde dört bin altı yüz yirmi sekiz tane hayvan saymıştım!.. Bu bakir hayvan toplulukları arasında cennetin kralı gibi yürüdüm.

White'ın yaban hayatında görülen bu bolluğa ilişkin düşünceleri kısa sürede bu dönemde sömürge haline gelmiş Afrika'ya dair genel bir anlayış olan sömürü yönünde değişti:

Aniden, bu güzel, geniş, bolluk içindeki bölgede hiçbir avcının tüfeğinin ateşlenmediğini bir kez daha fark ettim. Burası avlanma bakımından bakir bir alandı ve ben dünyadaki avcılar için burayı keşfedecek son adamım. Afrika'da böyle başka bir av sahası keşfetme ihtimali yoktur.

Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra Tanganika bölgesi İngilizlerin eline geçti. Hükümet, Charles Elton'ın önceki danışmanı olan Julian Huxley'i 1929 yılında bölgeye yönelik öncelikleri ve politikaları bildirmek üzere Doğu Afrika'ya gönderdi. Uganda, Kenya ve Tanganika'yı kapsayan dört aylık bir geziden sonra

Huxley, Afrika'daki yabani hayata ilişkin olarak avcılara av bulmaktan çok daha değerli amaçlar olduğunu düşündü. Bu yolculuğunu anlattığı dört yüz kırk sekiz sayfalık *Africa View* adlı kitabında Serengeti ve diğer geniş toprakların milli park ve kontrollü avlanma alanı olarak belirlenmesini önerdi:

Büyük hayvanlar bakımından Doğu Afrika eşsiz bir niteliğe sahiptir; bunların yok edilmesine izin verirse bir daha asla geri gelmeyeceklerdir... İnsanlık yalnızca ekmek yiyerek yaşayamaz; Doğu Afrika'nın yabanıllığında nesiller boyunca kadınlar ve erkekler belki de burayı hayata döndürmeyi, canlandırmayı ve ilham bulmayı başarabilir.

Huxley, bir safari rehberi ve avcı olan, aynı zamanda, daha sonra Karen Blixen'ın biyografisi ve *Out of Africa* filmiyle, onun sevgilisi olarak, ün kazanan Denis Finch-Hatton'ın sınıf arkadaşı ve dostuydu. Müşterileri arasında gelecekteki Kral Edward VIII da bulunan Finch-Hatton ilgi odağı olmaktan uzak durmuş kendine özgü bir adamdı. Öte yandan turist avcıların Serengeti'de çok sayıda hayvanı öldürmesiyle dehşete kapılmıştı. Londra'daki *Times* dergisine bu "katliam zevkini" kınayan ve "çok geç olmadan" Serengeti'nin korunması gerektiğini bildiren bir yazı yazdı. Parlamento bu konuyu gündemine aldı ve Serengeti, 1930 yılında, büyük oranda Finch-Hatton'ın çabası sayesinde, Kapalı Rezerv olarak belirlendi. 1937 yılında bu bölgenin bir kısmı kontrollü avlanma alanı olarak ayrıldı; 1951'de Serengeti Milli Parkı kuruldu ve 1981 yılında Birleşmiş Milletler tarafından Dünya Mirası sit alanı olarak kabul edildi. Bu, üstün bir evrensel değere sahip doğal ya da kültürel bölgeler için geçerli olan özel bir durumdu.

Gerçekten de Serengeti biyolojik bakımdan oldukça özeldir. Her tarafından doğal sınırlarla çevrili olan yaklaşık yirmi altı bin kilometrekarelik geniş bir ekosistemi oluşturur. Diğer kıtalarda büyük oranda yok edilmiş ya da nesli tükenmiş olan ve megafauna adı verilen çok sayıdaki son kalan büyük memeliye ev sahipliği yapmaktadır. Kara üzerinde kitlesel hayvan göçlerinden birinin gerçekleştiği son yerlerden biridir. Sahip olduğu tüm memeliler arasında biri için –bizim için– özel bir önem taşımaktadır. Üç milyon yıldan fazla bir zaman atalarımıza ev sahipliği yaptığı için, Biyolog Robin Reid'in ifade ettiği gibi "doğumumuzun ger-

çekleştiği savandır". Buradaki su aygırları, zürafalar, filler ve gergedanlar eski insanların gördüğü canlıların torunlarıdır.

Park kurulduktan sonra, turistlerle birlikte buraya gelen biyologlar şu soruyu soruyordu: Uçsuz bucaksız Serengeti'de ne kadar hayvan yaşamaktadır? 1957 yılında Frankfurt Hayvanat Bahçesi'nin müdürü Bernard Grzimek ve oğlu Michael, Tanganika Milli Parkı müdürü tarafından Serengeti'deki yaban hayatını ilk kez ayrıntılı bir şekilde incelemek üzere davet edildi. Grzimek ve oğlu, 1958 yılının Ocak ayında, iki hafta boyunca zebra şeritli Dornier 27 uçağıyla geniş düzlüklerin elli ila yüz metre üstünde uçarak görebildikleri her dört bacaklı canlıyı saydılar. Tipik Alman kesinliğiyle, doksan dokuz bin dört yüz seksen bir Afrika antilobu, elli yedi bin yüz doksan dokuz zebra, yüz doksan dört bin altı yüz elli dört Thomson ve Grant ceylanı, beş bin yüz yetmiş iki topi antilobu, bin sekiz yüz on üç karasığır, sekiz yüz otuz yedi zürafa ve altmış fil olduğunu bildirdiler. Parkta toplam olarak üç yüz altmış altı bin dokuz yüz seksen büyük memeli yaşadığını hesapladılar fakat bunun yanında belki de on bin kadarını sayamamış olabileceklerini söylediler. Ayrıca parkın dışında gezinen binlercesi olabileceğini de eklediler.

Ortaya çıkan sayılar Grzimeklere oldukça fazla, hatta "neredeyse inanılmaz" gelmişti. "Son büyük sürünün yaşamını sürdürebileceği yeteri kadar ova, dağ, nehir vadisi ve çalılık alan var mı?" diye endişeleniyorlardı. Bu, birbirinden sonra gelen Serengeti araştırmacılarının sorduğu ve kendine dert edindiği bir soruydu.

İronik bir biçimde vahşi yaşamın White, Finch-Hatton, Huxley, Grzimekler ve Sinclair'i büyüleyen kalabalık kitleleri Serengeti'nin ihtişamının ancak bir kısmını temsil ediyordu. Sinclair oraya gittiğinde büyük hayvanlar arasındaki büyük değişimler saptanmaya başlıyordu. 1965 yılında yapılan bir sayıma göre sistemde yaklaşık otuz yedi bin bufalo varken dört yıl öncesinde bu sayı yalnızca on altı bindi. Serengeti'de çalışan bazı bilim insanları Sinclair'e, bufalo popülasyonundaki hızlı artışı bir doktora projesi olarak çalışmasını öneriyor ve "Bir kuş bilimci bunu yapabilir mi?" diye onu kışkırtıyorlardı?

Sinclair'e güveniyor ve evet yapabilir diyorlardı. Sinclair yalnızca belirli bir gruba bağlı değildi; tüm hayvanlar onun ilgisini çekiyordu. Böylece, kuşlardan Serengeti'nin neden böyle olduğu-

nu ve neden değiştiğini keşfetmeye ilişkin ipucunu verecek olan bufalolara dönecekti. Bu ipucu yalnızca bufaloları değil her türlü etçili, otçulu ve hatta ağaçları düzenleyen Serengeti Yasalarını keşfetmeye ilişkin bir ipucuydu.

NEDEN DAHA FAZLA BUFALO GEZİNİYOR?

Sayılar. Sinclair Ekim 1966'da işe ciddiyetle başladığında üzerinde durması gereken tek şey buydu ve o zaman Serengeti'deki vahşi yaşamın herhangi bir kısmının ekolojisine ilişkin çok az şey biliniyordu (George Schaller, Serengeti'nin aslanları üzerine öncü çalışmalarına aynı yıl başlamıştı). Öte yandan hayvanlara dair bu sayılar büyük bir gizemi ortaya koyuyordu. Belirli bir yer ve zamanda neden belirli sayıda hayvan vardı? Farklı türlerin hayvan sayıları arasındaki büyük farklılığın açıklaması neydi? Örneğin yakın akrabası olan inek antilobunun sayısının çok az olmasına karşın, neden bu kadar çok Afrika antilobu vardı?

Bu kapsamlı soruları ele almadan önce Sinclair'in bufaloların sayısındaki artışın yanlış sayıma dayalı ya da kısa dönemli bir sapma değil gerçek olduğunu bilmeye ve bufaloların nasıl yaşadığını ve öldüğünü bilmeye ihtiyacı vardı.

Sinclair 1966'da bufalo sayım işine girdi ve 1967'den itibaren bu işi yönetmeye başladı. Saymak için önce onları bulmalıydı. Farklı türler farklı habitatları tercih eder. Serengeti'de hayvanların çoğunun yaşadığı üç temel habitat bitki örtüsüne göre birbirinden ayırt edilmektedir çünkü bitki örtüsü otçullar için ve böylece onların avcıları için mevcut olan farklı besinleri belirlemektedir. Bu üç habitat; ağaçlardan neredeyse tamamen yoksun, yalnızca otların kapladığı geniş düzlüklerden oluşan çayırlar, aralarında otların biteceği kadar uzaklık bulunan serpiştirilmiş ağaçların var olduğu çayırlardan oluşan savanlar ve savanların, ağaçların daha yoğun bulunduğu kısmı olan ormanlık alanlardı. Bufalolar açık ormanlık arazileri tercih ediyordu ve ağaçsız düzlüklerde olmaktan kaçınıyordu.

Sinclair ve diğerleri bunları saymak için on bin kilometrekarelik bir ormanlık alanda, üç ya da dört gün boyunca, ızgara dilimine benzer şekilde ayırarak ve genellikle sabahleyin hayvanlar açıklık alanda otlarken bunlara ait sürülerin fotoğraflarını çekti. Birbiriyle çakışan fotoğraflar Serengeti haritası üzerinde işaretlendi. Sinclair

bu araştırmayı 1972'den itibaren neredeyse her yıl tekrarladı. Bufalo popülasyonu artıyordu. Aslında 1969'da o kadar çok bufalo vardı ki (neredeyse elli dört bin tane) bunları saymak çok yoğun emek gerektiriyordu. Bu nedenle Sinclair kuzeydeki ormanlık arazide örnek bir alanı saymaya başladı ve sonra buradan hareketle Serengeti'deki tüm sayıyı hesapladı. 1972'de popülasyonun elli sekiz binden fazla olduğunu tahmin etti.

En çarpıcı artış 1961'le 1965 arasında gerçekleşti ve bu artış eğilimi sonraki yedi yıl boyunca devam etti. Bir sonraki soru bufaloların sayısının neden arttığıydı. Tüm artış eğilimin nedenini ortaya koyabilecek açıklama, doğurganlıktaki artış ya da ölüm oranındaki azalma ya da her iki durumun bir arada görülmesiydi. Bu olasılıklar arasında bir tercih yapmak için Sinclair, dişi bireyler arasındaki doğurganlık oranını ele aldı fakat bunun zamanla değişmediğini gördü.

Daha sonra bufalolar arasındaki ölüm oranlarını inceledi. Serengeti'de her yıl binlerce bufalo ölüyordu. Sinclair, bufaloların yaşlarını, onların dişlerini inceleyerek belirleyebileceğini öğrendi. Buna göre genç hayvanların dişleri düzenli bir dizi halinde çıkıyorken yaşlı hayvanların diş kökleri (tıpkı ağaç halkalarında olduğu gibi) yılları yansıtan koyu ve açık bantlardan oluşuyordu. Sinclair Serengeti'de ölen yaklaşık altı yüz bufalonun kafatasını inceledi ve en yüksek ölüm oranının yaşamın ilk yılında ve on dört yaşından büyük hayvanlar arasında görüldüğünü fark etti. 1958'den beri yapılan sayımlara karşılık olarak bufaloların ölüm oranını grafiğe yerleştirdiğinde, 1959-1961 arasında genç yaştaki ölümlerin 1965-1972 arasında görülenlerden çok daha fazla olduğunu gördü.

İşte sır buradaydı: Önceki yıllarda neden daha fazla genç bufalo ölmüştü? Bu genç ölümler sonraki yıllardan neden azalmıştı?

Bufalolar üç şekilde ölebilir; avcıların saldırısı, hastalık ya da besin yetersizliği. Sahada yapılan gözlemler aslanlar ya da sırtlanlar tarafından avlanmanın bufaloların ölümündeki temel neden olmadığını ortaya koydu. Yetersiz beslenme de önceki yıllarda görülen genç bufalo ölümlerini açıklamıyordu çünkü sonraki yıllarda Serengeti'nin daha fazla bufaloyu besleyebileceği görülmüştü. Geriye hastalık kalıyordu. Hayvanların çoğu gibi bufalolar da pek çok bulaşıcı hastalığa yakalanabilir fakat bu hastalıklardan biri Sinclair'in dikkatini çekmişti.

Sığır vebası olarak bilinen bir hastalık insanda kızamığa yol açan virüsün kardeşi olan veba virüsünün neden olduğu ölümcül bir hastalıktı. Bu hastalık Asya ve Hindistan'da yüzyıllardır biliniyordu. 1889'da hastalığa neden olan virüs Doğu Afrika'ya ulaştı. Virüsün, hastalığa sahip olan sığırların bir askerî görev sırasında İtalyan askerler tarafından Hindistan ve Arabistan'dan Etiyopya'ya getirilmesiyle ilk kez buraya geldiği düşünülmektedir. Daha sonra buradan Serengeti'ye Maasai sığırlarıyla taşınmış ve geviş getiren vahşi hayvanları hızlı bir şekilde öldürmüştü. Bir Alman olan Oscar Baumann Ağustos 1891'de Serengeti'den geçmiş ve sığır, bufalo ve Afrika antiloplarının yaklaşık yüzde doksan beşinin öldüğünü tahmin etmişti. Sonraki yedi yılda Serengeti'de periyodik salgınlar olduğu kaydedilmişti: Birinci Dünya Savaşı sırasında, 1929-1931 arasında, 1933'te, 1945'te, 1957'de ve Ekim 1960'taki ciddi salgınla beraber 1961'den sonra her yıl salgın olmuştu.

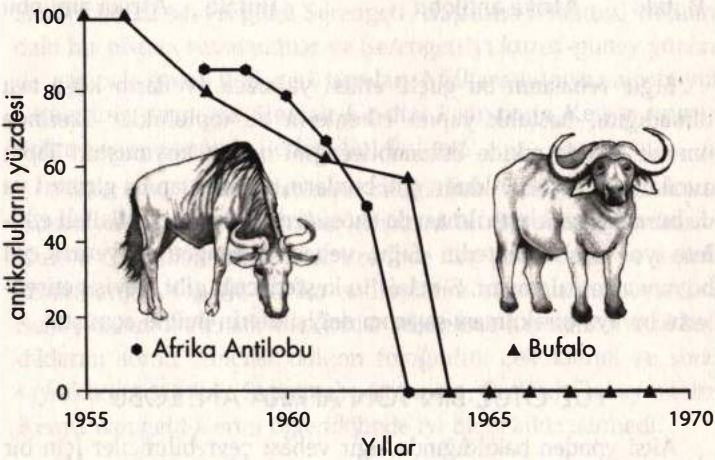
Sinclair sığır vebasının önceki yıllarda bufalo popülasyonunu baskılayıp baskılamadığını merak etmişti. Hastalığın yakın zaman önce görülmeyişi bufaloların sayısının artmasına mı yol açmıştı? Sinclair bunu bulmak için farklı yaşlardaki bufalolarda veba izlerine baktı. Virüs bulaşan hayvanlar kanlarının serum kısmında virüse karşı antikor üretir ve bu antikorlar laboratuvarda kolaylıkla saptanabilmektedir. Eğer doğru düşünüyorsa yaşlı hayvanların kanında antikor varken gençlerde bu antikor bulunmamalıydı.

Sinclair, virüse karşı yeni bir aşı geliştiren virüs uzmanı Walter Plowright'ın, uzun yıllardır Doğu Afrika'da sığır vebası yayılımını takip ettiğini biliyordu. Plowright'a 1960'ların sonunda bufalolardan aldığı serum örneklerini vermişti. Sinclair, Nairobi'nin dışındaki Muguga'da bulunan Doğu Afrika Veteriner Araştırma Kurumu'na ait laboratuvarda çalışan Plowright'ı görmeye gitti. Şanslıydı ki, burada serum örneklerinin alındığı hayvanlara ait serumlar saklanmıştı. Böylece Sinclair bufaloların tarihlendirmesini yapabilir ve sığır vebası hipotezini sınayabilirdi.

1963 ya da daha erken tarihte doğan bufaloların çoğunun veba virüsüne karşı antikor ürettiğini buna karşılık 1964 ya da daha sonra doğan bufaloların hiçbirine virüs bulaşmadığını gördü. Bu mükemmel bir sonuçtu ve Sinclair'in evreka anıydı!

Bufalolarda sığır vebasının varlığı ya da yokluğu ve bufalo popülasyonun baskılanması ya da artışı aynı açıklamanın Afrika

antilobu popülasyonlarına uygulanıp uygulanmayacağı olasılığını gündeme getirdi. Afrika antilobu popülasyonu 1961'den beri üç kat artmıştı. Sinclair, Afrika antiloplarının antikor verilerini inceledi ve burada da 1963 ya da daha sonra doğanlarda antikor varlığında keskin bir düşüş olduğunu, bunun da virüs bulaşmasının söz konusu olmadığına dair bir kanıt ortaya koyduğunu buldu. [Şekil 7.2] Dahası, Sinclair virüsün etkisinin türe özgü olduğunu fark etti. Geviş getirici olmayan ve sığır vebası bulaşmayan Zebra popülasyonları on yıl boyunca sabit kalmıştı.

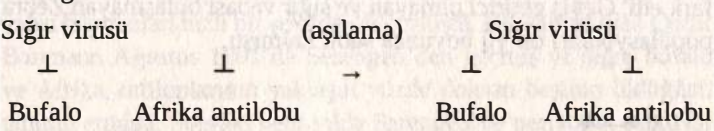


ŞEKİL 7.2 Serengeti'deki Afrika anitoplarından ve bufalolardan sığır vebası virüsünün temizlenmesi. Afrika antiloplarında ve bufalolarda virüse karşı dolaşımda olan antikorlar sırasıyla 1963 ve 1964'te yok olmuştu. Bu da hastalığın parkta ortadan kaldırıldığına işaret ediyordu.

Şekil Sinclair'deki (1979) veriye dayanarak Leanne Olds tarafından çizilmiştir

Sinclair'in sığır vebasının bufalolar ve Afrika antiloplarında ortadan kaybolmasına ilişkin kanıtı, Doğu Afrika'daki yeni sığır vebası salgınlarının kökenine dair geçerli görüşü altüst etti. Yabani hayatın sığır vebası salgınlarının kökeni olduğu düşünülüyordu. Doğu Afrika'daki aşılama programı yalnızca evcilleşmiş sığırları hedefliyordu fakat virüsü vahşi hayvanlardan da ortadan kaldırmaya yönelik fazladan bir etkisi vardı. Bu, sığır vebasının kaynağının vahşi hayvanlar değil sığırlar olduğunu ortaya koyuyordu.

Sinclair geviş getiren bufalolarda ve Afrika antiloplarında görülen hızlı nüfus artışının gizemini çözmüştü. Sığır vebası virüsü topluluk içinde mikroskobik bir köşe taşı gibi davranıyordu. Virüsün varlığı geviş getirenleri negatif yönde düzenliyordu; onun baskılanması hayvanların patlama yapmasına neden oluyordu:



Sığır vebasının bu güçlü etkisi yalnızca avcıların köşe taşı olmadığını, hastalık yapıcı etkenlerin de topluluklar üzerinde önemli ölçüde etkide bulunabileceğini ortaya koymuştur. Tıpkı avcılar için geçerli olduğu gibi bunların yaşam alanına girmesi ya da buradan uzaklaştırılması da ekosistemler üzerinde silsileli etkilere yol açabilmektedir. Sığır vebası Serengeti'yi yetmiş yıl boyunca baskılamıştır. Sinclair'in keşfedeceği gibi, geviş getirenlerin buraya bırakılması şaşırtıcı değişimlerin önünü açmıştır.

YÜZ OTUZ BİN TON AFRİKA ANTİLOBU

Aksi yönden bakıldığında sığır vebası çevrebilimciler için bir armağandır. Denizyıldızlarının uzaklaştırılması ya da su samurlarının ortama sokulmasında olduğu gibi virüs (kazara da olsa), Sinclair ve diğer bilim insanlarının Serengeti topluluklarının düzeninin nasıl olduğunu görmeye olanak sağlayan bir bozucu etkendi. 1973 yılında Afrika antiloplarının sayısı yedi yüz yetmiş bine ulaştı fakat bufalolardan farklı olarak düşme eğilimine dair bir işaret vermedi. Afrika antilopları yiyeceğin çoğunu tüketiyordu ve etçillerin menüsündeki önemli seçeneklerden biriydi. Serengeti'yi daha iyi biçimde anlamak istiyorsa Afrika antiloplarına daha çok dikkat etmesi gerektiği Sinclair'in kafasına dank etti.

Bununla birlikte 1970'lerin ortalarında Serengeti'de çalışmak gittikçe zorlaşmıştı. Bunun nedeni geviş getiren hayvanlar değil *Homo sapiens*'ti. Tanzanya, 1960'ların sonunda tarımı kolektifleştirerek, bankaları ve diğer şirketleri ulusallaştırarak ve özel

sektörü yasaklayarak sosyalizmin uç bir biçimini benimsedi. Kapitalist Kenya ile yıllar süren gerginlik sonucunda Tanzanya Şubat 1977'de birdenbire sınırlarını kapattı. Gerilimin artması ve seyahat yasağıyla birlikte Serengeti'deki turizm yüzde seksen oranında azaldı. Serengeti ekosisteminin Mara kısmı Kenya'daydı, bu nedenle bilim insanlarının sınırı geçerek orada sayım yapıp yapamayacağı belirsizdi.

1977 yılına gelindiğinde Afrika antilopları dört yıldır takip edilmemişti. Sinclair ve aynı zamanda pilot olan çalışma arkadaşı Mike Norton-Griffiths tüm popülasyonu saymayı hedeflemişti. Harika bir 22 Mayıs günü Serengeti Araştırma Enstitüsü yakınındaki bir pistten havalandılar ve Serengeti'yi kuzey-güney yönünde geçmek üzere ileri geri uçtular. Afrika antiloplarının büyük sürülerinin yanı sıra Sinclair bir dizi kamyonun Kenya sınırına doğru kuzey yönünde ilerlediğini fark etti.

Piste geri döndüklerinde silahlarını onlara dıoğrultmuş Tanzanyalı askerler tarafından karşılandılar. Bir subay, Sinclair ve Norton-Griffiths'e kamyonlar üzerinde ileri geri uçarak ne yaptıklarını sordu. Neşeyle Afrika antiloplarını saydıklarını söylediler. Subay onlara inanmadı ve o kadar yüksekten hayvanları nasıl saydıklarını sordu. Sinclair onların fotoğrafını çektiklerini ve sonra saydıklarını söyledi. Sonuçta bu konuşma, özellikle subay onların Kenya'dan geldiklerini öğrendiğinde iyi bir şekilde sürmedi.

"Kenya'dan geliyorsunuz ve ordumuzun fotoğraflarını çekiyorsunuz. Kenya için casusluk yapmanız nedeniyle sizi tutukluyorum." dedi subay. Uçaklarına el kondu fakat Sinclair filmleri kameradan gizlice çıkarmayı başardı.

Daha sonra araştırmacılar bir eve hapsedildi fakat nöbet değiştiğinde muhafız gözetiminde olduklarını anladılar. Üç günlük hapisten sonra harekete geçtiler. Nöbet değişimi sırasında uçağa gidip içine atladılar ve kalktılar. Kenya'ya dönüş için yeterli yakıtlarının olmadığını fark ettiklerinde paleontologların yedek yakıta sahip olduğunu umarak rotayı Olduvai Gorge'deki Mary Leakey'in kampına çevirdiler.

Leakey'in biraz yakıtı vardı ama aynı zamanda onun da anlatacak bir hikâyesi vardı. Önceki yıl, kendi ekibinden birkaç kişi, Laetoli adı verilen bir yerin yakınında, çok eskiden gerçekleşmiş

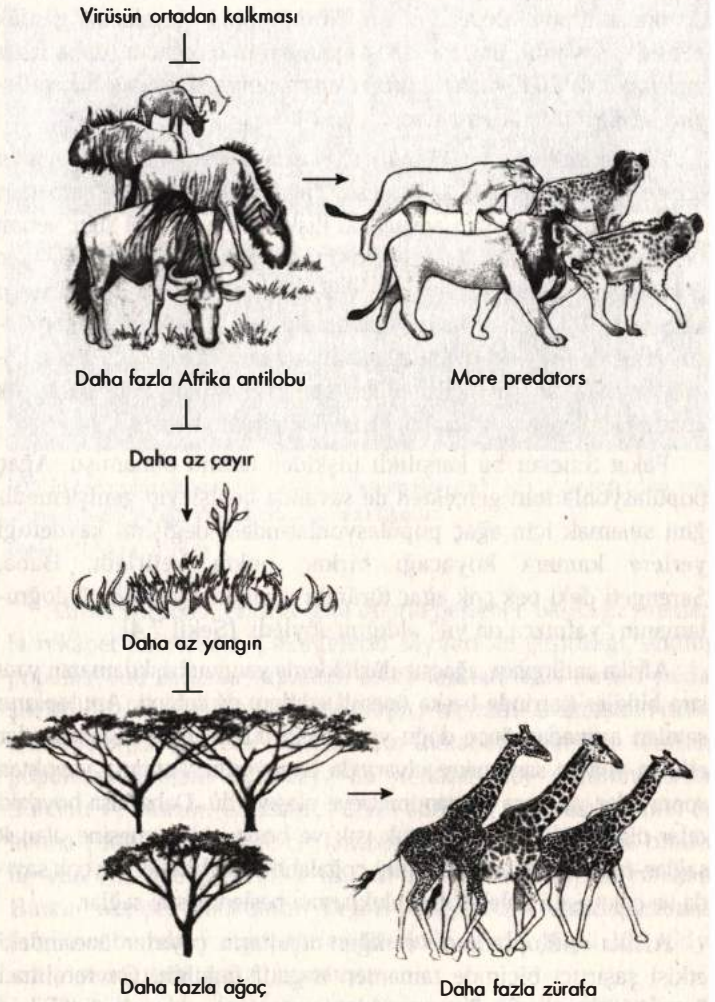
bir kül yağmuru nedeniyle korunmuş olan hayvan izlerine rastlamıştı. Pek çok izin içinde dikkat çeken ve tanıdık gelen bazı ayak izleri görmüşlerdi. Leakey, yirmi altı metre boyunca süren ve daha sonra üç milyon altı yüz bin yıl önce bırakıldığı ortaya çıkacak en az iki gruba ait insan benzeri ayak izini gösterdiğinde Sinclair ve Norton-Griffiths donakalmıştı. Bu tarih öncesinden kalma ayak izleri, eski atalarımızın iki ayak üzerinde durmasına ilişkin tüm kuşkuları ortadan kaldıracaktı.

Birkaç hafta sonra Sinclair ve Norton-Griffiths, sayım sırasında kullandıkları fotoğraf filmlerini banyo edip antilop popülasyonunun bir milyon dört yüz bine ulaştığını gördüğünde kendi durumlarının şaşkınlığını yaşamıştı. Bu sayı dört yıl öncekinin neredeyse iki katı ve 1961'dekinin de beş katıydı. Böylece Afrika antilobu sürüsü, dünyadaki en büyük toynaklı sürüsü olmuştu. Diğer bilim insanları, bu dönemde başka geniş ölçekli değişimler olduğunu fark etmişlerdi. Örneğin aslanların ve sırtlanların sayısı artmıştı. Av sayısı arttığı için bu durumun ortaya çıkması son derece mantıklıydı. Bu fazladan bir milyonluk Afrika antilobu pek çok etçili besleyecek yaklaşık yüz otuz bin tonluk fazladan bir biyokütle demekti. Fakat üzerinde düşünüldüğünde sebebi çok açık olmayan, daha kafa karıştırıcı değişiklikler de vardı. Örneğin zürafaların da sayısı artmıştı. Serengeti'de gerçekleşen değişimlerle zürafalar arasında bir ilişki var mıydı?

Gerçekten de bir ilişki vardı. Bulmacanın kritik önemdeki parçasını, Serengeti'de 1963'ten beri kurak mevsimde yangınların sıklığının ve yoğunluğunun çarpıcı biçimde azaldığını ortaya çıkaran Mike Norton-Griffith'in çalışmaları ortaya koydu. Yangın genç fidanların büyümesini engelliyordu. Yangınlardaki azalma zürafalar için daha fazla yiyecek sağlayacak daha çok genç fidanın büyümesi anlamına geliyordu.

Fakat yangınlar neden azalıyordu? Norton-Griffiths ve Sinclair aslında kendi sayım verilerinin açıklamasıyla karşı karşıya olduklarını fark ettiler. Afrika antilobu ve bufalo popülasyonlarındaki aşırı artış çok daha fazla otlağın otçullar tarafından yendiği anlamına geliyordu ve bu da çok daha az kurak mevsim yangınıyla sonuçlanıyordu. Serengeti'deki tüm değişimler birbirine bağlıydı, değişimlerin tümü aynı farklılaşmaya verilen bir yanıttı. Bu fark-

lılık durumu, otçulları, etçilleri ve ağaç popülasyonlarını etkileyen besin zinciri silsilesini tetiklemesiyle sonuçlanan sığır vebası virüsünün, ortadan kaldırılmasıydı.



ŞEKİL 7.3 Serengeti'nin gerçek dramı. Sığır vebası virüsünün ortadan kakması ve çayırların patlama yapan Afrika antilobu popülasyonu tarafından daha fazla yenmesi avcıların, ağaçların, zürafaların ve diğer türlerin popülasyonlarının artmasına yol açan besin zinciri silsilesini tetiklemiştir.

Çizimler Leanne Olds'a aittir

Biraz durup Şekil 7.3'te gösterilen silsileyi ve mantığı izleyelim. Televizyonda daima gösterilen tasvirin aksine bu uzun süreli çalışmaların açığa çıkardığı şey, Serengeti'deki gerçek dramın bir ceylanı kovalayan çita ya da aslan değil çayırlarda otlayan bir Afrika antilobu olmasıdır. Bu bir milyonla çarpılacak günlük etkinlik, savanlık arazide daha fazla avcının, ağacın, daha fazla zürafanın ve diğer türlerin ortaya çıkmasına yol açacak bir etkileşim silsilesini tetiklemektedir.

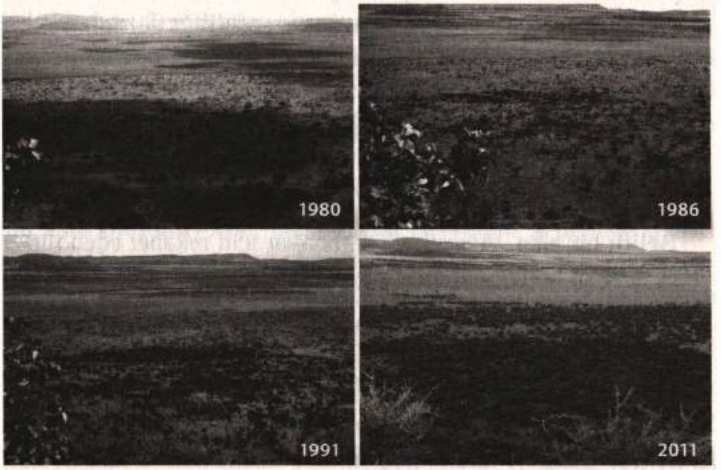
Afrika antiloplarının nüfus patlamasının yarattığı tüm değişimler içinde Sinclair'i en çok şaşırtan şey "ağaç salgınıydı". Su samurları ve esmer kara yosunları arasındaki ilişkide olduğu gibi sığır vebası ve ağaçlar arasındaki ilişki de, bu örnekte çok açıkça belli olmayan üçlü negatif mantığa sahip pek çok düzeyde negatif düzenlemeyi kapsıyordu. Gerçekten de on yıllardır araştırmacılar ve doğa koruyucuları Serengeti'deki olgun ağaçların ortadan kalkmasını dert edinmiş ve bunların kaybından filleri sorumlu tutmuşlardı. Daha çok genç ağacın çoğalma olasılığı genellikle gözden kaçmıştı.

Fakat Sinclair bu karşılıklı ilişkiden tatmin olmamıştı. Ağaç popülasyonlarının gerçekten de savanda genişleyip genişlemediğini sınamak için ağaç popülasyonlarındaki değişimi kaydettiği yerlere kamera koyacağı birkaç nokta belirledi. Bana, Serengeti'deki pek çok ağaç türünün "patlama yaptığını" doğrulamanın "yalnızca on yıl" aldığını söyledi. [Şekil 7.4]

Afrika antilopları, ağaçsız düzlüklerde yangını baskılamanın yanı sıra bitkiler üzerinde başka önemli etkilere de sahipti. Antilopların sayıları artmadan önce doğu yönündeki düzlüklerde bulunan otlar elli ila yetmiş santimetre civarında büyüyordu. Patlama yaptıktan sonra otlar yalnızca on santimetreye ulaşıyordu. Daha kısa boydaki otlar diğer bitkilerin daha çok ışık ve besin elde etmesine olanak sağlar, öyle ki pek çok bitki türü çoğalabilir. Bu bitkiler ise çok sayıda ve çok çeşitli kelebek topluluklarının beslenmesini sağlar.

Afrika antiloplarının ve diğer otçulların çayırlar üzerindeki etkisi şaşırtıcı biçimde tamamen negatif değildir. Çevrebilimci Sam McNaughton, Serengeti'deki otlakların, toprak üstündeki kısımlarını canlandıran telafi edici bir büyüme yanıtı evrimleştirerek yoğun biçimde otlanmaya karşı bir uyarlanım geliştirdiğini keşfetmiştir. Otlaklar gerçekte daha fazla besin üretir ve otlanma söz konusuyken, otlanmaktan korundukları zamana göre daha bol

miktarda bulunmaktadır. Afrika antilopları bu şekilde yıllarca kendilerini besleyen yoğun "otlak alanların" oluşumunu pozitif yönde düzenler (aşağıdaki şemada işaretiyle gösterilmiştir).



ŞEKİL 7.4 Serengeti'de ağaçların sayısının artışı. Azalan yangınlar yirmi bir yıllık bir dönemde çekilen fotoğrafların gösterdiği gibi ağaç yoğunluğunda artışa neden olmuştur.

Anthony R. E. Sinclair'in izniyle.

Afrika antilobu, çekirge gibi otlarla beslenen başka hayvanlarla rekabet halindedir. Çekirgelerin sayıları ve çeşitliliği, antilop popülasyonu patlama yaptıktan sonra kırktan fazla türden yaklaşık bir düzineye inecek şekilde çarpıcı biçimde azalmıştır. Afrika antiloplarıyla yiyecek bakımından rekabet Thomson ceylanı popülasyonundaki azalmayı da açıklar gibi görünmektedir. Sinclair ve Norton-Griffiths, Afrika antilobu popülasyonunun iki katına çıktığı dört yılda, ceylan popülasyonunun altı yüz binden üç yüz bine inecek şekilde iki kat azaldığını ortaya koymuştur. Bunun aksine, bufaloların belirli bölgelerden uzaklaştırılması bunların buradaki diğer türler üzerinde böyle güçlü bir etkiye sahip olmadığını açığa çıkarmıştır.

Tıpkı kayalık alanlardaki midyeler gibi Afrika antilopları da düzlük alanlardaki kaynaklar söz konusu olduğunda güçlü rakiplerdir (aşağıda çift yönlü okla gösterilmiştir ↔) ve onların etkinliği, hem düzlüklerde hem de savanda yaşayan türlerin popülasyonlarını düzenlemektedir:

Ceylanlar ↔ Afrika antilopları ↔ Çekirgeler
⊥
Otlar ↔ Bitkiler → Kelebekler

Rekabet popülasyonların sayısını ve çeşitliliği düzenleyen bir başka temel araçtır ve bir diğer Serengeti yasasını oluşturur:

SERENGETİ YASASI 3

Rekabet: Bazı türler ortak kaynaklar için rekabet eder

Belirli bir alan, yiyecek ya da habitat için rekabet eden türler diğer türlerin bolluğunu düzenleyebilir.

Afrika antiloplarının otlaklar, yangın, ağaçlar, avcılar, zürafalar, bitkiler, böcekler ve diğer otçullar üzerindeki doğrudan ya da dolaylı etkileri bunların, Serengeti'deki toplulukların yapısı ve düzenlenmesi üzerinde güçlü etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Tony Sinclair'in ifade ettiği gibi, "Afrika antilopları olmazsa Serengeti olmaz."

Öte yandan Afrika antiloplarının sayısını belirleyenin ne olduğunu merak edebilirsiniz. Popülasyon sonsuza dek genişleyemez ve genişlememiştir. Popülasyon 1977'de zirve noktasına erişmiştir. Öyleyse, sığır vebasının yokluğunda, Afrika antilobu popülasyonunun genişlemesini dizginleyen nedir? İmpala, bufalo ya da fil gibi diğer türlerde durum nedir? Onların sayısını belirleyen şey nedir?

Bu soruların peşinden gitmek bizi yalnızca Doğu Afrika'da değil tüm dünyada yaşayan pek çok farklı hayvan türünün sayısını düzenleyen başka Serengeti Yasalarına götürecektir.

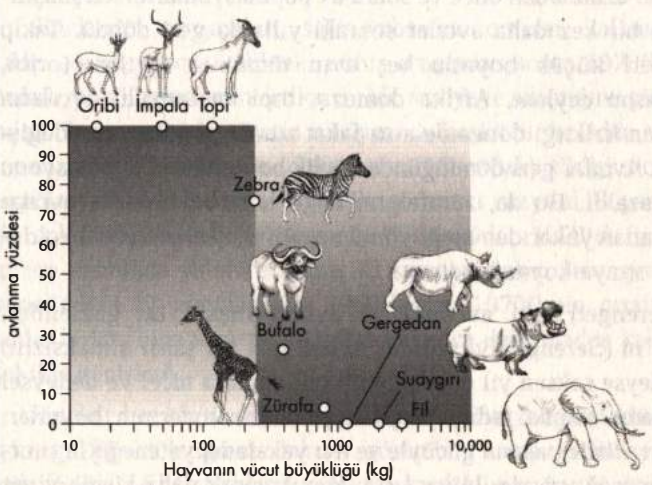
BOYUT ÖNEMLİDİR: MENÜDE KİM VAR VE KİM YENEMEYECEK KADAR BÜYÜK?

