

CARL ZIMMER

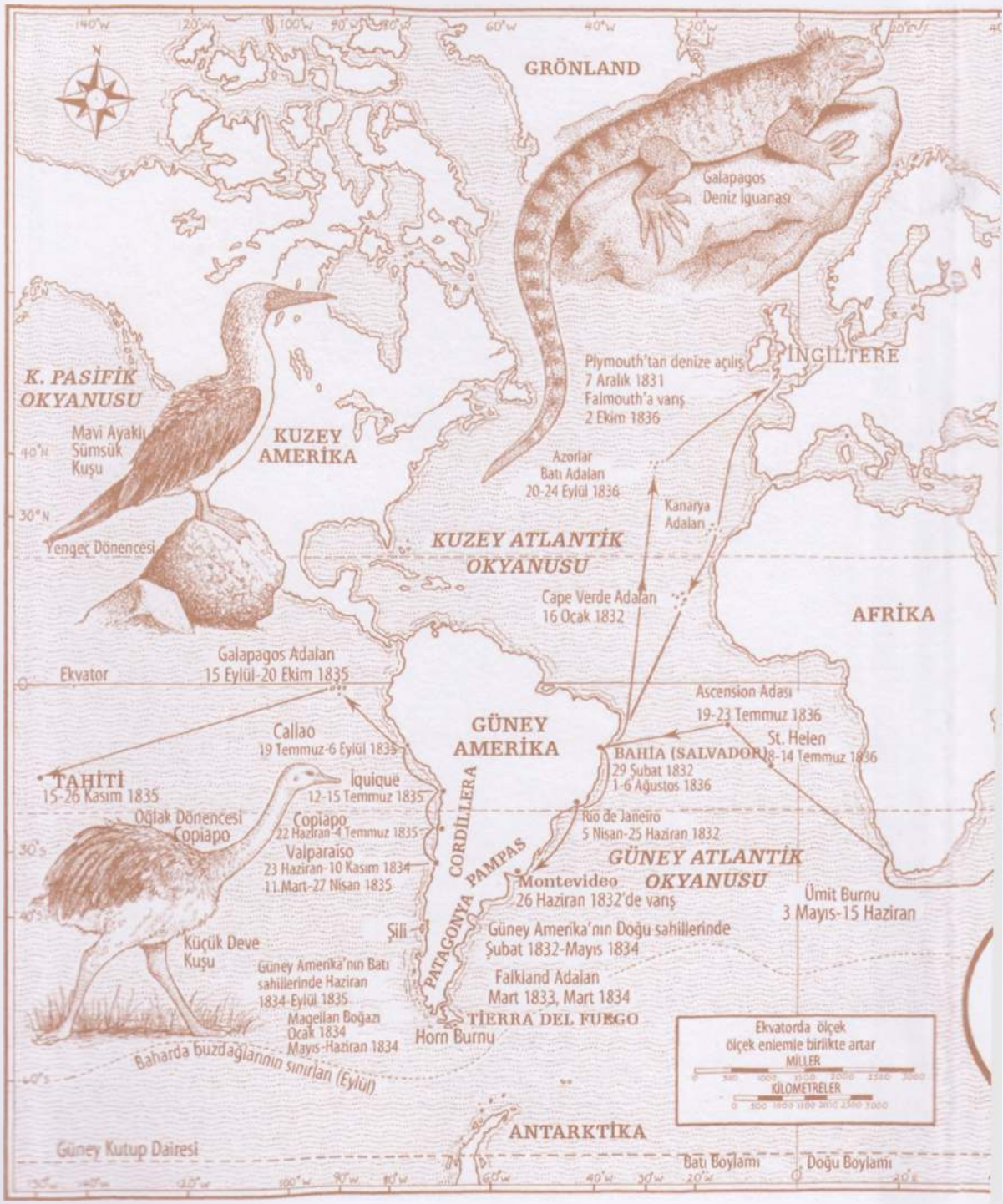
EVRİM

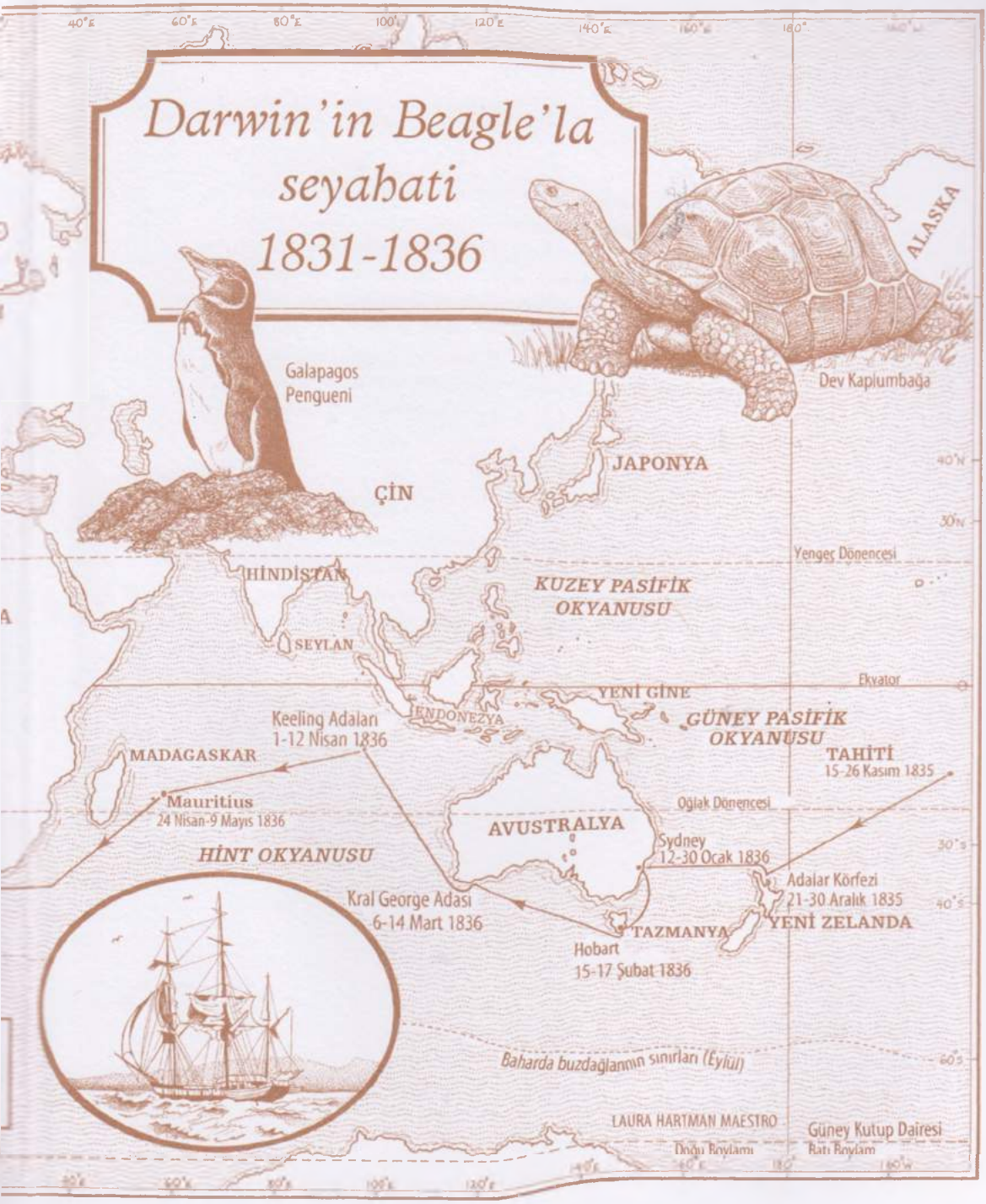
BİR FİKRİN ZAFERİ

STEPHEN JAY GOULD'UN SUNUMUYLA



ALFA | BİLİM


GRÖNLAND
Galapagos Deniz İguanası
İNGİLTERE
Plymouth'tan denize açılış
7 Aralık 1831
Falmouth'a varış
2 Ekim 1836
Azorlar
Batı Adaları
20-24 Eylül 1836
Kanarya Adaları
K. PASİFİK OKYANUSU
Mavi Ayaklı Sümsük Kuşu
KUZEY AMERİKA
Yengeç Dönencesi
KUZEY ATLANTİK OKYANUSU
Cape Verde Adaları
16 Ocak 1832
AFRİKA
Galapagos Adaları
15 Eylül-20 Ekim 1835
Ekvator
Ascension Adası
19-23 Temmuz 1836
St. Helen
8-14 Temmuz 1836
Callao
19 Temmuz-6 Eylül 1835
GÜNEY AMERİKA
BAHİA (SALVADOR)
29 Şubat 1832
1-6 Ağustos 1836
TAHİTİ
15-26 Kasım 1835
İquique
12-15 Temmuz 1835
Oğlak Dönencesi
Copiapo
Copiapo
22 Haziran-4 Temmuz 1835
Rio de Janeiro
5 Nisan-25 Haziran 1832
Valparaiso
23 Haziran-10 Kasım 1834
11 Mart-27 Nisan 1835
CORDİLLERA
PAMPAS
GÜNEY ATLANTİK OKYANUSU
Montevideo
26 Haziran 1832'de varış
Ümit Burnu
3 Mayıs-15 Haziran
Şili
Güney Amerika'nın Doğu sahillerinde
Şubat 1832-Mayıs 1834
PATAGONYA
Küçük Deve Kuşu
Güney Amerika'nın Batı sahillerinde Haziran 1834-Eylül 1835
Falkland Adaları
Mart 1833, Mart 1834
Magellan Boğazı
Ocak 1834
Mayıs-Haziran 1834
TİERRA DEL FUEGO
Horn Burnu
Ekvatorda ölçek
ölçek enlemle birlikte artar
MİLLER
KİLOMETRELER
Baharda buzdağlarının sınırları (Eylül)
ANTARKTİKA
Güney Kutup Dairesi
Batı Boylamı
Doğu Boylamı


Darwin'in Beagle'la seyahati 1831-1836
Galapagos Pengueni
Dev Kaplumbağa
ALASKA
ÇİN
JAPONYA
HİNDİSTAN
KUZEY PASİFİK OKYANUSU
SEYLAN
Yengeç Dönencesi
Ekvator
YENİ GİNE
ENDONEZYA
GÜNEY PASİFİK OKYANUSU
Keeling Adaları 1-12 Nisan 1836
MADAGASKAR
TAHİTİ 15-26 Kasım 1835
Mauritius 24 Nisan-9 Mayıs 1836
Oğlak Dönencesi
AVUSTRALYA
Sydney 12-30 Ocak 1836
HİNT OKYANUSU
Adalar Körfezi 21-30 Aralık 1835
Kral George Adası 6-14 Mart 1836
YENİ ZELANDA
TAZMANYA
Hobart 15-17 Şubat 1836
Baharda buzdağlarının sınırları (Eylül)
LAURA HARTMAN MAESTRO
Güney Kutup Dairesi
Doğu Boylamı
Batı Boylamı

CARL ZIMMER

1966 doğumlu olan Zimmer, genç yaşına rağmen 12 önemli kitabın yazarıdır ve 2007 yılında Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilim Akademisi 'bilim iletişimi' ödülüne layık görülmüştür. Yale Üniversitesinde ders vermektedir. *Parasite Rex, Soul Made Flesh* ve *Microcosm* gibi kitaplarının yanısıra, *New York Times, Time, Scientific American, National Geographic, Science, Newsweek, Natural History ve Discover* dergilerine düzenli olarak bilim yazıları yazmaktadır. 2001 yılında yazdığı *Evolution* (*Evrim*) kitabı PBS'de televizyon dizisi olmuştur. Carl Zimmer eşi ve çocuklarıyla birlikte Connecticut'ta yaşamaktadır.