Yemek ya da yenmek, kısaca hayvanların hayatı budur. Bu gerçek, sığır vebası gibi salgın hastalıklar görülmüyorken, belirli hayvan popülasyonlarının düzenlenebildiği iki temel yöntemin çerçevesini oluşturur: yenecek ne olduğu; besin bulunabilirliği (besin zinciri anlamında, aşağıdan yukarı) ve avcılar tarafından yenmek

(yukarıdan aşağı) ya da bunların bir tür kombinasyonu. Herhangi bir tür için basit soru, iki yöntemden hangisinin önemli olduğudur.

Doğadaki türlerin çoğu için soru sormak yanıt vermekten kolaydır. Uzun süren gözlemler yapmak gerekir ve tercihen deneyler yapılmalıdır. Sinclair ile çalışma arkadaşları olan Simon Mduma ve Justin Brashes, Serengeti'de yaşayan memelilerin ölümlerinin nedenlerini anlamak için kırk yıl boyunca birikmiş olan verileri inceledi. Bunun sonucunda yetişkin hayvanın vücut büyüklüğüyle hayvanın avcılara yem olması arasında çarpıcı bir ilişki buldular.

Buna göre yüz elli kilogramlık vücut ağırlığı oldukça keskin bir eşik oluşturuyordu, daha küçük hayvanlar genellikle avlanmayla düzenlenirken daha büyük hayvanlar bu şekilde bir düzenlemeye tabi değildi. Örneğin oribi (seksen kg), impala (elli kg) ve topi (yüz yirmi kg) gibi küçük antilopların çoğu avlanma nedeniyle ölüyordu (Bkz. Şekil 7.5, sol üst köşe). Genel olarak söylersek hayvan küçüldükçe avcı sayısı artıyordu. Örneğin oribi, kartal ve piton yılanı da dahil olmak üzere Serengeti'deki on memeli etçilden (yaban kedisi, çakal, çita, leopar, sırtlan ve aslan vb.) en az altısı tarafından avlanıyordu. [Şekil 7.5]



ŞEKİL 7.5 Avın vücut büyüklüğüne bağlı avlanma oranı. Oribi, impala ve topi gibi küçük antiloplar büyük oranda avlanma nedeniyle ölür ve sayıları bununla düzenlenir. Zürafa, suaygırı ve filler gibi daha büyük hayvanlar hemen hemen hiç avlanmaya maruz kalmaz; onların popülasyonları besin kaynağı tarafından düzenlenir.

Çizim, Sinclair ve ark. (2010) kaynağındaki verilere dayalı olarak Leanne Olds tarafından yapılmıştır.

Fakat bufalo gibi daha büyük memeliler daha az avlanırken (yalnızca aslanlar tarafından) yetişkin zürafalar, su aygırları, gergedanlar ve filler neredeyse hiç avlanmaz (Bkz. Şekil 7.5, sağ alt köşe). Sonda saydığımız, dev otçullar olarak adlandırılan, otçullar, onları aslanlar için bile devirmesi çok zor ya da tehlikeli yapan büyük vücutlar (ve savunma biçimleri) evrimleştirerek avcıların düzenlemesinden kaçmış görünmektedir. Boyut eşiğinin üzerinde olan filler ve diğer memeliler avcılar tarafından yukarıdan aşağı yönlü düzenlenmediğine göre buradan bunların yiyecek bulunurluğuyla aşağıdan yukarı yönlü düzenlendiği ortaya çıkmaktadır.

Vücut büyüklüğü eşiği ilginç bir ilişkiyi ortaya koyar fakat bunu, Serengeti'yi "fırlatıp" ne olduğunun görüleceği, Paine'inkine benzeyen bir yöntemle sınamanın bir yolu var mıydı? Evet, vardı. Ne yazık ki bu fırlatma, Serengeti'nin kuzeyinde yaşayan aslanların, sırtlanların ve çakalların büyük bir kısmını yok eden ve 1980'den 1987'ye kadar süren yasadışı avlanma ve zehirleme biçiminde geldi. Sinclair ve arkadaşları, etçiller azalmadan önce ve sonra av popülasyonlarını karşılaştırdı ve bir kez daha avcılar sonraki yıllarda geri döndü. Takip ettikleri küçük boyutlu beş avın tümünün sayıları (oribi, Thomson ceylanı, Afrika domuzu, topi ve impala) avcıların ortadan kalktığı dönemde arttı fakat zürafa popülasyonu değişmedi. Avcılar geri döndüğünde küçük boyutluların popülasyonu yine azaldı. Bu da, zürafaların değil ama bu türlerin, avcılar tarafından yukarıdan aşağı yönlü negatif düzenlemeye tabi olduğunu ortaya koymaktadır.

Serengeti'deki avcılara ve avlara ilişkin bu gözlemler, Elton'ın (Serengeti'yi görmüş olmak gibi bir şansı olmaksızın) neredeyse seksen yıl önce yaptığı çıkarımlara nicel ve deneysel bir kanıt sunmaktadır: "Etçil hayvanların avlarının boyutları yukarı yönde onların gücüyle ve avı yakalama yeteneğiyle sınırlıyken aşağı yönde ihtiyaçlarını karşılayacak daha küçük yiyecekler bulma olanağıyla sınırlıdır." Böylece vücut büyüklüğünün, bir popülasyonun avlanma aracılığıyla düzenlenmeye tabi olup olmayacağını nasıl belirleyebildiğine ilişkin özel bir yasa keşfedilmiştir.

SERENGETİ YASASI 4

Vücut büyüklüğü, düzenlenme biçimini etkiler

Hayvanların vücut büyüklüğü, besin ağındaki popülasyonların düzenlenmesine ilişkin mekanizmada önemli bir belirleyendir. Küçük hayvanlar avcılar aracılığıyla (yukarıdan aşağı düzenlenme) düzenlenirken büyük hayvanlar yiyecek varlığı aracılığıyla (aşağıdan yukarı düzenlenme) düzenlenir.

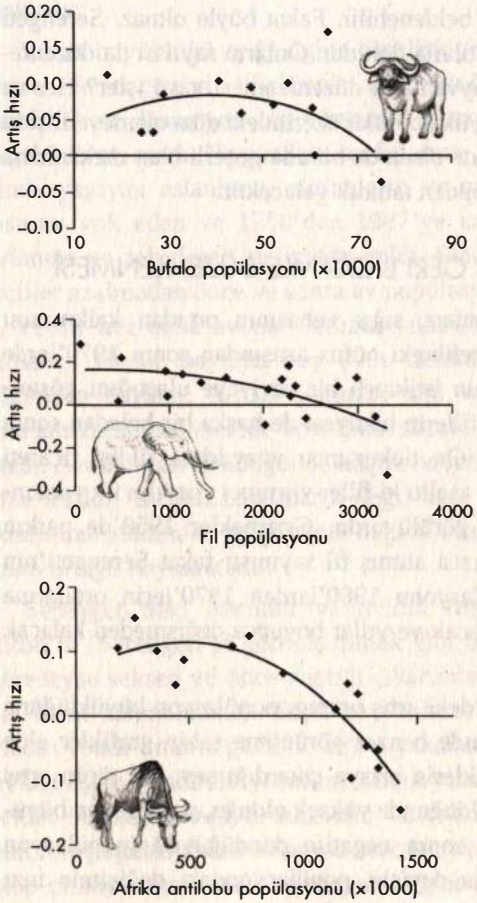
Şimdi, eğer öldürülecek kadar büyük olmak kesin bir avantajsa, tüm türlerin böyle avcı bakımından zengin bir habitatta bu şekilde evrimleşmesi beklenebilir. Fakat böyle olmaz. Serengeti ne fillerle ne de bufalolarla doludur. Onların sayıları da düzenlenir fakat bu büyük hayvanların düzenlenmesi nasıl işler? Her ne kadar doğadaki en büyük boyutlar üzerindeki düzenlemeye ilişkin bir açıklamanın peşinde olsak da burada geçerli olan mekanizma bize moleküler biyolojiden tanıdık gelecektir.

HAYVANLARIN GERİ BİLDİRİMLE DÜZENLENMESİ

Sinclair'in çalışmaları, sığır vebasının ortadan kalkmasını takip eden çarpıcı nitelikteki nüfus artışından sonra 1970'lerde bufalo popülasyonunun istikrarlı bir seviyeye ulaştığını göstermişti. Serengeti'deki fillerin hikâyesi de başka bir beladan sonra toparlanmayı kapsar. On dokuzuncu yüzyıldaki fildişi ticareti popülasyonu o derece azalttı ki filler yirminci yüzyılın ilk yarısında çok nadir olarak görülüyordu. Grizmekler 1958'de parkın güney kısmında yalnızca altmış fil saymıştı fakat Serengeti'nin genelindeki fil popülasyonu 1960'lardan 1970'lerin ortalarına kadar birkaç bine varacak ve yıllar boyunca değişmeden kalacak şekilde genişledi.

Sinclair her bir türdeki artış oranını popülasyon büyüklüğüne göre grafiğe döktüğünde benzer görünüme sahip grafikler elde etti. [Şekil 7.6] Grafiklerin ortaya çıkardığı şey, her türün artış *oranının*, sayıları az olduğunda yüksek olduğu, popülasyon büyüdüğünde azaldığı ve sonra negatife döndüğüydü (popülasyon azalıyordu). Bir başka deyişle, popülasyondaki değişimin hızı popülasyonun yoğunluğuna bağlıydı.

Bu olgu, *yoğunluğa dayalı düzenlenme* olarak bilinmektedir ve bir şey onları engellemezse popülasyonlar sınırsız bir şekilde artacaktır diyen sosyal iktisatçı Thomas Malthus'un eserlerinden beri kabul görüyordu. Öte yandan, örneğin çayırdaki keçiler gibi belirli bir yerde bulunan bir grup büyük hayvanı ele alalım. Popülasyonda başlangıçta az sayıda hayvan varsa bu popülasyon hayvanların üreme hızına bağlı olarak büyüyecektir. Hayvanların sayısı arttıkça yaşam alanı ya da yiyecek azalmaya başlar. Popülasyon habitatın kapasitesini aşarsa daralacak ve sonuçta sınırlı kaynakların besleyebileceği en üst seviyede kalacaktır.



ŞEKİL 7.6 Hayvan popülasyonlarının yoğunluğa bağlı olarak düzenlenmesi. Serengeti'de bufalo, fil ve Afrika antilobu popülasyonları arttıkça artış hızı azalmakta ve sonra negatif yönde seyretmektedir (sayıları azalmaktadır).

Çizim, Sinclair ve ark. (2010), Sinclair (2003) ve Sinclair ve Krebs (2002) kaynaklarındaki verilere dayalı olarak Leanne Olds tarafından yapılmıştır.

Yoğunluğa dayalı düzenlenme, negatif geri bildirim düzenlenmesinin bir türüdür. Enzim reaksiyonları sonucunda ürünlerin artışı, o ürünleri üreten süreci engellemek üzere nasıl geri bildirimde bulunuyorsa hayvan popülasyonlarının artışı da daha fazla hayvan üreten süreçleri yavaşlatabilir ya da geri döndürebilir. Sinclair, doğum ve ölüm oranlarını inceleyerek bu negatif geri bildirim düzenlemesinin bufalolarda nasıl işlediğini ortaya koymaya çalıştı. Sonuçta popülasyon arttıkça yetişkinlerin (yalnızca sayılarının değil) daha büyük bir oranının yetersiz beslenme yüzünden öldüğünü keşfetti.

Sinclair, Simon Mduma ve çalışma arkadaşları Ray Hilborn, yoğunluğa bağlı aynı mekanizmanın göç eden Afrika antiloplarını da frenlediğini ortaya koydu. Popülasyon bir milyona yaklaştıkça, artış oranı yavaşladı ve sonra negatife döndü (Bkz. Şekil 7.6, alt kısım). Bu yoğunluğa dayalı düzenlemeye neyin sebep olduğunu bulmak için araştırmacılar, Afrika antiloplarının kırk beş yıllık sayım sonuçlarını ve hayvanların ölüm nedenlerini incelediler. Bunun sonucunda avlanma önemli düzeyde olduğunda (ölümlerin yüzde yirmi beş ila otuzu) antilopların çoğunun, popülasyon büyükken yetersiz beslenmeden öldüğünü keşfettiler. Serengeti'deki yağış miktarı ve otların biyokütlesine ilişkin kayıtları incelemelerinin sonucunda, bu yetersiz beslenmenin kurak sezonda hayvan başına düşen yiyecek miktarıyla ilişkili olduğunu gördüler.

Serengeti uçsuz bucaksız ve üretken bir bölge olsa da zengin içerikli otlakların daha az ve hayvanların daha zayıf olduğu kurak mevsim belirleyici önemdedir. Bu zayıflık, doğal bir "deney" – Serengeti'yi otuz beş yıl içinde vuran en büyük kuraklık– 1993 yılında gerçekleşmeye başladığında daha belirgin hale gelmiştir. Uzayan kurak mevsimde besin miktarı normal yıllardakinin ancak küçük bir kısmına denk düşmüştü. Sinclair, Mduma ve Hilborn, Kasım ayının her günü üç bin kadar Afrika antilobunun öldüğü kitlesel bir açlığa tanık olmuştu; antilopların yaklaşık yüzde otuzu, kurak geçen mevsimde hastalığa yenik düştü ve popülasyon bir milyonun altına indi.

Bu trajik bir dönemdi fakat madalyonun yoğunluğa dayalı düzenlenmeye ilişkin bir diğer önemli yüzü de vardı. Popülasyon azaldığında sonraki mevsimlerde hayvan başına daha fazla yiyecek bulmak

mümkündü ve popülasyon kararlı bir hale geliyordu. Yoğunluğa dayalı düzenlenme, popülasyon büyüdükçe genişlemeyi yavaşlatarak ve popülasyon azaldıkça bu azalmayı yavaşlatarak her iki yönde tamponlama değişimi "özelliğine" sahiptir. Sıcaklık ayarlanmış olan değeri geçtiğinde soğutmayı devreye sokan ve bu değerin altına düştüğünde ısıtmayı çalıştıran bir termostata benzemektedir.

Yiyecek, yoğunluğa bağlı yöntemde düzenlemeyi sağlayabilen tek etken değildir; avcılar da popülasyon artışını engelleyebilir fakat popülasyon azalıp av hayvanları daha nadir bulunduğunda avcılar daha fazla bulunan başka bir av hayvanına döner ve böylece asıl av popülasyonu eski değerine ulaşabilir (böylece yok olmaz). Yuva yapılan bölgeler ya da avcıların birbirlerine karşı çizdiği sınırlarda olduğu gibi belirli bir alan için rekabet de popülasyonları yoğunluğa bağlı olarak düzenler. Yoğunluğa bağlı faktörler aracılığıyla gerçekleşen geri bildirim düzenlemesi hayvanların sayılarını düzenleyen yaygın bir mekanizmadır:

SERENGETİ YASASI 5

Yoğunluk: Bazı türlerin düzenlenmesi onların yoğunluğuna bağlıdır.

Bazı hayvan popülasyonları, popülasyonun büyüklüğünü kararlı kılma eğiliminde olan yoğunluğa bağlı etkenler tarafından düzenlenir.

Hayvanların sayılarının düzenlendiği iki temel yöntem –avcılar aracılığıyla ve yiyecek varlığı aracılığıyla– gördük. Ayrıca hayvanların daha büyük vücutlar evrimleştirerek avlanmaktan kaçtığı bir başka yöntem daha gördük. Hayvanların yiyecek kısıtlılığının üstesinden, en azından bir ölçüde, gelebildiği bir yol var mı?

Aslında her ikisini de –avcılardan kurtulmak ve daha fazla yiyeceğe ulaşmak– yapabilecek bir yol var ve bu yol Serengeti'deki en büyük gösteriyi ortaya koymaktadır.

GÖÇ: YEM OLMADAN NASIL DAHA ÇOK YENİR

Şimdiye kadar bildiğimiz bazı sayılara geri dönelim: altmış bin bufalo, bir milyonun üzerinde Afrika antilobu. Dört yüz elli

kilogramlık bufalo, avcılara, yüz yetmiş kilogramlık Afrika antilobundan daha zor yem olur fakat Serengeti'de bufalolardan çok daha fazla antilop bulunmaktadır. Vücut boyutunun dışında bu iki türü birbirinden ayıran başka ne var?

Biri yerinden kımıldamazken diğeri hareketlidir.

Göç Serengeti'de en bol bulunan hareketsiz ve hareketli türler arasındaki devasa farklılığın nedeni olabilir mi?

Popülasyonların büyüklüğünü düzenleyen iki etken yiyecek sınırlaması ve avlanma olduğundan göçün bu iki düzenleme biçimi üzerindeki etkisini bilmek durumundayız. Sinclair ve arkadaşlarının yaptığı da buydu.

Göçün yiyecek bakımdan sağladığı avantaj gayet açıktır. Afrika antilopları, Serengeti etrafındaki dokuz yüz altmış kilometrelik yıllık yağış döngüsünü takip eder ve yağışlı dönemdeki yeşil, oldukça besleyici ve kısa otlardan oluşan düzlüklerde dolaşır. Bu, onların gelişim dönemindeki yavrularını besleyen ve yerleşik türlerce kullanılmayan kısa ömürlü bir kaynaktır. Böylece antiloplar, çayırlar kuraklaştıkça açık düzlüklerden daha fazla yağış alan uzun çayırlara sahip savanlara ve ağaçlık bölgelere hareket eder.

Denklemde avcının bulunduğu taraf biraz daha fazla açıklama gerektirmektedir. Afrika antilopları aslanlar ve sırtlanlar için bir avdır. Öte yandan, daha önce avın vücut boyutları hakkında tartışırken antiloplara ilişkin istatistikleri bilerek dahil etmedim. Böyle yapmamın nedeni şeklin antilop popülasyonuna dayalı olmasıydı. Aslında Serengeti'de iki tür Afrika antilobu bulunmaktadır: göç eden büyük sürüler ve sistemin belirli bölgelerinde (sabit su kaynaklarına yakın yerlerde) bütün yıl boyunca kalan "yerleşik" popülasyonların küçük kısımları. Yerleşik popülasyonlar üzerindeki avlanma tüm ölümlerin yaklaşık yüzde seksen yedisini oluştururken göç edenler üzerindeki avlanma göç edenler arasında gerçekleşen tüm ölümlerin yalnızca dörtte birini oluşturmaktadır. Dahası, göç edenlerin bir yıl içinde yaklaşık yalnızca yüzde biri avlanırken, yerleşik olanlar yüzde ona kadar öldürülmektedir. Dolayısıyla göç edenler hayvan başında daha az avlanmaya maruz kalmaktadır. Aslan ve sırtlan davranışları üzerine yapılan çalışmalar bunların neden hareket halindeki yiyecekler-

den yararlanmadığını ortaya koymaktadır: Avcılar sürüleri takip edemez çünkü kendi yavrularını korumak ve yetiştirmek üzere belirli bir alanla sınırlı kalmışlardır.

Avcılardan kaçınma davranışlarının bileşik etkisi ve daha fazla yiyeceğe ulaşmak, Afrika antiloplarının yerleşik popülasyonlarına göre (kilometre kare başına yaklaşık on beş hayvan) çok daha büyük bir yoğunluğa erişmesine (kilometre başına altmış dört hayvan) olanak sağlamaktadır. Serengeti'de sayıları büyük miktarlara ulaşan ve diğer tüm yerleşik türlerin akrabası olan göçmenlerden diğer ikisi –zebralar (iki yüz bin) ve Thomson ceylanları (dört yüz bin)– büyük avantaj sağlayan göçle uyumlu bir durum sergiler. Afrika'nın başka yerlerinde tiang ceylanı (bir topi ırkı) ve beyaz kulaklı Sudan kobu, sayı bakımından en fazla bulunan yerleşik türlerden on kat daha fazladır.

Öyleyse göç, bir diğer ekolojik yasadır ya da daha uygun bir tabirle, yoğunluğa dayalı düzenlemenin dayattığı sınırları aşmanın bir yolu olarak, yasa kırıcılıktır:

SERENGETİ YASASI 6

Göç hayvan sayısını artırır

Göç, yiyeceğe ulaşma yollarını artırarak hayvanların sayılarını artırır (indirgeyici aşağıdan yukarı düzenleme) ve av olma yatkınlığını azaltır (indirgeyici yukarıdan aşağı düzenleme).

FARKLI YASALAR, BENZER MANTIK

Sinclair oraya ilk ayak bastıktan elli yıl sonra [Şekil 7.7] hâlâ oradaydı. Uzun bir zaman göç eden hayvanlar üzerine çalıştıktan sonra orayla bütünleşmişti. O ve eşi Anne, Serengeti'nin batı ucundaki Victoria Gölü'nün kıyısında her yıl gelip kaldıkları bir ev yaptı.

"Bay Serengeti'nin" –meslektaşlarının sevgi ve saygı duyarak kullandığı lakap– büyük çabası sayesinde şimdi bu sıradışı bölgenin yasalarını anlamış bulunuyoruz. Artık durumun olduğu şekilde olmasını belirleyen besin ağlarının, kilit taşı türlerin, besin zinciri silsilelerinin, rekabetin, yoğunluğa dayalı düzenlenmenin

ve göçlerin ne olduğunu biliyoruz: Neden çok fazla zebra varken bu kadar çok fil yok; avcılar neden impala ve topiyi kontrol ederken zürafa ve suaygırlarını kontrol edemez; bugün neden elli yıl öncekinden daha fazla ağaç ve kelebek varken daha az çekirge var ve neden uzun yüzlü, karizmatik olmayan Afrika antilopları ve onların hareketleri Sinclair'in ifadesiyle Serengeti'nin "can damarıdır" biliyoruz.



ŞEKİL 7.7 Tony Sinclair Serengeti'de.

Fotoğraf Anne Sinclair tarafından çekilmiştir ve Anthony R. E. Sinclair'in izniyle kullanılmıştır.

Öte yandan bu Serengeti Yasaları yalnızca Serengeti'deki hayvanlar için geçerli değildir. Bunlar her yerdeki tüm ekosistemlere uygulanabilir genel yasalardır. Dahası, bunları düzenlenmenin genel yasaları ve (Bölüm 3'te anlatılan) moleküler düzeydeki yaşamın mantığıyla karşılaştırdığımızda dikkate değer bir benzerlik kendini göstermektedir. Düzenlemenin kendine özgü araçları ekolojide farklıdır (avlanma, besin zinciri silsileleri vb.) fakat pozitif ve negatif düzenlenme, çift-negatif mantık ve geri bildirimle düzenleme her iki düzeydeki sayıları kontrol etmektedir:

DÜZENLEMENİN GENEL YASALARI VE SERENGETİ YASALARI

Pozitif düzenlenme

A → B — Besin zincirindeki üst seviyelerin aşağıdan yukarı düzenlenmesi

Negatif düzenlenme

A ┤ B — Avcılar tarafından yukarıdan aşağı düzenlenme; rekabet

Çift-negatif mantık

A ┤ B ┤ C — Besin zinciri silsileleri: A, B'yi düzenleyerek C üzerinde güçlü bir dolaylı etki sağlar

Geribildirim düzenlemesi

A → → → A — Yoğunluğa dayalı düzenlenme; çoğalma hızı popülasyon büyüdükçe azalır.

Tıpkı sağlığımıza yön veren özel moleküler yasalar gibi bu ekolojik yasalar da yaşamı sürdürmek için gerekli yasalardır. Daha sonra göreceğimiz gibi bu yasalar ihlal edildiğinde *bizim* dünyamızda kötü şeyler gerçekleşir. Yine tıpkı moleküler yasalar için geçerli olduğu gibi, ekolojik düzenlenme yasalarını anlamak, hasta ekosistemlerin ne olduğunu teşhis etmemize ve olanaklar dahilinde onları tedavi etmemize olanak sağlar.

BÖLÜM VIII

KANSERİN BAŞKA BİR TÜRÜ

Günümüzde bu alandaki ekonomik sorunların en büyük kısmını oluşturan şey hayvanların sayılarının düzenlenmesindeki hatalardır.

CHARLES ELTON

1 Ağustos 2014 Cumartesi günü saat gece 1'de Ohio eyaletindeki Toledo'da tüm vatandaşlara acil bir duyuru yapıldı:

SU İÇMEYİN
SUYU KAYNATMAYIN

Su arıtma tesisindeki kimyacılar, su kaynağında, kaynatarak temizlenmeyen ve kaynatınca daha da yoğun hale gelen tehlikeli bir toksinin yüksek dozda bulunduğunu tespit etti.

Bir buçuk milyon insanın yaşadığı büyük şehir bölgesi felce uğradı. Restoranlar, kamu binaları ve hatta hayvanat bahçeleri bile kapatıldı. İnsanlar market raflarında şişelenmiş ne kadar su varsa hepsini satın aldı. Ohio valisi acil durum ilan etti. Ulusal Muhafızlar kamyonlarla su taşımak ve taşınabilir su arıtma tesislerinde çalışmak üzere görevlendirildi. Ulusal ve uluslararası basın kuruluşları, günlük ihtiyacı olan üç yüz milyon litre sudan yoksun bu modern Amerikan kentini haber yaptı. Bu, uzun süre mücadelelerden geçmiş, kuzey bölgesinde yer alan kentin istediği türden bir ilgi değildi.

Bu konuya daha da çok dikkat kesilmiştim. Bu şehir ve şehirdeki su hakkında epey bilgi sahibiydim. Büyük Erie Gölü'nün güneybatı kıyısında bulunan Toledo'da doğmuş ve orada büyü-

müştüm. Arkadaşım Tom Sandy ve ben göl kıyısında yılan avlamaya giderdik ve yılan yakalamanın verdiği heyecan bir biyolog olma arzumun ortaya çıkmasında büyük rol oynamıştı. Öte yandan bütün çocukluğum boyunca bir kez bile göle ne ayağımı sokmuştum ne de gölde yakalanan bir şeyi yemiştim.

1960'lar ve 1970'lerin ilk yarısı boyunca büyüdüğüm sırada göl kirlilik düzeyi bakımından kötü bir şöhrete sahipti, öyle ki Dr. Seuss, *The Lorax* (1971) adlı çevreye ilişkin fablında buradan bahsetmişti:

Somurtuyorsun ey mırıltılı balığın mırıldandığı göl!

Artık mırıldanamazlar çünkü solungaçları yapış yapış.

Bu yüzden onları buradan gönderiyorum. Ah, gelecekleri kasvetli.

Yüzgeçleriyle yürüyüp kederle yorgun düşecekler.

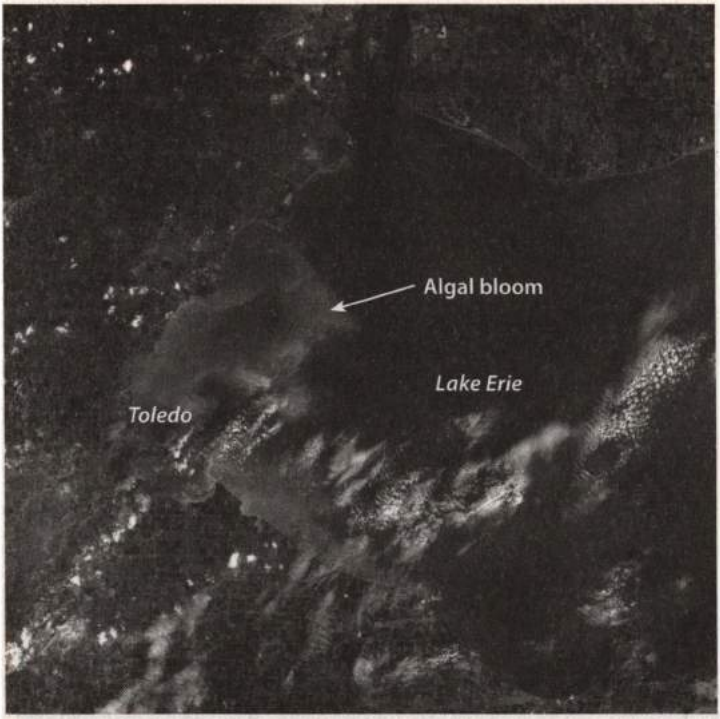
Yağla kirlenmemiş biraz su ararken

Duyuyorum ki Erie Gölü'nde işler kötü.

Erie ve diğer göllerin harekete geçirdiği Birleşik Devletler Kongresi, su yollarındaki kirleticileri tahliye etmek ve su kalitesini insanlar ve sucul canlılar için kabul edilebilir değerlere çekmek için Çevre Koruma Kurumu'nu yetkilendirmek üzere 1972 Temiz Su Anlaşması'nı onayladı. Ayrıca, 1972 yılında Birleşik Devletler ve Kanada, Büyük Göller'e atılan kimyasal atıkları azaltmak üzere, birlikte çalışmayı öngören Büyük Göller Su Anlaşması'nı imzaladı.

Bunun üzerine alg popülasyonları azalırken balık popülasyonları arttı. Fakat 1986 yılına gelindiğinde Erie Gölü'ndeki durumun düzelmesi öyle çarpıcıydı ki Dr. Seuss *The Lorax*'ın sonraki baskılarında yukarıda geçen bölümü kaldırmayı kabul etti.

Bununla birlikte Erie Gölü yine somurtmaya başladı. Bunun sorumlusu gölün yüzeyini kilometrelerce kaplayıp kalın bir tabaka oluşturan ve *Microcystis* adı verilen küçük, tek hücreli mavi-yeşil bir algdi. Göl, 2011 yılında tarihindeki en büyük patlamayı yaşadı ve bunun sonucunda on santimetre kalınlığa varan yeşil halı, güney kıyısı boyunca Toledo'dan Cleveland'a kadar yüz doksan kilometrelik bir alanı kaplıyordu. 2014'te, tam da Toledo su arıtma tesisinin ana emme borusunun üzerinde kalın çorba kıvamı oluşturdu. [Şekil 8.1]



ŞEKİL 8.1 Ohio, Toledo yakınlarındaki Erie Gölü'nde alg patlaması, Ağustos 2014.
1 Ağustos 2014'te çekilmiş NASA uydu fotoğrafı.

Bu patlamaya neden olan şey astronomik sayılara ulaşan alglerdi. Normal koşullarda bir litre göl suyunda birkaç yüz alg hücresi bulunabilir. Alg patlaması yaşandığında ise bir litrede yüz milyondan fazla alg hücresi bulunabilir. 2011'deki alg patlaması, bir milyon trilyondan bir milyar trilyona kadar toksik madde üreten hücre barındırmış olabilir.

Tıpkı insan vücudunda metastaz yapan bir tümör gibi bu alg kütlesi de gölün bedeninde yayılırken yıkıma yol açmaktadır. Algin kitlesel biçimde aşırı büyümesi gerçekten de ekolojik bir kanserdir.

Kanser bir insanda yayılırken vücudun dengesini sağlayan organları istila edip onların işlevini bozabilir. Kanser kemik iliği ya da akciğerlerdeyse, vücut oksijen bakımından açlık çekebilir; sindirim organlarındaysa, vücut besin açlığı çekebilir ve eğer

karaciğer ve kemiği istila etmişse kanda bulunan temel kimyasalların hassas dengesini bozabilir. Benzer şekilde, alg kütlesi göldeki hayati işlevleri engelleyerek ölüme neden olur. Ürettiği toksinler balık ve diğer vahşi yaşam için oldukça zehirlidir ve besin zincirini darmadağın eder. Dahası algler öldüğünde gölün dibine çöker ve buradaki bakteriler gölün oksijenini kullanarak onları parçalayarak ayrıştırır. Böylece balıkları ve diğer canlıları boğarak kimyası değişmiş bir sudan oluşan yaşanmaz bir ortam yaratır.

Erie Gölü ciddi durumda olan tek dev su kaynağı değildir. Kanada'daki Winnipeg Gölü, Çin'deki Taihu Gölü ve Hollanda'daki Nieuwe Meer Gölü gibi aynı kaderi paylaşan pek çok göl mevcuttur. Aynı zamanda bunlar, aynı canlının aşırı çoğalmasından mustarip olan tek ekosistem de değildir. Kanser biyosferin farklı kısımlarında çok çeşitli biçimlere bürünür. Hangi tür yasaların ihlal edilmesinin, gölleri, toprak alanları, körfezleri ve savanaları hasta ettiğini sormadan önce birkaç örneğe daha değineceğim ve dokuz ve onuncu bölümlerde bu bilginin buraları iyileştirmek için nasıl kullanılabileceğini göstereceğim.

ÖLDÜRÜCÜ HASTALIK

Asya'nın tropik bölgesindeki on altı ülkeyi ziyaret ettiğinizde insanların ne yediği açıklığa kavuşur. Hindistan'dan Endonezya'ya kadar kilometrelerce pirinç tarlası vadiler ve sıralı yamaçlar boyunca geniş alanlara yayılır. Örneğin Kamboçya'da, pirinç üretimi tek başına toplam tarım alanının yüzde doksanını kaplar. Tahıl toplam insan nüfusunun neredeyse yarısı için çok önemli bir temel gıda maddesidir. Asya'da tüketilen tüm kalorinin yüzde otuzdan fazlası pirinçten sağlanır ve Bangladeş, Vietnam ve Kamboçya gibi bazı ülkelerde tahıl günlük kalorinin yüzde altmışını karşılamaktadır.

Pirinç Asya'da altı bin yıldan fazla bir zamandır yetiştirilmektedir fakat günümüzdeki sulak alanlar 1960'ların yeşil devriminin ürünleridir. Kuraklık, mahsul kıtlığı ve popülasyon artışı nedeniyle kitlesel açlık ihtimali, genetik olarak güçlendirilmiş yeni pirinç varyetelerinin geliştirilmesine ve gübre ve böcek öldürücülerin rutin kullanımını içeren daha üretken tarım yöntemlerine yer verilmesine neden olmuştur. On yıl içinde, tüm tarım alanlarının dörtte biri yeni pirinç ırkları kullanmak üzere ayrılmış ve

Asya'daki çiftçilerin pek çoğu dört dönüm başına neredeyse iki kat daha fazla ürün elde ettiğini görmüştür.



ŞEKİL 8.2 Pirinç bitkisi üzerinde kahverengi yaprak biti

IRRI/Sylvia Villarel'in izniyle.

1970'lerin ortasına gelindiğindeyse, Filipinler, Sri Lanka ve tropik Asya'daki başka bölgelerde bulunan yeşil çeltik tarlalarının pek çoğunun rengi önce turuncu-sarıya sonra da kahverengiye dönüyordu. 1976 yılına gelindiğinde felaket Hindistan'ı vurdu. Dört milyon dönümden daha büyük bir alandaki ürün hastalığa yakalanmıştı. Ailelerini bir yıl boyunca besleyecek ya da yıllık gelirinin büyük bir kısmını sağlayacak ürünlere bel bağlayan çiftçilerin bulunduğu bir bölgede bu korkunç bir durum arz ediyordu.

Durumun sorumlusu, kahverengi yaprak biti adı verilen çok küçük bir böcekti. Birkaç milimetre uzunluğunda olsa da, bir bitki üzerine konan dişi birey, gelişen pirinç bitkilerini besin kaynağı olarak kullanan larvaları verecek yüzlerce yumurta bırakabilmektedir. [Şekil 8.2] Minik böcekler bitki özünü emer; bundan sonra bitkilerin yaprakları sarıya döner, kuruyarak ölür ve bu, karakteristik "bit yanığı" görüntüsüne neden olur. Ilık ve nemli tropik bölgelerde hızlı üreyen bu böcek popülasyonları, pirinç bitkisinin olgunlaşmasına kadar geçen zaman boyunca üç nesil verebilir. Bitki başına düşen sayıları birden azken beş yüz ila bine çıkarak patlama yapabilir ve böylece bir bölgeyi istila edebilirler.

Doğal olarak yaprak bitkilerini gören çiftçilerin ilk güdüsü, böcek öldürücü kullanarak onları bombardımana maruz bırakmaktı. Endonezyalılar ilaçları karadan ve havadan uyguladılarsa da salgın devam etti. Yılda üç milyon insanı beslemeye yetecek üç yüz elli bin tonun üzerinde pirinç kaybedildi. Çiftçilerin çoğu neredeyse her şeyini kaybetti. Endonezya dünyadaki en büyük pirinç ithalatçısı olmak mecburiyetinde kalıyordu.

1970'lerden önce yaprak biti önemsiz bir pirinç zararlısı olarak düşünülüyordu. Böyleyken kahverengi yaprak bitini bir tehdit unsuru haline getiren neydi? Bu böcekler tonlarca böcek ilacına nasıl direnebilmişti?

Doğal ve deneysel pirinç tarlalarında böceklerin çoğalması üzerine yapılan titiz çalışmalar çok şaşırtıcı bir durumu açığa çıkardı: Yalnızca böcek öldürücü uygulanan bitkilerin üzerinde böcek öldürücü uygulanmayan bitkilerin üzerindeki kadar yumurta, larva ve böcek olması söz konusu değildi, daha fazlası vardı. Gerçekten de böcek öldürücü uygulaması, yaprak bitinin yoğunluğunun sekiz yüz kata kadar artmasına neden olmuştu. Bu da böcek öldürücünün

engelleyici etkiye sahip olmadığı, yaprak bitinin çoğalmasından büyük oranda sorumlu olduğu anlamına geliyordu.

Fakat bu nasıl olabilirdi?

Pek çok etkenin işe karıştığı ortaya çıktı. İlk olarak böcekler diazinon gibi yaygın olarak uygulanan böcek öldürücülere karşı bir direnç evrimleştirmişti. Fakat bu durum böcek öldürücüyü yalnızca kullanışsız hale getirirdi. Salgına yol açması için daha başka bir şey olmalıydı ve vardı. Çok daha şaşırtıcı olan ikinci keşif, böcek öldürücünün yumurta bırakma oranını gerçekten de yaklaşık olarak iki buçuk kat artırıyor olmasıydı. Üçüncü etkense, hayır, popülasyon patlamasına yol açan üçüncü nedeni size şimdi söylemeyeceğim. Pirinç tarlalarında ihlal edilen yasa başka yerde de ihlal edildiği için ekolojik kanserlere ilişkin birkaç örnek daha verene kadar üçüncü nedeni saklayacağım. Çok daha büyük bir bitki zararlısı, Batı Afrika'daki bazı bölgelerde kol gezmekteydi.

BABUN İSTİLASI

Gece karanlığı, Gana'nın kuzeybatısında bulunan savanadaki Larabanga köyünün sakinlerini endişelendirmektedir. Üç bin sekiz yüz kişiden oluşan bu kırsal topluluk, su aygırlarını, filleri, bufaloları, çok sayıda antilop ve primatı, leoparlardan aslanlara varıncaya kadar çeşitli türdeki kedileri içeren pek çok memeliyi barındıran Mole Milli Parkı'nın birkaç kilometre uzağında bulunmaktadır. Köylüler genellikle vahşi hayvanlarla karşı karşıya gelmektedir fakat onları geceleri ayakta tutan aslanlar değildir.

Buradaki pek çok aile ihtiyaçlarını mısır, tatlı patates, manyok üreterek ve ortaklaşa kullanılan alanlarda küçük besi hayvanları yetiştirerek karşılamaktadır. Fakat birkaç senedir, oldukça iri, dört ayaklı hırsızlar (zeytuni babunlar) birlikte hareket ederek karanlığın da yardımıyla ekinlere saldırmak üzere bölgeye girmektedir. Bir düzine ya da daha fazla sayıda babundan oluşan bir grup, sinsice kaçıp gitmeden ya da öfkeli çiftçiler tarafından kovalanmadan önce birkaç dakika içinde bitkilere ciddi zararlar vermektedir.

Babunlar öyle arsızdır ki gün içinde de keşif yapıp saldırıya geçebilmektedir. Değerli ekinleri korumak için çocukları kullanan çiftçiler daima uyanık olmak durumundadır. Bu işi yapmayan

çocuklar okula gönderilir. Bu yağmacı primatların bileşik ekonomik ve toplumsal etkisi ciddi bir krize yol açmıştır.

İnsanlar ve babunlar tüm Afrika'da hep birbirine yakın yaşamıştır. Öyleyse babunlar Gana'da neden ve ne zaman bir problem haline gelmiştir?

Bu sorunun yanıtının bir kısmı, ülkenin farklı yerlerine dağılmış bir avuç koruma alanı ve parkta bulunmuştur. Gana Vahşi Yaşam Dairesi, 1968 yılında, vahşi yaşamı yakından takip etmek üzere kırk bir memeli türünü dikkatli bir şekilde saymaya başlamıştır. Altı farklı koruma alanındaki altmış üç noktada bulunan görevliler her ay dokuz ila on dört kilometre yürüyerek temas ettikleri hayvanları ya da her bir hayvana ait diğer izleri saymışlardır. Onlarca yıl süren sayım, Shai Hills Resource Koruma Alanı gibi en küçüğünden (elli dört kilometrekare) Mole Milli Parkı gibi en büyüğüne (dört bin sekiz yüz kırk kilometrekare) kadar farklı koruma alanlarında bulunan memeli popülasyonlarındaki değişikliklerin ayrıntılı bir hesaplamasını ortaya koyuyordu.

Sayım sonuçlarına göre, 1968'den 2004 yılına kadar otuz yıllık bir sürede, altı koruma bölgesinde, özellikle en küçük koruma bölgesinde yaşayıp soyu tükenen pek çok türü de kapsayan kırk bir türden biri hariç hepsi azalmıştı. Bu hariç olan tür hangisiydi? Tahmin edersiniz ki yüzde üç yüz altmış beş oranında artış gösteren zeytuni babunlardı. Dahası, babunların parklardaki yayılım oranı yüzde beş yüz oranında artmıştı.

Babunların neden artış gösterdiği sorusunun yanıtı için sizi, Birleşik Devletler'in Atlantik kıyısındaki kıymetli bir balıkçı bölgesinin kapanmasına neden olan diğer ekolojik kanser örneğinden de bahsedene kadar bekleteceğim.

KITLIK

Deniz tarakları uzun zamandır Kuzey Amerika kültürünün bir parçasıdır. Avrupalıların Amerika'ya yerleşmesinden önce doğu kıyısında yaşayan yerliler bu yumuşakçaları iki buçuk santimetre uzunluğundaki beyaz renkli bükücü kasları için topluyordu. 1870'lerin ortasından 1980'lerin ortasına kadar Massachusetts, New York ve Kuzey Carolina'da büyük ticari deniz tarağı işletmeleri aktif haldeydi. Kuzey Carolina, 1928 yılında, altı yüz otuz

beş ton deniz tarağı eti üretimiyle birinci sıradaydı. Eyaletteki pek çok balıkçı için erken kış dönemi hasadı, gelir bakımından diğer mevsimlere göre daha büyük önem taşıyordu.

2004 yılına gelindiğinde toplam deniz tarağı eti üretimi yetmiş kilodan daha azdı. Bir asırlık balıkçılık "iflas" ilan etmiş ve 2014'ü de kapsamak üzere ilerleyen yıllar boyunca kapanmıştı. Balıkçılar, eyaletteki uzmanlar ve bilim insanları "Ne oldu?" diye soruyordu.

Buna ilişkin ilk ipucunu, trolleri ve ağlarıyla çok büyük sayıda inek burunlu vatoz çekerek fark eden balıkçılardı. Doksan santimetre genişliğindeki bu balık, sonbaharda doğu kıyılarına göç eder ve ağlara dolanarak onlara zarar verir. Sahip olduğu zehirli iğnesi ve ticari bir pazarının olmamasıyla balıkçılar için ciddi bir sorun yaratmıştır.

Balıkçılar bu durumu, Carolina kıyısı boyunca inek burunlu vatozların deniz tarağı avlamasının etkileri üzerine çalışan North Carolina Üniversitesi'ndeki deniz biyoloğu Charles "Pete" Peterson'a bildirdiler. Peterson bu konuda çalışmak için North Carolina Üniversitesi ve Dalhousie Üniversitesi'ndeki meslektaşlarıyla bir takım oluşturdu. Ekip, vatoz popülasyonunun, önceki on altı ila otuz beş yıl boyunca Atlantik kıyılarında kırk milyon bireyden oluşan bir popülasyona ulaşarak on kat arttığını ortaya koydu. Peterson daha önce inek burunlu vatozların kıyı boyunca belirli bölgelerde tüm deniz tarağı popülasyonunu nasıl ortadan kaldırdığını gözlemlemişti. Deniz burunlu vatoz popülasyonundaki patlama Kuzey Carolina sularındaki çoğu bölgede deniz taraklarının ortadan kalkmasını açıklıyor gibi görünüyordu. Öte yandan vatozların bu kadar büyük sayılara ulaşması nasıl açıklanabilirdi?

Artık bu kanserlerin gizemini açıklamanın vakti geldi.

KAYIP HALKALAR

Microcystis, yaprak bitleri, babunlar ve inek burunlu vatoz... Düzenlemeye ilişkin hangi yasa ya da yasalar bu organizmaların sayısındaki artışa neden olacak şekilde ihlal edildi?

Buna yanıt vermek için önce biraz kafa yormamız gerekiyor: Bu popülasyonları düzenleyen şey ne olabilir? Elton, canlı toplulukların işleyişini anlamak istiyorsak besin zincirinin izini sürme-

liyiz demişti. Bu popülasyonlar daha çok yiyecek olduğu için artmış olabilir mi?

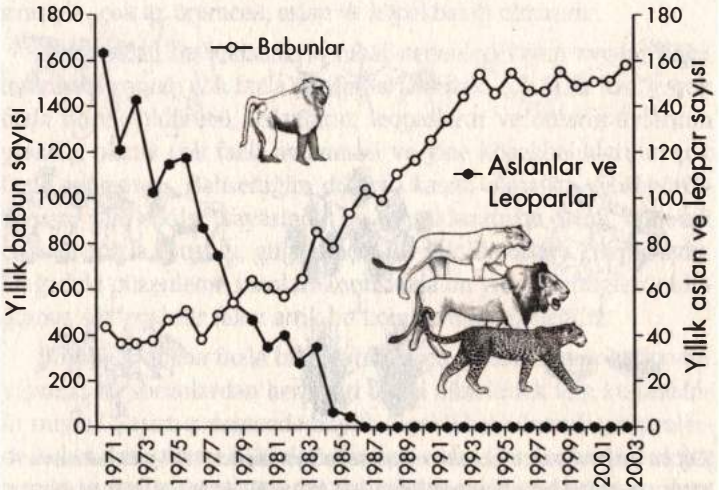
Microcystis'i ele alırsak bu, açıklamanın önemli bir kısmını oluşturuyor gibi görünüyor. Fosfor elementi alg popülasyonları için kısıtlayıcı bir etmendir. Alg patlamasını hızlandıran şey, Erie Gölü'ne bahar ve yaz mevsiminde tarlalardan ve diğer kaynaklardan gelen inorganik fosfat halindeki fazla fosfordur. Fosfor göldeki besin zinciri yapısında, alg popülasyonları üzerinde.. Fosfor göldeki besin zinciri yapısında, alg popülasyonları üzerinde aşağıdan yukarı bir etkiye neden olur.

Öte yandan daha fazla besin diğer kanserleri açıklıyor gibi görünmemektedir. Her tarlada yaprak bitlerinin beslenebileceği çok fazla pirinç bitkisi mevcuttur fakat yaprak bitleri genellikle bitkilerin tümünü etkilemez. Ayrıca daha fazla yiyeceğin bulunması, böcek öldürücü ilaçlar varken görülen patlamayı açıklamaz. Benzer şekilde, yiyecek varlığı Gana'daki parklarda diğer memeliler azalırken neden yalnızca babunların sayısının arttığını açıklamadığı gibi daha fazla deniz tarağı varken inek burunlu vatozlardaki artışı da açıklamaz. Eğer yanıt yiyecek varlığı değilse bu hayvanların sayılarını düzenleyen şey nedir?

Belki de bu hayvanlardan sonra gelen besin zincirine bakmamalıyız.

Peterson ve arkadaşlarının inek burunlu vatozlar için yaptığı da buydu. Köpekbalıkları vatozları yer ve araştırmacılar doğu kıyısı boyunca köpekbalığı popülasyonlarına ilişkin kayıtları incelediğinde 1972'den itibaren beş tür için çarpıcı bir azalmaya tanık oldu: camgöz köpekbalığında yüzde seksen yedi azalma; siyah yüzgeçli köpekbalığında yüzde doksan üç azalma; çekiç başlı, boğa ve esmer köpekbalıklarında yüzde doksan yedi ila doksan dokuz oranında azalma. Köpekbalıkları diğer hayvanlarla da beslenmektedir. Eğer köpekbalıklarındaki azalma inek burunlu vatozlarda görülen patlamanın nedeniyse köpekbalıklarının avı olan diğer hayvanların sayısında da artış beklenmelidir. Gerçekten de araştırmacılar inek burunlu vatozun yanı sıra çeşitli küçük vatozlar, tırpanalar ve küçük köpekbalıklarını içeren diğer on üç türün sayısının çarpıcı biçimde arttığını bulmuştur.

Buna benzer bir açıklama Gana'daki babun istilasını da açıklığa kavuşturmaktadır. Aslanlar ve leoparlar babunları avlar ve Gana'daki parklarda bu avcıların sayıları ciddi biçimde azalmıştı, 1986 yılına gelindiğinde altı parkın üçünde tamamen ortadan kalkmışlardı. Aslanlar ve leoparlar ortadan kayboldukça babunların sayısı artıyordu. [Şekil 8.3]

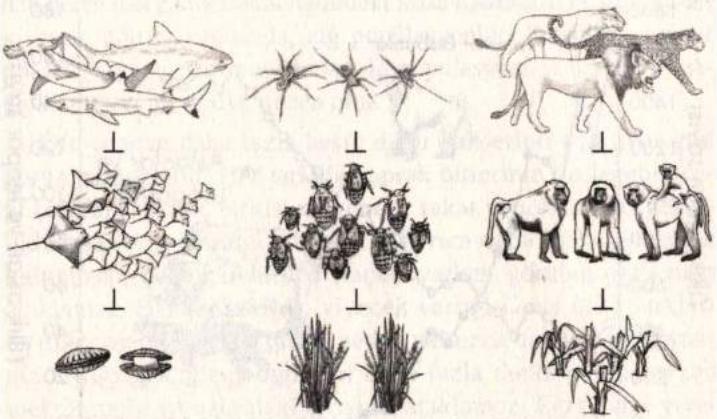


ŞEKİL 8.3 Gana'daki Zeytuni babunun sayısındaki artışa aslanların ve leoparların yok olması eşlik etmektedir. Şekil Brashares ve arkadaşlarından (2010) alınarak Leanne Olds tarafından yeniden çizilmiştir.

Yaprak bitlerine dönersek, pirinç tarlalarına böcek öldürücü uygulandıktan sonra bunların sayısında neden bir patlama görülmüştü? Örümcekler ve birkaç böcek türü yaprak bitlerinin doğal düşmanlarıdır. Örneğin kurt örümceği ve bunların yavruları çok sayıda kahverengi yaprak bitini ve bunların larvalarını yiyebilmektedir. Böcek öldürücüler, yaprak biti popülasyonunu kontrol altında tutan örümcekleri ve bitlerin diğer düşmanlarını öldürmektedir. Böcek öldürücü uygulanan alanlarda avcıların sayısı azalırken buna dirençli avların sayısı artmaktadır.

Birbirinden oldukça farklı olan bu üç kanser sayesinde yapılan keşif çok basit ve genel bir gözlemdir: avcıları öldür, avlar zıvanadan çıksın. Bu ekolojik kanserlerin mantığı bize tanıdıktır. Tıpkı

tümör baskılayıcılar gibi çoğalma üzerinde frenleyici bir etkiye sahiptirler. Besin zincirindeki bu önemli halkalar çıkarıldığında, bunların avları, sonra gelen besin zincirini etkileyerek kontrolsüz bir şekilde çoğalır. Her kanser besin zincirindeki en üst düzeyde bulunan avcıların ortadan kaldırılmasının silsileli etkisi nedeniyle ortaya çıkar ve böylece üç düzeyli silsile ikiye iner. [Şekil 8.4]



ŞEKİL 8.4 Köpekbalıklarının, örümceklerin ve büyük kedilerin yok oluşunun silsileli etkisi. İnek burunlu vatozların, yaprak bitlerinin ve babunların kontrolünün kaybı deniz taraklarının sayısında azalmaya, pirincin ve diğer temel ekinlerin kaybına yol açmıştır.

Leanne Olds tarafından çizilmiştir.

Deniz tarağı avlayan balıkçıların, pirinç tarlasındaki çiftçinin ya da Ganalı ailenin gözünden bakıldığında (ve sağlıklı silsilelerdeki çift-negatif mantığın ışığında), köpekbalıkları, örümcekler ve aslanlar kötü davranılacak düşmanlar değil müttefiklerdir. Her durum için kadim "düşmanımın düşmanı dostumdur" atasözü geçerlidir.

Besin zincirinde yer alan belirli düzeylerin ortadan kaldırılması muhtemelen Erie Gölü'ndeki durumu da açıklar. Sağlıklı tatlı su göllerindeki alg çoğalması bunlar üzerinden beslenen çok küçük kabuklular olan planktonlar tarafından yukarıdan aşağı doğru kontrol edilir. Alg patlaması olduğunda bu düzenleme alglerden salgılanan toksinler nedeniyle baskılanır. Dolayısıyla alg kanserleri, aşağıdan yukarı çok fazla girdi olmasının (takılı kalmış bir gaz pedalı) ve yukarıdan aşağı ise çok az girdi olmasının (zayıf frenleme) bileşik etkisi sonucu ortaya çıkmaktadır.

PEK ÇOK, ÇOK AZ VE ÇOK FAZLA

Tony Sinclair'le beraber vahşi yaşam ekolojisi ve onun yönetimiyle ilgili önde gelen bir kitabın eş yazarı olan Graeme Coughley, vahşi yaşam popülasyonlarında görülen sorunları üç basit kategoriye ayırmıştı: pek çok, çok az ve çok fazla. Burada verdiğimiz örneklerde pek çok yaprak biti, babun ve vatozun ortaya çıkmasının nedeni, sırasıyla, çok az örümcek, aslan ve köpekbalığı olmasıdır.

Öte yandan bu kanserlerin nihai nedenleri kayıp avcılar değil insanların yaptığı çok fazla şeydir: tarlalardaki çok fazla fosfor, çok fazla böcek öldürücü, aslanların, leoparların ve onların avlarının yasadışı olarak çok fazla avlanması ve yine köpekbalıklarının çok fazla avlanması. Bahsettiğim dolaylı, kasıtlı olmayan ve öngörülmeyen yan etkiler sayesinde bu yaptıklarımızın uzun dönemli çıkarlarımızla çatıştığı, gitgide açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Doğadaki düzenleme yasaları konusunda on yıllardır bilgisiz olduğumuz söylenebilir fakat artık bu konuda bilgisiz değiliz.

Şimdi çok daha fazla bilgi sahibiyken, yasalara dair bu kavrayışımızı bu sorunlardan herhangi birini düzeltmek için kullanabilir miyiz? Şaşırtıcı derecede büyük ölçekli bazı önemli girişimlerde bulunulmuştur ve hâlâ da bulunmaktadır. Cannon'ın fizyolojik yasalarla ilgili olarak Boston'daki doktorlara söylevinden alıntı yaparsak, "hasta bakımında iyimser olmak için" nedenlerimiz var.



ŞEKİL 9.1 Wisconsin, Mendota'daki Mendota Gölü. Wisconsin Üniversitesi yerleşkesi ön tarafta görülmektedir. Fotoğraf Jeff Miller tarafından çekilmiş, Wisconsin Üniversitesi, Madison izniyle kullanılmıştır.

BÖLÜM IX

ALTMIŞ MİLYON KÖMÜR BALIĞI ALIN VE ON YIL İÇİNDE BİZİ ARAYIN

İyi bilim yapmak ve iyi yönetmek zordur.
JAMES KITCHELL

1987'nin baharında Wisconsin eyaletindeki Madison'a bir iş görüşmesi için bir gece önce inmiştim. Duyduklarımdan hareketle Wisconsin Üniversitesi'nde fakültede bana bir kadro vermelerini beklemiyordum; kadroyu alsam bile, farklı bir üniversiteden kadro alacağımı düşündüğüm için bunu kabul etmeyecektim. Bu eyalete daha önce hiç gelmemiştim ve hakkında pek az şey biliyordum. Yakın zaman içinde bir daha burayı ziyaret etmeyeceğimden etrafta gezinerek vakit geçirmeye karar verdim.

Ertesi sabah, Mendota Gölü'ne gidip bir göz attım. Gölün kilometrelerce uzunluğu ve genişliği karşısında şaşırmış ve etkilenmiştim. Üniversite yerleşkesi gölün güney kıyısının büyük kısmında uzun ağaçların dizili olduğu yaklaşık üç kilometrelik kısmını içine alıyordu ve kumsallar vardı! Şehrin ve üniversitenin bu kadar büyük bir gölün kıyısında bulunduğuna dair en ufak bir fikrim yoktu. Henry Wadsworth Longfellow'un (1807-1882) 1870 yılında saygılarını sunduğu Madison Gölleri'nden (Mendota bu göllerin en büyüğüydü) daha az ünlü olmayan bir göle baktığımın da farkında değildim:

Güzel göller, dingin ve ışık dolu,
Güzel kasaba, beyazlarla sarınıp dizilmiş,
Nasıl da düşsel görünüyorsun! Hepsi süzülen bir manzara gibi görünüyor
Bulut ülkesi ya da hayaller âleminde
Altın atmosferle yıkanmış!

Aynı zamanda dünyada en iyi çalışılmış göllerden birine baktığımı da bilmiyordum. Yalnızca yirmi beş yaşında ve ancak beş yüz (kırk üç bin değil) öğrencisi varken, 1875 yılında öncü çalışmaların başladığı bu göl ve üniversite, Kuzey Amerika'da limnolojinin (gölbilim) doğum yeriydi. Mendota'nın huzur veren mavi sularına ve onun güzel kıyısına hayranlıkla bakarken bir yandan sorunlu bir göle baktığımdan da kuşku duymuyordum. Kendi memleketim olan Toledo'daki Erie Gölü gibi Mendota da yıllık alg patlamaları ve azalan balık popülasyonlarıyla cebelleşiyordu.

O gün pek az şey biliyordum ve buna Madison'ın sonraki yirmi sekiz yıl memleketim olacağı gerçeği de dahildi. Tam da o yıl Mendota Gölü yapılmış en büyük ekolojik deneye sahne olacaktı. Bu deney, gölün sahip olduğu hastalığı iyileştirmek üzere bazı Serengeti yasalarının uygulanmasıydı.

SİLSİLELERE MÜDAHALE ETMEK

Wisconsinli hemşerilerim hakkında öğrendiğim ilk şeylerden biri onların iki şeyi özellikle çok sevdiğiydi: Green Bay Peckers futbol takımı ve balık. İnsan popülasyonu altı milyondan az olan eyalette her yıl göllerden yaklaşık doksan milyon balık elde ediliyordu. Hatta eyaletin cüretkâr sakinleri balık avlamaktan o kadar keyif alıyordu ki pek çoğunun özel döşenmiş kulübeler diktiği ve sonra en sevdikleri balığı avlamak için kalın buz tabakasını deldikleri sıfırın altında sıcaklığa sahip donmuş göllere gitmek için dört gözle bekliyorlardı. Bu balıklar arasında kömür balıkları, turna balığı ve daha küçük tava balıkları (ay balığı, güneş balığı ve sarı levrek) vardı.

1980'lerin ilk yarısında kömür balığı popülasyonu o kadar azaldı ki yılın herhangi bir döneminde ancak birkaç tane görülebiliyordu. Dahası, alg patlamaları ve zararlı otlar yazın kıyıları

işgal edip tıkıyordu. Balıkçılar ve halk harekete geçmeleri konusunda yetkilileri uyarıyordu.

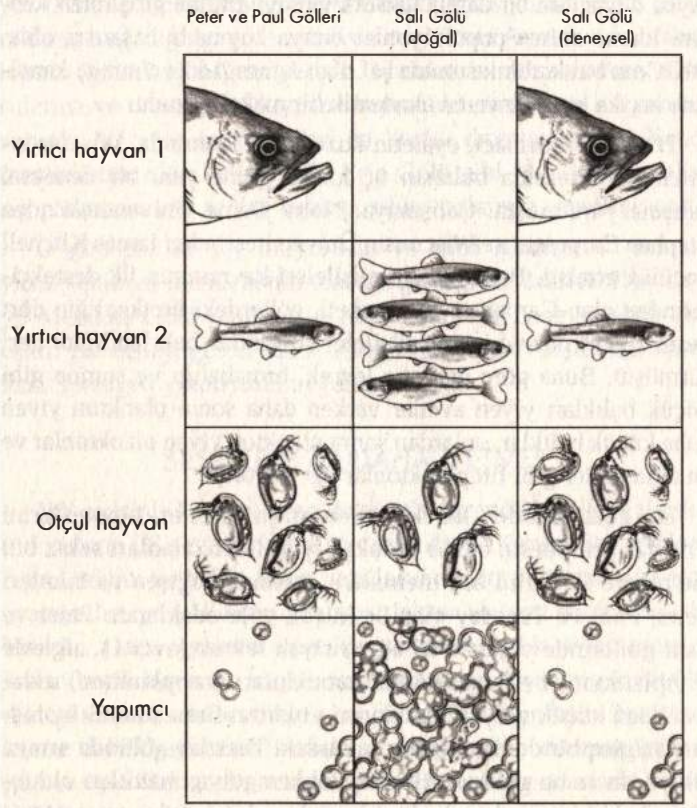
Wisconsin Doğal Kaynaklar Kurumu (DKK), su kalitesini iyileştirmek ve balık miktarını arturmak için çeşitli yollar denedi. Göl çevresindeki yerel yönetimler, algleri besleyen tarımsal fosfor akışını azaltma ve zararlı otları mekanik olarak temizleme girişimi programlarına destek oldu. DKK, kömür balıklarının miktarını arturmak için yerel balıkçılık kulüplerine yardımda bulundu. Ne var ki Mendota büyük bir göldü, gönüllü kulüplerin yetiştireceği balık sayısı okyanusta bir damla kadardı ve sayı arturma girişimleri kendini idame ettiren popülasyonlar ortaya koymada başarısız oldu. DKK'nın balıkçılık kısmında şef olan James Addis o sırada kendisine harika bir fikir veren akademik bir makale okudu.

Birkaç araştırmacı, eyaletin kuzeydoğu kısmında, Wisconsin-Michigan sınırında bulunan üç küçük gölde yeni bir deneysel çalışma yürütmüştü. Çalışmaya, Notre Dame Üniversitesi'nden Stephen Carpenter ve Wisconsin Üniversitesi'nden James Kitchell öncülük etmişti. Besin zinciri silsileleri kavramının ilk destekçilerinden olan Carpenter ve Kitchell, göllerdeki üretkenliğin dört besin zinciri düzeyi içeren silsileler tarafından belirlendiğini ileri sürmüştü. Buna göre en üstte levrek, turnabalığı ve somon gibi küçük balıkları yiyen avcılar varken daha sonra plankton yiyen daha küçük balıklar, onlardan sonra plankton yiyen planktonlar ve en altta algler gibi fitoplanktonlar yer alıyordu.

Bu gözlemlerden hareket eden araştırmacılar, hipotezlerini sınamak için, besin ağları oldukça iyi bilinen, alanları sekiz bin metrekare ile yirmi bin metrekare arasında değişen ve isimleri Peter, Paul ve Tuesday olan üç küçük göle odaklandı. Peter ve Paul göllerinde yaşayan iri ağızlı siyah levrek (avcı 1), alglerle (fitoplankton) beslenen küçük kabukluları (zooplankton) avlayan daha küçük golyan balıklarını yiyordu. Buna karşıtlık oluşturan ilginç bir durum hemen yakındaki Tuesday gölünde ortaya çıkıyordu ve bu gölde levrek hiç yokken golyan balıkları oldukça fazla bulunuyordu, planktonlar çok azdı ve algler çok miktarda ürüyordu.

Bu bulgulara göre, araştırmacılar eğer Tuesday Gölü'ne levrek koyarlarsa buradaki silsile Peter ve Paul göllerindeki gibi olacak ve alt düzeylerdeki bolluk sırasını terse çevrilecekti. Bu tahmini sına-

mak için Peter Gölü'nden dört yüz kadar levrek alınıp Tuesday Gölü'ne kondu. Dört yüz levrek bir yana tek bir levreği bile yakalamak çok zor olduğundan balıkları yüzeye çıkarmak için elektroşok yöntemini kullandılar ve sonra bunları kepçeyle topladılar. Böylece Peter Gölü'nde bulunan ergin levreklerin yüzde doksanını Tuesday Gölü'ne aktarırken Tuesday Gölü'ndeki yaklaşık kırk beş bin golyan balığının neredeyse yüzde doksanını Peter Gölü'ne aktardılar. Paul Gölü'ne herhangi bir müdahalede bulunmayıp orayı hava ve diğer etkenler bakımından kontrol gölü olarak kullandılar.



ŞEKİL 9.2 Wisconsin göllerindeki besin zinciri silsilelerine müdahale edilmesi. Tuesday Gölü'ne levreklerin eklenmesi (sağda), golyan balığı popülasyonunun azaldığı, otçul planktonların arttığı ve alg sayısının azaldığı Peter ve Paul göllerinde (solda) görülene benzer bir silsileye yol açmıştır.

Leanne Olds tarafından çizilmiştir.

Tuesday Gölü'ne levreklerin bırakılması ve golyan balıklarının buradaki sayısının azaltılması hızlı bir biçimde beklenen etkiye neden oldu. Geride kalan golyan balıkları yeni gelen levreklerin avlaması nedeniyle yok olurken toplam zooplankton kütlesi yaklaşık yüzde yetmiş oranında arttı. Levreklerin bırakılıp golyan balıklarının alınması Tuesday Gölü'ndeki silsileyi tersine çevirmişti. [Şekil 9.2]

Addis bu sonuçları öğrendiğinde, avcı balık popülasyonlarını artırmak, algleri azaltmak ve su kalitesini yükseltmek için benzer bir biyolojik müdahalenin Mendota Gölü'ne de yapılabileceğini düşündü. Kitchell ve Carpenter'ın kuzeyde yaptığına benzer bir deneyin Mendota Gölü'nde yapılma ihtimalini konuşmak üzere Kitchell'i aradı. Kitchell buna dünden hazırdı. Addis'i, "Haydi bunu yapalım!" diye yanıtladı.

Öte yandan Mendota Gölü Peter Gölü'nden iki bin kat kadar daha büyüktü ve ondan çok daha derindi. Çözülmesi gereken ciddi lojistik sorunlar vardı. Aynı zamanda bu göl yoğun bir nüfusun yaşadığı şehir merkezinden birkaç blok ötedeydi, işin politik kısmı da hesaba katılmalıydı. Elbette para da bir sorun teşkil ediyordu.

YAVRU BALIK, PARMAKBOY VE BALIKÇILAR

Addis, işin en azından parayla ilgili kısmını çözebildi. Kongre, yakın zaman önce, Balıkçılık Sporculuğunun Yeniden Yapılandırılmasına ilişkin Federal Yardım Sözleşmesi'nde Sucul Kaynaklar Vakıf Fonu'nun oluşturulmasını sağlayan bir yasa değişikliğini yürürlüğe koymuştu. Balıkçılık sporu programlarına yapılan destek, tekne satışlarından, tekne yakıtlarından ve balıkçılık malzemelerinden alınan vergilerle 1985'te otuz sekiz milyon dolarken 1986'da yüz yirmi iki milyon dolara ulaşarak üç katına çıktı. Yeni yasaya göre, Wisconsin yılda birkaç milyon dolar daha fazla para kazanacaktı. Mendota Gölü'ndeki temel sorun kömür balığı ve kuzey turnabalığı gibi avcılık sporu için önem arz eden balıkların azalması olduğu için, sağlanan ödenek göldeki popülasyonların eski durumuna getirilmesinde kullanılabilirdi.

Öte yandan durum o kadar kolay çözülecek gibi de değildi. Eyaletteki balıkların kime gideceğine ilişkin olarak benimsenen bir politika mevcuttu. Kitchell, kömür balığının, tadının çok iyi

olması gibi basit bir nedenden ötürü, oltayla balık tutanlar için simgesel öneme sahip, çok değerli bir balık olduğunu biliyordu. Eyaletin kuzeyindeki göller turist çekme bakımından büyük önem arz ediyordu ve düzenli bir balık stokuna sahip olmalıydı. DKK'nın tüm kömür balığı üretimi üç milyon altı yüz bin kadardı ve mevcut durumda tüm bir eyaletin talebini karşılayamıyordu. DKK, balık oranını ayarlamaya yönelik olarak herhangi bir gölde kömür balığı stokunu yüz bin yavru olacak şekilde bir politika izliyordu ve bu sayı Mendota'daki kömür balığı popülasyonunda çarpıcı bir artışa neden olmayacaktı. Kitchell ve Addis, gölün tüm eyaletin yıllarca süren kömür balığı üretiminin yüzde yirmi beşine ihtiyacı olduğunu fark etmişti. Bu, eyalet çevresindeki balıkçıların hoş karşılayacağı bir durum değildi.

Diğer politik riskler de projeyi tehdit etmekteydi. Şehrin içinde bulunan ve on binlerce insan tarafından kullanılan büyük bir gölde deney yapmak, bunun kamuoyunda epeyce tartışılmasını gerektiriyordu. Deney, eyaletin başkentinde ve kamu kaynaklarından sağlanan bir milyon iki yüz bin dolar harcanarak yapılacağından projenin çok büyük bir titizlikle inceleneceği kesindi. Deney başarısız olabilirdi ve böylece projenin para ve daha kötüsü balık israfı olacağına ilişkin bazı düşünceleri haklı çıkarabilirdi.

Öte yandan, besin zinciri silsilesi kavramı o dönemde genel bir kabul görmediğinden bilimsel bir kuşku da söz konusuydu. On yıllar boyunca hâkim olan görüşe göre ekosistemler besinler aracılığıyla aşağıdan yukarı doğru düzenleniyordu. Dahası, Carpenter ve Kitchell'in müdahale ettiği küçük göllerden farklı olarak Mendota, tarım ve kent kaynaklı akıntılarla gelen ve mikrobiyal çoğalmayı sağlayan büyük miktardaki dış kaynaklı besinlerin ulaştığı, zengin ötrofik (besin maddeleri bakımından zengin) bir göldü. Kimileri, mikropların üstündeki besin zinciri düzeyinde yapılacak müdahalelerin bu girdilere baskın geleceğinden kuşku duymaktaydı. Bunun yanında, kendini idame ettirebilen bir düzeye ulaşmak için ne kadar sayıda balığa ihtiyaç olduğu ve gölde bu düzeyin ne olduğu da bilinmiyordu. Öte yandan bilim insanları, artan kömür balığı ve turnabalığı popülasyonlarının diğer türleri nasıl etkileyeceği konusunda emin değildi.

Projeyi hevesle takip eden gruplardan biri yerel balıkçılar ve balıkçılık kulüpleriydi. Gerçekten de projeyi o kadar destekliyor-

lardı ki kendi paralarını kullanmayı önerdiler. Buna karşın araştırmacılar, balıkçıların, balık popülasyonları artmaya başladığında, çok fazla balık avlayarak bütün deney sürecini engelleyebileceğinin farkındaydı. Bu nedenle balıkçılık kulüpleri Mendota'da, eyalette bulunan göller arasında en katı nitelikte olan, oldukça kısıtlayıcı balıkçılık yasalarının uygulanmasını kabul etti.

Dikkate değer bir kamu desteği ve Addis'in DKK'daki ve eyalet yönetimindeki ikna kabiliyeti sayesinde projeye yeşil ışık yakıldı.

Deneyin işleyip işlemediğini saptamak için gölü daha fazla balıkla beslemeden önce popülasyonların mevcut sayılarını bilmek çok önemliydi. Kırk kilometrekarelik tüm gölde dört binden az ergin kömür balığı, bin dört yüz kadar da turna balığı vardı. Karşılaştırma yapmak gerekirse, planktonla beslenen göl ringası en üstte yer alan bu her iki avcı balıktan iki yüz kat daha fazla bulunmaktaydı. Avcı balıkların sayısını artırmak için balık stoklamaya 1987'nin baharında başlandı.

Şimdi, bu sayıları artırmayı düşünebilir, binlerce balık ekleyebilirsiniz. Bir kez daha düşünün. Balık yaşamı Darwinci bir varoluş sunar. Dişi bir kömür balığı tek bir gecede elli bin yumurta bırakabilir, fakat kararlı bir popülasyonda, ikisi hariç tümü erginliğe erişmeden avlanma, açlık ve diğer tehlikeler nedeniyle yok olacaktır. Bu nedenle DKK, yavru ve parmakboy adı verilen çok sayıda genç balık sağlamak zorundaydı. Yavrular, yumurtadan yeni çıkmış bir sivrisinek büyüklüğündeki çok küçük balıklardır ve yüzme yetenekleri yoktur; parmakboylar, yaklaşık beş (kömür balıkları) ve yirmi beş (turna balıkları) santimetre boyundaki genç balıklardır. DKK 1987'den 1989'a kadar, toplamda altmış *milyon* balık olacak şekilde, her yıl Mendota Gölü'ne yaklaşık yirmi milyon kömür balığı yavrusu ve yaklaşık beş yüz bin parmakboy kömür balığı bırakıldı. Bunun yanı sıra, yine her yıl on milyon turna balığı yavrusu ve yirmi üç bin parmakboy turna balığı bırakıldı.

Bundan sonra Mendota Gölü projesindeki araştırmacılar, balıkları, gölde bulunan diğer canlıları ve su kalitesindeki değişimi takibe aldılar. Kömür balıkları yavrularının neredeyse hiçbiri hayatta kalamamıştı, parmakboyların sağkalım oranıysa ilk yıl yüzde üçtü ve sonraki yıllarda daha da azaldı. Yine de, bu kadar büyük bir kayba rağmen, kömür balığı popülasyonu üç yıl içinde

üç kat arttı. Daha büyük boydaki turna balıklarının parmakboyları kömür balıklarından daha başarılıydı ve boyu otuz santimetre üzerinde olanların sayısı 1987 ile 1989 arasında on kat arttı.

Bazı oldukça şaşırtıcı gelişmeler söz konusuydu. 1987 yazı alışılmadık şekilde sıcaktı ve özellikle göl ringa balıkları, artan su sıcaklığına ve suda buna eşlik eden kimyasal değişikliklere duyarlıydı. Sıcak hava, başlangıç popülasyonunu yaklaşık yüzde doksan beş oranında azaltacak şekilde ringa balıklarının kitlesel yok oluşuna neden oldu. Görünüşe göre bu doğal olay gölde bir besin zinciri silsilesini tetiklemişti. Göl ringa balıkları, *Daphnia galeta* olarak bilinen küçük kabuklular gibi planktonlarla besleniyordu. *Daphnia* da alglerle beslenmekteydi. Ringa balıkları ortadan kalktıktan sonra, küçük boyutlu *galeata*nın yerini oldukça nadir görülen ve daha büyük boyutta olan *Daphnia pulicaria* aldı. Bu durumda, daha büyük olan *Daphnia*'nın algler ve diğer mikroplarla (fitoplanktonlar) daha yoğun bir şekilde beslendiği ortaya çıkıyordu. Ringa balıklarının ortadan kalkması sonucunda daha büyük olan *Daphnia* çoğaldı, fitoplanktonlar baskılandı ve göl suyu daha temiz bir hale geldi.

Öyle görünüyordu ki Doğa Ana Mendota Gölü projesine ilk yıl küçük bir yardımda bulunmuştu ama deneyin kötü sonuçlanmasına yol açmamıştı. İlk üç yıldan sonra balık stoku, on yıl boyunca her yıl düşük düzeylerde seyretti. Bu on yıl boyunca kömür balığı ve turna balığı sayısı deney başlamadan önceki sayının dört ila altı katında olacak şekilde değişmeden kaldı. Bu, balık stokunu artırmak için yapılan propaganda sayesinde, kömür balığı ve turna balığının avlanmasının deney başladıktan sonra altı kattan fazla artmasına rağmen gerçekleşmişti. Bunun yanında göl ringa balığının sayısı çok düşük düzeyde seyretti; asıl bitkisel organizmalarla beslenen, *Daphina*'nın daha önce çok nadir görülen, daha büyük bir türüydü. Su, göle gelen dış kaynaklı fosfor düzeyi yüksek seyretmiş olsa da, deney öncesine göre sürekli olarak daha temizdi.

Avcı balıkların göle bırakılmasının göldeki toplulukları ne kadar etkilediğini anlamak, ringa balıklarının ortadan kalkması nedeniyle, zordu. Belki de kömür ve turna balıklarının bolluğundaki artış ringa balıklarının sayısının artmasını engellemiş ve gölün yeni durumunun (daha çok avcı, planktonla beslenen daha az tür, daha çok plankton ve daha temiz su) ortaya çıkmasına neden olmuştu. Yine de Mendota Gölü deneyi başarılı sayılmıştı. Dünyanın çeşitli ülkelerindeki yöne-

ticiler bunu dikkate aldı ve pek çok göle, plankton yiyen balıkların uzaklaştırılması ve üst düzeydeki avcıların eklenmesi yoluyla, başarılı bir şekilde müdahale edildi.

Öte yandan avcı stokunun artması yoluyla değiştirilen tek alan göller değildi.

KURTLAR VE SÖĞÜTLER

12 Ocak 1995 gününün öğlen saatlerinde, Birleşik Devletler İçişleri Bakanı Bruce Babbitt, Birleşik Devletler Vahşi Yaşam Hizmetleri müdürü Mollie Beattie ve diğer üç kişi, gri renkli büyük bir çelik kutuyu, bir katırın çektiği kızağın üstünden kaldırdı ve onu karların üzerinde Yellowstone Milli Parkı'nın Lamar Vadisi'nde bulunan Crystal Creek'in üzerindeki kapalı alana taşıdı. [Şekil 9.3] Babbitt, kutudaki deliklerden içeri dikkatle baktı ve kırk beş kilo ağırlığındaki gri dişi kurdun altın renkli gözlerini kırpıştırarak kendisine baktığını gördü. O akşam erken saatlerde kutunun kapağı açıldı ve dişi kurt kendi grubundaki diğer beş kurda katıldı. Bundan iki ay sonra, kurtlar yeni çevrelerine alıştığında, kapalı alanın kapısı açıldı.