HASAN EROL EROĞLU

1987 yılında İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesinden mezun oldu. Uzmanlık eğitimini Ankara Onkoloji Hastanesi'nde tamamladı. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Cerrahi Onkoloji Bilim Dalında öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Evrim ve Evrimsel Tıp konusunda çeşitli çalışmaları bulunmaktadır.

Evrim
© 2012, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Evolution
© 2008, by Frank Wilczek

Kitabın Türkçe yayın hakları Akcalı Ajans aracılığıyla Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.'ne aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak kısa alıntılar dışında, yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir elektronik veya mekanik araçla çoğaltılamaz. Eser sahiplerinin manevi ve mali hakları saklıdır.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Dizi Editörü Kerem Cankoçak
Redaksiyon Doğu Eroğlu
Kapak Tasarımı Aslı Sezer
Sayfa Tasarımı Mürüvet Durna

ISBN 978-605-106-912-8
1. Basım: Eylül 2014

Baskı ve Cilt
Melisa Matbaacılık
Çiftehavuzlar Yolu Acar Sanayi Sitesi No: 8 Bayrampaşa-İstanbul
Tel: 0(212) 674 97 23 Faks: 0(212) 674 97 29
Sertifika no: 12088

Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
Alemdar Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34110 Fatih-İstanbul
Tel: 0(212) 511 53 03 Faks: 0(212) 519 33 00
www.alfakitap.com - info@alfakitap.com
Sertifika no: 10905

CARL ZIMMER

EVRİM

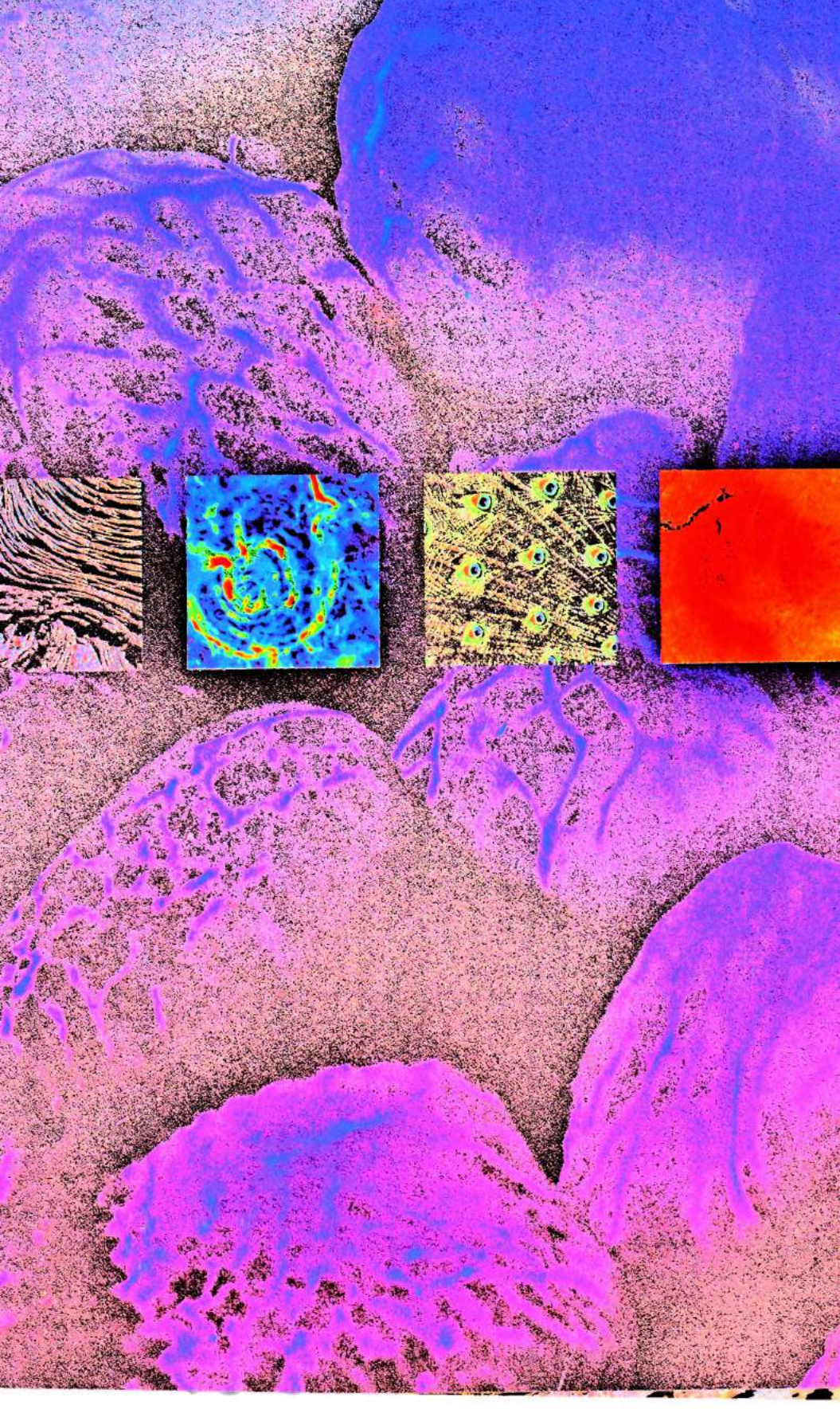
BİR FİKRİN ZAFERİ

STEPHEN JAY GOULD'UN SUNUMUYLA

Çeviri
Hasan Erol Eroğlu

ALFA | BİLİM

Grace'e



İÇİNDEKİLER

GİRİŞ, Stephen Jay Gould, 9
ÖNSÖZ, 15
TEŞEKKÜRLER, 29

KISIM I: YAVAŞ ZAFER: DARWIN VE DARWİNİZMİN YÜKSELİŞİ

Bölüm 1: Darwin ve *Beagle* 35
Bölüm 2: "Bir Cinayet İtirafı Gibi": *Türlerin Kökeni*'nin Kökeni 63
Bölüm 3: Zamanın Derinlikleri Keşfedildi:
Yaşamın Kronolojisine İşaretlenen Tarihler 98
Bölüm 4: Değişime Tanıklık Etmek:
Genler, Doğal Seçilim ve Evrim İş Başında 117

KISIM II: YARATILIŞ VE YIKIM

Bölüm 5: Yaşam Ağacının Köklerine Ulaşmak:
Yaşamın Ortaya Çıkışından Mikropların Çağına Kadar 149
Bölüm 6: Rastlantısal Alet Çantası:
Hayvan Evriminde Değişim ve Kısıtlamalar 167
Bölüm 7: Yokoluş: Yaşam Nasıl Yok Oldu ve Yeniden Başladı 199

KISIM III: EVRİMİN DANSI

Bölüm 8: Eş Evrim: Yaşamın Ağını Örerken 253
Bölüm 9: Doktor Darwin: Evrimsel Tıp Çağında Hastalıklar 279
Bölüm 10: Tutkunun Mantığı: Cinselliğin Evrimi 299

KISIM IV: İNSANLIĞIN EVRİMDEKİ YERİ VE EVRİMİN İNSANLIKTAKİ YERİ

Bölüm 11: Dedikoducu Maymun: İnsan Evriminin Toplumsal Kökenleri 335

Bölüm 12: Modern Hayat, MÖ 50 Bin: İnsanlığın Doğuşu 377

Bölüm 13: Tanrı'dan Ne Haber? 401

İleri Okumalar 439

Dizin 457

GİRİŞ

Darwinizmin erken dönemleriyle ilgili meşhur bir söylence (belki de doğrudur) evrimin hem bilimde hem de insan yaşamındaki öneminden ve temel niteliğinden bahseder. Meşhur bir İngiliz kadını bir lord veya piskopos olan kocasına (evet, İngiliz Kilisesinde evlenebilirler!) evrimin korkunç tuhaflığı hakkında hiddetle şöyle söyler: "Tatlım, umalım ki Bay Darwin'in söyledikleri doğru olmasın. Fakat doğruysalar, umalım ki herkes tarafından duyulmasınlar."

Bilim insanları, bu tanıdık hikâyeye inatçı, hazmı zor eski inanç ve düşüncelere gülmek için başvururlar (özellikle yüksek sınıftan insanların kendi özel öğretilerinde bir Pandora Kutusu açılmasına neden olan devrimci doğrularla karşılaştıklarındaki komik hallerine). Bu anekdottaki hanımefendi tarihte özel ve aptal bir asilzade olarak yerini almıştır. Ancak tekrar düşündüğümüzde bu giriş yazısının sınırlarını belirlemek adına bu hanımefendinin bir kâhin olduğunu söylememiz gerekir. Çünkü Bay Darwin'in söyledikleri açıkça doğruydu fakat herkes tarafından bilinemedi (en azından ABD'de, hatta yaygın şekilde kabul görmesine karşın Batı dünyasında bile yeterince bilinmemektedir). Bu garip durumun nedenlerini anlamamız gerekir.

EVRİM BİR GERÇEKTİR

Bilimin görevi iki yönlüdür: Doğanın gözlemsel özelliklerini yapabileceğimiz en iyi şekilde belirlemek ve dünyamızın neden başka akla uygun şekillerde değil de böyle işlediğini anlamak. Başka bir deyişle, gerçekleri belirlemek ve kuramlar geliştirmek. Bilim, biz profesyonellerin her zaman altını çizdiği gibi mutlak doğruyu söyleyemez, bu nedenle çıkarımlarımız her zaman tecrübe düzeyinde kalır. Ama bu sağlıklı şüphecilik hiçbir zaman nihilizm noktasına varmamalıdır. Bazı gerçeklerin yeterli güvenle araştırılması sonrasında herhangi bir dildeki meşru anlamıyla "doğru" olduklarını öne sürmemizde bir sakınca yoktur (Belki dünyanın düz değil de yuvarlak olması konusunda yeterince emin olamayabilirim fakat dünyamızın küresel şekli yeterince kanıtlanmıştır. Bu sayede kendi bilim dersliğimde Flat Earth Society'ye [Düz Dünya Birliği] hiçbir zaman

teslim olmam gerekmiyor). Biyolojik bilimlerin temel düzenleyici kavramı olan evrim öylesine yüksek düzeyde kanıtlara sahiptir ki, bir "doğru" veya "hakikat" olarak gösterilebilir.

Evrim gerçeğini tartışırken, evrimin basit bir olgusu olan yeryüzündeki tüm organizmaların kalıtımsal olarak birbirine bağlı oluşu, bu organizmaların ortak bir atadan gelişi ve herhangi bir soyun, atalarının geçirdiği değişim sürecinin bir çıktısı oluşuyla ile evrimsel değişiklikleri açıklayan kuramlar (Darwinci doğal seçilim kuramı gibi) arasında bir ayrım yapmalıyız (Darwin'in yaptığı gibi).

Evrim olgusunun doğruluğunu ortaya koyan kanıtları üç temel kategoride ele alabiliriz. Birincisi ilk defa 1859'da basılan, Darwin'in bilimsel kuramı kılavuzluğunda yapılan insan gözlemleri ile uzun vadede daha gelişmiş tahıl bitkilerinin ve evcil hayvanların üretilmesi süreçlerinden elde edilen verilere dayanan doğrudan kanıtlardır. Bu veriler kuramlarımızın, jeolojik açıdan zamandaki kısa dönemlerle örtüşmesini sağlayan özenle kaydedilmiş küçük boyutlu değişikliklerin örneklerini sağladılar. Bu örnekler, endüstriyel üretimin yan ürünü olan kurumdan ötürü güvelerin kanatlarında yer alan renk pigmentlerindeki değişimler, Darwin'in Galapagos'ta keşfettiği ispinoz türlerinin gagalarında görülen iklim ve besin kaynaklarındaki değişikliklere bağlı oluşan şekil farklılıkları ile çeşitli bakteri türlerinde oluşan antibiyotik direnci gibi bildik olguları kapsar. Yaradılışçılar da dâhil olmak üzere, hiç kimse bu küçük kanıtların giderek artan ağırlığını reddedemez. Ancak bu küçük değişikliklerin jeolojik zamanlar boyunca birikerek önemli farklılıklara neden olduğunu ve hayatın giderek genişleyen çeşitliliğinin tarihini inşa ettiğini kanıtlamamız gerekir.

Bu nedenle ikinci bir kategoride fosil kayıtlarına ait ana değişikliklerdeki geçiş durumlarına ait doğrudan kanıtlar sunmalıyız. Şehir efsanesi haline gelen ortak bir iddia, bu tür geçiş formlarının hiçbir zaman olmadığıdır. Paleontologlar dogmatik bir biçimde kendilerini evrime adamış olduklarından ya kamuoyunu bu bilgilerden mahrum bırakmışlardır ya da mevcut fosil kayıtlarının bir zamanlar var olması gereken ara türlerin belirlenmesini imkânsız kılacak denli bozulmuş olduğunu iddia etmişlerdir. Gerçekte, fosil kayıtlarının belirsiz olmasına karşın (hemen tüm tarihsel dökümanlar için aynı durum söz konusudur) paleontologların üstün gayretleri sayesinde atalar ve daha sonra ortaya çıkan farklı türler arasında kalan geçiş formlarına ilişkin çok sayıda tatminkâr örnek (üstelik bulgular, türler arasında kalan birer ara formdan ibaret de değildir) gün yüzüne çıkmıştır. Balinaların aralarında *Ambulocetus*'un (yürüyen balina) ve karada yaşayan memeli hayvanların da bulunduğu ara form

olarak değerlendirilebilecek pek çok atadan; kuşların koşabilen küçük dinozorlardan; memelilerin sürüngenlerden köken aldığını gösteren; insan beyninin ise son 4 milyon yılda boyut olarak üç katına çıktığını ortaya koyan bulgular da bunlara dâhildir.

Son olarak üçüncü bir kategoride değerlendireceğimiz daha dolaylı ancak her yerde görülebilen kanıtlar bulunur. Modern organizmalardaki tuhaf durumlar ve noksanlıklar, canlıların atalarında bir zamanlar bulunan ancak evrimle beraber ortadan kalkan veya değişikliğe uğrayan parçalardan başka bir şey değildir. Bu ilke yalnızca biyolojik evrimin değil, tüm tarihsel süreçlerin analizini yönlendirir. Terk edilmiş bir demiryolunun bir zamanlar, aralarında mesafe bulunan ve bir doğrultuda inşa edilmiş kasabaları birbirine bağladığını kolaylıkla anlayabiliriz (bu tür bir hizalama için zaten başka bir neden olamazdı). Toplumsal değişimi etimolojik kanıtlardan, yani kırsal geçmişte kullanılan kelimelerin günümüzün endüstriyel dünyasında geçmiştekinden çok farklı anlamlar kazanmasından da anlayabiliriz ("Broadcast" kelimesi geçmişte, elle tohum atarak bitki yetiştirme yöntemini ifade ederken, günümüzde yayın yapmak anlamında kullanılmaktadır. "Pecuniary" günümüzde paraya ilişkin şeyleri tarif ederken, geçmişte bu kelime sığırla ilgili bir ölçüm birimiydi). Aynı şekilde, tüm organizmalar atalarının yapılarından kalan yararsız artıklar taşırlar. Artık olmayan bacaklarına ait kemikler balinaların vücudunda hâlâ durmaktadır; yılanlar ise kalça kemiklerine ait, etkinlik göstermeyen yumrulara sahiptirler. Bu iki canlı türünün vücutlarındaki kalıntılar, geçirdikleri evrimin yadigârlarıdır.

BİLİNMEYEN YA DA DOĞRULANMAMIŞ EVRİM

Hiçbir bilimsel devrim daha önceki alışkanlıklarımızı ve kanaatlerimizi değiştirmek açısından Darwin'in buluşuyla karşılaştırılamaz. Bu konuda yapılabilecek en akıllıca karşılaştırma Kopernik ve Galileo'nun kozmik yer algımızı evrenin merkezinden alıp, güneşin etrafında turlayan, küçük ve çevresel gezegene dönüştürmeleridir. Fakat bu kozmik reorganizasyon yalnızca konumumuzla ilgili kavramları yıkarken, Darwinci evrim ise çok daha derin bir biçimde, kendi varlığımız ve özümüze ilişkin algılarımızda ve bilimin işaret ettiği benzer sorular konusunda da bir devrim yaratmıştır: Biz kimiz? Buraya nasıl geldik? Diğer yaratıklarla ilişkimiz nedir ve hangi yolladır?

Evrim, tüm dünyayı ve diğer tüm canlıları egemenliği altına alan –ilk beş günlük kısa tarihçesinin ardından dünyayı varlığımızla şereflendiren– iyiliksever bir tanrı tarafından kendi şekline benzer biçimde yaratıldığı-

mıza dair tabii ve konforlu önyargımızı değiştirdi. Evrimsel terimlerle; her ne kadar insanlık süslü, muhteşem yaşam ağacının minicik bir dalı olsa da bütün dallar birbiriyle bağlantı halindedir (yakın zamanda bilimin söyleyebildiği gibi) ve tüm ağaç, doğal ve neredeyse yasa benzeri bir süreç yoluyla büyümektedir. *Homo sapiens*'in benzersiz ve küçük dalı jeolojik zamanla ifade etmek gerekirse daha dün ortaya çıkmıştır ve kozmik zaman düşünüldüğünde bu oluşum bir göz kırpması uzaklığındadır. Kendi türümüzün oluşumundan bu yana 100 bin yıl, yaşayan en yakın akrabalarımız şempanzelerden ufak bir dal olarak ayrılmamızın üzerindense 6 ila 8 milyon yıl arasında bir süre geçmiştir. Buna karşın yeryüzündeki en eski bakteri fosili bundan 3 bin 600 milyon yıl önce ortaya çıkmıştır.

Bu basit gerçeklerle ilgili mücadeleyi ancak insanın gerekliliği ve doğasına uygun olan üstünlüğüyle ilgili eski yargılarımızı koruyacak bir evrimsel değişim kuramını benimsersek yatıştırabiliriz. Yaygın bir yanlış inanışa göre evrim, değişimin önceden tahmin edilebilir ve ilerleyici yollarını dile getirir ve bu sayede insanın kökeninin (gecikmiş olsa da) kaçınılmaz ve sonlanmış hali olarak görülebilir. Fakat evrimin nasıl çalıştığına dair en iyi anladıklarımız –bunlar evrimsel değişikliklerle ilgili tercih ettiğimiz kuramdır– bize bu ideolojik rahatlığı bahşetmez (evrimin olgusallığıyla ilgili karşıtlık son bölümde tartışılmıştır). Bizlerin önemsediği ve iyi kanıtlanmış kurama göre Darwin'in doğal seçiliminin, insanın gerekliliği ya da kozmik önemiyle ilgili teselliye veya desteğe ihtiyacı yoktur.

Tüm bu en güçlü bilimsel kanıtlarımızla desteklenen gerçeğe karşın kendime soruyorum: Neden evrim Darwin'in kitabının basılmasından 150 yıl geçmesine ve dünya üzerindeki en ileri teknolojiye sahip ulus olmamıza karşın ABD'de yaygın olarak bilinmiyor veya kabul görmüyor? Şimdiye dek en iyi açıklanabilmiş biyolojik gerçekliğimiz olan Darwinizmin geniş kitlelerce kabul edilmesini engelleyen; kuramın etik açıdan nesnel bir biçimde, entelektüel açıdan ise coşkuyla değerlendirilmesini önleyen şeyin, kuramın kasvetli bulunmasına yol açan yanlış okumalarla umutlarımızı ve arzularımızı tahrip eden yapısı olduğunu söyleyebilirim. Bundan böyle Darwinizmin anlamını veya evrimsel kuramın içeriğini (evrime ait olgusallığı ele alan eski anlayış yerine) esas uğraş alanım olarak ele alacağım ve böylesine açık bir gerçeğin nasıl genel kabul görmediğini yorumlayacağım.

Toplumun Darwinci doğal seçilim kuramını kavramasındaki güçlük herhangi bir kavramsal karmaşıklıkla izah edilemez çünkü övünülen hiçbir büyük kuram üç reddedilemeyen gerçeğe dayanan bu kadar basit ve kıyasla bundan sonuç çıkarılabilecek bir yapıya sahip değildir (Meşhur ve gerçek bir anekdota göre Thomas Henry Huxley, *Türlerin Kökeni*'ni

okuduktan sonra doğal seçilimle ilgili olarak, "Bunu kendim düşünememiş olmak ne büyük bir aptallık" demiştir). Birincisi tüm organizmalar yaşayabilmek için çok sayıda döl verir. İkincisi aynı tür içindeki tüm canlılar farklılık gösterir. Üçüncü olarak bu farklılıklardan en azından bir kısmı yavrulara aktarılır. Bu üç gerçekten doğal seçilimin temellerini çıkarabiliriz; bu farklılıkları taşıyan yavrulardan yalnızca çevresel değişikliklere iyi uyum gösterebilenler yaşayabilir. Ebeveynlerin avantajlı farklılıklarını taşıyan bu yavrulardan oluşacak sonraki nesiller ise koşullara daha iyi uyum gösterebileceklerdir.

Zorluklar, yalnızca bu basit mekanizmaya dayanmamaktadır. Gerçek zorluk, ilerlemenin doğal uyumun temeli olduğu gibi geleneksel avuntulardan ya da herhangi bir amaç ve hedefin doğasına uygun, yerleşik, alışılageldik düşüncelerinden arındırılmış, geniş kapsamlı ve radikal felsefi çıkarımlara sahip, sebep-sonuç ilişkili bir kuram ortaya koymaktı. Darwin'in mekanizması sadece bölgesel koşullara zaman içinde bir doğrultuda sağlanan uyumları açıklayabiliyordu. Yaşamın öyküsüne dair bir amaç veya ilerleyici bir çizgiyi anlatmıyordu (Darwin'in sisteminde, bir iç parazit konağının vücudunda bir sindirim veya üreme organından biraz daha fazlasına kadar anatomik olarak yozlaşmış olsa da, gelecekteki başarılarından ümitli ve mutlulukla, iyi adapte olarak yaşayabilir. En az savanlarda özgürce yaşayan karmaşık, kurnaz, çevik ve usta bir etobur kadar). Her ne kadar organizmalar iyi tasarlanmış, ekosistemlerse uyum içinde olsalar da yaşamın bu farklı şekilleri bireysel üreme başarısı için her bir organizmanın verdiği bilinçsiz mücadelenin sonucu olarak ortaya çıkar. Bu ortaya çıkış daha iyi ve hayırlı amaçların çalışmasını sağlayan doğal bir düzenin açık sonuçları değildir.