ŞEKİL 9.3 Yellowstone Milli Parkı'na yeniden bırakılan ilk kurt, 12 Ocak 1995. Balık ve Vahşi Yaşam Hizmetleri müdürü Mollie Beattie ve İçişleri Bakanı sekreteri Bruce Babbitt parka bırakılacak ilk kurdun kafesini taşıyor.

Fotoğraf Jim Peaco tarafından çekilmiştir ve Yellowstone Milli Parkı'nın izniyle kullanılmıştır.

Kurtların bırakılması, Alberta'daki yaşam alanlarından, helikopter, uçak ve at römorkuyla taşındıkları bin beş yüz kilometrelik bir yolculuğun sonunda gerçekleşmişti. Bu, Yellowstone'a yetmiş yıllık uzun yolculuğun sonu anlamına geliyordu, avcıların sonuncusu orada 1926 yılında öldürülmüştü. Amerika'nın ilk ve en ünlü Milli Parkı içinse yeni bir ekolojik düzenin başlangıcı olmuştu.

Kurtların dönüşü, bu işe dahil olan insanlar için uzun ve bazen travmatik bir yolculuktu. Mendota Gölü projesi ortaklaşa gerçekleştirilmiş, mali kaynak bulmuş, ortaya atılışından sonra iki yıl içinde hızlı bir biçimde uygulamaya konmuştu ve yaklaşık yüz milyon balık herhangi bir halk muhalefeti ya da protesto olmadan göle bırakılmıştı. Yalnızca otuz bir kurdun uçsuz bucaksız yabani yaşam alanına bırakıldığı Yellowstone Kurtları Geri Getirme Projesi'nin hayata geçmesi yirmi yıl sürdü; kongre kararı gerektirdi; hukuki dava ve mahkeme kararı engelini aştı ve kamuda yüz seksen bin kişinin hakkında yorum yaptığı devasa Çevresel Etki Bildirgesi'ni ortaya çıkardı.

Bilimsel mantığı oldukça basitti. Yellowstone, Amerika'nın Serengeti'siydi. Güneydeki kırk sekiz eyalette yaşayan memelilerin toplandığı en büyük merkezdi ve aynı zamanda, bir zamanlar Batı Amerika'da çok sayıda bulunan bizonları ve boz ayıları yok olmaktan kurtaran bir sığınaktı. Fakat kuruluş zamanından beri ekosistemde bulunan altmıştan fazla türden biri olan kurt artık yoktu. Kurtlar gittikten sonra sığın geyiği popülasyonu çok arttı ve daha büyük sürüler ağaç ve bitki sistemlerine büyük zararlar verdi. Ekosistem, kurtlar olmaksızın doğal durumunda ya da "bozulmamış halde" değildi.

Yasal düzenleme de oldukça basitti. Kongre, eğer olasılık dahilindeyse, soyu tükenmekte olan türlerin kurtarılmasını gerektiren Nesli Tükenen Türler Anlaşması'nı 1973'te senatodan geçirdi. 1974 yılında gri kurdun nesli tükenmekte olan türlerden biri olduğu duyuruldu.

Öte yandan işin kültürel boyutu çok daha karmaşıktı. Bu avcılar, sığır ve koyun gibi besi hayvanları için tehdit olarak kabul edildiğinden, bunların ortadan kaldırılmaları Birleşik Devletler'deki yerleşim alanlarının genişlemesine eşlik etmişti. Bunların ortadan kaldırılmasına ilişkin kampanya o kadar yoğundu ki, bir zamanlar Kuzey

Amerika'nın tümünde yaygın olarak görülen bu türler 1930'lara gelindiğinde çoğu eyalette ortadan kaldırılmıştı. Amerika'nın batısındaki yalnızca sınırlı bir bölgede bunların tekrar yaşamasını sağlamaya çalışmak, pek çok kimsenin gözünde, aile çiftliklerine bir katili davet etmek anlamına geliyordu. Bunun yanında büyük sığın geyiği sürüleri, hatırı sayılır bir av ve rehberlik ekonomisini destekliyordu. Kurtların buraya gelmesi sığın geyiklerini azaltacak ve bu da yazar kasaların ve maaş çeklerinin azalmasına neden olacaktı.

Buna karşılık vahşi yaşam taraftarları ve çevreci gruplar, nesli tükenme tehlikesinde olan kurtları, insanların doğayı değiştirme sürecinde başvurdukları cahilce ve düşüncesizce yöntemleri göstermesi bakımından simgesel bir hayvan olarak görmekteydi ve onun tekrar geri getirilmesi oldukça heyecan verici bir adım olacaktı. Burada duyarlılık mı yoksa bilim mi söz konusuydu? Yellowstone'dan öteye mutlaka geçecek olan kurtları buraya getirme riskini almanın gerekli olup olmadığı konusunda kuşkular mevcuttu.

Birbiriyle karşı karşıya gelen farklı görüşleri yatıştıracak Balık ve Vahşi Yaşam Hizmetleri için önkoşul, kurtların buraya getirilmesinin yararını ve zararını tahmin edecek çalışmalar yapmaktı. Bu çalışmalar, kurtlar, diğer yabani hayvanlar, avcılar, besi hayvanları ve Yellowstone'un daha geniş alanında geçerli ekonomi üzerine olacaktı. Sonuçta, on bireylik gruplar halindeki yüz kurttan oluşan muhtemel bir "deneysel" popülasyon kurgusuna dayalı çeşitli tahminleri sunan Çevresel Etki Bildirgesi (ÇEB) ortaya çıktı.

Av bakımından tahminlere göre, sığın geyiği temel av olacak ve yetmiş sekiz ila yüz kurt Yellowstone'un kuzeyindeki sığın geyiği sayısını yüzde beş ila otuz, katır geyiği sayısını yüzde üç ila on dokuz, Kanada geyiği sayısını yüzde yedi ila on üç oranında ve bizon sayısını yüzde on beşten daha az oranda azaltırken Amerika yaban koyunu, Amerikan antilobu ya da dağ keçilerinin sayısını etkilemeyecekti. Besi hayvanları söz konusu olduğunda ÇEB ilk beş yılda kurtların bunlar üzerinde çok az etkili olacağını, uzun dönemde ise yılda ortalama on dokuz büyükbaş hayvan ve altmış sekiz koyun avlayacağını tahmin etti.

Otuz bir kurt buraya bırakıldıktan on yıl sonra Yellowstone'un daha geniş alanındaki kurt sayısı üç yüz birdi fakat sayısı artan kurtlar sayısı değişmeden kalan, hatta artan, geyik ya da bizonlar üzerine beklenen etkide bulunmazken diğer söz konusu hayvanla-

ra da hiç etki etmemişti. Öldürüldüğü teyit edilen besi hayvanları sayısı da artan kurt sayısına oranla beklenen değerlerde kalmış ve bu ölümler yıllık koyun ve büyükbaş hayvan kaybı içinde önemsiz bir yer tutmuştu (sırasıyla yüzde bir ve on binde bir). Sığın geyikleri üzerindeki etki ise daha büyüktü: Kış sığın geyiği popülasyonu 1995 ile 2004 arasında yarı yarıya azalarak on altı bin yedi yüz doksan birden, sekiz bin üç yüz otuz beşe inmişti. Yıllık ölçekte bakıldığında bu, kurt başına on ila yirmi sığın geyiği anlamına geliyordu.

Çevrebilimcilerin kurtları geri getirme projesinden önce üzerinde düşündükleri önemli sorulardan biri kurtların avlarının ötesinde yol açabilecekleri etkilerle ilgiliydi. Öncü doğa bilimci Aldo Leopold, çok uzun zaman önce, kurtların ortadan kaybolmasının geyik ve sığınların sayısındaki artışı öncelediğini fark etmişti. Bu artışsa odunsu türlerin yapraklarının aşırı tükenmesine neden oluyordu. Yellowstone'daki sığın popülasyonu yeniden gelen kurtların avlanma baskısı nedeniyle azaldığında çevrebilimciler bazı değişiklikler olduğunun farkına vardı.

Titrek kavak, Kuzey Amerika'da en yaygın olarak görülen ağaç türüdür ve Amerika'nın batısındaki bölgeler boyunca azalmıştı. 1997 yılında Oregon State Üniversitesi'nden biyolog William Ripple, Yellowstone'daki titrek kavak ağaçlarının azaldığını fark etti. Bu duruma ilişkin olarak iklim değişikliği, yangın, böcekler ve yaprakların aşırı şekilde yenmesi gibi farklı açıklamalar söz konusuydu. Bunu daha ayrıntılı olarak araştırmak için Ripple ve öğrencisi Eric Larsen, parkın kuzey kısmında bulunan farklı büyüklükteki ağaçların iç kısımlarından örnekler aldı ve yıllık büyüme halkalarını saydı.

Buldukları şey onları şaşkına çevirmişti. Ağaçların neredeyse tümü en az yetmiş yaşındaydı ve bunların yüzde seksen beşi 1871 ile 1920 yılları arasındaki dönemde olgunlaşmıştı. Yalnızca yüzde beşlik bir kısım 1921'den sonra ortaya çıkmıştı. Titrek kavaklar tohumları aracılığıyla değil sürgünleri aracılığıyla çoğalmaktadır ve bir şey bu sürgünlerin gelişmesini engellemişti. Ripple ve Larsen'e göre ipucu ağaçların yaş dağılımında gizliydi. Titrek kavaklar neden 1920'ye kadar çoğalabilmişken bundan sonra çoğalamamıştı?

Sığın geyiklerinin, yüksek kalitede besin sağlayan ve kışın hayvanların öğününün yüzde altmışını oluşturan titrek kavakları

yediğini biliyorlardı. Kurtların sığın geyiklerini yediğini de biliyorlardı. Fakat kurtlar 1920'ler boyunca öldürülmüştü. Ripple ve Larsen noktaların arasını birleştirdi: Kurtlar sığın geyiklerini yiyorken sığın geyikleri de titrek kavakları yiyordu, böylece kurtlar titrek kavakları etkiliyorlardı. Bu tam da Pasifik'teki su samuru-midye-esmer su yosunu silsilesi gibi bir besin zinciri silsilesiydi. Köşe taşı tür olan kurtların ortadan kaldırılması sığın geyiklerinin sayısını artırmış ve bu da titrek kavakların tekrar çoğalmasını engellemişti.

Öte yandan Ripple ve Larsen yürürlükte olan kurtları geri getirme projesi için "kuzey bölgesine kurtların tekrar geri getirilmesi uzun dönemde titrek kavakların yararına olabilir" diye düşünüyordu. Ripple ve diğer araştırmacılar, kurtlar titrek kavaklara yarar sağlıyorken diğer türlerin nasıl etkileneceğini de merak ediyordu.

Sığın geyikleri kıyı boyunca sıralanan söğüt ve kavak ağaçlarının yapraklarını da yiyordu. Ripple'ın meslektaşı olan Robert Beschta, 1996 yılında bu iki türü takip etmeye başladı. Yellowstone'daki su kıyılarının genellikle çorak olduğunu fark etti. Gördüğü söğütler yaprakların yoğun bir şekilde yenmesi nedeniyle bodur kalmıştı. Kavakların yaş dağılımını incelediğinde, Ripple'ın titrek kavak için gözden geçirdiği ve sığın geyiklerinin ulaşabildiği bölgelerde aynı örüntüyle karşılaştı.

Ripple ve Beschta, parkın belirli bölgelerinde, sonraki on yılda, titrek kavak, kavak ve söğüt ağaçlarında değişimler olduğunu fark etti. Yenmiş yapraklar azalmış gibi görünüyordu ve özellikle kıyılardaki genç titrek kavak ve söğüt ağaçları daha uzun boylu olarak yetişiyordu. Söğütlerin kunduzların hayatında önemli bir rol oynadığı ve bunun tersinin de geçerli olduğu ortaya çıktı. Bodur ağaçlar hayvanlara hem yiyecek hem de barınak yapacak malzeme sağlıyordu: Kunduzların barınakları da söğütlerin habitatının oluşmasında yardımcı oluyordu. Kurtlar döndükten sonra Lamar Vadisi'ndeki kunduzların koloni sayıları 2009'a gelindiğinde birden on ikiye çıkmıştı. [Şekil 9.4]

Kurtların yeniden getirilmesi başka silsileli etkilere de yol açmıştı. Kurtlar daha küçük boyuttaki *ara avcılar* olan çakalların doğal düşmanıydı. Çakal popülasyonları, getirilen Yellowstone

kurtlarının bulunduğu Yellowstone Milli Parkı'nda ve ona yakın olan Grand Teton Milli Parkı'nda yüzde otuz dokuz oranında azalmıştı. Çakallar ise genç Amerika antiloplarını avlıyordu. Uzun süreli çalışmalar, kurtların olduğu bölgelerde bulunan yavru geyiklerin hayatta kalma oranının kurtların olmadığı yerlere oranla dört kat arttığını ortaya koymuştu.



ŞEKİL 9.4 Yellowstone Milli Parkı'na kurtların bırakılmasından sonra söğütlerin yeniden çoğalması. Kurtlar bırakılmadan önce (solda) ve bırakıldıktan sonraki (sağda) fotoğraflar Kanada geyikleri tarafından daha az yenen söğütlerin yeniden yayıldığını (önde) göstermektedir.

Soldaki fotoğraf Yellowstone Milli Parkı'nın, sağdaki fotoğraf William J. Ripple'ın izniyle kullanılmıştır

GEREKLİLİK VE YETERLİLİK

Kurtların yeniden getirilişi Yellowstone bölgesindeki topluluklar üzerinde silsile etkisi ortaya koymuştur ve koymaya da devam etmektedir. Öte yandan avcı hayvanları hasta ekosistemlere yeniden getirmeyi, her derde deva bir ilaç olarak gören anlayışa karşı direnmeliyiz. Moleküler biyologlar bir sistemin işlemesi için gerekli olan bileşenleri tanımlamak için *gereklilik* ve kendi kendilerine sonuç üretebilenleri tanımlamak içinse *yeterlilik* gibi iki işe yarar terim kullanır. Av sayısını kontrol etmek için avcıların genellikle gerekli olduğuna ilişkin bol miktarda kanıt gördük

fakat bunlar besin ağlarını ve ekosistem işlevlerini normal hale döndürmek için yeterli midir?

Mendota Gölü ve Yellowstone örneklerinde bunun yanıtı kocaman bir "hayır"dır. Mendota Gölü deneyinde, planktonla beslenen göl ringa balıklarının şans eseri olarak ölmesi, plankton ve su kalitesindeki değişikliği tetiklemek için gereken ek bir koşuldu. Bu aynı zamanda, gölün durumunu değiştirmek için avcıyı eklemenin, planktonla beslenen balıkların oradan uzaklaştırılmasını da gerektirdiği diğer sorunlu göllerde yapılan deneylerin de ortaya koyduğu bir sonuçtu. Yellowstone'daki araştırmacılar, benzer biçimde, kunduzların dönüşünün, parkın, yetmiş yıllık erozyonun ve diğer etkenlerin toprağın ve nehirlerin özelliklerini değiştirdiği belirli kısımlarında gerçekleşmediğini buldu. Kurtlar bu tip fiziksel değişimler için yeterli değildir. Köşe taşını yerine koymak yardımcı olabilir ama bütün kemeri yeniden inşa edemeyebilir.

Öyleyse bir ekosistem ne kadar çok değiştiyse onu eski haline döndürmek o kadar zordur. Fakat sonraki bölümde göreceğimiz gibi bu durum, sıradışı insanların çabalarını durdurmaz.

BÖLÜM X
DİRİLİŞ

Politikacılar hayatımızda her zaman olacak fakat yabani hayat yok edilirse sonsuza kadar ortadan kalkmış olur ve eğer ciddi ölçüde azalırsa geri döndürülmesi çok uzun ve pahalı bir iş olacaktır.

JULIAN HUXLEY

"Afrika'nın geriye kalan tümünde verilen savaş, korunaklı vahşi yaşam alanlarını, açgözlülüğün talanından, politikacılardan, kötü planlamadan ve cehaletten kurtarma üzerinedir. Burada, Mozambik'te bu savaş çoktan kazanıldı" diye duyuruyordu Güney Afrika'nın *The Daily News*'ü sayılan Durban'ın 11 Kasım 1970 tarihli sayısı. Makale, ülkenin, Mozambik'in merkezindeki "küçük mücevher" olan Gorongosa Milli Parkı'nı "Doğanın dış müdahale olmadan kendi dengesini sağlayabildiği" Afrika'nın en büyük vahşi yaşam alanı olacak şekilde genişletme çabasından bahsederek devam ediyordu.

Bu büyük planın arkasında genç Güney Afrikalı Ken Tinley bulunuyordu. Mozambikli yetkililer parkın kaynakları üzerinde çalışması ve işi üstlenmesi için bu doktora öğrencisini işe almıştı. Tinley, parkın sınırlarını, oradaki ekosistemin bütünlüğünü yansıtacak ve sürdürecek bir biçimde tanımlama taraftarıydı. Büyük Doğu Afrika Rifti'nin güney ucunda ve Serengeti'nin bin altı yüz kilometre güneyinde yerleşim gösteren park, adını, hemen yakında bulunan bin sekiz yüz metre yüksekliğindeki Gorongosa Dağı'ndan almıştı. [Şekil 10.2] Bu dağın yağmur ormanları yılda yirmi santimlik yağış alıyordu ve bu yağış, park boyunca dolanan nehirleri besliyordu. Genişleyen Gorongosa Parkı, Gorongosa Dağı'nı ve hayvanların dolaştığı farklı habitatları içine alacaktı.

Gorongosa orada bulunan büyük aslan, fil ve bufalo popülasyonlarını şaşkınlıkla izlemeye gelen dünyanın birkaç jet sosyetesinin uğrak yeri olmuştu. Tinley, yaklaşık dört bin kilometre karelik bir alan üzerindeki havadan yaptığı ilk incelemesini 1972 yılında gerçekleştirdi. Buna göre on dört bin bufalo, beş bin beş yüz Afrika antilobu, üç bin beş yüz su antilobu, üç bin zebra, üç bin suaygırı ve iki bin iki yüz fil bulunduğunu tahmin etti. Gorongosa bölgesindeki aslan sayısı beş yüz kadardı. Bu sayılar, gazetenin, "öngörü ve planlama Mozambik'e muhtemelen Afrika'da eşi bulunmayan bir vahşi yaşam alanı sağlayacaktır" ifadesindeki güvenini haklı çıkarıyordu.

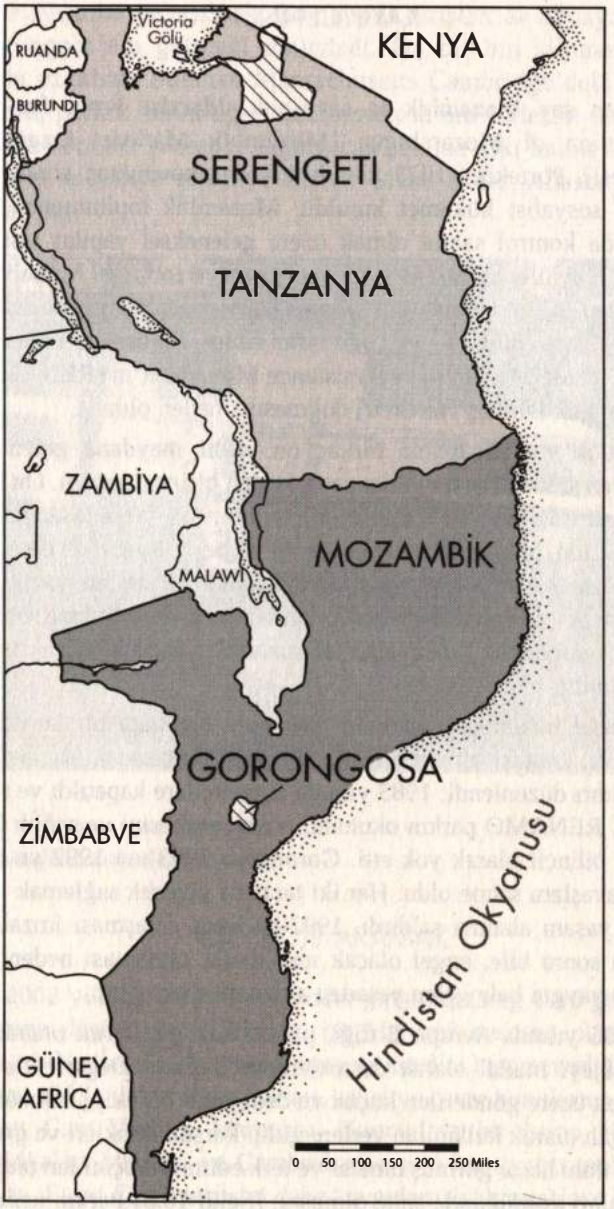


ŞEKİL 10.1 1960'lı yıllarda Gorongosa Milli Parkı'ndan bir görüntü.
Jorge Ribeiro Lume'nin izniyle kullanılmıştır.

Altı yıl boyunca tüm Gorongosa ekosistemini çalıştıktan ve parkın yeni sınırlarına ilişkin tavsiyelerde bulunduktan sonra Tinley tezini tamamladı ve 1977 yılında doktor ünvanını aldı.

On yedi yıl sonra Tinley, Gorongosa'da başka bir araştırma yürütecek bir grup bilim insanından biri olarak geri döndü. Kırk günlük bir süre boyunca ne bufalo, ne Afrika antilobu, ne de suaygırı gördüler ve en fazla yüz yirmi dokuz su antilobu, altmış beş zebra ve yüz sekiz fil bulunabileceğini tahmin ettiler. Simgesi yeleli aslan olan parkta, hiç aslan kalmamıştı. Araştırmacılardan birinin raporunun başlığı "Bir Rüya Kâbus Oldu" idi.

Buraya ne olmuştu böyle?



ŞEKİL 10.2 Güneydoğu Afrika haritası.
Leanne Olds tarafından çizilmiştir.

Olan şey Mozambik iç savaşıydı. Marxist Front for the Liberation of Mozambique [Mozambik Marksist Özgürlük Cephesi], Portekiz'i 1975 yılında ülkeden kovduktan sonra tek partili sosyalist hükümet kuruldu. Mozambik toplumunun her alanında kontrol sahibi olmak üzere geleneksel yapılar tasfiye edildi. Köylüler kasaba ve şehirlere göçmeye zorlandı. Muhalifler "yeniden eğitim kamplarına" gönderildi ya da göstermelik duruşmalarla ikna edildi ve pek çoğu infaz edildi. Bu baskıcı önlemler iki yıl içinde Mozambique Resistance Movement'ın (RENAMO) [Mozambik Direniş Hareketi] doğmasına neden oldu.

Patlak veren çatışma birkaç on yıldır meydana gelen en uzun, en şiddetli ve en yıkıcı savaşlardan birine dönüştü. On beş yıllık süre içinde (1977-1992), bir milyondan fazla insan savaşırken öldü, binlercesi işkence gördü ve beş milyonu da evlerinden sürüldü. RENAMO karargâhlarından birini, ne yazık ki, ülkenin coğrafi merkezine yakın olmak ve asiler için mülteci ve yiyecek sağlamak gibi avantajlar sunan Gorongosa'ya yakın bir yere kurdu.

Ulusal hükümetin sembolü olan park herhangi bir korunma görmedi, kendisi bir hedefti. Aralık 1981'de parktaki karargâha bir saldırı düzenlendi; 1983 yılında ziyaretçilere kapatıldı ve terk edildi. RENAMO parkın okulunu, posta merkezini ve sağlık kliniğini bilinçli olarak yok etti. Gorongosa 1983'ten 1992'ye dek ağır savaşlara sahne oldu. Her iki taraf da yiyecek sağlamak için vahşi yaşam alanına saldırdı. 1992'de barış anlaşması imzalandıktan sonra bile, engel olacak muhafızlar olmaması nedeniyle parkta yaygın hale gelen yasadışı avlanma sürüp gitti.

1995 yılında Avrupa Birliği, parkın bazı yapılarını onaracak bir projeyi maddi olarak desteklemeye başladı. Değerlendirme yapmak üzere gönderilen küçük ve deneyimli bir ekip, daha önce karargâh olarak kullanılan yerlere gidip kurşun delikleri ve grafitilerle dolu hasar görmüş binalar ve terk edilmiş araçlardan oluşan yıkıntıları gördüğünde şoke olmuştu. [Şekil 10.3] Parkın kendisi soyları neredeyse tükenmiş olan büyük hayvanlar nedeniyle değil kara mayınları nedeniyle tehlikeli bir yer haline gelmişti.

Hayvanlar ve tesisler olmadığında turistler de olmayacaktı. Gorongosa'nın geleceği ümitsizdi. On bir bin kilometreden fazla uzaklıkta bulunan Massachusetts Cambridge'deki bir iş adamı, parkın halini öğrenip Gorongosa'nın kaderini değiştirmek ve önceki şöhretini sağlayacak şekilde eski haline kavuşturmak mümkün mü diye merak edene kadar yıllarca böyle kalacaktı.



ŞEKİL 10.3 Gorongosa ana turist kampı, 1995.
Ian Convery'nin izniyle kullanılmıştır.

BİR PROJE ARAMAK

2002 yılında, kırk üç yaşındaki girişimci Greg Carr geleceği üzerine düşünüyordu. Idaholu bir Harvard mezunu olan Carr başarılı bir iletişim şirketini satmış ve kendini hayırseverliğe adamıştı. 1999 yılında insan hakları, sanat ve çevre konularına odaklanan Carr Vakfı'nı kurmuştu. Harvard'da bir İnsan Hakları Politikaları Merkezi ve Cambridge'te yeni bir tiyatro topluluğu kurdu. Fakat Carr enerjisini daha "uygulamalı" bir projeye harcamak ve insanlara yardım etmek için çalışma alanındaki yeteneklerini ve sahip olduğu zenginliği kullanmak istiyordu.

O sırada patlak veren AIDS krizi gibi, Afrika'daki büyük sorunlar üzerine düşünmeye başladı. Birleşmiş Milletler'de Mozambik büyükelçisi olan Carlos dos Santos'u tanıyan Cambridge'li komşusuyla konuştu. Arkadaşı ona "Gidip onunla konuşmalısın" dedi.

Carr daha önce Mozambik'e hiç gitmediği için, New York'ta büyükelçiyle görüşmeden önce ülke hakkında bulabildiği her şeyi okudu. Öğrendiğine göre burası dünyadaki en yoksul ülkelerden biriydi. Carr büyükelçiye ekonomik ve insani gelişimi artıracak bir proje peşinde olduğunu söyledi. dos Santos ona "Mozambik'e gel, orada istediğin her şeyi yaparsın" dedi. Büyükelçi, Başkan Joaquim Chissano'ya yakındı ve ona Carr'la tanışmayı teklif etti.

Carr Mozambik'i ilk kez 2002'de ziyaret etti. Ülkenin büyüklüğünden ve güzelliğinden etkilenmişti. California'nın iki katı büyüklükte olan Mozambik bin altı yüz kilometrelik bir kıyı şeridine sahipti. Carr o sırada "bir proje belirlemek" üzere kendisini davet eden Başkan Chissano'yla da görüştü. Fakat Carr için esas dönüm noktası Mozambik'te değil komşu Zambia'yı ziyaret ettiğinde ve ilk safarisini gerçekleştirdiğinde ortaya çıktı.

Afrika'nın hem güzelliğine hem sefaletine tanıklık eden Carr eve değişmiş bir insan olarak döndü. Parasının çok daha fazla ihtiyaç duyulan okullar, sağlık klinikleri ya da su kuyuları inşa etmek için kullanılabileceğini düşündü fakat sonra genç Afrikalıların okulu bitirdikten sonra iş bulamayacağı kafasına dank etti. Mozambik'te farklılık yaratmak için temel altyapının yanı sıra iş yaratmak gerektiğini fark etti. Mozambik'in geliştirebileceği en belirgin endüstri turizmdi. Afrika'nın doğusu ve güneyindeki diğer ülkelerde safari endüstrisi vardı ama Mozambik'te yoktu. Neden? Carr, iç savaşı ve neden artık turizm yapılmadığının nedenlerini öğrendi. Aynı zamanda turizmin 1960'larda, özellikle Gorongosa adı verilen yerde nasıl ekonomik bir güç olduğunu da duydu.

Carr, turizm sektörünü yeniden canlandırmanın en iyi strateji olacağına karar verdi. Bunu yapmak sağlıklı milli parkların var olmasını gerektiriyordu fakat o zamana kadarki yaşamı boyunca ekoloji ve çevre korumayla ilgili hiçbir şey öğrenmemişti. Bunun üzerine Henry Thoreau, John Muir, Aldo Leopold, Rachel Carson ve E.O. Wilson gibi çevre korumanın bütün büyük isimlerini baştan sona okumaya başladı.

Çevre korumaya ilişkin yeni tutkusuyla Carr, Mozambik'e 2004 yılında keşfi yapılacak altı potansiyel park listesiyle tekrar geldi. Güney Afrika'daki meşhur Kruger Milli Parkı için çalışmış en iyi vahşi yaşam veteriner hekimi olan Markus Hofmeyr'i de danışmanı olarak yanında getirdi. Başkent Maputo'dan bir helikopter kiraladılar ve yolculuklarına Güney Afrika sınırında bulunan ve Kruger'in bir kısmını da içine alan Limpopo'dan başladılar. Daha sonra buradan Gorongorosa'ya geçtiler.

Carr, geniş yağmur ormanlarıyla kaplı dağı, Büyük Rift Urema Gölü ve yakındaki sulak alanları içine alan fiziksel güzellikler karşısında büyülenmişti. Parkın misafir defterine bir şeyler yazması istendiğinde, "Bu olağanüstü bir park ve biraz yardımla Afrika'nın en iyi parklarından biri olabilir" diye yazmıştı.

Carr sonunda aradığı projeyi bulmuştu.

2004 yılının Ekim ayında Mozambik Turizm Bakanlığı'na parkın yenileme çalışmaları için beş yüz bin dolar bağışladı. Bu küçük bir peşinattı. Kasım 2005'te, otuz yıllık bir süre boyunca parkın yenilenmesi için kırk milyon dolar vermeyi kabul etti. Öte yandan bu yardım yalnızca Birleşik Devletler'den buraya çek göndermekten ibaret değildi. Carr ve kurduğu vakıf, bu girişimi Mozambiklilerle beraber yönetmek üzere orada bulunuyordu.

Önündeki iş çok büyük bir gayret gerektiriyordu. Carr, çalışmaya başlamak için mühendislerden, turizm geliştiricilerinden, ekonomik danışmanlardan ve bilim insanlarından oluşan bir ekiple birlikte Gorongosa'ya gittiğinde ana kamp hâlâ yıkıntılar içindeydi. Kullanmak üzere çok az su ve elektrik için de yalnızca küçük bir jeneratörleri vardı. Carr, geceleri bir kamyonetin kasasında geçiriyordu. Gorongosa'nın görkemi unutulup gitmişti. Mozambikliler bile Carr'a, "Sıkma canını, artık orada bir şey kalmadı" diyorlardı.

Bir şey kalıp kalmadığını anlamak için Carr, 2004 yılının Ekim ayında bir hava araştırması görevi düzenledi. Sonuç karışıktı. Gözlemciler savaşın bittiği on yıl önceye göre daha çok su antilobu, kamış antilobu ve samur antilobu saydılar. Fakat araştırdıkları alanda hiç zebra, Afrika antilobu, fil ya da bufalo yoktu. Alanın dışında yalnızca bir bufalo ve içeride de tek bir aslan görmüşlerdi.

Carr Cambridge'e döndüğünde, derme çatma konaklama yerinde kaptığı şiddetli bir sıtmaya yakalanmıştı. Korkunç baş ağrıları ve tekrarlayan yüksek ateşle hareket edemez haldeyken, Gorongosa'dakiler bir yana, her yıl milyonlarca Afrikalı'yı öldüren bu hastalığı nasıl tedavi edeceğini bilen Bostonlu doktorları bulana kadar iyileşip iyileşmeyeceği belli değildi.

Ne kendi sağlık durumu ne de Gorongosa'nın iç karartıcı hali Carr'ı engelleyebildi. Öte yandan vahşi yaşam araştırması, parkı yenilemeye nerede ve nasıl başlamak gerektiği sorusu üzerinde duruyordu. Burada bir iki avcının seçilerek ortamdan uzaklaştırılması söz konusu değildi. Dünyadaki pek az yer Gorongosa'daki kadar harap haldeydi; besin ağındaki tüm zincirler yok olmuş ve öylece kalmıştı.

AŞAĞIDAN YUKARI YENİLEMEK

Gorongosa aslanlarıyla ünlü olsa da –ve turistlerin görmek istediği de bu olsa bile– besin zincirinin en üst düzeyi yenileme çalışmaları için uygun bir başlangıç noktası değildi çünkü bunların avları yok olmuştu. Buna karşın büyük otçullara öncelik vermenin çok daha doğru olduğu gayet açıktı. Bunların yokluğu parkın bitki örtüsünde ciddi değişikliklere yol açmıştı. Filler yaprakları yemeyince ağaçlık alanlar genişlemişti ve büyük otçulların yokluğunda otlaklar uzamış ve sık sık ortaya çıkan yoğun yangınlara neden olmuştu.

Gorongosa'nın hayvanlara ihtiyacı vardı fakat Carr onları nereden bulabilirdi? İlk öneri Kruger Milli Parkı'ndan geldi: hasta olmayan iki yüz bufalo. Afrika'nın güneydoğusundaki popülasyonlarda yaygın olarak tüberküloz ve brusella enfeksiyonları görülüyordu fakat Kruger bir popülasyonu ayırmış ve onları sağlıklı kalacak şekilde korumuştu.

Sürekli avlanma tehdidi altında olan bu çok değerli hayvanlara ilişkin ilk sorun bufaloların güvende olmaları ve çoğalmaları için nereye bırakılacağı sorunuydu. Carr ve Hofmeyr Limpopo'yu ziyaret ettiğinde orada bir koruma alanı gördüler. Hofmeyr, Carr'a bunun aynısını Gorongosa'da da yapmayı ve yeni gelenleri aslanlardan ve avcılardan uzak tutacak ve Gorongosa popülasyonunu yeniden oluştururken en avantajlı durumu sağlayacak

tamamen çevrili, iyi korunan altmış kilometrekarelik alana sahip bir "Sanctuario" seçmeyi önerdi.

Elli dört hayvandan oluşan ilk grup buraya Ağustos 2006'da ulaştı. Carr bunun "inanılmaz bir hediye" olduğunu söylüyordu. Öte yandan savaştan önceki bufalo popülasyonu on dört bin bireyden oluşuyordu. Carr, otçul popülasyonunu eski haline getirmek için on yıl boyunca her hafta kamyonlarla hayvanları taşıması gerektiğini düşünüp endişe duyuyordu. Pahalı olması bir yana Güney Afrika'dan parka yapılacak dokuz yüz altmış kilometrelik yolculuk hayvanlar için travmatik bir deneyim olacaktı. [Şekil 10.4]



ŞEKİL 10.4 2006 Ağustosu'nda Gorongosa Milli Parkı'na bırakılan ilk bufalolar.

Fotoğraf Domingos Muala tarafından çekilmiştir. Gorongosa Yenileme Projesi'nin izniyle kullanılmıştır.

Carr, kısa bir süre sonra, özellikle doğru hayvanları parka getirmenin, ilk grubu getirmekten çok daha zor olacağını fark etti. Gorongosa, karnının altı boyunca uzanan daha ince siyah şeritlere sahip Crawshay Zebrası gibi bazı alttürlere ev sahipliği yapmıştı. Bu alttürler bir zamanlar Afrika'nın güneydoğusunda yaygın dağılım gösterirken daha sonra birkaç koruma alanıyla sınırlı kaldı. Carr'ın bilim ekibi, alttür zebrayı bayağı zebraların yanına getirip ortadan kalkmasına yol açmak istemiyordu. Bu nedenle yıllarca beklediler ve aynı zamanda Sanctuario'ya da getirdikleri

toplam on dört Crawshay Zebrasını diğer bölgelerden Mozambik'e taşımak için sabırla çalıştılar. 2007 yılında yüz seksen Afrika antilobu benzer şekilde Sanctuairo'ya getirildi. Diğer parklardan sağlanan altı fil ve beş suaygırı 2008'de doğrudan parka bırakılırken 2013'te otuz beş boğa antilobu getirildi.

Yenileme projesi başladığından beri geçen on yıldan fazla bir zaman sonra hayvanlar ne yapmaktaydı? Bunu görmek için kendim Gorongosa'ya gittim.

DEV BİR SALATA KÂSESİ

Pilot Mike Pingo, bizi parkın yüz yirmi sekiz kilometre güneydoğusunda, kıyıya yakın bir yerde bulunan Beira havaalanından parlak kırmızı renkli, beş kişilik helikopteriyle aldı (buradaki "biz"; ben, eşim Jamie, Howard Hughes Tıp Enstitüsü, Bilim Eğitimi Bölümü'nden iki meslektaşımız olan Dennis Liu ve Mark Nielsen'den oluşuyordu). Ülkenin bu sulak bölgesinde bulunan görece az sayıdaki çoğu toprak yola karşın helikopter yolculuğu yirmi altı saatlik toplam yolculuğumuzun en hızlı kısmını oluşturdu ve aşağıdaki manzarayı kuş bakışı görmemizi sağladı.

Büyük oranda boş ve düz bölgelerden, nadir ağaç kümeleri üzerinden, bir avuç sazdan yapılmış evle, mısır ve diğer ekinlerin bulunduğu küçük alanlardan oluşan birkaç küçük köy üzerinden geçtik. Daha sonra bir miktar tırmandık ve parka girdik. İlk edindiğim izlenime göre Gorongosa, akasyanın baskın olduğu Serengeti'den farklı olarak, uzunlu kısalı pek çok palmiye ağacı ve yeşile çalar kabuklara sahip harikulade "ateş" ağaçları ile beklediğimden çok daha fazla ormanlık alana sahipti. Park boyunca dolanıp giden nehirlerden biri olan Rio Urema üzerinde uçarken Pingo sağa ve sola yatarak nehri takip etti. Birkaç büyük kuş altımızda uçuyordu ve sonra ben *onları* gördüm.

Timsahlar! Siyah ve sarı desenli Nil timsahları neredeyse her çamurlu kıyıyı ya da kara parçasını kaplıyordu. Daha önce Avustralya'nın kuzeyinde çok sayıda timsah görmüştüm fakat onlar ne bu kadar çoktu ne de bu denli bir arada bulunuyordu. Otuz metrelik, bazen dört buçuk metrelik, çamur birikintisi üzerinde yirmi ya da daha fazla timsah vardı. Gorongosa'da durumu iyi olan en azından bir tür vardı işte. Uyuklayan dev timsahlar biz

yaklaştıkça birden ayağa kalktı ve yavaşça kayarak göle girdi. Benim gibi bir timsah aşığı için harika bir görüntüydü.

Daha sonra kampın dışında bulunan ve Chitengo adı verilen, Greg Carr ve Gorongosa Yenileme Projesi'ne (GYP) dahil olan pek çok arkadaşının birkaç düğmeli domuz ve babunla birlikte bizimle buluştuğu piste indik.

Greg "Alanı gezmek mi istersiniz yoksa bu uzun yolculuktan sonra dinlenmek mi istersiniz?" diye sordu (Burada resmiyeti bir tarafa bırakıp tıpkı bir arkadaşımmış gibi ona adıyla hitap ediyorum). Saat öğleden sonra üçtü ve güneş birkaç saat içinde batacaktı. Adrenalin yorgunluğa baskın geldi ve az sonra parkın çamurlu yollarında yaylana yaylana giden açık hava safari kamyonetindeydik. Hemen ağaçların arasında zıplayan birkaç impala ve utangaç oribi (küçük bir antilop) gördük. Pek çok su birikintisinin yanında, arka kısımlarında belirgin bir beyaz halka bulunan büyük bir antilop türü olan su antiloplarını gördük. Bir kartal ve yalıçapkını dahil olmak üzere pek çok kuşu hayran hayran izlemek için durduk.

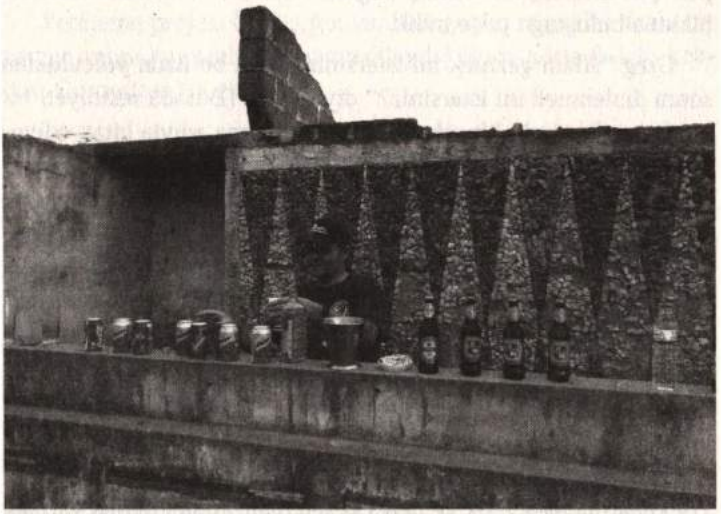
Ağaçlar ve yüksek otlaklar sonunda taşkın yatağına varıyordu. Yol kenarına park ettik ve nefes kesen manzaranın tadına varmak için kamyonetten indik. Ön taraf verimli yeşillikler ve otlarla kaplıydı ve sarı gagalı leylek, ıslıkçı ördek ve mahmuzlu kaz sürülerine barınak olan geniş nehir akıntısı ve onun yan kollarıyla kesintiye uğruyordu. Su antilopları ve impalalar bitkileri yiyordu. Arka planda, ufukta, Büyük Afrika Rift'nin batı ucunda, yağmur suları kuzeyimizdeki Rift Vadisi'nin tabanındaki büyük, sığ bir göl olan Urema Gölü'nün sularını kabartan Gorongosa Dağı bulunuyordu.

Güneş, Rift'in arkasını pembe-turuncu renge boyarken Greg, "İnsan yok, hiç ışık yok, hiçbir yol yok" diye yazıyordu. Eğer amacı bizi hayretler içinde bırakmaksa, bunu başarmıştı.

* * *

Sonraki günler, büyük kısmında Urema Gölü ve taşkın yatağının üzerindeki helikopter uçuşları sayesinde, dağ, nehirler ve göl, taşkın yatağı ve yabani popülasyonlar arasındaki hayati bağlantılara ilişkin çok daha kapsamlı bir kavrayış edinmiştim. Havadan takip ettiğimde, parkın herhangi bir yerindeki büyük suaygırı

gruplarını ve antilop sürülerini içeren en büyük memeli topluluklarının yeşil taşkın alanlarda yaşadığını görebiliyordum. Bu nedenle, basit soru neden böyle olduğuydu. Bu taşkın alanları oluşturan neydi?



ŞEKİL 10.5 Hayırsever ve barmen Greg Carr. Greg Gorongosa'da suaygırı havuzuna bakan terkedilmiş ve kabuk biçimindeki beton bir yapı olan "Hippo House'taki" geçici bir barda akşam içkilerini sunuyor. Fotoğraf yazar tarafından çekilmiştir.

Gölün büyüklüğü etkileyici olsa ve taşkın yatağı ondan her yönde kilometrelerce öteye uzansa da bu Gorongosa'nın kurak mevsimiydi (Haziran). Birkaç ay önce bu düzlüklerin büyük kısmının sular altında kaldığını ve gölün de şimdiki hacmini pek çok kez aştığını öğrendim. Suyun kurak dönemde geri çekilmesi, alüvyon ve bol suyla verimi artarak vadide dev bir salata kâsesi haline gelen büyük bir kara parçasını açığa çıkarıyordu. Bu salata kâsesi yağmurlar kasım ayında tekrar yağana dek yabani hayatın büyük bir kısmını besliyordu.

Öte yandan Greg, parkı ve parktaki ekosistemi eski haline getirecek Gorongosa'daki tüm memeliler arasında bulunan en önemli türün *Homo sapiens* olduğunu biliyordu. Parkın çevresindeki insan nüfusu iki yüz elli bin kadardı ve bunların çoğu geçimini günde bir dolardan az bir paraya sağlıyordu. Uzun dönemde başarılı olmak

için Gorongosa, tarım alanı, ormanlık arazi ve ambar olmaktan daha değerli bir korunmuş alan haline gelmeliydi. Greg yabani hayatı görmem için, GYP'nin çevredeki topluluklara yardım etme yöntemlerini gösterme konusunda oldukça hevesliydi.

İNSAN GELİŞİMİ

Çevredeki topluluklara iş yaratmak ve hizmet sunmak için GYP, parkın dışına, içine harcadığı kadar çok para harcamıştı. Yenileme projesi, bölge sakinlerinin yüzlercesine doğrudan iş sağlamıştı. Vahşi yaşam popülasyonlarını kurtarma sırasındaki en önemli işlerden biri, yasak avlanmayı, aşırı balık avlamayı, ağaçları kesmeyi, kültür bitkiciliğini ve yasadışı ateş yakmayı engellemek üzere parkı sürekli kontrol etmekti. Çoğu bölge sakinlerinden oluşan silahlı yüz yirmi park muhafızı, pek çok türü sakat bırakan ya da öldüren, ince telden yapılmış tuzakları bulup yok etmek için tüm bir alan boyunca hep birlikte günlerce dolaşıyordu. Aynı zamanda bu tuzakları kuran yasadışı avcıları bulup tutuklama sorumlulukları da vardı. Köylünün ürünlerini fillerin gece saldırılarına karşı korumak gibi durumlar da dahil olmak üzere insanlarla hayvanlar arasındaki sorunları çözmek de işlerinin bir parçasıydı.

Turizm bir başka iş ve gelir kaynağıydı. Turizm endüstrisini canlandırmaya başlamak için Gorongosa Dağı'nda rehberlik etmek üzere 2006'da on altı yerli rehber işe alındı. 2007 yılında, ana kamp alanında turistler için yeni bungalovlar hizmete açıldı. Yüzme havuzlarının yanı sıra harikulade bir açık hava restoranı yapıldı. 2005'te binden az turist ziyarete gelmişken 2008'de bu sayı sekiz bindi. 2009'da belirlenen politikaya göre turizm gelirlerinin yüzde yirmisi, daha sonra yerel komiteler tarafından okul, sağlık merkezleri ve yangın kontrolü gibi projelerde kullanmak için ayrılmak üzere çevredeki topluluklara aktarılacaktı.

Mozambik zaten yoksul bir ülkeyken Gorongosa da Mozambik'in en yoksul bölgelerinden biriydi ve burada yaşayanların çoğu temel eğitim ve sağlık hizmetlerinden yoksundu. GYM 2006 yılında, parkın güney sınırının hemen yanında ve Rio Púnguè'nin diğer tarafında bulunan bir topluluğun yaşadığı Vinho'da bir klinik inşa etti. 2009'da etraftaki topluluklara aşı,

doğum öncesi ve aile planlaması hizmetleri veren ve hastalık önleyici araçları sağlayan bir gezici klinik hizmete girdi. Sıtmaya yakalanmayı azaltmak amacıyla parkın çevresindeki tampon bölgede bulunan iki yüz elli bin kişiye sivrisinek ağı dağıtıldı.

GYP Vinho'da ayrıca daha önce olmayan bir ilkokul da yaptı. 2010 yılında ise Vila Gorongosa kasabasına yakın bir yerde bölgede binlerce çocuğun yerel flora ve faunayı, çevreye ilişkin temel ilkeleri, çiftçilerinse sürdürülebilir tarım yöntemlerini öğrenmesi için bir Topluluk Eğitim Merkezi inşa edildi. GYP, köylülerin daha üretken ve verimli tarım yapmaları ve yeni ürünler ekmeleri için uzmanlık hizmeti vermeye devam ediyor. Temel koruma vaadine göre parkın dışındaki toprak daha etkin kullanılırsa ve gıda güvenliği geliştirilirse park alanı üzerinde daha az baskı olacaktır. Bir gün Topluluk Eğitim Merkezi'ni ziyaret ettiğimizde iki düzine çiftçinin Gorongosa Dağı'nda kahve bitkisi ekimini geliştirme hakkında eğitim aldığını görmüştük.

Bu, parkın en hayati öneme sahip kaynağı olan dağdan gelen suyu koruma amaçlı en önemli girişim olabilir. Urema Gölü ve parktaki nehirlerin pek çoğu uzun ve giderek ısınan kuraklık döneminde kurumaz. Su yıl boyunca Gorongosa Dağı'ndan gelmeyi sürdürdüğü için habitat ve içme suyu sağlamaya devam eder. Dağın yağmur ormanları yağış mevsimi boyunca yağmur sularını emen bir sünger gibi davranır ve bu suları uzun kurak mevsim boyunca sürekli olarak salar. Bu su, salata kâsesi içinde bulunan su düzeyinin sabit kalmasını sağlar. Dolayısıyla dağdan gelen su, Gorongosa ekosistemi için can suyudur.

Öte yandan dağdaki sert ağaçlardan oluşan yağmur ormanları, ağaç kesimi ve mısır gibi ekinlerin ekilmesi nedeniyle hızlı bir biçimde azalmıştır. Ağaçlar olmadığında dağ daha az su tutar ve toprak sürüklenip gider. Mısır uzun süre dayanmaz ve sonra daha çok ağaç kesilir. GYP dağdaki yağmur ormanlarının yıkımını durdurmak ve hatta onu geri getirmek için bir plan geliştirmeliydi. Çiftçilerin farklı biçimde davranmasını sağlamak için mısırdan daha değerli olan ve ormanların yeniden çoğalmasına uyum sağlayan başka bir ürün bulmalıydı.

Çözüm, gölgede yetiştirilen kahveydi.

GYP Gorongosa Dağı yamaçlarında etkileyici bir bakım sağladı, öyle ki, biz ekime hazır kırk bin saksı bitkisi gördük. Kahvenin yetiştirilmesi için tohumlar, genç bitkiler üzerinde gölge oluşturacak hızlı büyüyen temel bitkilerden biri olan, aynı zamanda çiftçilere yiyecek ve gelir sağlayan güvercin bezelyelerinin yanına ekildi. İki bin iki yüz kahveye ek olarak her bir hektara, her bir yetiştirme alanını gölgeleyecek olan doksan sert yağmur ağacı ekildi. GYP, uzun vadede, büyüyen kahve girişiminin yanında dağın büyük bir kısmını yeniden ağaçlandırmayı umuyordu: Bölgeyi korumanın getirdiği zorunluluklar ekonomik ve insani gelişimin zorunluluklarıyla karşı karşıya gelmişti.

Bununla birlikte GYM'nin girişimleri birtakım engellerle karşılaşıyordu. RENAMO politik ve paramiliter bir örgüt olarak varlığını sürdürdü ve hükümetle olan savaşı 2013-2014'te tekrar alevlenerek parkın geçici olarak kapanmasına ve GYP personelinin bölgeden ayrılmasına neden oldu. İki taraf bir barış anlaşması imzaladı fakat aralarındaki politik çekişme devam etti.

Bunun yanında yasadışı avlanma sorun olmaya devam ediyordu. Gorongosa'daki memelilerin en tehlikeli avcısı timsah ya da aslanlar değil insandı. Dokuz gün içinde yasadışı avlanan dört ya da beş avcıyı parkın gözaltı merkezine götüren üç kamyonet gördüm. Gorongosa'daki yasadışı avlanma –Doğu Afrika'nın büyük bir kısmında görülen fildişi için fil avlama değil– büyük oranda et sağlamak için tuzak kurma biçiminde sürüyorken koruma programının müdürü olan Pedro Muagura, yaptıkları tutuklamalardan bağımsız olarak yasadışı avlanmanın parktaki vahşi yaşam için acımasız bir işgal bedeli olduğunu söyledi. Bu gerçeği göz önünde bulundurarak, yalnızca av hayvanlarını avlayan avcıları kullanarak ölçmenin imkânsız olduğu hayvan sayılarındaki değişimi öğrenmek için can atıyordum.

ARTIK DAHA ÇOK ET İÇEREN BİR SALATA

Bir cumartesi gecesi, parktaki yaban hayatın durumunu tartışmak üzere, iniş pistinin yakınındaki bir açık hava konferans salonunda toplanan, çok sayıda bilim insanını ve park yönetiminin çoğunu kapsayan bir topluluğa katılmak üzere davet edildik. GYP'nin ilk oluşumu sırasında Greg, dünyadaki bilim toplulukla-

rını Gorongosa'daki hayvan ve bitkilerle çalışmak üzere davet etmeye çok istekliydi. Afrika ceylanı, Sahara altındaki özel antiloplar (bushbuck), aslanlar ve hatta termitlerle çalışan pek çok üniversiteden biyologlar oradaydı.

Sunum, Afrika yabani hayat uzmanı ve Gorongosa Bilimsel Hizmetler müdürü olan ve en kurak mevsimin sonunda parkın üzerinde havadan çok yakın bir zaman önce yapılan incelemeye liderlik eden Marc Stalman'la başladı. Stalman ve beş kişilik ekibi, on iki gün boyunca Mike Pingo'nun helikopteriyle (kapılar açık halde) Rift Vadisi boyunca yirmi bir sorti yapmış ve havadan görülebilecek kadar büyük tüm memelileri –on dokuz otçul tür– saymıştı.

Saptanan hayvanların toplam sayısı yetmiş bir bin seksen altıydı!

Fillerin, suaygırların, Afrika antiloplarının, su antiloplarının, zebraların, boğa antiloplarının, bufaloların, samur antiloplarının ve inek antiloplarının *hepsinin* 2000 yılındaki sayısının binden az olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu sayı özellikle hayret vericiydi. Bugün bu türlere ait, beş yüz otuz beş fil ve dört yüz otuz altı suaygırı dahil olmak üzere neredeyse kırk bin birey mevcuttur. Stalman, incelenen neredeyse bütün türlerin yakın zaman önceki sayımlardan itibaren dikkate değer ölçüde arttığını ve en çarpıcı artışın da yenileme projesinin başlamasından önceki sayıma göre gerçekleştiğini bildirdi. Yalnızca yedi yıl içinde su antiloplarının sayısı dört kat, impalaların sayısı iki kat artmıştı ve samur ile su antiloplarının sayısı artık 1960 ve 70'lerdeki tarihi sayılarının üzerine çıkmıştı. Üstelik tüm bunlar yasak avlanma sonucu verilen kayıplara rağmen gerçekleşmişti.

Greg Carr'a göre bu değişim heyecan vericiydi. Yalnızca on yıl önce ziyaretçiler araçla tüm gün dolaşır ve şimdi sürülerin gezindiği yerlerde nadiren bir hayvan görebilirdi. Kendisi bu yetmiş bin fazladan hayvanın çoğunun peşinde gezmek zorunda kalmadığı gerçeği karşısında özellikle heyecanlanmış (ve rahatlamıştı): işin çoğunu doğa kendisi halletmişti.

"Doğaya fırsat verirseniz eski haline döner." dedi Greg. Bu şans, artış sağlayan popülasyonları koruyan Gorongosa park muhafızları tarafından verilmişti.

Eski hale dönüş, beşinci Serengeti Yasası'nın iş başında olmasıyla sağlanmıştı (Bkz. Bölüm 7). Çabucak artış gösteren popülasyonlar, bufaloların, fillerin ve Afrika antiloplarının Serengeti'de ortaya koyduğu görüngünün tam olarak aynısını sergiliyordu. Popülasyonların yoğunluğu, içinde bulundukları habitatın destekleyebileceğinden çok daha az olduğunda artış oranları oldukça yüksek olabilmektedir (Bkz. Şekil 7.6). Gorongosa'daki araştırmacılar pek çok türün yılda yüzde yirmiden fazla artış gösterdiğini hesapladı. Bu artış, sığır vebası ortadan kalktıktan sonra Serengeti'de bulunan Afrika antilobu ve bufaloların sayısındaki patlamaya eşitti.

Gerçekten de yeterli koruma ve habitat sağlandığında, dünyanın pek çok yerindeki çoğu tür ciddi biçimde düşük sayılardan sonra, çarpıcı bir artış sağlayabilmiştir. Örneğin kuzey fok balığının sayısı 1800'lerde yirmi gibi çok düşük bir sayıya inmişken günümüzde iki yüz binden fazladır. Batı Avustralya'daki kambur balina sayısı on beş yılda üç yüzden yirmi altı bine, Kuzey Pasifik su samurlarının sayısı geçtiğimiz yüzyılda binden yüz bine ve Amerikan timsahı da neredeyse yok olmak üzereyken elli yıl içinde sayıca beş milyona ulaşmıştı.

Bazı türlerin habitata tekrar sokulması kimi zaman gerekli olsa da Greg, Gorongosa'daki deneyimden diğer büyük çaplı yenileme çalışmalarına rehberlik edebilecek bir ders çıkarmıştı: "Yeniden hayvan getirmeye değil hukuki yaptırımlara odaklan."

Öte yandan Gorongosa'daki dönüşüm henüz tamamlanmamıştı. Çayırların aşırı büyümesini önleyecek olan, özellikle bufalo gibi, daha çok otlayıcıya ihtiyaç vardı. Ayrıca önemli olan bir tek otçullar değildi. Etçillere ne demeli? Parkta sırtlan ya da leopar yoktu; aslanlar Gorongosa'daki tek büyük etçildi. Neredeyse yok olmak üzereyken sayıları artan aslanlar, son sayıma göre altmış üç tanedir ve tarihsel olarak hâlâ çok az sayıdadırlar. Sayılarının azlığı avın bir miktar yukarıdan aşağı düzenlendiği anlamına gelmektedir ve bu da bazı otçulların sayısındaki hızlı artışa katkı yapmış olabilir. Sayılarının az olması çoğu gezi sırasında hiç kedi görmemişken on dokuz büyük otçul türünün her birini aynı zamanda neden görmüş olduğumuzu da açıklamaktadır.

Bilim insanlarının yanıtını bilmeyi çok isteyeceği büyük soru şudur: Gorongosa'daki hayvan sayıları sabit bir değere ulaşmadan önce ne kadar süre daha artar? Serengeti için bu, çoğalma

eğrisinin aşağı döndüğü dönemdi (Bkz. Şekil 7.6). Popülasyonun çoğalmasının temel sınırlayıcılarından biri, verili bir alanda bulunan yiyecek ve suyun destekleyebileceği toplam hayvan kütlesidir ve bu da bir ekosistemin *taşıma kapasitesi* olarak bilinir. Stalman, Gorogosa'nın kilometre kare başına sekiz ton hayvanı besleyebileceğini ve taşkın alanlarında bunun daha da fazla olacağını tahmin etmişti. 2014 yılında yapılan bir araştırma kilometre kare başına beş buçuk tonluk bir otçul yoğunluğunu ortaya koymuştu ve buna göre daha fazla artış için oldukça fazla yer var gibi görünüyordu. Henüz herhangi bir popülasyonun, rekabet ya da yoğunluğa bağlı düzenlemenin, popülasyon artışını yavaşlatacağı düzeye ulaştığına ilişkin herhangi bir işaret yoktur.

Büyük, görünür nitelikte ve turist çeken memelilerin sayılarına odaklanmak, her ne kadar anlaşılabilir olsa ve genellikle iyi haber getirse de, Gorongosa'nın sağlığına ve önemine dair diğer belirteçleri gölgede bırakma eğilimindedir. Bu belirteç parktaki genel biyolojik çeşitlilik olabilir ve bu, Gorongosa'nın gerçekten de dikkat çeken bir özelliğidir. Yaşadığı tüm travmalara karşın, sahip olduğu çeşitli habitatlar nedeniyle –yağmur ormanları, kum ormanları, nehir ormanları, miombo ağaçlıkları, kireç taşı mağaraları, çayırlar ve taşkın alanlar– Gorongosa, Afrika'da bulunan herhangi başka bir parktakinden daha fazla türe ev sahipliği yapıyor olabilir. Biyologlar Gorongosa'da örneğin otuz çeşit yarasayı ve yaklaşık dört yüz kuş türünü içeren en az otuz beş bin bitki ve hayvan türü olduğunu tahmin etmektedir. Olağanüstü rehberimiz Fraser Gear sayesinde, bölgede genet gibi pek çok gececi canlıyı, Afrika lemurunu, firavunfaresinin çeşitli tiplerini ve benim en sevdiğim, harikulade şeritlere ve beneklere sahip kedi benzeri bir memeli olan civet kedilerini içeren çok çeşitli sakinlerini görebildik.

Gorongosa'daki son akşam Fraser bizi son gün batımını geçirmek üzere taşkın alanı kapsayan manzarayı göreceğimiz yere götürdü ve sonra karanlıkta bizi kamp alanına geri getirdi. Ben başka bir misk kedisi daha görmeyi umuyordum ve Fraser her zamanki gibi bunun da üstesinden geldi. Gökyüzünün güneyindeki Jüpiter ve Venüs'e bakıp kendimden geçerken Fraser durdu, yoldaki bazı izleri inceledi ve sonra aracı çalılıklara sürdü. Spot lambalarını ileri geri hareket ettirerek bizi uzun otlar arasından geçirdi. Aynı beceriye bir gece önce su birikintisi üzerine konmuş oldukça nadir görülen balıkçı

baykuşun sesini takip ederken tanık olmuştum. Tekrar su birikintisinin kıyısına gitti fakat spot lambalarını karşı kıyıya tuttuğunda bir baykuşun peşinde olmadığını gördük. İki aslan dosdoğru bize bakıyordu. Üçüncü aslan üstü açık kamyonetimize doğru yürüdü ve altı metre ötemize gelip yattı. Daha geniş bir bakış dördüncüyü, beşinciyi ortaya çıkardı ve genç aslanlar da dahil olmak üzere toplamda dokuz aslan etrafta dolanıyordu. İhtişam büyüyordu.

Kalbimi sıkıştıran bu görüntü karşısında fısıldamaya cesaret bile edemedim fakat aklıma iki kelime geldi: *Viva Gorongosa.**



ŞEKİL 10.6 Gorongosa'da aslanlar.
Fotoğraf yazar tarafından çekilmiştir.

* Yaşasın Gorongosa –ç.n.



SONSÖZ

YAŞAMIN YASALARI

Kurtarılabilecek olanı kurtarmak, geleceği mümkün kılmak: işte bu büyük güdüleyici güç, tutku ve fedakârlığın sebebidir.

ALBERT CAMUS

Bazı önemli oyunların oyuncularını ve yasalarını keşfeden öncülerle tanıştık ve bu bilginin tıp bilimi ve çevre korumada ilerleme sağlamak üzere nasıl kullanıldığını gördük. Şimdi gelin gelecekte ne olabilir ya da daha önemlisi geleceğin ihtiyacı olan nedir biraz ona bakalım. Bu kitabın başında biyolojiye hâkimiyetimizdeki artışın, insan yaşamının nitelik ve niceliğinde geçtiğimiz yüzyılda gerçekleşen çarpıcı değişimlerin temel hızlandırıcısı olduğunu ileri sürmüştüm. Öyleyse biyoloji önümüzdeki yüzyılda insana ilişkin konularda nasıl bir rol oynayacaktır?

İşin tıpla ilgili kısmında pek çok mucizeyi sabırsızlıkla beklediğimize kesinlikle eminim. Şimdiye dek herhangi bir hastalıkla savaşmanın yolunu keşfettik: en önemli aktörleri tanımla, onları düzenleyen yasaları bul ve bozulmuş ya da kaybolmuş olan neyse onu hedefle. Uzun yaşama arzumuz bu keşif ve yeniliklerin toplum tarafından desteklenecek bir öncelik olmaya devam edeceğini garanti etmektedir. Örneğin mevcut neslin seksenli yaşlarına ve ötesine dek yaşayacağı beklentisi ile birlikte, çalışmalar Alzheimer gibi yaşlanmayla ilişkili hastalıkları anlamaya ve engellemeye yoğunlaşmıştır.

Öte yandan bu tip ilerlemeler ne kadar istenir olsa da biyologları ve toplumu en çok zorlayan itki bu değildir. Asıl itki evimizin sağlığının kötüleşmesi ve bu kötüleşmenin, diğer canlılar bir yana,

dünya ekosisteminin insan yaşamını destekleyebilme yeterliliğine ilişkin anlamıdır. En üstteki avcı konumunda bulunduğumuz ve tüm habitatlarda en etkin tüketici olduğumuz sıradışı bir ekolojik durum yaratmış bulunuyoruz. Robert Paine'in bizi uyarırken söylediği gibi "İnsan kesinlikle çok baskın nitelikte bir kilit taşıdır, yasalar anlaşılmazsa ve küresel ekosistem bozulmaya devam ederse, nihai kaybeden o olacaktır." Bizi düzenleyebilecek tek tür biziz.

Eğer yirminci yüzyılın sloganı "Tıpla daha iyi bir yaşam" ise yirmi birinci yüzyılın sloganı "Ekolojiyle daha iyi bir yaşam" olmalıdır. Neyse ki ekolojinin önceliğinin farkında olan ya da bu konuda derin endişe duyan yalnızca bilim insanları değil. Aşağıdaki cümleleri kimin söylediğini öğrendiğinizde şaşırabilirsiniz (Ben kesinlikle şaşırdım):

Bazı türler ticari amaçla kullanıldığında onların ortadan kalkmasını ve ekosistemde bunun getirdiği dengesizlikleri önlemek üzere bunların üreme örüntüleriyle ilgili çalışmalara genellikle pek dikkat edilmez. ... Ekosisteme önem vermek ileri görüşlülük gerektirir. ... Belirli türlerin ortadan kaldırıldığı ya da ciddi biçimde zarar gördüğü yerde kaybolan değerler hesaplanamaz. Mevcut ve gelecekteki insanlığın geri kalanına çevreye zarar vermenin oldukça yüksek bedellerini ödeterek dikkate değer bir yarar sağlayabileceğimizi düşünürsek korkunç adaletsizliklerin sessiz tanıkları olarak kalabiliriz.

Bu cümlelerin yazarı, Haziran 2015'te "Ortak Evimize Özen Gösterme Üzerine" başlıklı çevreyle ilgili sıradışı bir genelge yayımlayan Papa Francis'tir. Genelgeler genellikle öğretinin temel meselelerine ilişkin olarak Katolik hiyerarşiye hitap eder. Bu sıradışı örnekte papa "bu gezegende yaşayan herkese hitap etmeyi" ve "ortak evimizle ilgili olarak tüm insanlarla diyaloğa girmeyi" dilemiştir.

Yüz seksen üç sayfalık belge içtenliği kadar çevreyle ilgili içeriği bakımından da değerliydi. Çevre kirliliği ve iklim değişikliği, su kirliliği, biyolojik çeşitliliğin kaybı ve türlerin yok olması gibi sayısız bozulmayı sistematik olarak değerlendirdikten sonra Papa Francis şöyle diyordu:

Müşterek evimizin nasıl ciddi bir bakımsızlık içinde olduğunu anlamak için olgulara dürüstçe bakmaya ihtiyacımız var. ...

Değişim ve bozulmanın hızlı gerçekleşmesi nedeniyle durumun artık kırılma noktasına ulaştığının işaretlerini görebiliriz.

Papa, yeterli su, verimli toprak ve deniz, muhtemelen on milyar insanı besleyecek yiyecekle ve yoldaşımız olan canlıları korumuş olarak sonraki yüzyıla kalmayı başarabilirsek ekolojinin yasalarının yaşamın yasaları olacağı konusunda hemfikirdir. Gerçekten de, terimi hem manevi anlamıyla hem de kalbin ve düşünme biçiminin kapsamlı değişimi olarak çağrıştırdığı anlamıyla kullanarak "ekolojik dönüşüm" çağrısı yapmaktadır.

Bu başarılması kesinlikle zor bir iştir. Pek çok kimse umutsuzca bunun imkânsız olduğunu söyleyebilir. Yüz doksandan fazla ülkede yaşayan, zengin ve yoksul, farklı politik görüşlere ve dini inançlara sahip yedi milyar insanın herkesin uzun dönemli iyiliği yönünde davranmasını nasıl umabiliriz?

Yerinde bir soru.

Öte yandan bu tür kuşku ve karamsarlıklar diğer büyük zorlukları kuşatmıştır. Bu kitabı yazmam için beni güdüleyen şeylerden biri, karmaşık, uzun süreli ve görünüşte imkânsız olan zorlukların nasıl üstesinden gelindiğini göstermekti. Kalp hastalıklarını çarpıcı bir şekilde azaltabildik ve lösemiyi tedavi etmeyi başardık; bunlar bir zamanlar uzak hayallerdi. Su samurlarının, kurtların ve diğer etçillerin tarihi ve Mendota, Yellowstone ve Gorongosa Gölleri'nden elde ettiğimiz deneyimler bazı türleri kurtarmanın, habitatları eski haline döndürmenin ve hatta büyük ölçüde tahrip olmuş ekosistemleri canlandırmanın mümkün olduğunu ortaya koymuştur. Gittiğimiz yolu değiştirmek için zamanımız var.

Ekolojik iyileşmeye ilişkin umutlarımız gerçekten de sağlam bir bilimsel temele sahiptir fakat bilim, kabullenmek bana acı verse de, yeterli değildir. Güce sahip olmak için umut, eylemi güdüleyen ve başarıyı olanaklı kılan bilgelikle desteklenmelidir. Leonardo da Vinci'nin söylediği gibi bilgelik deneyimin kardeşidir. Öyleyse şunu sorabiliriz: Biyologların ve papanın umduğu küresel ölçekte bir çabanın emsalleri var mıdır?

Bana kalırsa var. Görünüşte imkânsız gibi duran fakat sonuçta başarılı olan uluslararası bir kampanyayı, insanlığın en büyük kolektif başarılarından birinin hikâyesini kısaca anlatacağım.

TOPLUMSAL BİR ÜTOPYA

Daha elli yıl önce çiçek hastalığı virüsü on milyon insana bulaşıyor ve her yıl iki milyon insanın ölümüne neden oluyordu. Kitlesel aşılama virüsü sayısız ülkede ortadan kaldırırken uzun yıllar boyunca bu korkunç hastalığın ortadan tamamen yok olma olasılığı tartışıldı. Pek çok kimse bunun imkânsız olduğunu düşündü, çünkü sarıhumma ve sıtmanın yenilgiye uğratılmasında olduğu gibi, uzun süreli çabalara karşın dünyada hiçbir hastalık tamamen ortadan kaldırılmış değildi.

En çok kuşku duyanlar arasında Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) genel müdürü olan Marcelino Candau vardı. Hastalığın en az elli dokuz ülkede kendini göstermesi Candau kuşkularını güçlendiriyordu. Hastalığı durdurmak için (pek çoğu DSÖ üyesi olmayan) bu ülkelerde yaşayan bir milyar yüz milyon insanın aşılanması gerektiğine inanıyordu. Aşılamak bir yana, yüz binlerce köyde yaşayan iki ila üç yüz milyon insana ulaşmak lojistik açıdan mümkün görünmüyordu.

Canda bu konuda saygın bir desteğe sahipti. Seçkin mikrobiyolog Dr. René Dubos 1965'te şöyle yazmıştı, "Toplumsal değerlendirmeler, hastalığı yok etmeye ilişkin programların teorik kusurlarını ve teknik zorluklarını tartışmayı gereksiz kılar, maddi etkenler bunları giderek sakin ve sessiz bir ölüme götürecektir. Hastalığı ortadan kaldırma programları, sonunda kütüphane raflarında duran ve tüm toplumsal ütopyaları içeren bir merak konusu olarak kalacaktır."

Öte yandan 1966'da ABD ve Sovyetler Birliği'nin baskısı altında ve üç gün süren tartışmaların ardından DSÖ kongresi çiçek virüsünün ortadan kaldırılması için kullanılacak özel bir bütçeyi zar zor, ancak iki milyon dört yüz bin dolar olacak şekilde, onayladı. Bundan korkan genel müdür, bir Amerikalının programın başına getirilmesi gerektiğine karar verdi, böylece programın kesinlikle başarısız olmasıyla Birleşik Devletler suçlanabilecek ve DSÖ'nün saygınlığı lekelenmeyecekti.

Genel strateji çiçek virüsünün etkilediği ülkelerde yaşayan olabildiğince çok insanı aşılamaktı. Uygulamada popülasyonun yüzde on ila yirmisini –en yoksullar, göçmenler ve uzaktaki top-

luluklar– bulmak ve bunlara ulaşmak özellikle zordu fakat bir yıl içinde öngörülmeyen bir dönüm noktası dengeyi değiştirdi.

Sahada çalışan Amerikalılardan biri, bir lüteryen misyoner doktor olan ve Nijerya'da Birleşik Devletler Bulaşıcı Hastalıklar Merkezi'ne (şimdiki adı Hastalık Kontrol Merkezi) danışmanlık yapan Bill Foege'ydi. 1966 yılının Aralık ayında bir gün Foege iki kanallı telsizinden Ogaja Bölgesi'nde bir şüpheli çiçek hastalığı vakası haber aldı. Foege ve bir meslektaşı motosikletle köye gitti, teşhisi doğruladı ve hastanın ailesini ve diğer köylüleri aşıladı.

Foege daha büyük bir salgının başladığından endişe duyuyordu. Bölgede yaklaşık yüz bin kişi vardı ve hastalığı ortadan kaldırma programının henüz başı olduğundan elinde yalnızca birkaç bin kişilik aşının bulunması sorun teşkil ediyordu. Yakınlarda tüm köyleri aşılayacak bir yer yoktu.

Foege farklı bir strateji geliştirmek durumundaydı. Hastalığın "ekolojisini" düşündü. Hastalık kişiden kişiye nasıl yayılıyordu ve insanlar en çok ne zaman hastalığı bir başkasına bulaştırıyordu? Yalnızca hastalık yayılımının sürdüğü bölgelerde bulunan insanları aşılamaya odaklanması gerektiğine karar verdi. Kırk beş kilometre çevrede bulunan tüm misyonerlere telsizle ulaştı ve çiçek hastalığı olup olmadığını kontrol etmek üzere her köye bir haberci göndermelerini söyledi. Yalnızca dört köyde hastalık vardı, diğer köylerde sorun yoktu.

Bu köylerde bulunan misyonerlerden gelen bilgilere göre Foege hastaların gitmiş olabileceği üç yer belirledi. Arkadaşlarıyla birlikte hastalığın bulaştığı ve bulaşma ihtimali olan köylere gidip oradaki herkesi aşıladı. Bu yaklaşıma göre hastalığın bulaştığı kişilerin çevresinde bir aşılama "halkası" oluşturdular ve böylece virüsün halkanın ötesine geçmesini önlemeye çalıştılar. Foege'ye göre bu, Birleşik Devletler Orman Hizmetleri'nde genç bir itfaiyeciyken öğrendiği tekniklerin bir benzeriydi: Yangının yayılmasını önlemek için onun önündeki yakıtı kaldır. Aşı halkası, virüsün önündeki yakıtı ortadan kaldırmıştı.

Bu yöntem dikkate değer biçimde işe yaramıştı. Popülasyonun yalnızca yüzde on beşi aşılanmış olsa da altı hafta içinde salgın engellenmiş ve başka herhangi bir vaka görülmemişti. Bu başarı Foege ve ekibini aynı stratejiyi, kitlesel bir aşılamadansa çok

daha az insanı aşılayarak her salgını önleyebilecekleri Nijerya'nın doğusuna taşımak için cesaretlendirmişti.

Bununla birlikte Afrika'nın batısındaki bu deneyim Güney Asya'da, özellikle hastalığın şiddetlendiği Hindistan'da, çiçek virüsünü durdurmak için girilecek çok daha büyük mücadelenin bir ön denemesiydi. Foege, hastalığı ortadan kaldırma çalışmalarına katılmak için 1973'te Hindistan'a gitti. Hindistan yıllardır çiçek hastalığını kontrol altına alma denemelerinde bulunuyor ve başarısız oluyordu zira aldıkları önlem yetersizdi. Hastalığın kapsamı ve popülasyonun büyüklüğü askerî seferberlik ölçeğinde bir çabayı gerektiriyordu. Vakaların çoğu Uttar Pradesh (seksen sekiz milyon kişi) ve Bihar (elli altı milyon kişi) gibi büyük popülasyonlara sahip dört eyalette ortaya çıktı. DSÖ, on gün içinde ülkedeki her köyü ziyaret etmek ve hemen var olan salgınları engellemek gibi bir strateji benimsedi. Bu girişim *yüz otuz bin* kişilik bir sağlık çalışanı ordusunun varlığını gerektirecekti.

Foege ve DSÖ, çiçek hastalığının var olup olmadığını araştırıp hastalık olduğunu tespit ettikleri her evin çevresini aşılayarak onu engellemeye çalışacak iki yüz binden fazla sağlık çalışanını eğitecek Hint yetkililerle işbirliği yaptı. Kitlesel seferberlik başlamadan önce başbakan Indira Gandhi, insanların bu çabaya destek vermesi ve işbirliği yapması için bir bildiri yayımladı. Araştırma ekibi, hastalığın beklediklerinden daha yaygın olduğunu çabucak fark etti: On binden fazla vaka iki bin köye dağılmıştı.