Darwin'in mekanizmaları başlangıçta sıkıcı görülebilir fakat daha derin bir bakış doğal seçilimi (ve sonlandırılmış dengelerden felaket gibi kitlesel yokoluşlara uzanan diğer meşru evrimsel mekanizmaları) iki temel nedenden dolayı sahiplenmemizi sağlayacaktır. İlk olarak gerçek bilim olgusal durumlar bize zarar verdiğinde onları iyileştirebilecek ve tedavi edebilecek doğanın gerçek mekanizmalarının bilgisi ile pratik duyularımızı özgürleştirir. Örneğin bakterilerin ve hastalık oluşturan diğer organizmaların nasıl evrim geçirdiğini biliyoruz. Onlarla savaşmanın yollarını bulabilir ve anlayabiliriz; antibiyotik direncinin gelişmesi veya AIDS virüsünün sıra dışı mutasyon yeteneğini ortaya koyabildiğimiz gibi. Aynı şekilde insan ırkları diye tanımladığımız akrabalarımızın Afrikalı ortak bir atadan ne kadar da kısa bir süre önce ayrıldığını ve bu grupları birbirinden farklı kılan öğelerin minicik genetik farklılıkların bir sonucu olduğunu öğrendiğimizde, yüzyıllardan beri insanlığın fela-

keti olan ırkçılığın gerçekte hiçbir somut olguya dayanmadığını, aslında insan grupları arasında ciddi anlamda farklılıklar bulunmadığını iddia edebiliriz.

İkinci olarak ve daha genel anlamda, Darwin'in "soğuk duşunu" alınca ve yüzünüzde olgusal gerçeğin ışığını hissedince yüzyılların başat boş umudunu sonunda dışlayabiliriz. Olgusal doğa bizlerin doğasında olan üstünlüğümüzün hakkını vererek yaşamımızın anlamını belirleyebilir veya evrim bizleri yaşamın hedefinin doruklarına çıkarabilir. Temel olarak, evrenin cisimsel durumu her ne olursa olsun *neden yaşamamız gerektiğini veya yaşamımızın ne anlama geldiğini* öğretemez. Bu tür etik soruların değeri ve anlamı insan hayatının din, felsefe ve beşeri çalışmalar gibi farklı alanlarına aittir. Doğanın gerçekleri diğer alanlarda etik kararlar almamız öncesinde hedeflerimizi gerçekleştirmemize yardımcı olabilir; insan toplulukları arasındaki önemsiz genetik farklılıklarda olduğu gibi, bir zamanlar kabul ettiğimiz toplum hayatının vazgeçilemez hakları olan özgürlük ve mutluluğun peşinde koşma hakkının tüm insanlar için ortak olduğunu anlamamıza yardım ederler. Gerçekler yalnızca gerçektirler; büyülü olmalarına, dokunulmamış güzelliklerine ve bazen talihsiz zorunluluklarına (en açık örnek olarak yaşlanma ve ölüm), ahlaki doğruluklarına veya manevi anlamlarına karşın insan sorgusunun diğer unsurlarıyla birlikte aynı yeri paylaşırlar.

Olgusal doğanın umutlarımız ve yargılarımızla uyum içinde olduğunu, her şeyin açık ve güzel, her şeyin bizi gönendirdiğini düşündüğümüzde, kolaylıkla gerçeklik ile dürüstlüğü eşitleme tuzağına düşeriz. Ancak evrimin muhteşem, farklı doğal yollarını, yaşamın şaşırtıcı derecede zengin farklılıklarını, değişimin hikâyesini, *Homo sapiens*'in en bereketli ağaçların üzerinde henüz tam belli olmayan ince dalını hissettiğimizde, sonunda doğanın gerçeklerini ve mekanizmalarını anlamak için yaptığımız bilimsel sorgulamamızdan çıkardığımız ahlaki gerçek ve manevi anlamla ilgili araştırmamızı çözmek için özgür hale gelebiliriz. Darwin, "bu hayat görüşünün ihtişamını" tanımlarken (*Türlerin Kökeni*'nin son satırından alıntılanmıştır) bizi doğadan daha fazlasını istemekten kurtarır; "dışarıda" hangi korkunç derecede büyüleyici şeyler olursa olsun, anlam arayışımızın hiçbir şeyce tehdit edilemeyeceğini, bu arayışın yalnızca ahlaki bilincimizden kaynaklandığını anlamamızı sağlar.

Stephen Jay Gould
Karşılaştırmalı Zooloji Müzesi
Harvard Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yaşamın tarihinde beş yıl, göz kırpma kadar bir süredir. Fakat bir insan için bu süre kronolojik olarak ciddi bir yığındır. *Evrim: Bir Fikrin Zaferi* 2001 yılında ilk kez yayımlandığında hayat bugünkünden çok farklıydı. Bugünkü konuşma dilimizde kendine yer bulan pek çok kelime ve isim (*Blog* kavramı ve *El Kaide* gibi), bundan beş yıl önce duyanlara hiçbir şey ifade etmiyordu. Bu beş yıl içinde bilimde de muhteşem gelişmeler oldu. Kök hücrelerden tutun da, bambaşka yıldızların etrafında dönen gezegenlere kadar, artık doğanın düzenine ilişkin daha fazla bilgiye sahibiz. Yaşamın nasıl evrildiği hakkında da daha çok şey biliyoruz ve bunu 2001 yılından beri yayımlanan binlerce yeni bilimsel çalışmaya borçluyuz.

Bu kitapta yazdığım, evrim hakkındaki en şaşırtıcı yeni araştırmalar yaşamın erken dönemlerindeki kitlesel yokoluşlardan, erkek ve dişilerin eş evrimine, oradan da konaklarla parazitler arasındaki silahlanma yarışlarına kadar uzanmaktadır. Fakat bana göre eserin en şaşırtıcı kısmı, kitabımın son kısmında yer alan insanın evrimi bölümüdür. Bu bölüm şaşırtıcıdır çünkü evimizin çok yakınına bir darbe vurmaktadır.

2001 yılına gelindiğinde insanın yaşamını sürdüren en yakın akrabalarının şempanzeler ve bonobolar olduğu açıklık kazandı. Bu kanıya, insan ve diğer hayvan DNA parçaları üzerinde 1990'lardan beri yapılagelen çalışmalar sayesinde ulaşıldı. Parçaların incelenmesi bilim insanlarına bir evrim ağacı çizme ve bize yakın dalları belirleme olanağı sağladı. Atalarımızın diğer maymunlardan ne zaman ayrıldığını da böylelikle belirleyebildik. Mutasyonlar bir türün DNA'sında milyonlarca yılda düzenli bir şekilde birikir. Bunun bir sonucu olarak, bilim insanları ortak bir ataya sahip türlerdeki mutasyonları karşılaştırarak bir çeşit "moleküler saate" ulaşırlar. İnsan ve şempanze türleri ele alındığında, bilim insanları bu iki türün ortak atasının 5 ila 7 milyon yıl önce yaşamış olduğu tespitinde bulunmaktadırlar.

Eğer "moleküler saat" doğru ise paleoantropologların yapacak çok şeyi var demektir. 2001 yılında bilinen en eski hominid (insangil) *Ardipithecus ramidus*'tu (evrim ağacında bize ait kısa daldaki bir tür). Fosil Etiyopya'da bulundu ve 4,4 milyon yıllıktı. Eğer moleküler saat doğruysa

bu kadar yaşlı olmaması gerekirdi. İnsangiller muhtemelen 2 buçuk milyon yıl önce ortaya çıkmışlardı.

Evrim: Bir Fikrin Zaferi yayımlandığında bu 2 buçuk milyon yıl geniş bir boşluktu. Ancak yalnızca geçtiğimiz beş yıl içinde, bu boşluk 3 ayrı insangil türüyle doldurulduk. 2004 yılında, *Ardipithecus ramidus*'u bulan ekip Etiyopya'nın aynı bölgesinde daha eski bir tür bulduğunu açıkladı. *Ardipithecus kadabba* olarak isimlendirilen bu tür 5,7 milyon yıl önce yaşamıştı. Bu sırada Kenya'da başka bir paleontolog grubu 6 milyon yıllık bir fosil buldu ve bunu *Orrorin tugenensis* olarak isimlendirdi. Terk edilmiş ıssız Sahra Çölünde ise üçüncü bir ekip mükemmel korunmuş üçüncü bir türe ait kafatasını ortaya çıkardı. 6-7 milyon yıl önce yaşadığı düşünülen bu türe *Sahelanthropus tchadensis* adını verdiler.

Bu keşifler, evrimci biyologların hipotezleri nasıl ortaya koydukları ve sınadıklarına dair harika bir olgu çalışmasını temsil eder. Beş yıl önce bulunan DNA bulgularından yola çıkarak paleontologların 5-7 milyon yaşında insangil fosillerini bulacaklarını tahmin etmek mümkündür. Dahası, bu fosillerin Afrika'da bulunacağı da son derece muhtemeldi. Tıpkı insan, şempanze ve bonobo türlerinin yaşayan yakın akrabalarında olduğu gibi, 2 milyon yıldan yaşlı tüm insangil fosillerinin çıkış noktalarının Afrika olması olasıydı.

Bilimsel keşifler sadece eski hipotezleri doğrulamakla kalmaz, kendilerine ait taze tartışmalar da yaratırlar. Bazı bilim insanları bulunan bu yeni insangil fosillerinin erken türlerdeki engin çeşitliliğin ilk örneklerini teşkil ettiğini ileri sürmektedirler. İddiaya göre, yaşam ağacının insangil dalı hali hazırda bir çalı gibi karmaşıktır ve bu karışık yapıdan çıkan filizlerin çoğu, nesillerinin tükenmesiyle birlikte güdük kalmıştır. Diğer araştırmacılar olanları çok farklı yorumlamakta ve insangil evriminin düşünüldüğü gibi abartılı olmadığını öne sürmektedirler. Bu grup Ardipithecus, Orrorin ve Sahelanthropus'u aynı cins içine yerleştirmektedir. Onlara göre ağacın insangil dalı veya kolu neredeyse doğrusal bir yapıya sahiptir.

Bulunan yeni fosillerin ortaya çıkardığı bir başka soru da, ilk insangillerin neye benzediği meselesidir. İlk insangiller muhtemelen şempanzeler kadar ayakta durabiliyordu ve şempanzelerinki kadar bir beyinleri vardı (insan beyninin üçte biri kadar). Fakat onları şempanzelerden ve yaşayan diğer maymun türlerinden ayıran hayati farklılık, ayakta yürüyebilmeleriydi. *Orroroin*'in kalça kemiği oldukça kuvvetliydi, bu da insangilin vücudunun üst kısmının ağırlığının taşınmasına yardımcı olduğu kanısını doğuruyordu. *Sahelanthropus*, yalnızca kafatasıyla bilinir.

Ancak bu durum, iki ayağı üzerinde yürüdüğüne ilişkin ipuçları da vermektedir. Bir türün yürüme biçimine ilişkin ipuçları, omuriliğin kafatası tabanından ayrıldığı, *foramen magnum* olarak bilinen delikten elde edilir. Yaşayan tüm kuyruksuz maymunlarda foramen magnumun pozisyonu türün nasıl yürüdüğünü gösterir. Parmakları üzerinde yürüyen şempanzeler yürürken sırtlarını öne doğru yatırırlar, bu nedenle foramen magnumları kafataslarının arka bölümüne yerleşmiştir. İnsanlar dik yürür, omurgaları kafalarının hemen altındadır. Buna bağlı olarak insan foramen magnumu kafatasının tam altında yer alır. *Sahelanthropus*'ların foramen magnumları da insanlarınkine benzer yerleşim gösterir, bu da onların dik yürüdüğünü düşündürür. Başka bir deyişle, insangillerin fosilleri bulunduğu zamandan beri onların yürüdükleri bilinmektedir. Yürümedeki bu evrim insangilleri diğer kuyruksuz maymunlardan ayıran en önemli yeniliktir.

Paleoantropologlar, Afrika'da evrimimizle ilgili fosil kanıtları ararlarken, başka bilim insanları da DNA'mızı incelemekteydiler. Bu konudaki arayış, insan genomuyla ilgili 2001'de yayımlanan bir çalışma sonrasında çarpıcı biçimde hızlanmıştır. Bir avuç kısa DNA parçasını incelemek yerine artık bilim insanları 3 milyarlık bir kod dizisinin tamamını analiz edebilmektedirler. İnsan genomu ile sıçan, tavuk, zebra balığı ve şempanzeler gibi yüzlerce türün genomunu karşılaştırabilmektedirler. Kendi türlerinin soy ağacında kendine has özellikleri olan türlerle yapılan bu karşılaştırma genetik geçmişimizin hikâyesine ait kanıtlar bulmamızı sağlayacaktır.

Bu yeni araştırmalar şempanzelerin yaşayan en yakın akrabalarımız olduğunu daha açık hale getirmiştir. Pek çok uzun parça açısından her iki genom pratikte aynıdır. Bazı parçalar protein üretiminden sorumlu gen kodlarını taşırlar. Ancak daha önemlisi insan ve şempanzelerin paylaştığı kırık genlerdir.

Kırık genlerle ilgili en dikkat çekici örneklerden birisi burunlarımızla ilgilidir. Tüm memeliler burunlarındaki sinirlerin sonlarında yer alan reseptörlere (algılayıcı) ait yüzlerce gen taşırlar. Bu genler kazayla gerçekleşen ikilemelerle (duplication) evrilirler. Tek bir gen iki gen haline geldiğinde başlangıçta her ikisi de aynı reseptörü kodlarlar. Ama birinde reseptörün koku algılamasını değiştiren bir mutasyon oluşur. Eğer bu mutasyon koku algısında bozulmaya neden olursa doğal seçilim bu geni silme yoluna gider. Ancak bazı durumlarda oluşan mutasyon daha önce algılanamayan koku moleküllerinin farkına varılmasını sağlar. Böylece memelinin koku algısı genişler. Bu süreç, milyonlarca yıl içinde bu sayede çok geniş bir koku reseptör gen ailesinin oluşmasını sağlar.

Farelerde, köpeklerde ve yaşamında koku alma duyusu önemli yer tutan diğer memelilerde bu genlerin kopyaları mükemmel çalışır. Fakat şempanzeler ve insanlarda koku reseptörü genlerinin büyük kısmı hatalıdır. Bir reseptör oluşturamazlar. Bilim insanları, ortak atalarımızın burunlarından ziyade gözlerine güvenmesi nedeniyle bu mutant genlerin genomlarımızda biriktiğine inanmaktadırlar. Bunun bir sonucu olarak şempanzeler ve insanlar atalarının bu ilginç mirasını paylaşmaktadırlar: Kırık genler.

Fosillerle ve genlerle geçen beş yıl bizi kuyruksuz maymunlarla aynı ortak ataları paylaştığımıza dair taze kanıtlardan oluşan bir çığ kümesinin altına gömdü. Tıpkı yeryüzünde evrimin ürünü olan diğer organizmalar gibi. Ancak bu haber Utah eyalet senatörü D. Chris Buttars'a ulaşmamış gibi görünüyor. Buttars, 2005 yılında USA Today gazetesi için kaleme aldığı yazısında, "İnsanın bazı diğer türlerden evrildiğini dile getiren evrim kuramı tığla işlenmiş bir banyo küvetinden daha fazla deliğe sahiptir" diyordu.

Geçtiğimiz beş yıl içinde bilim insanlarınca tanımlanan pek çok yeni insangil fosili olmasına karşın (on yıllar önce bulunan diğer insangil fosillerinden bahsetmiyorum bile), Buttars açıkça, "Kuyruksuz maymunlarla insanlar arasındaki ilişkiyi gösteren hiçbir bilimsel fosil kanıtı yoktur" diyebilmektedir. Özetle Buttars, insan evrimine ilişkin DNA'da birikmiş tüm o kanıtları değerlendirme zahmetinde bile bulunmuyor. Bu bulguları reddetmeye bile layık bulmadığı anlaşılıyor.

Buttars'ın ülke gündemine gelişi, 2005 yılında düzenlediği Utah eyaletindeki biyoloji eğitimi yöntemlerinin değiştirilmesini öngören kamuoyu kampanyasıyla olmuştu. Öğretmenlerin günümüzde hayatın çeşitliliğine dair akla uygun tek açıklamanın evrim olduğunu öğretmesini istememekte ve öğrencilerin "Akıllı Tasarım" diye adlandırdığı bir şeyi de öğrenebilmesini talep etmekteydi.

Buttars'ın bu ifadeyle ne demek istediği açık değildir. *Salt Lake Tribune*'e göre Buttars, "Tanrı'nın yaratıcı olduğuna, yaratılanların ise kendi türlerine evrildiğine" inanmaktadır.

Gazeteye verdiği beyanatta şu ifadeleri kullanmıştır: "Değişik tiplerde köpeklerimiz ve değişik tiplerde kedilerimiz var fakat hiçbir zaman kedi-köpek karışımı bir hayvan görmedik."

Kedi-köpek karışımı hayvan fikrinden bağımsız olarak, Buttars'ın zihninden geçenleri anlamak çok da zor değil. *Evrim: Bir Fikrin Zaferi* kitabında 1980'lerde yaradılışçıların mahkemelerde yenilerek uğradıkları bozgunlarla canlarının yandığını açıklamıştım. Hâkimler "yaradılış biliminin" aslında bir din olduğunu anlamış ve bu nedenle sınıflarda yeri

olmadığını açıklamışlardı. Yaradılışçıların bir kısmı eski iddialarını yeni ambalajlara koydular, dinsel ifadeleri terk ettiler ve bu ambalajlara yeni bir ad verdiler: Akıllı Tasarım. 1989'da Akıllı Tasarımın savunucuları dokuzuncu sınıflar için *Pandalar ve İnsanlar* isimli bir ders kitabı yayımladılar. Discovery Institute of Seattle [Seattle Keşif-Buluş Enstitüsü] gibi bazı organizasyonlar da Akıllı Tasarımın, evrimin akılcı bir alternatifi olduğuna dair iddiaları dile getirmeye başladılar.

1999'da Kansas eyaleti Okullar İdare Komitesinin muhafazakâr üyeleri mesajı aldılar ve eyalet eğitim müfredatında değişiklikler öngören bir tasarı hazırladılar. Yapılan değişiklikler evrim hakkında şüphe ve belirsizlikler oluşturacaktı. Aralarında Büyük Patlama ve dünyanın yaşının bulunduğu konularda öngörülen değişiklikler ise eğitim müfredatını tam anlamıyla ortadan kaldırıyordu. Tasarı uluslararası kamuoyunun tepkisini çekti ve nihayetinde 2000 yılında yaradılışçıların müttefiklerinin aldığı yenilgiyle birlikte rafa kalktı.

Ne yazık ki hikâye burada bitmiyor. Bir sonraki seçimler, komiteye yeni bir denge getirdi ve baskı tekrar başladı. Ekim 2005'te Kansas Board of Education [Kansas Eyaleti Eğitim Komitesi] yeni eğitim müfredatını nihayet kabul etti. Değişiklikler evrimle sınırlı kalmamış, bilim kavramının kendisinin yeniden tanımlamasına kadar varmıştı. Daha önce Kansas eğitim müfredatında bilim kavramı, dünya ve çevresine ait gözlemlerimizin doğal yollardan açıklanmasına dair insan aktivitesi olarak tanımlanırken (büyük bilimsel organizasyonlar tarafından da desteklendiği gibi) yeni müfredat bilimi "doğal olanla" sınırlamadı. Eğitim Komitesi bilimi, doğal fenomenlerin daha yeterli açıklanmasında gözlem, hipotezlerin test edilmesi, ölçümler, deneyler ve akılcı öngörüler kullanarak gerçekleştirilen sistematik araştırma yöntemi olarak tanımladı. Böylece dünyaya ait doğaüstü açıklamalar en azından Kansas'ta kendine bilim içinde bir yer buldu.

Geçtiğimiz son beş yılda diğer eyaletlerdeki devlet okullarında da evrim eğitimini durdurmaya çalışan veya en azından el altından engellemeye çalışan çabaları izledik. Ekim 2004'te Pennsylvania eyaletinde, Dover kırsal bölgesindeki bir okul, Akıllı Tasarım fenomenini öne çıkartarak işleri bir adım daha öteye götürdü. Okul yönetimi, bilim eğitimlerinin içeriğine yeni bir ifade ekledi: "Öğrenciler Darwin'in kuramıyla ilgili eksiklikler/sorunlar konusunda ve diğer evrim kuramları konusunda bilgilendirilecek ancak bu Akıllı Tasarımla sınırlı kalmayacaktır."

Eğitim Komitesi Dover'daki öğretmenlerden tüm biyoloji sınıflarında ikinci bir ifadenin altını çizmelerini istedi. Öğretmenlerin sınıflarda belirtmeleri istenen ifade, "Akıllı Tasarım hayatın kökenine ilişkin Darwinci

görüşten farklı bir açıklamadır" diye devam ediyor, şunları içeriyordu: "Daha ayrıntılı araştırma yaparak Akıllı Tasarım fikri hakkında geniş bilgi sahibi olmak isteyen öğrenciler *Pandalar ve İnsanlar* adlı başvuru kitabını okuyabilirler. Her kuramda geçerli olduğu gibi, öğrencilerimiz bu kuramı da açık fikirlilikle değerlendirmelidirler."

Dover'daki bilim öğretmenleri dehşete düştü ve bu ifadeleri okumayı reddettiler. Komitedekiler devreye girdi. Öğrenciler, Akıllı Tasarımın arkasında nasıl bir tasarımcı olduğunu sorguladıklarında, bu soruyu anne ve babalarına yöneltmelerini öğütlediler.

İki ay sonra 11 ebeveyn Dover Bölge Eğitim Komitesi hakkında dava açarak, düzenlemenin dinsel referanslar taşıması nedeniyle Anayasanın birinci maddesine aykırı olduğunu iddia ettiler. Eğitim Komiteşi akıllarında kesinlikle böyle bir şey olmadığını öne sürdü. Bölge Eğitim Komitesinin Başkanı olan Richard Thompson, "Komitenin tek yaptığı bilim çevrelerinde hâlâ devam etmekte olan bir tartışma hakkında öğrencilerimizde bir algı oluşturmaya çalışmaktır" dedi.

Ancak ilerleyen haftalarda uygunsuz bazı gerçekler ortaya çıktı. Thompson'un kurumsal olarak kendisini "Hıristiyanların dinsel özgürlüğünü, geçmişten gelen aile değerlerini, insan hayatının kutsallığını savunmaya" adamış, Michigan eyaletinde faaliyetlerini sürdüren Thomas More Law Center [Thomas More Hukuk Merkezi] isimli bir kurumun başkanlığını yürüttüğü ortaya çıktı. Thomas More Hukuk Merkezine bağlı avukatların 2000 yılından itibaren ülkenin farklı yerlerindeki okulların yönetim kurullarıyla görüştükleri ve bilim derslerinde *Pandalar ve İnsanlar* kitabını okutacak bir okul aradıkları anlaşıldı. Kasım 2005'te *New York Times*'ta da belirtildiği gibi, avukatlar okul yönetimlerine, haklarında dava açıldığı takdirde savunmalarını ücretsiz olarak üstlenecekleri sözünü vermişlerdi. Batı Virginia, Minnesota ve Michigan eyaletlerindeki okul yönetimlerini ikna etmekte başarısız olan avukatların talihi Dover'da yaver gitmişti. Davada dinlenen tanıklar Dover'daki okulun yönetiminin Akıllı Tasarımı bilim derslerine ekleyerek, "okullara iman ve itikadı yeniden sokacaklarını" ifade ettiklerini söylediler.