Sonraki yıl vaka sayısı Nisan 1974'te yalnızca Bihar'da kırk binden fazlaya ulaşarak daha da arttı. Mayıs ayında termometre kırk dokuz dereceyi gösterdiğinde çalışma koşulları acımasız boyutlara ulaşmıştı. Yüz yeni salgın ve her gün bin yeni vakanın görülmesiyle bazı Hint yetkililer devasa insan kaynağına mal olan bu seferberlikten kuşlu duymaya başladı. Foege ise dönüm noktasının yaklaştığını düşünüyordu. Artan vaka ve salgın sayısına karşın önleyici ekipler haftada sekiz yüz salgını engelleyerek mesafe kaydediyordu.

Foege haklıydı. O Mayıs ayı en kötü aydı. Salgın sayısı Haziran ayında azaldı ve yılın geri kalanı boyunca sabit bir şekilde azaldı. Ocak 1975'te salgın sayısı yüz doksan sekize inmişti; Şubat'ta yüz kırk yedi ve ayın son haftasında yalnızca on altı yeni salgın belirlenmişti. Mart ayının ilk haftasındaysa yalnızca üç

salgın görülmüştü. Çiçek hastalığının son vakası 1975 yılının Mayıs ayında görüldü. Ülkeye binlerce yıldır eziyet eden bu bela yalnızca yirmi ay içinde yok edilmişti.

Bangladeş ve sonra Etiyopya çiçek hastalığının yok edileceği sonraki duraklardı. Etiyopya'daki çalışmalar iç savaşa ve DSÖ ekiplerinin dokuz kez kaçırılmasına rağmen sürdürülmüştü. Doğal olarak ortaya çıkan son çiçek hastalığı vakası 1977 yılında Somali'de görüldü. Hastalığın 1980 yılında ortadan kaldırıldığı resmî olarak duyuruldu ve tüm dünya çapında çiçek hastalığı aşısına bir daha hiç gerek duyulmadı.

İstenmeyen ve başarısızlığa mahkûm olduğu düşünülen bu seferberliğin liderliğine getirilen Donald A. Henderson 1966'da, "Bu, çiçek hastalığının ortadan kaldırılmasının pek çok uzman tarafından imkânsız görüldüğünden haberi olmayan çok sayıda adanmış ve yaratıcı insanın zaferidir" diyordu.

Çiçek hastalığı şimdiye dek ortadan kaldırılan tek insan hastalığıydı fakat bu tek seferlik bir mucize değildi. 2011 yılında kıtlığa, kültürlerin mahvolmasına ve uygarlıkların kötü duruma düşmesine neden olan bir başka salgın da yok edilmişti. On yıllarca süren çabadan sonra, yalnızca Serengeti'nin değil eski Mısır'ın ve Roma'nın da başına bela olan, 1800'lerin ortalarında Avrupa ve İngiltere'de sığır vebasına neden olan ve daha yakın zamanda modern Afrika ve Asya'yı tehdit eden sığır vebası virüsünün Kenya'daki son aşılamadan on yıl sonra ortadan tamamen kaldırıldığı duyuruldu.

Sığır vebası virüsünün ortadan kaldırılmasına ilişkin seferberlik pek çok bakımdan çiçek hastalığının hikâyesine benziyordu. Başlangıçtaki girişimler, hastalıktan etkilenen popülasyonlara ulaşmak zor olduğundan başarısız olmuştu. Hastalık Afrika'da Sahara'nın altında bulunan on sekiz ülkeyi vuran bir salgın halinde geri geldiğinde yeni strateji, yerel geleneklere ve coğrafyaya aşina olan hayvan sağlığı çalışanlarından oluşan ekipleri eğitmek olarak belirlendi. Bu çalışanlar daha sonra virüsü hâlâ barındıran bölgelerdeki (çoğu Etiyopya, Somali, Sudan, Pakistan ve Yemen gibi sorunlu bölgelerdi) sığır popülasyonlarına ulaşıp aşılama yapabildiler.

Bu iki kampanya, bir grup ülkeye dağılmış, çoğu herhangi bir tıbbi ya da veterinerlik altyapısına ve eğitimine sahip olmayan

uzak köylerde ve genellikle sürekli olarak politik ve toplumsal kargaşanın görüldüğü bölgelerde yaşayan milyonlarca insan ve hayvana bulaşmış virüsleri tamamen ortadan kaldırdı. Yoğun lojistik zorlukların ötesinde kullanılan taktikler bazen karantinaya alma, hastalık bulaşan evleri çevreleme ya da hastalıklı hayvanları yok etme gibi pek rağbet görmeyen önlemlerin alınmasına yol açtı. Hangi etkenler bu kampanyaların başarılı olmasına neden olmuştu? Ekolojik olarak sürdürülebilir uygulamaları hayata geçirmek üzere yapılması gereken değişiklikler için nasıl bir yaklaşım benimseyeceğimiz konusunda bize ne söyleyebilir?

ALINACAK DERSLER

Bill Foege 2011 yılında çiçek hastalığı kampanyasındaki deneyimlerine ilişkin bir anı kitabı yayımladı. *House on Fire* [Ateşteki Ev] adlı kitabının sonunda diğer kamusal sağlık projelerine uygulanabileceğini düşündüğü on sekiz dersten bahsediyordu. Bu derslerin kamu yararına olan herhangi bir zor hedefe varmaktaki mücadeleye ne kadar uygun olduğunu gördüğümde çok şaşırmıştım. Foege'nin çıkardığı en önemli derslerden birkaçını (italik olarak belirtilmiştir) seçtim ve bunların ekolojik amaçlar ve örneklerle bağlantısını değerlendirdim.

Küresel ölçekli çabalar mümkündür. Foege küresel kampanyaların Soğuk Savaş sırasında ortaya çıkan nükleer silahlar ya da HIV salgını gibi ortak tehlikeler ve ortak hedeflerin tanımlanması etrafında gerçekleştiğini vurgulamaktadır. Mevcut ekolojik tehlikeler aynı büyüklükte bir tehdit ortaya koymaktadır.

Çiçek hastalığının yok olması kaza eseri ortaya çıkmamıştır. Foege, "Bu bir etki-tepki dünyasıdır ve çiçek hastalığı insanlar tarafından tasarlanan ve uygulanan bir plan sayesinde ortadan kalkmıştır. İnsanlık salgınlarla, korkunç yönetimlerle, çatışmalarla ve sağlığa ilişkin kontrol edilemeyen tehlikelerle dolu bir dünyada yaşamak zorunda değildir. Kendini işine adamış insanlar grubunun birlikte hareket etmesiyle daha iyi bir gelecek planlanabilir ve bu gelecek gerçekleştirilebilir. Çiçek hastalığının yok edilmesi gerçeği, bundan daha azına razı olmamamız gerektiğini bize hatırlatan daimi bir miras olarak kalacaktır." diye yazıyordu.

Karşı karşıya olduğumuz ekolojik durumlar aynı zamanda toplum sağlığına ve refahına ilişkin sorunlardır; insanlık kirli su ve havayla, alglerle dolu göllerle, bomboş denizler ve çorak topraklarla dolu bir dünyada yaşayamaz, bu nedenle böyle bir dünyaya boyun eğemeyiz.

İttifaklar güçlüdür. Başarılı ittifakların Foege'nin altını çizdiği bir özelliği, ortak bir hedefe ulaşma çabası nedeniyle bireysel egoların ortaya çıkmasını engellemesidir. Kaynak, iktidar ya da nüfuz elde etmeye yönelik olarak bireyler, takımlar ve (kamu ve özel) kuruluşlar arasındaki egemenlik savaşları ve rekabet değişmez bir şekilde ortak hedefe odaklanmak suretiyle ortadan kaldırılmalıdır.

Ortaya çıkmasından memnun olacağım bir ittifak ekolojik öncelikleri desteklemeye yönelik olarak bir arada hareket eden tüm biyolojik toplulukların ittifakıdır. Bu, oldukça fazla sayıda olan ve etkileyici nitelikteki moleküler dalın da bu fikre katılması ve etkisini ekolojik araştırma ve eğitimde kullanması anlamına gelmektedir.

Papanın genelgesi tarihsel olarak müttefik olmayan gruplar arasında yeni türde ortaklıkların mümkün olacağını da ortaya koymaktadır. "Yarattığımız hasarı tamir edebilecek bir ekoloji geliştirmekte samimiysek bilimin hiçbir dalı ve din de dahil olmak üzere hiçbir ilim dışarıda bırakılmamalıdır."

Toplumsal irade hayatidir ve bu irade politik iradeye dönüştürülmelidir. "Yönetenlerin programlara destek vermesi yönetilenlerin mutabık olmasına bağlıdır." diye belirtiyor Foege. Çevreyi ve doğal kaynakları daha iyi nasıl koruyacağımızı on yıllardır biliyoruz ve buna ilişkin olarak düzinelerce türü kurtarmaya olanak verecek pek çok yasa çıkarılmıştır. (Convention on International Trade in Endangered Species [Nesli Tükenmekte Olan Türlerin Uluslararası Ticaret Anlaşması]; US Endangered Species Act [Birleşik Devletler Nesli Tükenmekte Olan Türler Anlaşması]; US Marine Mammal Protection Act [Birleşik Devletler Deniz Memelilerini Koruma Anlaşması]).

Her bilimsel önerinin uygulanması için politik eylem gereklidir. Bilim insanları kamu yararına olan politikalar için gereken bilgileri politikacılara sağlamalıdır. Gerekli politik iradeyi güven-

ceye alacak diğer bir yaklaşımın, bilim insanlarının kendisinin kamu görevi peşinde olması gerektiğini ekleyebilirim.

Çözüm iyi bilim yapmaya, uygulama iyi yönetmeye bağlıdır. Çiçek hastalığını maddi olarak çok iyi desteklenmeksizin ortadan kaldırma çabası kaynakların ve personelin mükemmel bir şekilde yönetilmesine dayalıydı. Bunun büyük kısmını gerçekleştiren Donald Henderson'dı. 1978 yılında Kenya'da yapılan bir toplantıda DSÖ'nün o zamanki müdürü Henderson'a döndü ve ona ortadan kaldırılacak diğer hastalığın ne olduğunu sordu. Henderson mikrofona uzandı ve ortadan kaldırılacak bir sonraki hastalığın kötü yönetim olduğunu söyledi.

Mendota Gölü, Yellowstone ve Gorongosa'nın başarı hikâyeleri, sırasıyla, Wisconsin Doğal Kaynaklar Kurumu'nun, Birleşik Devletler Balık, Vahşi Yaşam ve Milli Park Hizmetleri'nin ve Gorongosa Projesi ile Mozambik Milli Parkı'nın ortak girişiminin iyi yönetiminin ürünüydü. Balıkların ve vahşi yaşamın ortadan kalkması, su kalitesinin bozulması ve bunlara benzer olaylar bilgi eksiğiyle değil kötü yönetimle ilgili sorunlardır.

Hedef küresel olabilir fakat uygulama daima yereldir. Çiçek hastalığı kampanyasında yerel kültürler ve ihtiyaçlar hangi taktiğin en kullanışlı olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde, doğayı koruma ve kurtarma anlamında, küresel mücadele sayısız yerel girişimin toplamı olacaktır.

Örneğin Endonezya'da böcek öldürücü ilaçların yanlış biçimde uygulanmasının pirinç ekinlerine zarar verdiği anlaşıldığında Çiftçilik Okulu'nu kurmak ve zararlıların birleşik yönetiminde bir milyon çiftçiyi eğitmek için kitlesel bir kampanya başlatıldı, böylece doğal avcıların kahverengi yaprak biti popülasyonlarını kontrol altına alması sağlandı. Ayrıca hükümet çok sayıda böcek öldürücüyü yasakladı.

İyimser ol. Foege, "İyimser olmaktaki sorun, insanların sizin ne olup bittiğini bilmiyor olduğunuzu düşünmeleridir. Fakat yaşamanın yolu budur." diye yazıyor. Foege, karamsar olmak mümkündür diye uyarıyor, "fakat böyle insanları işe almayın."

Greg Carr'a hayata dair sözü nedir diye sorulduğunda, "İyimser olmayı seçin çünkü diğeri kendi kendini gerçekleştiren kehanettir." diye yanıt vermişti.

Uygarlığın ölçüsü insanların birbirine nasıl davrandığıdır. Foege, çiçek hastalığı aşılama programının yalnızca aşılanan insanları koruduğu için değil aynı zamanda bunların çevresinde bulunan insanları ve gelecek nesilleri koruduğu için de "uygar bir program" olduğunu söylüyordu.

Papa, "Yaptıklarımızın ve tüm çabamızın amacı nedir? ... Tehlike altında olanın bizim onurumuz olduğunu görmemiz gerekiyor. Gelecek nesillerin tükenmiş bir gezegende yaşaması her şeyden önce bize bağlı. Bu, dünyada geçici olarak bulunmamızın nihai anlamıyla ilişkili olduğundan, bizi çarpıcı bir şekilde etkileyecek bir meseledir." derken benzer bir duyarlılık sergiliyordu.

Bu dünyevi bilgeliğe, önümüzde duran ekolojik zorluklarla ilgili olarak üç madde ekleyeceğim. Birincisi, hiçbir şey her yerde aynı anda kontrol altına alınmaz. Hem çiçek hastalığı hem de sığır vebası bazı ülkelerde diğerlerinden çok daha önce yok edildi. Gorongosa, aslanların yirmi sekiz ülkede yok olup gittiği bir kıtada bulunan bir parktı yalnızca. İlerleme sağlamak mümkün olan her yerde önemlidir ve küresel bir eylemlilik olmadığı için yılgınlık gösterip hareketsiz kalamayız.

Bu da bizi benim ikinci önerime getiriyor: Önemli sorunlar herkesin hemfikir olmasını bekleyemez. DSÖ müdürü çiçek hastalığını yok etme programına karşıydı ve UNICEF bile ona destek vermeyi reddetmişti.

Son olarak, bireylerin seçimleri önemlidir. Çoğumuz Greg Carr'ın ya da DSÖ müdürünün kaynaklarına sahip değiliz fakat önemli olan, onların bu kaynaklarla ne yapmayı ya da yapmamayı seçtiğidir. Bununla birlikte kaynaklardan bağımsız olarak herkes nasıl katkıda bulunabileceğine ilişkin bir seçim yapabilir. Bu da bizi son hikâyeye götürüyor.

12 Ekim 1977'de çiçek hastalığına yakalanmış olan oldukça ciddi durumdaki iki çocuk Mogadişu yakınlarında bulunan Somali'deki Merca hastanesine getirilmişti ve tecrit alanına götürülmeleri gerekiyordu. Yirmi üç yaşındaki müşfik hastane aşçısı Ali Maow Maalin şoföre nereye gideceklerini göstermek için gönüllü oldu ve bu kısa sürecek yolculuk için Land Rover'ın arkasına çıkıp çocukların yanına geçti.

İki hafta sonra Maalin'de ateş ve kızarıklık görüldü ve ona önce suçiçeği teşhisi kondu. Kesin olarak çiçek hastalığı teşhisi konmadan önce Maalin hastanenin çevresinde dolaşmaktaydı. Tüm hastane personelinin çiçek hastalığına karşı aşılanması zorunluydu fakat Maalin'in aşılanacağı gün kendisi çok korkmuştu. Daha sonra, "Vurulmuşçasına bir acı veriyor gibi görünüyordu," diye itiraf etmişti.

Maalin'in durumu DSÖ'nü Somali'de çalışan epidemiyoloji uzmanlarına hastalığı önlemeye yardım çağrısı yapmaya sevk etmişti. Hastane artık hasta kabul etmemeye başladı, var olan tüm hastalar karantinaya alındı ve yirmi dört saatlik bir koruma sağlandı. Maalin'le temas eden herkes araştırıldı ve yakın takibe alındı. Evdeki ve Maalin'in evinin çevresindeki semtte bulunan herkes aşılandı. Ayrıca Merca'ya girip çıkan herkesin durdurulup kontrol edileceği ve aşılanacağı kontrol noktaları da oluşturuldu.

Bu çabaya değmişti. Somali'de ya da bir başka yerde başka bir vaka ortaya çıkmadı. Ali Maow Maalin dünyada çiçek hastalığına yakalanan son kişiydi.

On binden fazla gönüllünün ve sağlık çalışanının dahil olduğu yoğun hastalık yok etme kampanyasından otuz bir yıl sonra Somali artık çocuk felcinin de ortadan kalktığını duyurdu. DSÖ örgüt koordinatörü olarak ülkeyi yıllar boyunca dolaşan ve ebeveynleri çocuklarını aşılamaları için teşvik eden sağlık çalışanlardan biri Ali Maow Maalin'di. "Topluma çiçek hastalığına yakalanan son kişinin ben olduğumu söyledim," diyordu. "Somali çiçek hastalığının görüldüğü son ülkeydi. Çocuk felcinin son görüldüğü ülke olmayacağımızdan emin olmaya yardım etmek istedim."

TEŞEKKÜR

Bu kitap Serengeti'de başladı ve Gorongosa'da tamamlandı.

Biyoçeşitlilik açısından sabit bir "soğuk nokta" olan Ohio, Toledo'da doğan ve vahşi hayvanların yaşadığı uzak yerlere gitmeyi hayal eden biri olarak sahip olduğum şans karşısında hayret ediyorum. Bunun yanında, bu özel yerleri ve deneyimleri sevdiğim insanlarla paylaşabilmek hayatta istediğimden çok daha fazlasına tekabül ediyor.

Afrika'nın belirsizliklerine göğüs geren ve daha fazlasını yapmaya da hazır olan eşim Jamie'ye özellikle teşekkür ediyorum, çocuklarımız Will, Patrick ve Chris'e ve en iyi safari yoldaşı olan Kristen Finkbeiner'e; ve sıradışı rehberimiz olan Moses'a. Asante sana!*

Greg Carr'a ve Gorongosa'daki arkadaşlarımıza çok teşekkürler: Mike Pingo, Vasco Galante, Mike Marchington, Marc Stalmans, Fraser Gear, Sandra Schonbachler, Pedro Muagura, Mateus Mutemba, Paola Bouley, Rob Pringle, Ryan Long, Corina Tarnita, Matt Jordan, Tara Massad. Misafirperverliği, uzmanlığı ve özverisi için James Byrne'e çok teşekkürler. Ayrıca Büyükelçi Duog Griffiths'e, Alicia ve Calire'e ve unutulmaz gezileri ve gün batımlarını bizimle paylaştığı için çok teşekkürler.

Bu kitap pek çok insanın çabası ve katkısı olmadan ortaya çıkamazdı. Yaptıkları işle ilgili olarak röportaj yapmaya zaman ayırdıkları ve bana belge ve fotoğraf sağladıkları için Joe Goldstein, Ed Skolnick, Roy Vagelos, Robert Paine, Tony Sinclair, Jim Kitchell, Steve Carpenter, Jim Addis ve Greg Carr'a şükranlarımı sunuyorum.

Görüşme yapamadığım kimselerin hikâyelerini ortaya çıkarmak için arşivlerden, aile üyelerinden, kütüphanelerden ve kütüp-

* Svahili dilinde çok teşekkürler anlamına gelen bir ifade –ç.n.

hane görevlilerinden büyük yardım gördüm. Diğer kütüphanelere ulaşıp sayısız önemli belgenin izini sürdüğü için Howar Hughes Tıp Enstitüsü'ndeki Nina Belter'a teşekkür ederim. Norveç Kutup Enstitüsü'ndeki Ivar Stokkeland'a ve Oxford Üniversitesi'ndeki Bodleian Kütüphanesi'ne Charles Elton'la ilgili materyaller için; Harvard Tıp Okulu'ndaki Countway Tıp Kütüphanesi'ne Walter Cannon'la ilgili materyaller için; Pasteur Enstitüsü arşivlerine ve Olivier Monod'a Jacques Monod'un fotoğrafları için ve David Rowley'e annesi Janet'in hatıratı için teşekkür ederim. Boston'daki özel kütüphane hizmetleri için Nick Jikomes'e de ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Sayısız kaynağı tarayarak, kaynakları ve notları oluşturup düzenleyerek, tüm şekiller için izinleri alarak ve taslağı hazırlayarak araştırma ve yazım süreci boyunca bana yardımcı olan Megan Marsh-McGone'a çok teşekkürler. Çizimlerin çoğunu yapan ve şekilleri hazırlayan Leanne Olds'a ayrıca teşekkür ederim.

Kitabın taslağını ayrıntılı olarak yorumlayan Dennis Liu, David Elisco, John Rubin, Laura Bonetta, Anne Tarrant, Jamie Carroll'a ve dikkatli ve uzmanlık gerektiren değerlendirmeleri için Andrew Read, Harry Greene ve Simon Levin'e müteşekkirim.

Editörüm, Princeton Üniversitesi'ndeki Alison Kalett'e özel teşekkürlerimi sunuyorum. Bu kitabın kıvılcımını biyoloji üzerine "kısa, kışkırtıcı" bir kitap yazmam konusunda Alison'dan gelen sıradışı bir davet çaktırdı. Umarım istediğini almıştır. Bilgece tavsiyeleri ve desteği için ve yapmak istediğim şeyi yaptığımdan emin olmamı sağladığı için temsilcim Russ Galen'e çok teşekkürler.

NOTLAR

EPİGRAFİ

7 Her birimizin kaderinin ve yaşamının günün birinde: "Professor Huxley's Hidden Chess-Player." *Spectator Archive*, January 11, 1868. http://archive.spectator.co.uk/article/11th-january-1868/9/professor-huxleys-hidden-chess-player.

GİRİŞ

12 Çiçek hastalığı gibi bir felaket: World Health Organization (2011) "Chapter 1: Smallpox: Eradicating an Ancient Scourge." In *Bugs, Drugs and Smoke: Stories from Public Health.* Geneva: World Health Organization. http://www.who.int/about/history/publications/public_health_stories/en/.

Benzer miktardaki kazanç, buğday: Paarlberg and Paarlberg (2000), sf. 34.

13 vücutta bulunan her türdeki molekül: Anderson ve Anderson (2002).

14 Gerçekten de dünyada ilk elli sırada yer alan: King, S. (2014) "FirstWord Lists–Pharma's 50 Biggest Selling Drugs: AbbVie's Humira Joins the $10 Billion Club." *FirstWord Pharma*, March 7, 2014.

http://www.firstwordpharma.com/node/1194000#axzz37MHaRznr.

16 İlacın onaylanma ölçütü: Ledford (2011).

Tüm Afrikada'ki aslanların yüzde kırkı: Riggio vd. (2013).

Bugün yüzde yirmi altısı: Dulvy vd. (2014).

BÖLÜM 1

25 Hipotalamus ayrıca: Everly ve Lating (2013), Bölüm 2; "Understanding the Stress Response." *Harvard Mental Health Letter*, March 2011. http://www.health.harvard.edu/newsletters/Harvard_Mental_Health_Letter/2011/March/understanding-the-stress-response.

tanımlanıp önerilen Cannon (1927).

26 Bir dizi klasik çalışmasında: Benison, Barger, and Wolfe (1987), sf. 56.

Pek çok kez fark ettim ki: Benison, Barger, and Wolfe (1987), sf. 62.

"uzun zamandır bilinmekteydi": Cannon (1898), sf. 381.

Yeteneği, işine gösterdiği özen: Benison, Barger, and Wolfe (1987), sf. 70–71.

27 Bu sonuçlar, peristaltik hareketlerin duygularla engellenmesinin: Cannon (1909); Cannon (1911a), sf. 219.

28 Cannon böbrek üstü bezlerinin vücudun korku ve öfkeye verdiği tepkide: (1927), sf. 40–41.

"doğal düşmanlığı kullandı": Cannon (1927), sf. 44.

Korkmuş olan kedilerin kanlarının, çıkarılmış bir parça bağırsak kasının kasılmasını durduğunu keşfettiler: Cannon ve de la Paz (1911).

Bu, adrenalin bir kas şeridine uygulandığında gözlemlenen etkinin aynısıydı: Cannon (1927), sf. 49–54; Benison, Barger ve Wolfe (1987), s.62.

epinefrinin kalp atım hızını artırdığını: Cannon (1927), sf. 54–57.

şeker salınımı: Cannon (1927), sf. 69–72.

ve hatta kanın pıhtılaşmasını: Cannon (1927), sf. 306–308.

29 Cannon, epinefrinin neden olduğu tepkilerin: Cannon (1914).

"vücut kısımlarına kanı en iyi şekilde sağlayan organizmalar": Cannon (1914), sf. 372.

Cannon'ın öğrencisi olan Philip Bard: Finger (1994), sf. 285–286.

30 Cannon bazı şok belirtilerinin ayırdına varmıştı: van der Kloot (2010).

"denenmemiş bir yol yok mu?": Benison, Barger, ve Wolfe (1987), sf. 390.

tıp fakültesinden mezun olduğundan beri doktorluk yapmamışsa da: Wolfe, Barger ve Benison (2000), sf. 9.

31 Cannon basit bir tedavi önerdi: Wolfe, Barger ve Benison (2000), sf. 14.

"Pazartesi günü kan basıncı": Wolfe, Barger ve Benison (2000), sf. 15.

32 Cannon ve müttefik sağlık komutanlığı: Wolfe, Barger, and Benison (2000), sf. 18.

"en etkili": Cannon (1873–1945), sf. 396–397.

33 "şimdi beni tatmin ediyor": Cannon (1873–1945), sf. 483.

On dört aylık bir sürede: Wolfe, Barger ve Benison (2000), sf. 535.

"olağanüstü değerli ve açık eğitim hizmetlerinden ötürü" Mead (1921), sf. 157.

coşkulu kutlamadan sonra: Wolfe, Barger, and Benison (2000), sf. 63.

gayet iyi biliyordu: Cannon (1929).

34 bir "vücut bilgeliği" olduğundan söz etmeye başladı: Wolfe, Barger ve Benison (2000), sf. 162; Cannon (1928).

"otomatik olarak sınırlar": Cannon (1928), sf. 593.

35 ilk olarak bilimsel yazında ayrıntılandırdıktan sonra: Cannon (1929).

popüler bilim kitabında paylaştı: Cannon (1963).

The Wisdom of the Body: Cannon bu terimi Ernest Starling'den ödünç almıştı; bu, Starling'in 1923 Harveian Oration adlı yapıtının başlığıydı. Starling (1923).

pek çok kanıt sundu: Cannon (1929); Cannon (1963).

"organizmada gerçekleşen düzenleme": Cannon (1929), sf. 427.

Darwin'in doğal seçilim ilkesiyle karşılaştırdı: Fleming (1984).

36 "siz hekimlerin": Cannon (1928), sf. 593. Sonraki ifadeler aynı kaynaktan alınmıştır.

BÖLÜM 2

37 "Hayvanların ne kadar sayıda olacağını belirleyen düzenlemelere ilişkin çalışmalar": Elton (1924), sf. 154.

Filler muhteşem dışkı üreticileridirler: "Feeding Ecology and Diet." *Nature Online*. NHM website, Natural History Museum, London.

http://www.nhm.ac.uk/nature-online/species-of-the-day/biodiversity/endangered-species/loxodonta-africana/feeding-diet/index.html.

Dişi filler on yaşına kadar olgunlaşmaz: "Feeding Ecology and Diet." *Nature Online*. NHM website, Natural History Museum, London.

http://www.nhm.ac.uk/nature-online/species-of-the-day/biodiversity/endangered-species/loxodonta-africana/feeding-diet/index.html.

38 tüm hayvanlar içinde en yavaş üreyen: Darwin (1872), sf. 51. Not: Altıncı baskıda geçen bu ifade önceki baskılarda geçenden farklıdır. Bir okurun uyarısından sonra, Darwin ilk hesaplamasının yanlış olduğunu fark etmiştir: Darwin (1869, 26 Haziran), Letter "Origin of species [On reproductive potential of elephants]." *Anthenaem* 2174: 861. Web. *Darwin Online*.

http://darwin-online.org.uk/content/frameset?viewtype=text&itemID=F1746&pageseq=1.

Popülasyon, denetim altında olmadığında: Malthus (1798), sf. 4–5.

39 cüretkâr ve tutkulu bir yolculuktu: Binney (1926), sf. 23.

40 bir günlük tutmaya başladı: Elton, C. S. (yayımlanmamış) *Memoir for Royal Society*, Oxford University Bodleian Library Special Collections and Western Manuscripts, Folder A.36.

hazırlık için yeteri kadar zaman bulamamıştı: Elton (1983), sf. 5.

Elton, kendi sözleriyle: Elton (1983), sf. 6.

42 "fulmar kapama": Elton (1983), sf. 23, 30.

on bir kilometrelik bu zorlu yürüyüş: Elton (1983), sf. 27–28; Longstaff (1950), sf. 241.

43 "oldukça eğlenceli": Elton (1983), sf. 30.

44 bir balinanın su püskürtmesi: Elton (1983), sf. 34; Gordon (1922), sf. 19–27.

45 Elton, Longstaff'ın yalnızca bir kez tavsiyede bulunduğunu öğrenmişti: Elton (1983), sf. 41.

48 Norges Pattedyr adlı büyük bir kitaba rastladı: Biodiversity Heritage

Library'de erişime açıktır, http://www.biodiversitylibrary.org/item/51536#page/9/mode/1up.

Elton, Norveççe'yi okuyamasa da: Elton, C. S. (yayımlanmamış) "How Are the Mice," *Small Adventures*, Yayımlanmamış Taslak, Oxford Üniversitesi Bodleian Kütüphanesi Özel Koleksiyonları ve Western Taslakları, dosya A.32, sf. 1.

Yabani sıçan üzerine yazılmış yaklaşık elli sayfa: Elton, C. S. (yayımlanmamış) "How Are the Mice," *Small Adventures*, Unpublished Manuscript, Oxford University Bodleian Library Special Collections and Western Manuscripts, folder A.32, sf. 1.

49 Tıpkı banyodaki Arşimed gibi: Elton, C. S. (yayımlanmamış) "How Are the Mice," *Small Adventures*, Yayımlanmamış Taslak, Oxford Üniversitesi Bodleian Kütüphanesi Özel Koleksiyonları ve Western Taslakları, A.32, sf. 2.

Norveç'in güneyindeki yabani sıçan yıllarında arttığını da fark etmişti: Elton (1924), sf. 132.

50 "tavşansız ormanlarda açlıktan ölürler": Elton and Nicholson (1942), sf. 241.

makalede ayrıntılı olarak sundu: Elton (1924).

51 "temel olarak hayvanların sosyolojisi ve ekonomisi olarak adlandırılabilecek şeyle ilgili olduğunu": Elton (1927), s. vii.

"Hayvanların, insan toplumu kadar karmaşık ve onu çalışmak kadar keyifli olan karmaşık bir toplum düzenine sahip olduğu açıktır": Elton (1927), sf. 55.

"ekonomik yasalara tabidir": Elton (1927), s. viii.

"Doğanın ekonomisi" kavramı: Pearce (2010).

"İlk bakışta": Elton (1983), sf. 55.

52 Besin hayvan toplulukları için yakıcı bir sorundur: Elton (1927), sf. 56.

"Büyük balık küçük balığı yer" Elton (1927), sf. 50.

Elton'ın şemasında: Elton (1927), sf. 56.

"Büyük kuş küçük tohum yiyemez.": Elton (1927), sf. 50.

"Etçil hayvanın avının büyüklüğü": Elton (1927), sf. 60.

53 "Bir tepede iki kaplan barınmaz": Elton (1927), sf. 50.

"sayısız otçul böceğin": Elton (1927), sf. 69.

"dünyanın her yerindeki": Elton (1927), sf. 69–70.

Sayılar piramidi: Elton (1927), sf. 113.

54 "genellemeler yaparak konuşmak kaçınılmazdır": Elton (1927), sf. 120.

"sayısız yabani sıçanın deliye dönüp şehre indiği zaman": Southwood and Clarke (1999), sf. 137.

"Yabani sıçanlar genellikle gece hareket etmekte": Elton (1927), sf. 133.

Sahne kurmacadır: "The Lemming–A Misunderstood Rodent." *BBC Online*. http://www.bbc.co.uk/dna/place-lancashire/plain/A43520645.

BÖLÜM 3

59 Hücre, yaptığı işi isteklerine göre uyarlar: Jacob (1973), sf. 282.

altmış yedi yıldır kuzey kutbuna yapılan yolculukların yirmi beşincisiydi: Vibart, E. (2011) "Jacques Monod à bord du Pourquoi Pas?" *Voiles et Voiliers*, Aralık: 234–243; Debré (1996), sf. 69.

61 "Pek çok harikulade ve sıradışı şey gördüm!": Vibart, E. (2011) "Jacques Monod à bord du Pourquoi-Pas?" *Voiles et Voiliers*, Aralık: 234–243, sf. 242.

Monod, kısa bir açıklama yayımladı: Drach ve Monod (1935).

62 Pasteur Enstitüsü'ndeki André Lwoff: Lwoff (2003), sf. 4.

64 "Bu, enzim uyarlanmasıyla ilgili bir durum olabilir": Carroll (2013), sf. 134.

"Enzim uyarlanması mı?": Carroll (2013), sf. 134.

65 Bu düşünceyi sınamak için: Monod (1942), sf. 167.

"Monod'un yaptığı işlerin Sorbonne'la bir ilgisi yoktur.": Lwoff (2003), sf. 5, quoted in Carroll (2013), sf. 135.

66 suç belgelerini laboratuvarın dışında bulunan doldurulmuş bir zürafanın bacağında saklıyordu: Carroll (2013), sf. 183.

69 Enzim üretiminin bu şekilde açılıp kapatılması: Hogness, Cohn ve Monod (1955).

73 Jacob ve ziyaretçi araştırmacı olan Arthur Pardee: Pardee (2003), sf. 112.

Belki de tetikleyici Monod'un düşündüğü gibi: Judson (1979), sf. 408–410.

75 Besinleri parçalayarak işe yarayacak bileşenler haline getirmenin yanı sıra: Abelson, Bolton ve Aldous (1952), sf. 173–178.

Örneğin, triptofan amino asidi bakteriye verildiğinde: Novick ve Szilard (1954).

Benzer şekilde, izolösin amino asidi verildiğinde: Umbarger (1956).

Bu keşifler, bileşenlerin hücre içinde kendi düzeylerini kontrol etme biçimi olarak: Umbarger (1961).

79 makromoleküller topluluğu: Jacob ve Monod (1963), sf. 1.

E.coli için doğru olan herhangi bir şeyin filler için de doğru olması gerektiği aksiyomu: Monod and Jacob (1961), sf. 393.

80 Kanser hücrelerinin: Monod ve Jacob (1961), sf. 400.

BÖLÜM 4

82 California'da büyümüş olan bu yetenekli çocuk: Keys, A. (1961) "The Fat of the Land." *Time Magazine* 77: 48–52.

Savunma Bakanlığı'nın Levazım Teşkilatı: Keys (1990).

83 Fort Benning'de yapılan denemelerden sonra: Keys (1990).

K-öğünü (söylentiye göre K, Keys'in K'siydi): Hoffman, W. (1979), "Meet

Monsieur Cholesterol." *University of Minnesota Update, Winter 1979.* http://mbbnet.umn.edu/hoff/hoff_ak.html; although see B. F. Shearer (2007) *Home Front Heroes: A Biographical Dictionary of Americans During Wartime.* Vol. 3. Westport, CT: Greenwood Press, sf. 477.

Minneapolis bölgesinden yaşları kırk dört ile elli beş arasında değişen iki yüz seksen bir erkek: Keys vd. (1963).

84 Napolili bir grup itfaiyeciyi incelerken: Keys (1990).

iki yüz altmış miligramdan daha fazla kolesterol bulunan erkeklerde: Keys (1990).

Yedi Ülke çalışması: "Cross-Cultural Correlations." *The Seven Countries Study.* http://sevencountriesstudy.com/study-findings/cross-cultural.

Elli yıldır insanın aort dokusundaki: Goldstein ve Brown (2003).

86 Goldstein ve Brown tıp fakültesinde: Gould vd. (1953).

87 "Bu yalnızca şekilsiz bir yağ damlası": Williams (2010), sf. 1010.

LDL'nin enzim aktivitesinin olası engelleyicisi olduğunu keşfettiler: Brown, Dana ve Goldstein (1973).

88 AH hastalarından aldıkları hücreleri: Goldstein ve Brown (1973).

Kolesterolün gerçekten de normal hücrelerde enzimin olası baskılayıcısı olduğunu keşfettiler: Brown, Dana ve Goldstein (1974).

Etiketli LDL parçacıklarının normal hücrelere: Goldstein ve Brown (1974).

89 Vücutta bulunan tüm kolesterolün yüzde doksan üçten fazlası: Brown ve Goldstein (1981).

90 Alexander Fleming'in öncü nitelikteki çalışmalarını öğrendi: Landers, S. (2006) "Stalking Cholesterol: How One Scientist Intrigued by Molds Found First Statin." *Wall Street Journal,* January 9; Rea (2008).

asalak bir mantar türü keşfetti: Endo (2010).

Gerçekten de 1960'lı yıllarda yüksek kolesterolle mücadele etmeyi amaçlayan pek çok ilaç geliştirildi: Endo (2010).

91 Kompaktin molekülünün bir kısmı: Endo (2008).

Kompaktin umut vaat eden bir ilaç olarak görünüyordu: Alfirevic vd. (2014).

92 yüksek dozlarda vermenin kolesterolde herhangi bir değişikliğe yol açmamasıydı: Endo (2004).

92 Tavuklarda elde edilen bu başarı: Endo (2004).

93 Sankyo 1980 yılının Ağustos ayında kompaktinin geliştirilmesini durdurdu: Endo (2010).

Vagelos, üniversiteden Merck'e ilaçların keşfedilme biçimini değiştirme umuduyla geçmişti: Roy Vagelos, Telefon Görüşmesi, 12/17/2014.

kolesterol düzenlenmesinin yasaları ile Endo'nun mantarlardaki doğal redüktaz

engelleyicisinin keşfi arasında Vagelos: Marks (2011), sf. 1–16.

Merck hemen lovastatinin insanlardaki klinik deneylerini başlattı: Endo (2010).

94 hücrelerin çok daha fazla enzim ürettiğini görünce çok şaşırdılar: Brown vd. (1978).

Eğer bu doğruysa, hücre üzerinde bulunan LDL reseptörlerinin sayısının artması: Brown and Goldstein (2004).

95 Ayrıca Goldstein oldukça yüksek dozda kompaktin uygulanmış hücrelerin içinde tuhaf yapılar görmüştü: Brown ve Goldstein (2004).

Tahmin ettikleri ve umdukları gibi: Bilheimer vd. (1983); Not: Homozigot AD hastaları statinlere yanıt vermezler, işlevsel LDL reseptörü üretmezler ve böylece kandan LDL'yi temizleyemezler.

"Genleri değiştirmekten ziyade": J. Goldstein ve M. Brown, R. Vagelos'a mektup, 5/5/1983; J. Goldstein'ın izniyle.

"olabildiğince hızlı biçimde": J. Goldstein ve M. Brown, Vagelos'a mektup, 5/5/1983; J. Goldstein'ın izniyle.

96 Skolnick, lovastatinin insanlarda güvenle kullanılabileceğinden emindi: Dr. Ed Skolnick ile Skype görüşmesi, 12/1/2014.