Mahkeme, Akıllı Tasarımın kökeni konusundaki şüpheleri Southeastern Louissiana Üniversitesi bilim felsefecisi Barbara Forrest'ın tanıklığı sayesinde sona erdirdi. Forrest, *Pandalar ve İnsanlar*'ın bir taslağı ile son versiyonunu karşılaştırdı. Kitabın yazarlarının yaradılışçılık veya yaradılış bilimi ifadelerini taslakta 150 kez kullandıklarını ve kitabın son halinde bu ifadelerin Akıllı Tasarımla değiştirildiğini gösterdi.

Dava, yaradılışçılar için altüst edici bir rüzgâr gibi oldu. Mahkemenin bitimiyle Yargıç John E. Jones'un kararı açıklaması arasındaki zaman

zarfında yapılan okul yönetimi seçimlerinde, Dover halkı Akıllı Tasarımı destekleyen üyeleri kurul dışında bıraktı. Bu üyelerin yerine ise yaradılışçılığı okullardan uzaklaştırma sözü veren adaylar göreve geldi. 7 hafta sonra, 20 Aralık 2005'te Yargıç Jones tüm Akıllı Tasarım hareketini bozguna uğratan kararını açıkladı.

"Akıllı Tasarımın dinsel yapısı, ister yetişkin isterse çocuk, tarafsız bir gözlemci için çok aşikârdır" diyordu. Böylelikle Akıllı Tasarımın hiçbir eğitim düzeyinde bilimsel olarak kabul görmeyeceği kararını vermiş oluyordu.

Richard Thompson, öğrencilerin "bilimsel camia içinde süregelen hararetli bir tartışmadan" haberdar edilmeleri gerektiğini ileri sürse de, gerçekte böyle bir bilimsel tartışma yoktu. Gerçek bir bilimsel tartışmada taraflar deneylerden ve gözlemlerden elde ettikleri yeni kanıtları ortaya koyan makalelerini hakemli dergilerde yayımlarlar. Gerçek bilimsel tartışmalarda, bilim insanları elde ettikleri sonuçları büyük konferanslarda meslektaşlarına sunarlar ve bulgularını yüz yüze tartışırlar. Saydığımız bu kriterleri karşılayan bilimsel tartışmalar azımsanmayacak sayıdadır; zihnin mimarisi hakkındaki tartışmalardan tutun da, kanserin sebeplerinin sorgulandığı dişe diş çekişmelere dek, bilimsel tartışmalar belirli bir yöntem üzerinden sürdürülmektedir.

Akıllı Tasarım ise bu saydıklarımla mukayese edilemez bir konumdadır. Bilimsel dergilerde doğanın Akıllı Tasarım doğrultusunda nasıl çalıştığını anlatan yeni ve önemli keşiflerle ilgili makaleler bulmak isterseniz çok uzun ve zorlu bir arama yapmanız gerekir. 2004'te Keşif-Buluş Enstitüsü üyelerinden Stephen Meyer, Akıllı Tasarımla ilgili çalışmasının hakemli bir dergide ilk defa yayımlanmasını muzafferane bir şekilde duyurdu. *Proceedings of the Biological Society of Washington* isimli dergide Meyer, Kambriyen Dönem Patlamasının (pek çok ana hayvan grubunun ortaya çıktığı dönem) evrimin nedeni olamayacağını iddia etti. Fakat bu zafer çok kısa ömürlü oldu. *Biological Society of Washington* dergisinin yayın kurulu, Meyer'in makalesini inceleyen eski editörlerinin, derginin makale değerlendirme kurallarını çiğnediğini belirtti. Kurulun açıklaması şu şekildeydi: "Organik çeşitliliğin kökleriyle ilgili Akıllı Tasarım hipotezini destekleyebilecek kabul edilebilir herhangi bir bilimsel kanıt yoktur, buna göre Meyer'in makalesi derginin bilimsel standartlarını karşılamamaktadır."

Daha önce açıkladığım gibi, insanın kökeni evrimin en heyecan verici araştırma alanlarından biridir. Bilim insanlarının Akıllı Tasarımı neden bu kadar yararsız gördüğünü anlamak için insanın kökeniyle ilgili söylediklerini karşılaştırmak yeterlidir. *Pandalar ve İnsanlar* yapışık tasarımı

şöyle açıklar: "İnsangiller kuyruksuz maymunlardan biraz fazlası, kültür ve davranış biçimlerinin ortaya çıktığı, maymun ve insanın ayrıldığı noktadır." Ancak bu yaklaşım, Akıllı Tasarımcının soyu tükenmiş en az yirmi insana benzer kuyruksuz maymun dalı yaratmasındaki aklı ve mantığı açıklamaz. Eski dalların küçük beyinleri ve uzun kollarıyla kuyruksuz maymunlara olan benzerliğini; yeni dalların ise uzun boyları, daha büyük beyinleri, kullandıkları daha karmaşık aletler ve insanla daha fazla ortak özellik paylaşmasının mantığını açıklamaz. Şempanzeler ve insan arasındaki geniş genetik benzerliği anlamamız konusunda herhangi bir ekleme yapmaz ya da farlılıkların nasıl oluştuğuna dair bir açıklama getirmez. *Homo sapiens*'in ilk olarak nasıl ortaya çıktığına, nerede ve ne zaman oluştuğuna dair bir hipotezi yoktur.

Önceki alıntı *Pandalar ve İnsanlar*'ın 1993'te yapılan son baskısından aktarılmıştır. Acaba o günden bugüne elde edilen bulguların ışığında Akıllı Tasarımın destekçileri insanın kökeni konusunda daha somut bir şeyler bulabildiler mi? Çok zor! Southern Baptist Theological Seminary [Güney Baptist İlahiyat Fakültesi] araştırmacılarından, bir teolog ve matematikçi olan William Dembski, 2004'teki bir yazısında muğlak ifadeler kullanma geleneğini sürdürüyordu: "İnsanların yeniden tasarlanmış maymunlar olduğunu düşünmek için iyi nedenler olabilir... Öyle olsa bile bir tasarımın kuramsal perspektifi, özgün tasarımların daha önceki biçimlerin modifiye edilmiş halleri olmasını zorunlu kılmaz. Bundan dolayı, yeniden tasarım işleminin insanları yarattığını düşünmek yerine, aktarıldığı gibi, insanların topraktan yaratıldıklarını düşünmek için iyi nedenlerimiz var. Tasarım kuramcıları bu konuda henüz fikir birliğine varabilmiş değillerdir."

Gelişigüzel bir karalamadan tasarlanmakla bir maymun üzerinden yeniden tasarlanmak arasında büyük bir fark vardır. Akıllı Tasarımcıların bu iki seçenekten hangisinde karar kılacağı, bu seçimi ne zaman yapacakları merak konusu.

Akıllı Tasarım ve evrimsel biyoloji arasındaki karşıtlık meselesi insanın kökenine geldiğinde daha açık hale gelir. Akıllı Tasarımın savunucuları belirsizlikler içinde sürüklenirken, evrimsel biyologlar ise türümüzle kuyruksuz maymunlar arasındaki ilişkiyi kuracak yeni fosiller ve yeni DNA kanıtları bulmaktan daha da fazlasını yapıyorlardı. 2001'den beri bilim insanları bizi tam da insan yapan genetik değişiklikleri anlama yolunda şaşırtıcı gelişmeler kaydettiler.

Bu ilerleme doğal seçilimin parmak izlerini gösteren bazı yeni istatistiksel yöntemler sayesinde oldu. Mutasyonun sıkça rastlanan bir biçimi, tek bir nükleotidi, yani genetik koddaki bir harfi değiştirir. Bu türden

bir mutasyon iki sonuçtan birini doğurur. Kimi mutasyonlar hücrenin protein sentezinde kullandığı genetik kodu değiştirirken, kimilerinde ise bu durum gözlenmez. Genetik kodda farklılaşma oluşturan mutasyonlar sesli değişiklikler olarak tanımlanırken, diğerleri ise sessiz değişiklikler olarak adlandırılır.

Sesli mutasyonlar yeni tip proteinlerin oluşumunu sağlar. Bu yeni tip proteinler bazen öylesine dejenere olurlar ki harap edici hastalıklara yol açabilir veya birey, hayatta kalmasını bu mutasyona borçlu olabilir. Doğal seçilim yararlı sesli mutasyonların yayılarak bir tür içinde tüm bireylerde taşınmasını sağlayabilir. Diğer taraftan sessiz mutasyonların proteinlerin yapısı üzerinde herhangi bir etkisi olmaz. Doğal seçilim bunları yok olma veya yayılma yönünde yönlendiremez. Kaderleri tamamen şansa bağlıdır.

Doğal seçilimin insan genlerindeki parmak izlerini bulmanın bir yolu sesli ve sessiz mutasyonları tek tek saymaktır. Bir gen doğal seçilimin ciddi etkisi altında kalınca ürettiği proteinin yapısını değiştirecek mutasyonlar geçirir. Bu tür sesli mutasyonlar sessiz olanlarla karşılaştırıldıklarında genlerde çok daha geniş değişiklikler yaratırlar.

2001 yılından beri kullanılan buna benzer yöntemler bilim insanlarının geçen 6 milyon yıl içinde insangillerin evriminde doğal seçilimin güçlü etkisi altında kalan binlerce geni keşfetmesini sağlamıştır. Bilim insanları doğal seçilimin bu genler üzerindeki kuvvetini bile ölçebilirler. Listenin en başında yer alacak genlerin bizi diğer hayvanlardan ayıran büyük beynimiz veya ayakta durabilmemizi sağlayan genler olması gerektiğini düşünebilirsiniz. Fakat durum böyle değil. DNA'mızı en yoğun şekilde etkileyenler cinsiyet ve hastalıklardır.

Kitabın 9 ve 10. bölümlerinde açıkladığım gibi, bu iki faktör doğal yaşam üzerinde etkili olan devasa evrimsel güçlerdir. Biz insanların da bu kurala uymuş olması çok şaşırtıcı değildir. Virüsler, bakteriler ve diğer patojenler milyonlarca yıldır bedenimize uyum sağlamaktadırlar. Hastalıklara karşı geliştirilen savunma mekanizmalarının evrimi atalarımız için yaşam ve ölüm arasındaki fark kadar gerçekti. Ama atalarımız yeni savunma mekanizmaları geliştirirken, parazitler de onları işgal etmeye yönelik yeni yöntemler oluşturdular. Bu bitmeyen silahlanma yarışı, insangillerin evriminde geçtiğimiz 6 milyon yıl içinde hastalıklara bağlı genlerde önemli değişiklikler oluşturdu.

Yoğun doğal seçilim mekanizması, yumurta ve spermlerin oluşumunu sağlayan insan genlerine de etki ediyordu. Hayvanlar üzerindeki çalışmalar cinsel seçimin nasıl bir savaşa dönüştüğünü göstermektedir. Örneğin erkek meyve sinekleri çiftleşirken dişilere diğer erkeklere daha az

çekici gelmelerini sağlayacak kimyasallar enjekte ederler. Dişiler de bu kimyasalları nötralize etmeye yarayan yolları geliştirir; bu da erkekleri tahrik gücü daha kuvvetli yeni bileşikler geliştirmeye sevk eder. Cinsiyetler arasındaki buna benzer bilinçsiz bir mücadele, insan genlerine etki eden seçilim sürecinin de sebeplerinden biri olabilir.