Büyük oranda bu ilaçların kullanımı sayesinde: National Institutes of Health (2012), sf. 10.

97 "Endo olmasaydı statinler...": Brown ve Goldstein (2004), sf. 15–16.

BÖLÜM 5

99 Kanseri ortadan kaldıracak şey merhamet ya da korku değil: Wells (1927), sf. 44; thanks to Mike Bishop's book *How to Win a Nobel Prize* for the fitting quote.

Fakat daha yakından baksalardı: Dreifus, C. (2011) "A Conversation with the Matriarch of Modern Cancer Genetics." *New York Times*, February 7; David Rowley, Telefon görüşmesi, 12/22/2014.

101 Erken bir yaşta: Maestrejuan, A. (2005) Janet Davison Rowley'le görüşme. *Oral History of Human Genetics Project*, UCLA ve Johns Hopkins'in bir projesi, sf. 6. Şu adreste görülebilir: ohhgs.pendari.com.

Genetik derslerine hiç katılmamış olsa da: Maestrejuan, A. (2005) Janet Davison Rowley'le görüşme. *Oral History of Human Genetics Project*, UCLA ve Johns Hopkins'in bir projesi, sf. 15.

102 "İngiltere'de başlattığım ve burada sürdürmek istediğim bir araştırma projem var": Dreifus, C. (2011) "A Conversation with the Matriarch of Modern Cancer Genetics." *New York Times*, Şubat 7.

103 Translokasyon olarak bilinen: Maestrejuan, A. (2005) Janet Davison Rowley'le görüşme. *Oral History of Human Genetics Project*, Oral History of Human Genetics Project, UCLA ve Johns Hopkins'in bir projesi, sf. 46.

"Geçerli olan açıklama": Peyton Rous Nobel Ödülü, "The Challenge to Man of the Neoplastic Cell." Aralık 13, 1966. Nobelprize.org, sf. 4.

104 Bu da KML hücrelerinde genetik bilginin: Maestrejuan, A. (2005) Janet Davison Rowley'le görüşme. *Oral History of Human Genetics Project*, UCLA ve Johns Hopkins'in bir projesi, sf. 46–47.

Dergi editörleri makaleyi…reddetti: Maestrejuan, A. (2005) Janet Davison Rowley'le görüşme. *Oral History of HumanGenetics Project*, UCLA ve Johns Hopkins'in bir projesi, sf. 47.

105 Başka bir grup da Burkitt lenfoma hastalığında bir translokasyon olduğunu ortaya çıkardı: Zech vd. (1976).

1910 yılında Rockefeller Enstitüsü'ndeki bir araştırmacı: Rous (1910).

106 Önemli bir ipucu, Berkeley'deki California Üniversitesi'nde: Martin (1970); Martin (2004).

Eğer böyleyse, src geni tavuğa ait normal hücrelerde bulunabilirdi: Bishop (2003), sf. 161–162.

107 Bunu ortaya çıkaran ilk sonuçlar: Bishop (2003).

C-src geni daha sonra, ördek, hindi ve hatta devekuşu gibi kuşlarda da bulundu: Stehelin, Varmus ve Bishop (1976).

Fakat c-src geni yalnızca kuşlarda bulunmuyordu: Spector, Varmus ve Bishop (1978).

110 bcr/abl birleşik proteinin aktivitesi oldukça yüksektir: Konopka, Watanabe ve Witte (1984).

Retinoblastomadaki genetik gizeme ilişkin önemli bir ipucu: Friend vd. (1986).

111 Rb proteinine ilişkin olarak yapılan kapsamlı çalışmalar: Giacinti ve Giordano (2006).

Tümör baskılayıcı tek gen Rb değildir: Vogelstein vd. (2013).

Rb'deki mutasyonlar yalnızca retinoblastomayla ilişkili değildir: Liu vd. (2004).

112 Gerçekten de Rb, insanlarda görülen kanserlerin çoğunda: Di Fiore vd. (2013).

113 Daha sonra köpeklerde yapılan ilk toksikoloji denemeleri: Wapner (2013), sf. 154–155.

114 "Cesedimi çiğnemeden bu bileşeni bir insana veremezsin.": Wapner (2013), sf. 160.

Hastalarının durumu oldukça kötüydü: Dreifus, C. (2009) "Researcher behind the Drug Gleevec." *New York Times*, November 2.

"ilaca bir şans vermek": Wapner (2013), sf. 166.

115 Lydon, Druker ve Rowley, KML'nin anlaşılması ve tedavisine yaptıkları katkılarından ötürü: Basın bildirisi: "2012 Japan Prize Awarded to

Trailblazers in Leukemia Research and Inventor of Highest-Performance Magnet." *The Japan Prize Foundation.* January 25, 2012. http://www.japanprize.jp/en/press_releases20120125.html.

iki yüzden fazla farklı hücre tipi: Bianconi vd. (2013).

BÖLÜM 6

121 "Bir ekolojik sistemi çok zorluyorsunuz": Dietrich, B. (1996) "Tatoosh Island--Testing Nature's Limits." *Seattle Times,* Eylül 8.

"Bu tam da aradığım şey": Stolzenburg (2009), sf. 22.

123 Genç Paine, kendisinin verdiği sinekleri avlayan örümceklere: Paine (2011), sf. 10–11.

öğrencileri düşünmeye kışkırtma yönteminden oldukça etkilenmişti: Robert T. Paine, Telefon Görüşmesi, 4/1/2015.

"Bu sınıfta kalacağız": Robert T. Paine, Telefon Görüşmesi, 4/1/2015.

124 "Neden benim öğrencim olmuyorsun?": Robert T. Paine, Telefon Görüşmesi, 4/1/2015.

125 tezinin en önemli kısmında: Paine (1963b).

"Elton (1927), büyüklük ilişkilerinin besin zincirinin varlığının temel nedeni olduğunu": Paine (1963b), sf. 65.

126 "Burada kullanılan mantığın kolayca çürütülemeyeceğini": Hairston, Smith ve Slobodkin (1960), sf. 421.

127 "fırlat ve gör" ekolojisi: Yong (2013), sf. 287.

128 Midyeler ve kitonlar: Paine (1966).

131 Denizkestanelerini uzaklaştırmanın çarpıcı sonuçlarıyla karşılaştılar: Paine ve Vadas (1969).

Paine ayrıca denizkestanelerinin baskın olduğu: Paine (2010).

Su samurları bir zamanlar: Estes and Palmisano (1974).

Su samurları 1911'de uluslararası anlaşmaya bağlı olarak korunma kapsamına alındı: Washington Department of Fish and Wildlife (2013) "Sea Otter (*Enhydra lutris*)." *Encylopedia of Puget Sound.* Puget Sound Institute, University of Washington. http://www.eopugetsound.org/articles/sea-otter-enhydra-lutris; Doroff, A., and A. Burdin (2013) "*Enhydra lutris.*" *The IUCN Red List of Threatened Species.* http://www.iucnredlist.org/details/7750/0.

Pain'e...su samuru popülasyonlarının büyümesine nasıl destek olduğu konusunda çalışmak istediğini açıkladı: Stolzenburg (2009), sf. 58; Eisenberg (2010), sf. 60.

132 "Besin zincirindeki üç basamağa bakmak istiyorsun": Robert T. Paine, Telefon Görüşmesi, 4/1/2015.

132 su samurlarının kilit taşı türü olduğunu ileri sürdüler: Stolzenburg (2009), sf. 59; Estes ve Palmisano (1974).

135 armadillonun ortadan kaldırılması: Stolzenburg, W. (2008) "Ecosystems Unraveling." *Conservation Magazine*. Washington Üniversitesi. http://conservationmagazine.org/2008/07/ecosystems-unraveling.

136 Katil balinaların asıl avları olan denizaslanları ve balinaların sayısı: Estes vd. (1998); Estes, Peterson ve Steneck (2010), sf. 37–52.

138 "Bazı hayvanlar diğerlerinden daha eşittir": Paine (2010), sf. 25.

BÖLÜM 7

141 Afrika, üzerinde yaşayan büyük memelilerin sayısı ve çeşitliliği: Huxley (1931).

141 Sinclair bu büyük hayvanlar karşısında adeta büyülenmişti: Tony Sinclair, Telefon Görüşmesi, 3/6/2015; Thomson, H. (2005) "Saving the Serengeti." *UBC Reports* 51(3). British Colombia Üniversitesi. http://news.ubc.ca/ubcreports/2005/05mar03/serengeti.html.

143 Amerikalı avcı olan Stewart Edward White: Alman Oscar Baumann Serengeti'yi 189'de geçti ve karşılaştıklarını *Durch Massailand zur Nilquelle* (1894) kitabında anlattı.

144 1937 yılında bu bölgenin bir kısmı: Serengeti şöhretini Huxley'in bir başka çabasına borçludur. Huxley UNESCO'nun kuruluşunda etkin bir rol oynamıştır ve UNESCO'nun ilk genel müdürü olmuştur. UNESCO 1972 yılında doğal Dünya Mirası sit alanlarını korumak için sınıflandırma önerisini görüşmek üzere Stockholm'de toplandığında Serengeti birinci sıradaydı.

145 "doğumumuzun gerçekleştiği savandır": Reid (2012), sf. 1.

1965 yılında yapılan bir sayıma göre sistemde yaklaşık otuz yedi bin: Sinclair (1973a); Tablo 6'daki düzeltilmemiş tahminler burada verilmiştir.

"Bir kuş bilimci bunu yapabilir mi?": Tony Sinclair, Telefon Görüşmesi, 3/6/2015.

146 neden bu kadar çok Afrika antilobu vardı?: Sinclair (1977), sf. 3.

Sinclair 1966'da bufalo sayım işine girdi: Tony Sinclair, Telefon Görüşmesi, 3/6/2015.

147 Sinclair bu araştırmayı 1972'den itibaren neredeyse her yıl tekrarladı: Sinclair (1973a).

Serengeti'de ölen yaklaşık altı yüz bufalonun kafatasını inceledi: Sinclair (1974).

bufaloların ölüm oranını grafiğe yerleştirdiğinde: Sinclair (1973b).

148 Serengeti'de periyodik salgınlar olduğu: Sinclair (1977), sf. 252–254; Spinage (2003), sf. 662.

Böylece Sinclair bufaloların tarihlendirmesini yapabilir ve sığır vebası hipotezini sınayabilirdi: Tony Sinclair, Telefon Görüşmesi, 3/6/2015.

1964 ya da daha sonra doğan bufaloların hiçbirine virüs bulaşmadığını gördü: Sinclair (1973b); Sinclair (1974); Sinclair (1977), sf. 254; Sinclair (1979), sf. 88.

149 Sinclair, Afrika antiloplarının antikor verilerini inceledi: Sinclair (1979), sf. 87–88.

Bu, sığır vebasının kaynağının vahşi hayvanlar değil sığırlar olduğunu: Sinclair (1977), sf. 254–255.

150 1973 yılında Afrika antiloplarının sayısı: Sinclair (1979), sf. 91.

151 "Kenya'dan geliyorsunuz ve ordumuzun fotoğraflarını çekiyorsunuz": Sinclair (2012), sf. 103.

152 Afrika antilobu ve bufalo popülasyonlarındaki aşırı artış: Otlanan bölgelerde hektar başına yakşaık yedi yüz kilogram otlak kalırken otlanmayan alanlarda bu sayı hektar başına altı bin iki yüz kilogramdır; Sinclair vd. (2010), sf. 260.

154 Çevrebilimci Sam McNaughton: McNaughton (1979).

155 Çekirgelerin sayıları ve çeşitliliği: McNaughton (1979). 156 "Afrika antilopları olmazsa Serengeti olmaz.": Morell, V. (2006) "The Sound of Hoofs." *Smithsonian Magazine*, June 2006. http://www.smithsonianmag.com/science-nature/the-sound-of-hoofs-119424800/?no-ist.

157 küçük antilopların çoğu avlanma nedeniyle ölüyordu: Sinclair, Mduma ve Brashares (2003), Ek Bilgi, Tablo 2.

157 Serengeti'deki on memeli etçilden: Sinclair, Mduma ve Brashares (2003), Ek Bilgi, Tablo 1.

161 Sinclair her bir türdeki artış oranını popülasyon büyüklüğe göre grafiğe döktüğünde: Sinclair (2003); Sinclair vd. (2010).

161 popülasyon büyükken yetersiz beslenmeden öldüğünü keşfettiler: Mduma, Sinclair ve Hilborn (1999).

Sinclair, Mduma ve Hilborn: Mduma, Sinclair ve Hilborn (1999).

163 Yerleşik popülasyonlar üzerindeki avlanma: Sinclair, Mduma ve Brashares (2003).

Dahası, göç edenlerin bir yıl içinde yaklaşık yalnızca yüzde biri: Fryxell, Greever ve Sinclair (1988).

Avcılardan kaçınma davranışlarının bileşik etkisi: Sinclair (2003), sf. 1733.

"Bay Serengeti'nin" büyük çabası sayesinde: Morell, V. (2006) "The Sound of Hoofs." *Smithsonian Magazine*, June. http://www.smithsonianmag.com/science-nature/the-sound-of-hoofs-119424800/?no-ist.

BÖLÜM 8

167 ekonomik sorunların en büyük kısmını oluşturan şey: Elton (1927), sf. 188–189.

SU İÇMEYİN: Toledo, Ohio. "Urgent Water Notice." *City of Toledo website.* Ağustos 2, 2014. http://toledo.oh.gov/news/2014/08/urgent-water-notice/.

168 Somurtuyorsun ey mırıltılı balığın mırıldandığı göl!: Seuss (1971).

1972 yılında Birleşik Devletler ve Kanada: Large Lakes and Rivers Forecasting Research Branch. "Detroit River-Western Lake Erie Basin Indicator Project. INDICATOR: Algal Blooms in Western Lake Erie." *United States Environmental Protection Agency.* http://www.epa.gov/med/grosseile_site/indicators/algae-blooms.html.

Erie Gölü'ndeki durumun düzelmesi: Egan, D. (2014) "Toxic Algae Cocktail Brews in Lake Erie." *Milwaukee Journal Sentinel*, Eylül 13.

169 2011'deki alg patlaması: Hesaplama patlama alanı beş bin kilometre kare, kalınlık on santimetreye kadar ve alg konsantrasyonu litrede yüz bin ila yüz milyon hücre olarak alınarak yapılmıştır; buna alternatif olarak patlama büyüklüğünü Obenour vd. (2014) kullandığı kuru ağırlık olarak kırk bin ton ve gramda 10^{11} hücre cinsinden olarak alınarak patlamada toplam 40×10^{20} hücre olduğu hesaplanır.

Kanser bir insanda yayılırken: "How Can Cancer Kill You?" *Cancer Research UK*

http://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/cancers-in-general/cancer-questions/how-can-cancer-kill-you.

170 aynı kaderi paylaşan pek çok göl mevcuttur: Michalak vd. (2013).

Asya'da tüketilen tüm kalorinin yüzde otuzdan fazlası: Gnanamanickam (2009).

172 Minik böcekler bitki özünü emer: "Plantwise Technical Factsheet: Brown Planthopper (Nilaparvata Lugens)." *Plantwise Knowledge Bank.* Plantwise/CABI. http://www.plantwise.org/KnowledgeBank/Datasheet.aspx?dsid=36301

Bitki başına düşen sayıları: Kenmore vd. (1984).

Çiftçilerin çoğu neredeyse her şeyini kaybetti: Sogawa (2015), sf. 36.

yaprak biti önemsiz bir pirinç zararlısı olarak düşünülüyordu: Sogawa (2015), sf. 34.

Gerçekten de böcek öldürücü uygulaması: Kenmore vd. (1984).

173 böcek öldürücülere karşı bir direnç evrimleştirmişti: Heinrichs (1979).

176 Köpekbalıkları vatozları yer: Myers vd. (2007).

177 Böcek öldürücüler, yaprak biti popülasyonunu kontrol altında tutan örümcekleri: Kenmore vd. (1984); Schoenly vd. (1996).

178 Sağlıklı tatlı su göllerindeki alg çoğalması: Nicholls (1999).

BÖLÜM 9

181 "İyi bilim yapmak ve iyi yönetmek zordur": Kitchell (1992), sf. 4.

182 "Güzel göller, dingin ve ışık dolu": Brock (1985), sf. 7–8.

183 Besin zinciri silsileleri kavramının ilk destekçilerinden olan: Carpenter, Kitchell ve Hodgson (1985).

186 simgesel öneme sahip, çok değerli bir balık: James Kitchell, Telefon Görüşmesi, 4/28/2015.

186 DKK'nın tüm kömür balığı üretimi: Addis (1992).

187 Karşılaştırma yapmak gerekirse planktonla beslenen göl ringası: Vanni vd. (1990).

Kömür balıkları yavrularının neredeyse hiçbiri: Johnson vd. (1992).

188 Sıcak hava, başlangıç popülasyonunu: Vanni vd. (1990).

Ringa balıklarının ortadan kalkması sonucunda: Johnson vd. (1992).

190 Yellowstone Kurtları Geri Getirme Projesi: Bangs (2005), sf. 4.

sığın geyiği popülasyonu çok arttı: Ripple, Rooney veBeschta (2010).

191 Çevresel Etki Bildirgesi ortaya çıktı: US Fish and Wildlife Service (1994).

Besi hayvanları söz konusu olduğunda ÇEB: White vd. (2005).

192 kurtların ortadan kaybolmasının geyik ve sığınların sayısındaki artışı öncelediğini fark etmişti: Ripple ve Beschta (2005).

Bunu daha ayrıntılı olarak araştırmak için: "In the Valley of the Wolves: Reintroduction of the Wolves." *Nature*. PBS. Temmuz 13, 2011. http://www.pbs.org/wnet/nature/in-the-valley-of-the-wolves-reintroduction-of-the-wolves/213; Ripple and Larsen (2000).

BÖLÜM 10

197 Politikacılar hayatımızda her zaman olacak: Kellaway, K. (2010) "How the Observer Brought the WWF into Being." *The Guardian*, November 6. http://www.theguardian.com/environment/2010/nov/07/wwf-world-wildlife-fund-huxley.

198 Buna göre on dört bin bufalo: Dunham, K. (2005) "Mammals: Re-introductions of Large Mammals in Gorongosa National Park, Mozambique." *Re-Introduction* 24: 10–11.

198 Gorongosa bölgesindeki aslan sayısı: Wentzel (1964), sf. 230–231; "Gorongosa's Lions." *Gorongosa National Park Website*. http://www.gorongosa.org/explore-park/wildlife/lions-gorongosa.

"Bir Rüya Kâbus Oldu": Dutton (1994).

200 1992'de barış anlaşması imzalandıktan sonra bile: Morley ve Convery (2014), sf. 134.

201 Harvard'da bir İnsan Hakları Politikaları Merkezi: Hanes, S. (2007).

"Greg Carr's Big Gamble." *Smithsonian.com.* May 2007. http://www.smithsonianmag.com/people-places/greg-carrs-big-gamble-153081070/?no-ist.

202 "Mozambik'e gel": Greg Carr, Telefon Görüşmesi, 5/19/2015.

203 "Bu olağanüstü bir park": "Gorongosa: Restoring Mozambique's National Treasure." *BioInteractive.* HHMI. https://www.hhmi.org/biointeractive/gorongosa-restoring-mozambiques-national-treasure.

205 Elli dört hayvandan oluşan ilk grup: "Timeline." *Gorongosa National Park Website.* http://www.gorongosa.org/our-story/timeline.

bazı alttürlere ev sahipliği yapmıştı: "Zebra and Eland Relocated to Gorongosa!" *Gorongosa Blog.* September 17, 2013. http://www.gorongosa.org/blog/park-news/zebra-and-eland-relocated-gorongosa.

Carr'ın bilim ekibi: "Zebra and Eland Relocated to Gorongosa!" *Gorongosa Blog.* Eylül 17, 2013. http://www.gorongosa.org/blog/park-news/zebra-and-eland-relocated-gorongosa.

206 kendim Gorongosa'ya gittim: Yazar Gorongosa Milli Parkı'nda 17–26 Haziran 2015 tarihleri arasında bulunmuştur.

212 on dokuz otçul tür: Stalmans, Peel ve Massad (2014).

"Doğaya fırsat verirseniz": Gourevitch (2009), sf. 100.

213 kuzey fok balığının sayısı: Roman vd. (2015); "Basic Facts about American Alligators." *Defenders of Wildlife.* http://www.defenders.org/american-alligator/basic-facts.

"hukuki yaptırımlara odaklan": Greg Carr, Telefon Görüşmesi, 5/19/2015.

Neredeyse yok olmak üzereyken: Paola Bouley, Kişisel Görüşme, 6/22/2015.

214 taşkın alanlarında bunun daha da fazla olacağını tahmin etmişti: Stalmans, Peel ve Massad (2014).

Biyologlar Gorongosa'da: Naskrecki, S. (2015) "Charting the Map of Gorongosa's Life." *Gorongosa Field Notes: E.O. Wilson Biodiversity Laboratory at Gorongosa National Park.* E.O. Wilson Biodiversity Foundation. http://eowilsonfoundation.org/gorongosa-field-notes-e-o-wilson-biodiversity-laboratory-at-gorongosa-national-park.

Olağanüstü rehberimiz Fraser Gear sayesinde: Civetler kedi değildir. Civetler ve genetler Viverridae adı verilen bir ailenin üyesidir.

SONSÖZ

218 "İnsan kesinlikle": Paine (2010), sf. 35.

Bazı türler ticari amaçla kullanıldığında: Papa Francis, 18 Temmuz 2015. *Encyclical Letter Laudato Si of the Holy Father Francis On Care For Our Common Home.* Rome: Vatikan Yayınları, sf. 27. http://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-

francesco_20150524_enciclica-laudato-si_en.pdf.

"bu gezegende yaşayan herkese": Papa Francis, 18 Temmuz 2015. *Encyclical Letter Laudato Si of the Holy Father Francis On Care For Our Common Home.* Rome: Vatikan Yayınları, sf. 4.http://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_en.pdf.

219 "ekolojik dönüşüm": Papa Francis, 18 Temmuz 2015. *EncyclicalLetterLaudato Si of the Holy Father Francis On Care For Our Common Home.* Rome: Vatikan Yayınları, sf. 159. http://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_en.pdf.

221 Aşı halkası, virüsün önündeki yakıtı ortadan kaldırmıştı: Foege (2011), sf. 15, 58.

Popülasyonun yalnızca yüzde on beşi aşılanmış olsa da: Tucker (2001), sf. 77.

222 Afrika'nın batısındaki bu deneyim: Foege (2011), sf. 100.

DSÖ, on gün içinde ülkedeki her köyü ziyaret etmek ve: Henderson (2011).

Araştırma ekibi, hastalığın beklediklerinden daha yaygın olduğunu: Foege (2011), sf. 114–115.

Yüz yeni salgın: Foege (2011), sf. 164–170.

223 Bangladeş ve sonra Etiyopya: Henderson (2011).

Hastalığın 1980 yılında ortadan kaldırıldığı resmî olarak duyuruldu: Henderson (2011).

"adanmış ve yaratıcı insanın zaferidir": Henderson (2011).

224 "Bu bir etki-tepki dünyasıdır": Foege (2011), sf. 188.

225 "Yarattığımız hasarı tamir edebilecek bir ekoloji geliştirmekte samimiysek": Papa Francis, 18 Temmuz 2015. *Encyclical Letter Laudato Si of the Holy Father Francis On Care For Our Common Home.* Rome: Vatikan Yayınları, sf. 45–46. http://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_en.pdf.

226 hükümet çok sayıda böcek öldürücüyü yasakladı: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (1998) "IPM-trained Farmers in Indonesia Escape Pest Outbreaks." Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/english/newsroom/highlights/1998/981104-e.htm; Öte yandan, Endonezya Hükümeti'ndeki değişikliklerden sonra böcek öldürücü kullanımı ve yaprak biti salgınları yeniden başladı: Thornburn (2015).

228 kontrol noktaları da oluşturuldu: Tucker (2001), sf. 116–118.

"Topluma çiçek hastalığına yakalanan": "Somalia Is Again Polio-Free." World Health Organization Media Centre. WHO podcast. March 28, 2008. http://www.who.int/mediacentre/multimedia/podcasts/2008/transcript_30/en/.

"Somali çiçek hastalığının görüldüğü son ülkeydi": "War-Torn Somalia Eradicates Polio." *BBC News,* 25 Mart 2008. http://news.bbc.co.uk/2/hi/africa/7312603.stm.

KAYNAKÇA

Abelson, P. H., E. T. Bolton ve E. Aldous (1952) "Utilization of Carbon Dioxide in the Synthesis of Proteins by *Escherichia coli*. II." *Journal of Biological Chemistry* 198: 173–178.

Addis, J. T. (1992) "Policy and Practice in UW-WDNR Collaborative Programs." In J. F. Kitchell (ed.), *Food Web Management: A Case Study of Lake Mendota*. New York: Springer-Verlag: 7–16.

Alfirevic, A., D. Neely, J. Armitage, H. Chinoy, vd. (2014) "Phenotype Standardization for Statin-Induced Myotoxicity." *Clinical Pharmacology & Therapeutics* 96(4): 470–476.

Anderson, N. L. ve N. G. Anderson (2002) "The Human Plasma Proteome: History, Character, and Diagnostic Prospects." *Molecular and Cellular Proteomics* 1: 845–867.

Anker, P. (2001) *Imperial Ecology: Environmental Order in the British Empire, 1895–1945*. Cambridge, Massachusetts: Harvard Üniversitesi Yayınları.

Bangs, E. (2005) "How Did Wolves Get Back to Yellowstone?" *Yellowstone Science* 13: 4.

Barker, R. (2005) *Blockade Busters: Cheating Hitler's Reich of Vital War Supplies*. South Yorkshire, England: Pen & Sword Books.

Baxa, D. V., T. Kurobe, K. A. Ger, P. W. Lehman ve S. J. Teh (2010) "Estimating the Abundance of Toxic Microcystis in the San Francisco Estuary Using Quantitative Real-Time PCR." *Harmful Algae* 9: 342–349.

Benison, S., A. C. Barger ve E. L. Wolfe (1987) *Walter B. Cannon: The Life and Times of a Young Scientist*. Cambridge, Massachusetts: Harvard Üniversitesi Yayınları.

Berger, K. M., E. M. Gese ve J. Berger (2008) "Indirect Effects and Traditional Trophic Cascades: A Test Involving Wolves, Coyotes, and Pronghorn." *Ecology* 89(3): 818–828.

Bernes, C., S. R. Carpenter, A. Gardmark, P. Larsson, vd. (2015). "What Is the Influence of a Reduction of Planktivorous and Benthivorous Fish on Water Quality in Temperate Eutrophic Lakes? A Systematic Review." *Environmental Evidence* 4:7: 1–28.

Beschta, R. L. (2005) "Reduced Cottonwood Recruitment Following Extirpation of Wolves in

Yellowstone's Northern Range." *Ecology* 86: 391–403.

Bianconi, E., A. Piovesan, F. Facchin, A. Beraudi, vd. (2013) "An Estimation of the Number of Cells in the Human Body." *Annals of Human Biology* Early Online 40: 1–11.

Biggs, P. M. (2010) "Walter Plowri-

ght. 20 July 1923–20 February 2010." *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* 56: 341–358.

Bilheimer, D. W., S. M. Grundy, M. S. Brown ve J. L. Goldstein. (1983) "Mevinolin and Colestipol Stimulate Receptor-Mediated Clearance of Low Density Lipoprotein from Plasma in Familial Hypercholesterolemia Heterozygotes." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 80(13): 4124–4128.

Binney, G. (1926) *With Seaplane and Sledge in the Arctic.* New York: George H. Doran.

Bishop, J. M. (2003) *How to Win the Nobel Prize: An Unexpected Life in Science.* London: Harvard Üniversitesi Yayınları.

Brashares, J. S., L. R. Prugh, C. J. Stoner ve C. W. Epps (2010) "Ecological and Conservation Implications of Mesopredator Release." In J. Terborgh and J. A. Estes (editörler.), *Trophic Cascades:Predators, Prey, and the Changing Dynamics of Nature.* Washington, DC: Island Press: 221–240.

Brock, T. D. (1985) *A Eutrophic Lake: Lake Mendota, Wisconsin.* New York: Springer-Verlag. Brown, M. S. ve J. L. Goldstein (1975) "Regulation of the Activity of the Low Density Lipoprotein Receptor in Human Fibroblasts." *Cell* 6: 307–316.

——— (1981) "Lowering Plasma Cholesterol by Raising LDL Receptors." *New England Journal of Medicine* 305(9): 515–517.

——— (1993) "A Receptor-Mediated Pathway for Cholesterol Homeostasis." T. Frängsmyr ve J. Lindsten (editörler.), *Nobel Lectures, Physiology of Medicine 1981–1990.* Singapore: World Scientific: 284–324. nobelprize.org'tan ulaşılabilir.

——— (2004) "A Tribute to Akira Endo, Discoverer of a 'Penicillin' for Cholesterol." *Atherosclerosis Supplements* 5: 13–16.

Brown, M. S., S. E. Dana ve J. L. Goldstein (1973) "Regulation of 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reductase Activity in Human Fibroblasts by Lipoproteins." *Proceedings of the NationalAcademy of Sciences USA* 70(7): 2162–2166.

——— (1974) "Regulation of 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reductase Activity in Cultured Human Fibroblasts." *Journal of Biological Chemistry* 249: 789–796.

Brown, M. S., J. R. Faust, J. L. Goldstein, I. Kaneko, and A. Endo (1978) "Induction of 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reductase Activity in Human Fibroblasts Incubated with Compactin (ML-236B), a Competitive Inhibitor of the Reductase." *Journal of Biological Chemistry* 253: 1121–1128.

Cannon, W. B. (1873–1945) Walter Bradford Cannon papers, 1873–1945, 1972–1974 (inclusive), 1881–1945 (bulk). H MS c40. Harvard Medical Library, Francis A. Countway Library of Medicine, Boston.

——— (1898) "The Movements of the Stomach Studied by Means of the Rötgen Rays." *American Journal of Physiology* 1: 359–382.

——— (1909) "The Influence of Emotional States on the Functions of the Alimentary Canal." *American Journal of Medical Sciences* 137: 480–487.

——— (1911a) *The Mechanical Factors of Digestion.* London: Edward Arnold.

——— (1911b) "The Stimulation of Adrenal Secretion by Emotional Excitement." *Proceedings of the American Philosophical Society* 50(199): 226–227.

——— (1914) "The Emergency Function of the Adrenal Medulla in Pain and the Major Emotions." *American Journal of Physiology* 33: 356–372.

——— (1927) *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage: An Account of Recent Researches into the Function of Emotional Excitement.* New York and London: D. Appleton and Company.

——— (1928) "Reasons for Optimism in the Care of the Sick." *New England Journal of Medicine* 199(13): 593–597.

——— (1929) "Organization for Physiological Homeostasis." *Physiological Reviews* 9(3): 399–431.

——— (1963) *The Wisdom of the Body.* Revised and enlarged ed. New York: W. W. Norton & Company.

——— (1972) *The Life and Contributions of Walter Bradford Cannon.* Edited by C. McC. Brooks, K. Koizumi, and J. O. Pinkston. New York: Downstate Medical Center, State University of New York.

Cannon, W. B. ve D. de la Paz (1911) "Emotional Stimulation of Adrenal Secretion." *American Journal of Physiology* 28: 64–70.

Carpenter, S. R., J. F. Kitchell ve J. R. Hodgson (1985) "Cascading Trophic Interactions and Lake Productivity." *BioScience* 35(10): 634–639.

Carpenter, S. R., J. F. Kitchell, J. R. Hodgson, P. A. Cochran, vd. (1987) "Regulation of Lake Primary Productivity by Food Web Structure." *Ecology* 68(6): 1863–1876.

Carroll, S. B. (2013) "Brave Genius: a Scientist, a Philosopher, and Their Daring Adventures from the French Resistance to the Nobel Prize." New York: Crown.

Chandler, R. F. Jr. (1992) *An Adventure in Applied Science: A History of the International Rice Research Institute.* Los Baños, Laguna, Philippines: International Rice Research Institute. Cumming, D.H.M, C. Mackie, S. Magane ve R. D. Taylor (1994) *Aerial Census of Large Herbivores in the Gorongosa National Park and the Marromeu Area of the Zambezi Delta in Mozambique.* Yayımlanmamış rapor, IUCN ROSA, Harare, 10 s., cited in K. M.

Dunham (2004) "Aerial Survey of Large Herbivores in Gorongosa National Park, Mozambique: 2004." *A Report for The Gregory C. Carr Foundation.* http://www.carrfoundation.org.

Darwin, C. (1872) *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life.* Sixth ed. London: John Murray.

Debré, P. (1996) *Jacques Monod.* Paris: Flammarion.

De Klein, A., A. G. van Kessel, G. Grosveld, C. R. Bartram, vd. (1982) "A Cellular Oncogene Is Translocated to the Philadelphia Chromosome in Chronic Myelocytic Leukaemia." *Nature* 300: 765–767.

Di Fiore, R., A. D'Anneo, G. Tesoriere ve R. Vento (2013) "RB1 in Cancer: Different Mechanisms of RB1 Inactivation and Alterations of pRb Pathway in Tumorigenesis." *Journal of Cellular Physiology* 228:1676–1687.

Drach, P. ve J. Monod (1935) "Rapport préliminaire sur les observations d'histoire naturelle faites pendant la camoagne de la 'Pourquios-Pas?' au Groenland." *Annales Hydrographiques* 2: 3–11.

Druker, B. J. (2003) "David A. Karnofsky Award Lecture. Imatinib as a Paradigm of Targeted Therapies." *Journal of Clinical Oncology* 21(23 suppl): 239s–245s.

——— (2014) "Janet Rowley (1925–2013)." *Nature* 505: 484.

Dublin, H. T. ve I. Douglas-Hamilton (1987) "Status and Trends of Elephants in the Serengeti-Mara Ecosystem." *African Journal of Ecology* 25: 19–33.

Dubos, R. J. (1965) *Man Adapting.* New Haven, Connecticut: Yale Üniversitesi Yayınları.

Duggins, D. O. (1980) "Kelp Beditörler and Sea Otters: An Experimental Approach." *Ecology* 61(3): 447–453.

Dulvy, N. K., S. L. Fowler, J. A. Musick, R. D. Cavanagh, vd. (2014). "Extinction Risk and Conservation of the World's Sharks and Rays." *eLife* 3: e00590.

Dunham, K. M. (2004) "Aerial Survey of Large Herbivores in Gorongosa National Park, Mozambique: 2004." Report for the Gregory C. Carr Foundation. http://www.carrfoundation.org.

Dutton, P. (1994) "A Dream Becomes a Nightmare." *African Wildlife* 48(6): 6–14.

Dyck, V. A. ve B. Thomas (1979) "The Brown Planthopper Problem." In *Brown Planthopper: Threat toRice Production in Asia.* Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute: 3–17.

Eisenberg, C. (2010) *The Wolf's Tooth: Keystone Predators, Trophic Cascades, and Biodiversity.* Washington, DC: Island Press.

Eisenberg, C., S. T. Seager ve D. E. Hibbs (2013) "Wolf, Elk, and Aspen Food Web Relationships: Context and Complexity." *Forest Ecology and Management* 299: 70–80.

Elton, C. S. (1924) "Periodic Fluctuations in the Numbers of Animals: Their Causes and Effects." *British Journal of Experimental Biology* 2: 119–163.

——— (1927) *Animal Ecology.* New York: Macmillan.

——— (1983) "The Oxford Univer-

sity Expedition to Spitsbergen in 1921: An Account, Done in 1978–1983." Norsk Polarinstitutt Bibliotek, Norsk Polarinstitutt, Oslo.

http://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/218913.

Elton, C. S. ve M. Nicholson (1942) "The Ten-Year Cycle in Numbers of the Lynx in Canada." *Journal of Animal Ecology* 11(2): 215–244.

Endo, A. (1992) "The Discovery and Development of HMG-CoA Reductase Inhibitors." *Journal of Lipid*

Research 33: 1569–1582.

——— (2004) "The Origin of the Statins." *Atherosclerosis Supplements* 5: 125–130.

——— (2008) "A Gift From Nature: The Birth of the Statins." *Nature Medicine* 14(10): 1050–1025.

——— (2010) "A Historical Perspective on the Discovery of Statins." *Proceedings of the Japan Academy,Series B* 86: 484–498.

Estes, J. A. ve J. F. Palmisano (1974) "Sea Otters: Their Role in Structuring Nearshore Communities." *Science* 185: 1058–1060.

Estes, J. A., C. H. Peterson ve R. S. Steneck (2010) "Some Effects of Apex Predators in Higher-Latitude Coastal Oceans." J. Terborgh ve J. A. Estes (editörler), *Trophic Cascades: Predators, Prey, and the Changing Dynamics of Nature.* Washington, DC: Island Press: 37–53.

Estes, J. A., M. T. Tinker, T. M. Williams ve D. F. Doak (1998) "Killer Whale Predation on Sea Otters Linking Oceanic and Nearshore Ecosystems." *Science* 282: 473–476.

Everly, G. S. ve J. M. Lating (2013) *A Clinical Guide to the Treatment of the Human Stress Response.* New York: Springer.

Finger, S. (1994) *Origins of Neuroscience: A History of Explorations into Brain Function.* New York: Oxford Üniversitesi Yayınları.

Fleming, D. (1984) "Walter B. Cannon and Homeostasis." *Social Research* 51(3): 609–640.

Foege, W. H. (2011) *House on Fire: The Fight to Eradicate Smallpox.* Berkeley: California Üniversitesi Yayınları.

Friend, S. H., R. Bernards, S. Rogelj, R. A. Weinberg, vd. (1986) "A Human DNA Segment with Properties of the Gene that Predisposes to Retinoblastoma and Osteosarcoma." *Nature* 323: 643–646.

Fryxell, J. M., J. Greever ve A.R.E. Sinclair (1988) "Why Are Migratory Ungulates So Abundant?" *American Naturalist* 131(6): 781–798.

Giacinti, C. ve A. Giordano (2006) "RB and Cell Cycle Progression." *Oncogene* 25: 5220–5227.

Gnanamanickam, S. S. (2009) "Rice and Its Importance to Human Life." In *Biological Control of Rice Diseases.* Dordrecht: Springer: 1–11.

Goldstein, D. S. (2010) "Adrenal Responses to Stress." *Cellular and Molecular Neurobiology* 30(8): 1433–1440.

Goldstein, D. S. ve M. S. Brown (1973) "Familial Hypercholesterolemia: Identification of a Defect in the Regulation of 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reductase Activity Associated with Overproduction of Cholesterol." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 70(10): 2804–2808.

——— (1974) "Familial Hypercholesterolemia: Defective Binding of Lipo-proteins to Cultured Fibroblasts Associated with Impaired Regulation of 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reductase Activity." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 71(3): 788–792.

——— (2003) "Cholesterol: A Century of Research." *HHMI Bulletin*, September: 10–19. Available at http://www4.utsouthwestern.edu/moleculargenetics/pdf/msb_cur_res/2003%20HHMI%20Bulletin%20Goldstein%2018.htm

Gordon, S. (1922) *Amid Snowy Wastes: Wild Life on the Spitsbergen Archipelago*. New York: Cassell and Company.

Gould, R. G., C. B. Taylor, J. S. Hagerman, I. Warner ve D. J. Campbell (1953) "Cholesterol Metabolism: I. Effect of Dietary Cholesterol on the Synthesis of Cholesterol in Dog Tissue in Vitro." *Journal of Biological Chemistry* 201: 519–528.

Gourevitch, P. (2009) "The Monkey and the Fish." *New Yorker*, December 21: 99–111.

Greenberg, M. J., W. F. Herrnkind, and F. C. Coleman (2010) "Evolution of the Florida State University Coastal and Marine Laboratory." *Gulf of Mexico Science* 1–2: 149–163.

Grimsdell, J.J.R. (1979) "Changes in Populations of Resident Ungulates." In A.R.E. Sinclair and M. Norton-Griffiths (editörler.), *Serengeti, Dynamics of an Ecosystem*. Chicago: Chicago Üniversitesi Yayınları: 353–359.

Groffen, J., J. R. Stephenson, N. Heisterkamp, A. de Klein, vd. (1984) "Philadelphia Chromosomal Breakpoints Are Clustered within a Limited Region, *bcr*, on Chromosome 22." *Cell* 36: 93–99.

Grzimek, B. ve M. Grzimek (1961) *Serengeti Shall Not Die*. New York: E. P. Dutton & Co.

Grzimek, M. ve B. Grzimek (1960) "Census of Plains Animals in the Serengeti National Park,

Tanganyika." *Journal of Wildlife Management* 24(1): 27–37.

Hairston, N. G. (1989) *Ecological Experiments: Purpose, Design and Execution*. Cambridge: Cambridge Üniversitesi Yayınları.

Hairston, N. G., F. E. Smith ve L. B. Slobodkin (1960) "Community Structure, Population Control, and Competition." *American Naturalist* 94(879): 421–425.

Hanby, J. P. ve J. D. Bygott (1979) "Population Changes in Lions and Other Predators." In A.R.E. Sinclair and M. Norton-Griffiths (editörler.), *Serengeti, Dynamics of an Ecosystem*. Chicago: Chicago Üniversitesi Yayınları: 249–262.

Havel, R. J., D. B Hunninghake, D. R. Illingworth, R. S. Lees, vd. (1987) "Lovastatin (Mevinolin) in the Treatment of Heterozygous Familial Hypercholesterolemia: A Multicenter Study." *Annals of Internal Medicine* 107(5): 609–615.

Hehlmann, R., M. C. Müller, M. Lauseker, B. Hanfstein, vd. (2014) "Deep Molecular Response Is Reached by the Majority of Patients Treated with Imatinib, Predicts Survival, and Is Achieved More Quickly by Optimized High-Dose Imatinib: Results from the Randomized CML-Study IV." *Journal of Clinical Oncology* 32: 415–423.

Heinrichs, E. A. (1979) "Chemical Control of the Brown Planthopper." In *Brown Planthopper: Threat to Rice Production in Asia.* Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute: 145–167.

Heisterkamp, N. ve J. Groffen (2002) "Philadelphia-Positive Leukemia: A Personal Perspective." *Oncogene* 21: 8536–8540.

Henderson, D. A. (2011) "On the Eradication of Smallpox and the Beginning of a Public Health Career." *Public Health Reviews* 33: 19–29.

Hogness, D., M. Cohn ve J. Monod (1955) "Studies on the Induced Synthesis of β-galactosidase in *Escherichia coli*: The Kinetics and Mechanism of Sulfur Incorporation." *Biochimica et Biophysica Acta*16: 99–116.

Hopkins, J. W. (1989) *The Eradication of Smallpox: Organizational Learning and Innovation in International Health.* Boulder, Colorado: Westview Press

Huxley, J. (1931) *Africa View.* London: Chatto & Windus.

Jacob, F. (1973) *The Logic of Life: A History of Heredity.* New York: Pantheon Books.

——— (1988) *The Statue Within.* New York: Basic Books.

Jacob F. ve J. Monod (1963) "Elements of Regulatory Circuits in Bacteria." In R.J.C. Harriss (ed.), *Biological Organization at the Cellular and Supercellular Level; A Symposium Held at Varenna, 24–27 Eylül 1962, UNESCO himayesinde.* London and New York: Academic Press: 1–24.

Johnson, B. M. ve M. D. Staggs. (1992) "The Fishery." In J. F. Kitchell (ed.), *Food Web Management: A Case Study of Lake Mendota.* New York: Springer-Verlag: 353–376.

Johnson, B. M., S. J. Gilbert, R.S.S. Stewart, L. G. Rudstam, vd. (1992) "Piscivores and Their Prey." In J. F. Kitchell (ed.), *Food Web Management: A Case Study of Lake Mendota.* New York: Springer-Verlag: 319–352.

Judson, H. F. (1979) *The Eighth Day of Creation: The Makers of the Revolution in Biology.* New York: Simon and Schuster.

Kantarjian, H., S. O'Brien, E. Jabbour, G. Garcia-Manero, vd. (2012) "Improved Survival in Chronic Myeloid Leukemia Since the Introduction of Imatinib Therapy: A Single-Institution Historical Experience." *Blood* 119(9): 1981–1987.

Kenmore, P. E., F. O. Carino, C. A. Perez, V. A. Dyck ve A. P. Gutierrez (1984) "Population Regulation of the Rice Brown Planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) within Rice Fields in the Philippines." *Journal of Plant Protection in the Tropics* 1: 19–37.

Keys, A. (1990) "Recollections of Pioneers in Nutrition: From Starvation to Cholesterol." *Journal of the American College of Nutrition* 9(4): 288–291.

Keys, A., H. L. Taylor, H. Blackburn, J. Brozek, vd. (1963) "Coronary Heart Disease among Minnesota Business and Professional Men Followed Fifteen Years." *Circulation* 28: 381–395.

Kitchell, J. F. (1992) *Food Web Management: A Case Study of Lake Mendota.* New York: Springer-Verlag. Konopka, J. B., S. M. Watanabe, and O. N. Witte (1984) "An Alteration of the Human *c-abl* Protein in K562 Leukemia Cells Unmasks Associated Tyrosine Kinase Activity." *Cell* 37: 1035–1042.

Kovanen, P. T., D. W. Bilheimer, J. L. Goldstein, J. J. Jaramillo ve M. S. Brown (1981) "Regulatory Role for Hepatic Low Density Lipoprotein Receptors in vivo in the Dog." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 78(2): 1194–1198.

Lathrop, R. C., B. M. Johnson, T. B. Johnson, M. T. Vogelsang, vd. (2002) "Stocking Piscivores to Improve Fishing and Water Clarity: A Synthesis of the Lake Mendota Biomanipulation Project." *Freshwater Biology* 47: 2410–2424.

Ledford, H. (2011) "Translational Research: 4 Ways to Fix the Clinical Trial." *Nature* 477: 526–528.

Lindström, J., E. Ranta, H. Kokko, P. Lundberg ve V. Kaitala (2001) "From Arctic Lemmings to Adaptive Dynamics: Charles Elton's Legacy in Population Ecology." *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 76(1): 129–158.

Liu, H., B. Dibling, B. Spike, A. Dirlam ve K. Macleod (2004) "New Roles for the RB Tumor Suppressor Protein." *Current Opinion in Genetics & Development* 14(1): 55–64.

Longstaff, T. (1950) *This My Voyage*. New York: Carles Scribner's Sons.

Lovastatin Study Group III (1988) "A Multicenter Comparison of Lovastatin and Cholestyramine Therapy for Severe Primary Hypercholesterolemia." *Journal of the American Medical Association* 260(3): 359–366.

Lwoff, A. (2003) "Jacques Lucien Monod." In A. Ullmann (ed.), *Origins of Molecular Biology: a Tribute to Jacques Monod*. Revised ed. Washington, DC: ASM Press: 1–23.

Lydon, N. B. ve B. J. Druker (2004) "Lessons Learned from the Development of Imatinib." *Leukemia Research* 28S1: S29–S38.

MacKenzie, C. L. Jr. (2008) "History of the Bay Scallop, *Argopecten irradians*, Fisheries and Habitats in Eastern North America, Massachusetts through North-eastern Mexico." *Marine Fisheries Review* 70(3–4): 1–5.

Malthus, T. (1798) *An Essay on the Principle of Population*. London: J. Johnson, in St. Paul's Church-Yard. Şu adresten erişilebilir: http://www.esp.org.

Marks, A. R. (2011) "A Conversation with P. Roy Vagelos." *Annual Review Conversations. Annual Reviewof Biochemistry*. Şu adresten erişilebilir: http://www.annualreviews.org.

Martin, G. S. (1970) "Rous Sarcoma Virus: A Function Required for the Maintenance of the Transformed State." *Nature* 277(5262): 1021–1023.

——— (2004) "The Road to Src." *Oncogene* 23: 7910–7917.

Marshall, K. N, N. T. Hobbs ve D. J. Cooper (2013) "Stream Hydrology Limits Recovery of Riparian Ecosystems after Wolf Reintroduction." *Proceedings of the Royal Society, Series B* 280(1756): 20122977.

McLaren, B. E. ve R. O. Peterson (1994) "Wolves, Moose, and Tree Rings on Isle Royale." *Science* 266: 1555–1558.

McNaughton, S. J. (1979) "Grazing as an Optimization Process: Grass-Ungulate Relationships in the Serengeti." *American Naturalist* 113(5): 691–703.

Mduma, S.A.R., A.R.E. Sinclair ve R. Hilborn (1999) "Food Regulates the Serengeti Wildebeest: A 40-Year Record." *Journal of Animal Ecology* 68: 1101–1122.

Mead, F. S. (1921) *Harvard's Military Record in the World War*. Boston: Harvard Alumni Association.

Michalak, A. M., E. J. Anderson, D. Beletsky, S. Boland, vd. (2013) "Record-Setting Algal Bloom in Lake Erie Caused by Agricultural and Meteorological Trends Consistent with Expected Future Conditions." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 110(16): 6448–6452.

Monod, J. (1942) "Recherches sur la Croissance des Populations Bactèriennes." Paris: Hermann & Cie.

Monod, J. ve F. Jacob (1961) "General Conclusions: Teleonomic Mechanisms in Cellular Metabolism, Growth, and Differentiation." *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 26: 389–401.

Monod, J., G. Cohen-Bazire ve M. Cohn (1951) "Sur la Biosynthese de la β-Galàctosidase (Lactase) chez *Escherichia coli*. La Specificite de l'Induction." *Biochimica et Biophysica Acta* 7: 585–599.

Morley, R. ve I. Convery (2014) "Restoring Gorongosa: Some Personal Reflections." In I. Convery, G. Corsane, and P. Davis (editörler.), *Displaced Heritage: Responses to Disaster, Trauma, and Loss.*

Woodbridge, England: Boydell Press: 129–141.

Myers, R. A., J. K. Baum, T. D. Shepherd, S. P. Powers ve C. H. Peterson (2007) "Cascading Effects of the Loss of Apex Predatory Sharks from a Coastal Ocean." *Science* 315: 1846–1850.

Nair, P. "Brown and Goldstein: The Cholesterol Chronicles." *Proce-*

edings of the National Academy of Sciences USA 110(37): 14829–14832.

National Institutes of Health (2012) "Morbidity and Mortality: 2012 Chart Book on Cardiovascular, Lung, and Blood Diseases." Bethesda, Maryland: National Institutes of Health: National Heart, Lung, and Blood Institute.

Neill, U. S. ve H. A. Rockman (2012) "A Conversation with Robert Lefkowitz, Joseph Goldstein, and Michael Brown." *Journal of Clinical Investigation* 122(5): 1586–1587.

Nicholls, K. H. (1999) "Evidence for a Trophic Cascade Effect on North-Shore Western Lake Erie Phytoplankton Prior to the Zebra Mussel Invasion." *International Association for Great Lakes Research* 25(4): 942–949.

Norton-Griffiths, M. (1979) "The Influence of Grazing, Browsing, and Fire on the Vegetation Dynamics of the Serengeti." In A.R.E. Sinclair and M. Norton-Griffiths (editörler.), *Serengeti, Dynamics of an Ecosystem.* Chicago: Chicago Üniversitesi Yayınları: 310--352.

Novick, A. ve L. Szilard (1954) "Experiments with the Chemostat on the Rates of Amino Acid Synthesis in Bacteria." In E. J. Boell (ed.), *Dynamics of Growth Processes.* Princeton, New Jersey: Princeton Üniversitesi Yayınları: 21–32.

Nowell, P. C. (2007) "Discovery of the Philadelphia Chromosome: A Personal Perspective." *Journal of Clinical Investigation* 117(8): 2033–2035.

Nowell, P. C. ve D. A. Hungerford (1960) "A Minute Chromosome in Human Chronic Granulocytic Leukemia." In "National Academy of Sciences. Abstracts of Papers Presented at the Autumn Meeting, 14–16 November 1960, Philadelphia, Pennsylvania." *Science* 132: 1497.

Obenour, D., D. Gronewald, C. Stow ve D. Scavia (2014) "2014 Lake Erie Harmful Algal Bloom (HAB) Experimental Forecast: This Product Represents the First Year of an Experimental Forecast Relating Bloom Size to Total Phosphorus Load."

http://www.glerl.noaa.gov/res/Centers/HABS/lake_erie_hab/LakeErieBloomForecastRelease071514.pdf.

Paarlberg, D. ve P. Paarlberg (2000) *The Agrictultural Revolution of the 20th Century*. Ames: Iowa State Üniversitesi Yayınları.

Paine, R. T. (1963a) "Ecology of the Brachiopod *Glottidia pyramidata*." *Ecological Monographs* 33(3): 187–213.

——— (1963b) "Trophic Relationships of 8 Sympatric Predatory Gastropods." *Ecology* 44(1): 63–73.

——— (1966) "Food Web Complexity and Species Diversity." *American Naturalist* 100(910): 65–75.

——— (1971) "A Short-Term Experimental Investigation of Resource Partitioning in a New Zealand Rocky Intertidal Habitat." *Ecology* 52(6): 1096–1106.

——— (1974) "Intertidal Community Structure." *Oecologia* 15: 93–120.

——— (1980) "Food Webs: Linkage, Interaction Strength and Community Infrastructure." *Journal of Animal Ecology* 49(3): 666–685.

——— (1992) "Food-Web Analysis through Field Measurement of per capita Interaction Strength." *Nature* 355: 73–75.

——— (2010) "Food Chain Dynamics ve Trophic Cascades in Intertidal Habitats." J. Terborgh ve J.A. Estes (editörler.), *Trophic Cascades: Predators, Prey, and the Changing Dynamics of Nature.* Washington, DC: Island Press: 21–36.

——— (2011) "Inspiration." M. H. Graham, J. Parker ve P. K. Dayton (editörler.), *The Essential Naturalist: Timeless Readings in Natural History.* Chicago: Chicago Üniversitesi Yayınları: 7–15.

Paine, R. T. ve R. L. Vadas (1969) "The Effects of Grazing by Sea Urchins, *Strongylocentrotus* ss., on Benthic Algal Populations." *Limnology and Oceanography* 14(5): 710–719.

Pardee, A. B. (2003) "The Pajama Experiment." In A. Ullmann (ed.), *Origins of Molecular Biology: a Tribute to Jacques Monod.* Revised ed. Washington, DC: ASM Press.

Pearce, T. (2010) "'A Great Complication of Circumstances'—Darwin and the Economy of Nature." *Journal of the History of Biology* 43: 493–528.

Peterson, C. H., F. J. Fodrie, H. C. Summerson, and S. P. Powers (2001) "Site-Specific and Density- Dependent Extinction of Prey by Schooling Rays: Generation of a Population Sink in Top-Quality Habitat for Bay Scallops." *Oecologia* 129(3): 349–356.

Power, M. E., W. J. Matthews ve A. J. Stewart (1985) "Grazing Minnows, Piscivorous Bass, and Stream Algae: Dynamics of a Strong Interaction." *Ecology* 66(5): 1448–1456.

Rea, P. A. (2008) "Statins: From Fungus to Pharma." *American Scientist* 96(5): 408.

Reid, R. S. (2012) *Savannas of Our Birth.* Berkeley: California Üniversitesi Yayınları

Riggio, J., A. Jacobson, L. Dollar, H. Bauer, vd. (2013) "The Size of Savannah Africa: A Lion's (*Panthera leo*) View." *Biodiversity and Conservation* 22: 17–35.

Rinta-Kanto, J. M., A.J.A. Ouellette, G. L. Boyer, M. R. Twiss, vd. (2006) "Quantification of Toxic *Microcystis* ss. during the 2003 and 2004 Blooms in Western Lake Erie Using Quantitative Real-Time PCR." *Environmental Science & Technology* 39(11): 4198–4205.

Ripple, W. J. ve R. L. Beschta (2005) "Linking Wolves and Plants: Aldo Leopold on Trophic Cascades." *BioScience* 55(7): 613–621.

——— (2007) "Restoring Yellowstone's Aspen with Wolves." *Biological Conservation* 138: 514–519.

——— (2012) "Trophic Cascades in Yellowstone: The First 15 Years after Wolf Reintroduction." *Biological Conservation* 145(1): 205–213.

Ripple, W. J. ve E. J. Larsen (2000) "Historic Aspen Recruitment, Elk, and Wolves in Northern Yellowstone National Park, USA." *Biological Conservation* 95: 361–370.

Ripple, W. J., T. P. Rooney ve R. L. Beschta (2010) "Large Predators, Deer, and Trophic Cascades in Boreal and Temperate Ecosystems." In J. Terborgh and J. A. Estes (editörler.), *Trophic Cascades: Predators,Prey, and the Changing Dynamics of Nature.* Washington, DC: Island Press: 141–161.

Roeder, P. L. (2011) "Rinderpest: The End of Cattle Plague." *Preventative Veterinary Medicine* 102: 98–106.

Roman, J., M. M. Dunphy-Daly, D. W. Johnston ve A. J. Read (2015) "Lifting Baselines to Address the Consequences of Conservation Success." *Trends in Ecology & Evolution* 30(6): 299–302.

Rous, P. (1910) "A Transmissible Avian Neoplasm. (Sarcoma of the Common Fowl.)" *Journal of Experimental Medicine* 12(5): 696–705.

Rowley, J. D. (1973) "A New Consistent Chromosomal Abnormality in Chronic Myelogenous Leukaemia Identified by Quinacrine Fluorescence and Giemsa Staining." *Nature* 243: 290–293.

Rowley, J. D., H. M. Golomb ve C. Dougherty (1977) "15/17 Translocation, a Consistent Chromosomal Change in Acute Promyelocytic Leukaemia." *Lancet* 309(8010): 549–550.

Scandanavian Simvastin Survival Study Group (1994) "Randomised Trial of Cholesterol Lowering in 4444 Patients with Coronary Heart Disease: The Scandinavian Simvastatin Survival Study (4S)." *Lancet* 344(8934): 1383–1389.

Schoenly, K. G., J. E. Cohen, K. L. Heong, G. S. Arida, vd. (1996) "Quantifying the Impact of Insecticides on Food Web Structure of Rice-Arthropod Populations in a Philippine Farmer's Irrigated Field: A Case Study." G. A. Polis ve K. O. Winemiller (editörler.), *Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics.* New York: Chapman & Hall: 343–351.

Seuss, Dr. (1971) *The Lorax.* New York: Random House.

Sinclair, A.R.E. (1973a) "Population Increases of Buffalo and Wildebeest in the Serengeti." *African Journal of Ecology* 11(1): 93–107.

——— (1973b) "Regulation, and Population Models for a Tropical Ruminant." *African Journal of Ecology* 11: 307–316.

——— (1974) "The Natural Regulation of Buffalo Populations in East Africa." *African Journal of Ecology* 12: 185–200.

——— (1977) *The African Buffalo: A Study of Resource Limitation of Populations.* Chicago and London: Chicago Üniversitesi Yayınları.

——— (1979) "The Eruption of the Ruminants." In A.R.E. Sinclair and M. Norton-Griffiths, *Serengeti, Dynamics of an Ecosystem.*

Chicago: Chicago Üniversitesi Yayınları: 82–103.

——— (2003) "Mammal Population Regulation, Keystone Processes and Ecosystem Dynamics." *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B* 358: 1729–1740.

——— (2012) *Serengeti Story*. Oxford: Oxford Üniversitesi Yayınları.

Sinclair, A.R.E. ve C. J. Krebs (2002) "Complex Numerical Responses to Top-Down and Bottom-Up Processes in Vertebrate Populations." *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B* 357: 1221–1231.

Sinclair, A.R.E. ve K. L. Metzger (2009) "Advances in Wildlife Ecology and the Influence of Graeme Caughley." *Wildlife Research* 36: 8–15.

Sinclair, A.R.E. ve M. Norton-Griffiths (1979) *Serengeti, Dynamics of an Ecosystem*. Chicago: Chicago Üniversitesi Yayınları.

Sinclair, A.R.E, S. Mduma ve J. S. Brashares (2003) "Patterns of Predation in a Diverse Predator-Prey System." *Nature* 425: 288–290.

Sinclair, A.R.E., K. L. Metzger, J. S. Brashares, A. Nkwabi, vd. (2010) "Trophic Cascades in African Savanna: Serengeti as a Case Study." J. Terborgh ve J. A. Estes (editörler.), *Trophic Cascades: Predators, Prey, and the Changing Dynamics of Nature*. Washington, DC: Island Press: 255–274.

Slobodkin, L. B. (2009) "My Complete Works and More." *Evolutionary Ecology Research* 11: 327–354.

Smith, D. W. (2005) "Ten Years of Yellowstone Wolves, 1995–2005." *Yellowstone Science* 13: 7–33.

Sogawa, K. (2015) "Planthopper Outbreaks in Different Paddy Ecosystems in Asia: Man-Made Hopper Plagues that Threatened the Green Revolution in Rice." K. L. Heong, J. Cheng, and M. M. Escalada (editörler.), *Rice Planthoppers: Ecology, Management, Socio Economics and Policy*. Dordrecht: Springer: 33–63.

Southwood, R. ve J. R. Clarke (1999) "Charles Sutherland Elton, 29 Mart 1900–1 Mayıs 1991." *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* 45: 130–146.

Spector, D. H., H. E. Varmus ve J. M. Bishop (1978) "Nucleotide Sequences Related to the Transforming Gene of Avian Sarcoma Virus Are Present in DNA of Uninfected Vertebrates." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 75(9): 4102–4106.

Spinage, C. A. (2003) *Cattle Plague: A History*. New York: Kluwer Academic/Plenum.

Stalmans, M., M. Peel ve T. Massad (2014) "Aerial Wildlife Count of the Parque Nacional da Gorongosa, Mozambique, October 2014." Gorongosa Milli Parkı Raporu.

Starling, E. H. (1923) "The Wisdom of the Body: The Harveian Oration, Delivered before The Royal College of Physicians of London on St. Luke's Day, 1923." *British Medical Journal* 2(3277): 685–690.

Stehelin, D., H. E. Varmus ve J. M. Bishop (1976) "DNA Related to the Transforming Gene(s) of Avian Sarcoma Viruses Is Present in Normal Avian DNA." *Nature* 260: 170–173.

Stent, G. S. (1985) "Thinking in One Dimension: The Impact of Molecular Biology on Development." *Cell* 40: 1–2.

Stolzenburg, W. (2009) *Where the Wild Things Were: Life, Death, and Ecological Wreckage in a Land of Vanishing Predators.* New York: Bloomsbury USA.

Summerhayes, V. S. ve C. S. Elton (1923) "Contributions to the Ecology of Spitsbergen and Bear Island." *Journal of Ecology* 11(2): 214–286.

Talbot, L. M. ve D.R.M. Stewart (1964) "First Wildlife Census of the Entire Serengeti-Mara Region, East Africa." *Journal of Wildlife Management* 28(4): 815–827.

Thornburn, C. (2015) "The Rise and Demise of Integrated Pest Management in Rice in Indonesia." *Insects* 6: 381–408.

Tobert, J. A. (2003) "Lovastatin and Beyond: The History of the HMG-COA Reductase Inhibitors." *Nature Reviews* 2: 517–526.

Tracy, S. W. (2012) "The Physiology of Extremes: Ancel Keys and the International High Altitude Expedition of 1935." *Bulletin of the History of Medicine* 86(4): 627–660.

Tucker, J. B. (2001) *Scourge: The Once and Future Threat of Smallpox.* New York: Atlantic Monthly Press.

Ullmann, A. (2003) *Origins of Molecular Biology: A Tribute to Jacques Monod.* Revised ed. Washington, DC: ASM Press.

Umbarger, H. E. (1956) "Evidence for a Negative-Feedback Mechanism in the Biosynthesis of Isoleucine." *Science* 123: 848.

——— (1961) "Feedback Control by Endproduct Inhibition." *Cold Springs Harbor Symposia on Quantitative Biology* 26: 301–312.

US Fish and Wildlife Service (1994) "Final Environmental Impact Statement: The Reintroduction of Gray Wolves to Yellowstone National Park and Central Idaho." Helena, Montana: US Department of the Interior.

——— (2000) "Federal Aid in Sport Fish Restoration Handbook." Fourth ed. Washington, DC: US Department of the Interior.

Van der Kloot, W. (2010) "William Maddock Bayliss's Therapy for Wound Shock." *Notes and Records: The Royal Society Journal of the History of Science* 64: 271–286.

Vanni, M. J., C. Luecke, J. F. Kitchell, Y. Allen, vd. (1990) "Effects on Lower Trophic Levels of Massive Fish Mortality." *Nature* 344: 333–335.

Varmus, H. (2009) *The Art and Politics of Science.* New York: W. W. Norton & Company.

Vogelstein, B., N. Papadopoulos, V. E. Velculescu, S. Zhou, vd. (2013) "Cancer Genome Landscapes." *Science* 339: 1546–1558.

Wapner, J. (2013) *The Philadelphia Chromosome: A Mutant Gene*

and the Quest to Cure Cancer at the Genetic Level. New York: The Experiment.

Wasserman, E. (2000) *The Door in the Dream: Conversations with Eminent Women in Science*. Washington, DC: Joseph Henry Press.

Wells, H. G. (1927) *Meanwhile: The Picture of a Lady*. London: E. Benn.

Wentzel, V. (1964) "Mozambique: Land of the Good People." *National Geographic* 126(2): 197–231.

Wheeler, S. (2006) *Too Close to the Sun: The Audacious Life and Times of Denys Finch Hatton*. New York: Random House.

White, P. J., D. W. Smith, J. W. Duffield, M. Jimenez, vd. (2005) "Wolf EIS Predictions and Ten-Year Appraisals." *Yellowstone Science* 13(1): 34–41.

White, S. E. (1915) *The Rediscovered Country*. Garden City, New York: Doubleday, Page & Company.

Williams, R. (2010) "Joseph Goldstein and Michael Brown: Demoting Egos, Promoting Success." *Circulation Research* 106(6): 1006–1010.

Wolfe, E. L., A. C. Barger ve S. Benison (2000) *Walter B. Cannon, Science and Society*. Cambridge, Massachussetts: Boston Medical Library.

Worster, D. (1994) *Nature's Economy: A History of Ecological Ideas*. Second ed. Cambridge: Cambridge Üniversitesi Yayınları.

Yim, E. ve J. Park (2005) "The Role of HPV E6 and E7 Oncoproteins in HPV-Associated Cervical Carcinogenesis." *Cancer Research and Treatment* 37(6): 319–324.

Yong, E. (2013) "Dynasty." *Nature* 493: 286–289.

Zech, L., U. Haglund, K. Nilsson ve G. Klein (1976) "Characteristic Chromosomal Abnormalities in Biopsies and Lymphoid-Cell Lines from Patients with Burkitt and Non-Burkitt Lymphomas." *International Journal of Cancer* 17(1): 47–56.

A

abl geni 108, 109
Addis, James 183, 185, 186, 187, 229, 243, 247
adrenalin 25, 28, 232
Afrika antilobu 10, 11, 119, 145, 146, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 160, 162, 163, 198, 203, 206, 213, 240, 241
AIDS 12, 202
akut miyeloid lösemi 102
algler 127, 129, 170, 183, 188
alg patlaması 169, 242
allosteri 78, 79
amigdala 25
ara avcılar 193
asalaklar 53
asker karınca 135
aslanlar 15, 147, 158, 163, 173, 178, 211, 212, 213, 215
Aspergillus terreus 93
ateroskleroz 14
Australopithecus afarensis 11
ayrıştırıcılar 125, 127

B

Babbitt, Bruce 189
babunlar 173, 174, 175
balinalar 136
Bard, Philip 29, 232
baskılayıcılar 116, 178
Beschta, Robert 193, 243, 247, 257, 258
besin kaynağı 46, 69, 157, 172
besin zinciri silsileleri 135, 165
Birinci Dünya Savaşı 29, 59, 143, 148
Bishop, J. Michael 106, 107, 237, 238, 248, 259, 260
bit yanığı 172
böbrek üstü bezleri 29
Brashares, Justin 177, 241, 248, 259
Brown, Michael 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 106, 236, 237, 242, 248, 250, 252, 253, 254, 256, 261
bufalolar 147, 149, 205
Büyük Doğu Afrika Rifti 197
Büyük Göller Su Anlaşması 168

C-Ç

c-abl geni 108
Cain, Arthur 142
Cannon, Walter 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 53, 54, 57, 58, 79, 82, 179, 230, 231, 232, 233, 247, 248, 249, 251, 261
Carpenter, Stephen 183, 185, 186, 229, 243, 247, 249
Carr, Greg 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 212, 226, 227, 229, 244, 249, 250
c-src geni 107, 238
çakallar 11

Çevresel Etki Bildirgesi 190, 191, 243
çiçek hastalığı 12, 220, 221, 223, 224, 227, 228

D

Daphnia pulicaria 188
Darwin, Charles 29, 35, 38, 39, 40, 51, 127, 233, 250, 257
de la Paz, Daniel 28, 232, 249
denizkestaneleri 121, 132, 133
Deniz Memelilerini Koruma Anlaşması 225
deniz salyangozları 121, 128
Doğal Kaynaklar Kurumu 183, 226
Druker, Brian 113, 114, 115, 238, 250, 254
Dubos, René 220, 250
Dünya Sağlık Örgütü 220
düzenleyici proteinler 74

E

ekolojik yasalar 166
Elton, Charles 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 60, 62, 79, 82, 102, 119, 125, 127, 136, 142, 143, 158, 175, 230, 233, 234, 239, 242, 250, 251, 254, 259, 260
Endo, Akira 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 113, 236, 237, 248, 251
Endonezya 170, 172, 226, 245
enzim düzenlenmesi 106
ergosterol 90
Erie Gölü 15, 167, 168, 169, 170, 176, 178, 182, 242
Escherichia coli 38, 69, 247, 253, 255
esmer su yosunu 122, 130, 132, 133, 135, 193
Estes, Jim 131, 132, 136, 239, 240, 248, 251, 257, 258, 259
Etiyopya 148, 223, 245
Everest Dağı 48

F

fildişi ticareti 159
filler 24, 25, 37, 55, 80, 145, 157, 158, 159, 233, 235
fitoplankton 183
Foege, Bill 221, 222, 224, 225, 226, 227, 245, 251
fok balıkları 46, 53
fosfat grupları 109, 111
Fransa Dahili Kuvvetleri 67
Fransız Direnişi 66

G

Gana 173, 174, 176, 177
Gana Vahşi Yaşam Dairesi 174
Gandhi, Indira 222
Gear, Fraser 214, 229, 244
gergedanlar 19, 145, 158
geri bildirimle düzenleme 165
Goldstein, Joe 85, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 106, 229, 236, 237, 248, 251, 252, 254, 256, 261
golyan balıkları 135, 183, 185
Gorongosa Milli Parkı 197, 198, 205, 244, 260
Gorongosa Yenileme Projesi 205, 207
göç 12, 119, 142, 161, 163, 164,

175, 241
Grand Teton Milli Parkı 194

H

Hairston, Nelson Sr. Ayrıca Bkz. HSS hipotezi 125, 127, 239, 252
Hastalık Kontrol Merkezi 221
hastalık yapıcılar 53
HIV 12, 224
hiperkolesterolemi 84, 86, 88
homeostazi 35, 53
hormonlar 25, 79
HSS hipotezi 126, 127
Huxley, Julian 40, 51, 143, 144, 145, 231, 240, 253
hücre çoğalması 57

I-İ

İkinci Dünya Savaşı 48
inek burunlu vatozlar 176
insülin 14, 36
izolösin 75, 77, 235

K

kahverengi yaprak biti 171, 172, 226
kalp hastalıkları 84, 85
Kanada geyiği 191
Kanada tavşanı 49
kanser 86, 95, 96, 103, 104, 106, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 174, 177, 178
karıncalar 135
katil balinalar 136
kediler 26
Keys, Ancel 81, 82, 83, 84, 96, 235, 236, 254, 260
kirlilik 168
Kitchell, James 183, 185, 186, 229, 243, 247, 249, 253, 254, 260
kitonlar 121, 128, 239
kolesterol sentezi 86, 94
kompaktin 91, 92, 93, 95, 237
K-öğünü 83, 235
kömür balığı 182, 185, 186, 187, 188, 243
köpekbalıkları 178
köpekler 28, 92, 119
köşe taşı türler 130
kromozomlar 102, 105, 109
kronik miyelojenik lösemi 103
kuraklık 161, 210
kurtlar 135, 189, 190, 191, 193

L

laktoz 69, 70
LDL reseptörleri 89
Leakey, Louis 11, 151, 152
leoparlar 177
Linnaeus, Carl 51
Liu, Dennis 206, 230, 238, 254
lösemi 102, 103, 108, 109, 110
Lwoff, André 62, 64, 65, 72, 235, 254
Lydon, Nick 113, 114, 115, 238, 254

M

Maalin, Ali Maow 227, 228
mantarlar 90, 127
McNaughton, Sam 154, 241, 255
Mduma, Simon 157, 161, 241, 255, 259
midyeler 129, 130, 155

Monod, Jacques 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 82, 85, 86, 88, 93, 99, 106, 110, 112, 230, 235, 250, 253, 254, 255, 257, 260
Morgan, Thomas Hunt 61
Mozambik 197, 198, 200, 202, 203, 206, 209, 226, 244
mutasyonlar 72, 111, 115, 238

N

negatif düzenleme 70, 110, 112
negatif geri bildirim 75, 161
Nesli Tükenmekte Olan Türlerin Uluslararası Ticaret Anlaşması 225
Nil timsahları 206
Nobel Ödülü 64, 79, 85, 87, 91, 97, 102, 103, 106, 238
norepinefrin 25
Norton-Griffiths, Mike 151, 152, 155, 252, 256, 259
Novartis 114, 115

O-Ö

onkogenler 108
Orwell, George 138
otçullar 52, 127, 136, 146, 152, 156, 158, 213
öncü-onkogenler 108
örümcekler 123, 178

P

Paine, Robert 121, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 158, 218, 229, 239, 240, 244, 256, 257
Palmisano, John 132, 239, 240, 251
Papa Francis 218, 244, 245
Penicillium citrinum 91
penisilin 90, 91
Peterson, Charles "Pete" 175, 176, 240, 251, 255, 257
Pisaster ochraceus 122
plankton 46, 61, 183, 188, 189, 195
Pythium ultimum 91

R

Rb geni 112
rekabet 155, 156, 162, 166, 214, 225
retinoblastoma 110, 111
Ripple, Charles "Pete" 192, 193, 194, 243, 257, 258
Rous, Peyton 103, 105, 106, 238, 255, 258
Rous Sarkoma Virüsü 106
Rowley, Donald 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 108, 112, 115, 116, 230, 237, 238, 250, 258

S-Ş

safari endüstrisi 202
salyangozlar 125
sayılar piramidi 53
Serengeti Milli Parkı 8, 9, 144
Serengeti Yasaları 15, 17, 165
sığın geyiği 190, 191, 192, 243
sığır vebası 148, 149, 150, 153, 154, 156, 213, 223, 227, 241
sırtlanlar 147, 163
simvastatin 96
Sinclair, Tony 141, 142, 145,

146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 179, 229, 240, 241, 251, 252, 255, 256, 258, 259
sindirim 26, 27, 29, 35, 57, 170
sitrinin 91
Skolnick, Edward 95, 96, 229, 237
Slobodkin, Lawrence. Ayrıca Bkz. HSS hipotezi 125, 127, 239, 252, 259
Smith, Fred. Ayrıca Bkz. HSS hipotezi
Somali 123, 124, 125, 126, 127, 239, 252, 259, 261
src geni 106, 107, 238
Stalmans, Marc 229, 244, 259
statinler 97, 237
Stichaster australis 130
su aygırları 145, 158
substratlar 77
su kaynağı 9, 170
su samurları 131, 132, 134
süngerler 121
Szilard, Marc 73, 235, 256
şekerler 63, 64

T

Tanganika bölgesi 143
Tanzanya 9, 11, 16, 23, 141, 150, 151
Temiz Su Anlaşması 168
testosteron 85
tetikleyiciler 79
Thomson ceylanları 9, 164
timsahlar 206
toksinler 170, 178
translokasyon 105, 108, 238
triptofan 75, 235
tüberküloz 12, 204
tüketiciler 126
tümör baskılayıcılar 116, 178

Ü

üreticiler 126, 127, 136

V

Vagelos, Roy 93, 95, 97, 229, 236, 237, 255
Vasella, Daniel 114
virüsler 74, 106

W

White, Stewart Edward 54, 143, 145, 240, 243, 261

Y

yabani sıçanlar 49
yaban tavşanı 49
yangınlar 152, 155
yapısal proteinler 74
yasadışı avlanma 158, 200, 211
Yellowstone Kurtları Geri Getirme Projesi 190, 243
Yeşil Dünya Hipotezi 126

Z

zebralar 12, 164
zooplankton 183, 185
zürafalar 145, 152, 156, 158

Yaşam nasıl işliyor? Doğa, Afrika savanında ya da okyanusta doğru sayıda zebra ile aslanı ya da balığı nasıl üretiyor? Vücudumuz, organlarımızda ve kan dolaşımımızda doğru sayıda hücreyi nasıl üretiyor? Ödüllü biyolog ve yazar Sean B. Carroll *Serengeti Yasaları* kitabında, son derece basit ama bir o kadar da önemli soruların cevaplarını aramış öncü bilim insanlarının öykülerini anlatıyor ve onların keşiflerinin hem bizim hem de bağlı olduğumuz gezegenin sağlığı için ne kadar önemli olduğunu gösteriyor.

* * *

Financial Times'ın (FT.com) 2016 yılı için seçtiği en iyi bilim kitaplarından biri.

Nature.com'un 2016 yılı için seçtiği en iyi 20 bilim kitabından biri.

Phi Beta Kappa Topluluğu'nun 2017 yılı Bilim Ödülü için son listesindeki kitaplardan biri.



GİNKO

ISBN-978-605-80678-1-3

9 786058 067813

28₺