Spermler de muhtemelen kendi aralarında bir yarış halindelerdir. Spermleri hızla büyüten ve bölünmelerini durduracak sinyalleri reddetmelerini sağlayacak bir gen sayesinde bu geni taşıyan çok sayıda sperm üretir. Bilim insanları kanser hücrelerinde de bu tür hızlı büyüme genlerinin aktif hale gelmesinin rastlantısal olmadığından şüphelenmektedirler. Hızlı bölünme özelliğine sahip bir sperm hücresi için iyi olan bir özellik, muhtemelen hızlı bölünen bir tümör tarafından da benimsenecektir.

Doğal seçilimin insan beyni üzerindeki etkisi daha üstü kapalı olmasına karşın daha önemsiz değildir. 6 milyon yıl önce atalarımızın beyinleri bizimkilerin üçte biri kadardı. Muhtemelen diğer kuyruksuz maymunlar gibi bir zihin yapıları vardı. Homurdanmalar ve mimiklerle iletişim kuruyorlardı. Ateşi kullanamıyorlardı ve karmaşık taş aletler yapamıyorlardı. Topluluğun diğer bireylerinin ne düşündüğü veya hissettiğiyle ilgili derin anlayışları yoktu. 2001 yılında bilim insanları doğal seçilimin insan beynindeki etkisine ait parmak izlerini henüz bulmamışlardı. Ancak bu metni kaleme aldığım tarih itibarıyla bu konuyla ilgili yüzlerce keşif yapılmış durumda.

İnsan beyninin diğer kuyruksuz maymunların beyninden nasıl ayrıldığını anlamak için yapılan çalışmalara ait yeni parçaları bir araya getirmek uzun bir zaman alacaktır. Bilim insanlarının genlerin beynimizi nasıl oluşturduğu hakkında henüz yeterli bilgisi yoktur. Fakat ipuçları ortaya çıkmaktadır. En çok merak uyandıran ipuçları ASPM olarak adlandırılan bir genden kaynaklanmaktadır. Bu genin bilim insanlarının ilk kez dikkatini çekmesi, uğradığı mutasyon sonucu ortaya çıkan yıkıcı etkilerin fark edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu genin mutasyona uğramış haline sahip olan çocuklarda beyin ya küçük kalır ya da mikrosefalik olur. Serebral korteks olarak adlandırılan beynin dış katmanı mikrosefalik beyinlerde neredeyse yok gibidir. Açıkça ASPM, büyüyen beyinlerde can alıcı bir rol oynamaktadır. ASPM'nin bu işlevi, atalarımızın diğer kuyruksuz maymunlardan ayrılmasından bu yana kuvvetli bir doğal seçilim sürecine tabi olmuştur. Beynimizin nasıl bu kadar büyük olduğunun muhtemel sebeplerinden biri de, ASPM'nin işlevidir. Soyut düşünce birikimimizin çok önemli bir kısmını muhafaza eden serebral korteksin (beyin kabuğu) genişlemesinde ASPM'nin evrimi çok önemli bir etkiye sahiptir.

Ancak büyüklük her şey değildir. Doğal seçilim aynı zamanda insan düşüncelerini kontrol eden kimi genleri de şekillendirmiştir. Dilimizi ele alalım. 2001 yılında yazdığım gibi, bir dil öğrenme konusundaki yeteneğimiz yüksek donanımlı içgüdümüzle ilişkilidir. Buradan genlerin dili şekillendirdiğini tahmin edebiliriz. Ancak bu fikir ortaya atıldığında, bilim insanları dille ilişkilendirilebilecek bir gen bulabilmiş değillerdi. Şimdi ise böyle bir gen mevcut. Bu gen kalıtsal konuşma ve kurallı cümle kurabilme güçlüğü çeken Londralı bir aile sayesinde saptandı. 2002 yılında İngiliz bilim insanları dil problemi çeken bu ailenin bireylerinin hepsinde FOXP2 adını verdikleri, mutasyona uğramış bir gen saptadıklarını açıkladılar. Daha sonra yapılan beyin görüntüleme çalışmaları, FOXP2 mutant geni taşıyan bu insanların konuşmadan sorumlu Broca alanı adı verilen beyin bölgesinde daha az aktivite olduğunu ortaya koydu.

Bilim insanları daha sonra FOXP2 geni ile bu genin memelilerde taşınan halini karşılaştırdılar. Açıkça gördüler ki diğer türlerde FOXP2 geni konuşma yeteneği yaratmıyordu. Fakat 2005 yılında farelerle yapılan bir deneyde bilim insanları bu genin hayvanlar arasındaki iletişimi etkilediğini ortaya koydular. Bu genin çalışan bir kopyasına sahip yavru fareler annelerine ağlayarak çağrı gönderebilirken, çalışan bir kopyaya sahip olmayan yavrular annelerine hiç çağrı gönderemiyordu.

Sesli ve sessiz yer değiştirme mutasyonları arasında yapılan karşılaştırmalar, insandaki FOXP2 geninin yoğun bir doğal seçilim sürecinden geçtiğini gösterdi. Bilim insanları, bu doğal seçilim sürecinin oluştuğu zaman aralığını ölçmeyi de başardılar. Neredeyse 200 bin yıl önce gerçekleşen bu değişim, aynı zamanda türümüzün ilk ortaya çıktığı dönemlere rastlamaktadır. Bu sonuçlar, tam gelişmiş bir dil yeteneğinin sonradan ortaya çıkan bir yetenek olduğunu ve insangiller için geç zamanlarda geliştiğini ortaya koymaktadır.

Fakat doğal seçilim orada durmadı. Çeşitli yeni çalışmalarda son 50 bin yılda evrime uğrayan genler saptandı. Bu çalışmalardan 2006 yılında Chicago Üniversitesi bilim insanlarınca yayımlananı özellikle şaşırtıcıdır. Bu araştırmacılar geçtiğimiz son birkaç bin yıldaki doğal seçilimin işaretlerini aradılar. Araştırmalarını bir nesilden diğerine geçerken dağılmış, bölünmüş genler üzerine dayandırdılar. Her insan bir kromozoma ait iki parça taşır. Yumurta ve sperm hücreleri birleştikleri sırada taşıdıkları genlerin bir kısmını ötekine aktarırlar. Çocuklara aktarılan bu gen kümelerinden bir kısmı, üreme faaliyetlerine ilişkin önemli bir avantaj içerebilir. Bu sayede bu gen nesiller boyunca kolaylıkla yayılabilir, üstelik beraberinde getirdiği gen kümesi ve kromozomlarla birlikte.

Araştırmacılar özellikle DNA etrafında konuşlanmış aynı kümelerdeki genlerin farklı versiyonlarını incelediler. İnsan genomunda, hızla aktarılan bu genlerin yer aldığı 700 farklı bölge olduğunu saptadılar. Bu genler cilt renginden sindirim özelliklerine kadar pek çok farklı karakteristik barındırıyorlardı. Tat ve koku genleri de aynı şekilde hızla yayılan tiptelerdi. Son 6 ila 10 bin yıl arasında evrim geçirdiği tespit edilen bu genlerin nesiller arasındaki aktarımda öne çıkmasına, insan türünün anılan zaman aralığında beslenme alışkanlıklarını değiştirerek evcilleştirilmiş bitkisel ve hayvansal gıdaları tüketmeye başlaması sebep olmuş olabilir. Evrimini sürdüren bu tür genlerden birkaçı beynimizde hâlâ aktifler. Medeniyetimizin gelişim ve insan kültürünün zenginleşmesi acaba bu genlerdeki evrim tarafından mı yönlendirildi? Bu soruyu beş yıl sonra yeniden sormalıyız; bilimsel gelişmelerin hâlihazırdaki ivmesi göz önüne alındığında, bilim insanlarının yakında bu soruya da yanıt bulmaları muhtemeldir.

Geçtiğimiz beş yılda evrimsel biyolojide de büyük gelişmeler görüldü, ancak çok önemli düşünürlerini de kaybettiler. 2004 yılında İngiliz biyolog John Maynard Smith 84 yaşında öldü. Maynard Smith, evrim olgusunu daha anlaşılır hale getirmenin yolunu, kimi kavramları matematik ve iktisat bilimlerinden ödünç almakta bulmuştu. Smith, organizmaları oyuncu, oyuncuların davranışlarını da stratejiler olarak ele almıştı. Bu yolla, doğal seçilim sayesinde bir türün çoğalmasına veya neslinin tükenmesine yol açan farklı stratejileri incelemek mümkün oluyordu.

Bilim insanları birçok olguda çeşitli farklı davranış biçimlerinin birlikte var olduğunu buldular. Örneğin bir erkek fok balığı üreme başarısı sağlamak için bazen bir başka erkek fok balığıyla rekabete giriyor, bazen de baskın erkek fok balığının himayesine girmeyi kabul edip gizlice birkaç dişi fok balığıyla çiftleşebiliyordu. Bilim insanları bunlar gibi pek çok strateji buldu ve bunları sabit evrimsel stratejiler olarak adlandırdılar. Sabit evrimsel stratejiler, insan davranışlarıyla ilgili olarak da pek çok şey söyleyebilirler. Genlerin insan kişiliğinde, zekâsında ve davranışlarında bir rolü vardır. Bu faktörler içinde de büyük bir çeşitlilik olduğu açıktır. Muhtemelen bu genler milyonlarca yıl içinde evrimsel birer sabit haline gelmiş olabilirler. Ve bu oyunlar, türümüzün içindeki iletişimin evrimini açıklayan modeller de oluşturabilir.

Evrim: Bir Fikrin Zaferi'nde, genç bir ornitolog olan Ernst Mayr'ın 1920'lerde Pasifik Adalarındaki keşif çalışmalarını, türlerin ve ortaya çıkışlarının anlaşılmasına ilişkin modern yaklaşımımızın temellerini atan çalışmalarını anlatıyorum. Mayr, 2005 yılında 100 yaşında iken öldü. Yaşamının son yıllarını düşüncelerinin yeni nesil biyologlara nasıl ilham

kaynağı olduğunu izleyerek geçirdi. Fikirlerini ileri götürenleri izlemek onu mutlu etti. Ölümünden önce, "Yeni araştırmalar, evrimsel biyologlar için çok cesaret verici bir mesaj içermektedir. Bu da, evrimsel biyolojinin sonu olmayan, her zaman keşfedilecek yeni şeylerin bulunduğu bir alan olduğudur. Üzüldüğüm tek şey bu gelişmeleri görüp mutlu olamayacak oluşumdur" diye yazdı.

Stephen Jay Gould, ne yazık ki Maynard Smith veya Mayr gibi uzun bir ömür süremedi ve 2002 yılında 60 yaşındayken öldü. Ölümünden önceki yıl giriş yazısı kitabımı onurlandırdığında yakında bizleri terk edeceğini bilemezdim. O zaman bundan onur duymuştum, bu duygum şimdi daha da arttı, çünkü *Evrim: Bir Fikrin Zaferi* hâlâ onun katkılarını taşıyor. Gould, bir bilim insanı ve bir yazar olarak büyüklüğe erişmişti. Biyologları evrim konusunda ister fosillere isterse de embriyolara baksınlar, yeni yolları düşünmeye zorluyordu. Son 150 yılda çok az yazar evrimsel biyoloji fikrinin topluma bu kadar geniş aktarılmasında onun başarılarıyla yarışabilir. Bu kitabı, bu üç büyük bilim insanına ve ilerideki evrimsel biyologlara yeniden adıyorum.

TEŞEKKÜRLER

WGBH/NOVA Science Unit [WGBH/NOVA Bilim Ünitesi] ile Clear Blue Sky Productions [Açık Mavi Gökyüzü Yapım] ortak yapımı olan bu kitap, Evolution Project [Evrim Projesi] çalışmasının bir parçasıdır. Proje aynı zamanda 7 bölümlük bir TV dizisi, bir internet sitesi, bir multimedya kütüphanesi ve eğitsel bir toplumsal yardım programını da içermektedir. Bu kadar geniş bir girişimde böylesine yetenekli insanlarla birlikte olmak bir onur ve memnuniyet kaynağı. Paul G. Allen ve Jody Patton'a Açık Mavi Gökyüzü Yapımdaki ilham verici görüşlerine ve Evrim Projesindeki destekleri için özel teşekkürlerimi sunarım. Paula Apsell'e WGBH/NOVA Bilim Ünitesinin gelişimine kılavuzluk ettiği için ayrıca müteşekkirim. Beni ekibe kattıkları için de onlara teşekkür borçluyum.

TV dizisinin yapım yönetmeni Richard Hutton, evrimsel biyolojinin ele avuca sığmaz bilimini ilgi uyandıran 7 bölüm haline getirmek için alanlarında önde gelen düzinelerce bilim insanının danışmanlık yaptığı, dünyayı dolaşan bir yapım ekibini kontrol etti. Üstelik aynı anda benimle Kretase-Tersiyer kitlesel yokoluşları veya Charles Darwin'in aile hayatı hakkında tartışmalar yapacak vakit bulmayı bile becerdi. Liderliği ve fikirsel olarak bana eşlik ettiği için kendisine teşekkür ederim. Richard dizinin editoryal yapısını şekillendirmek için NOVA'nın baş editörü Steve Lyons, dizinin bilim editörü Joe Levine ve yardımcı yapımcı Tina Nguyen'le çalıştı. Özellikle Joe'ya aramızdaki anlamlı e-posta yazışmaları için teşekkür borçluyum. Tina'ya ne kadar sıra dışı olurlarsa olsunlar, her türlü bilgiyi tasnif etmekte bana yardımcı olduğu için müteşekkirim.

WGBH Enterprises'ın [WGBH Girişim] yayın yönetmeni Caroline Chauncey'e çok teşekkürler. Bu kitabın yazılması sırasında önemli rol oynadı –resmi olmayan editör, diplomat ve destekçi– ve tüm katkıları için ona müteşekkirim. Kitabın muhteşem sanatsal yapısı için binlerce resmi elden geçiren sanat danışmanımız Toby Greenberg'e ayrıca teşekkürler. WGBH Enterprises yöneticisi Betsy Groban'a, WGBH'nin yazın sorumlusu Doe Coover'a ve WGBH'nin yönetimindeki; Lisa Mirowitz'e, yapım koordinatörü Karen Carroll Bennett'e, işletme yöneticisi Denise Drago'ya, birim amiri Kerrie Iasi'ye, dizilerin yardımcı yapımcısı Cecelia Kelly'e, yapım sekretaryasına ve bu projenin ayrı parçalarını bir

araya getirmeye çalışan herkese teşekkürler. Clear Blue Sky Productions Başkan Yardımcısı ve Genel Yönetmen Eric Robinson'a, belgesel ürünler yöneticisi Bonnie Benjamin-Phariss'e, halkla ilişkiler ve pazarlama yöneticisi Jason J. Hunke'a ve yapım koordinatörü Pamela Rosenstein'a kibarca sunduğu editoryal önerileri ve değerlendirmeleri için teşekkürler.

Farklı bölümlerin yapımcıları kendilerine ait hummalı takvimlerini bir yana koyup, araştırmalarını, notlarını ve özetlerini benimle paylaştılar; kitabımın ilgili bölümlerini değerlendirecek kadar kibardılar da. Hepsine teşekkürler; kıdemli yapımcı David Espar'a, drama yönetmeni Linda Garmon' ve yapımcı Susan K. Lewis'e, "Darwin'in Tehlikeli Düşüncesinin" yapımcısı Joel Olicker'a, ortak yapımcı Chris Schmidt'e, Büyük Dönüşümlerin yapımcıları Richard Hutton ve Kate Churchill'e, Yokoluşların yapımcıları Gail Willumsen ve Jill Shinefeld'e, Evrimsel Orduların Yarışlarının yapımcıları Noel Buckner ve Rob Whittlesey'e, Neden Cinsiyetin yapımcıları John Heminway ve Michelle Nicholasen'e, Zihnin Big Banginin yapımcısı Bill Jersey'e ve Tanrı'dan Ne Haberin ortak yapımcısı Jamie Stobie'ye.

Bu kitap bilimle ilgilidir, bu nedenle en derin teşekkürler bu kitabı mümkün kılan bilim insanlarına gitmelidir. Evrim Projesinin danışmanlar kurulu hem kitaba hem de dizilere bilgeliklerini ve rehberliklerini sundular: Charles Aquadro, William H. Calvin, Sharon Emerson, Jane Goodall, Sarah Balaffer Hrdy, Don Johanson, Mary-Claire King, Ken Miller, Steven Pinker, Eugenie Scott ve David Wake. Ayrıca yalnızca dizilere bir danışman olarak değil, kitabı da bir sunumla onurlandıran Stephen Jay Gould'a özellikle teşekkür etmeliyim.

Hem dizilerde hem de kitapta yer alan tüm bilim insanlarına teşekkür ederim. Araştırmalarını zarif bir şekilde bana açıklayan veya yazıların bazı kısımlarını gözden geçiren tüm uzmanlara ayrıca teşekkür ederim: Chris Adami, Maydianne Andrade, Connie Barlow, Wouter Bleeker, Ed Brodie Jr., Ed Brodie III, David Burney, Joseph Cain, Sean Carroll, Steve Case, Chris Cheng-DeVries, Robert Cowie, Carla Dantonio, Robin Dunbar, David Dusenbury, Stephen Emlen, Douglas Erwin, Brian Farrell, John Flynn, Beatrice Hahn, Kristen Hawkes, Nicholas Holland, David Inouye, Christine Janis, Kenneth Y. Kaneshiro, Judy Kegl, Richard Klein, Andrew Knoll, Thurston Lacalli, Laura Landweber, Stuart Levy, Michael Lynch, Axel Meyer, Kenneth Miller, Stephen Mojzsis, Anders Moller, Ulrich Mueller, Martin Nowak, Stephen O'brien, Maureen O'Leary, Norman Pace, Nipam Patel, Marion Petrie, Stuart Pimm, David Resznick, Mark Ridley, Dolph Schulter, Kurt Schwenk, Eugenie Scott, John Thompson, Frans de

Waal, Peter Ward, Andrew Whiten, Brad Williamson ve Mark Winston. Tüm çalışmayı okuyan ve muhtemelen bir kutu kırmızı kalem harcayan Kevin Padian'a özellikle teşekkürler.

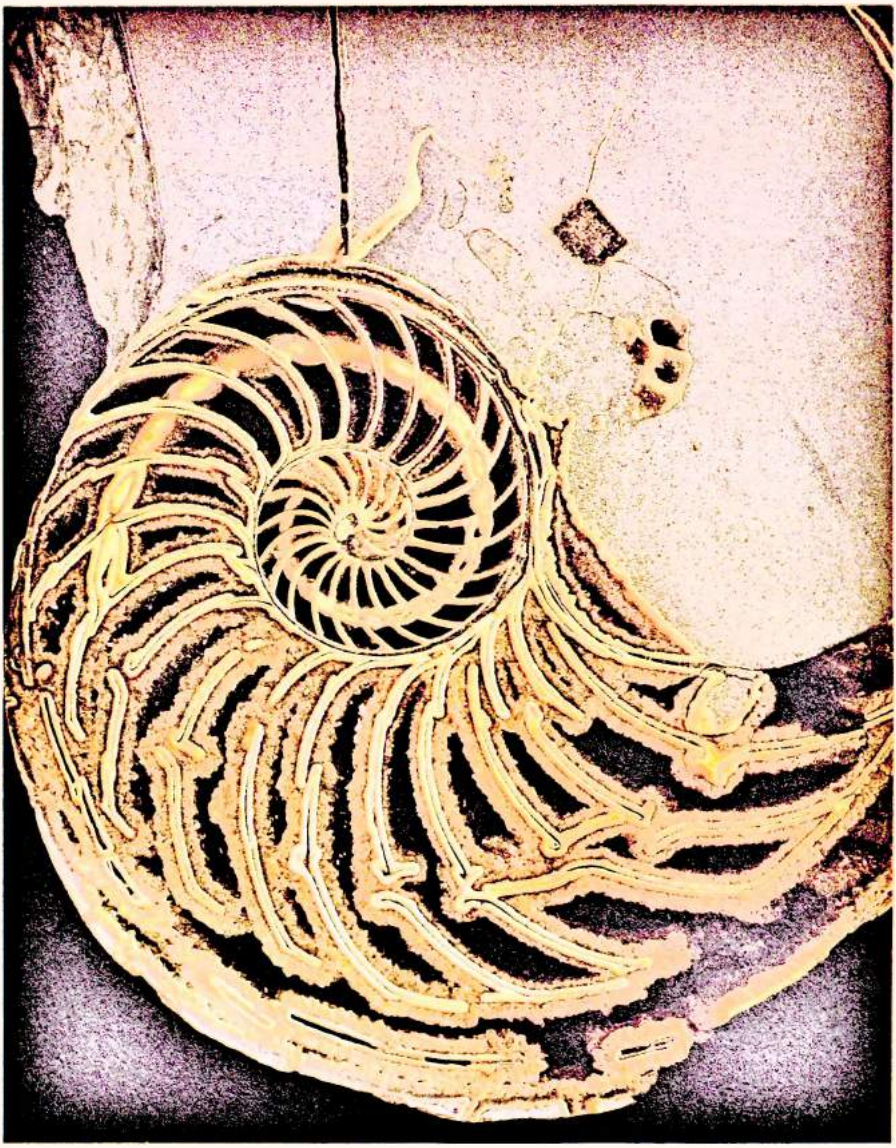
HarperCollins'deki editörüm Gail Winston'a ufak bir fasikülü bir kitaba dönüştürmede bana rehberlik ettiği için teşekkürler. Ayrıca menajerim Eric Simonoff'a teşekkürler.

Son olarak en büyük teşekkür eşim Grace'e gidiyor. Bu meşgul yıllar içinde her şeyi benim görüş alanım içinde tuttuğu için.



KISIM I

Yavaş Zafer: Darwin ve Darwinizmin Yükselişi



Fosillerin (yukarıdaki kafadanbacaklı yumuşakça gibi) uzun süre kendiliğinden biyolojik şekiller alan kayalar olduğuna inanıldı. Gerçekte fosiller iskeletler, kabuklar ve diğer organik artıkların minerallerle yer değiştirmesiyle oluşurlar.

Bölüm 1

DARWIN VE *BEAGLE*

1831 Ekiminin sonlarında 28 metrelik bir ticaret gemisi olan HMS *Beagle* Plymouth, İngiltere'de rıhtıma demirliydi. Gemi mürettebatı yuvalarındaki karıncalar gibi karmaşa içindeydiler. Dünya çevresinde yapacakları beş yılda tamamlanacak bir gezi için gemiyi ağzına kadar yüklemekle meşgullerdi. Un ve rom fıçılarını ambara yuvarlıyor ve güverteyi talaştan yataklarına yatırılmış deney saatleri taşıyan tahta sandıklarla tıka basa dolduruyorlardı. *Beagle*'ın yolculuğu deneysel bir geziydi. Dakikliğe çok önem veren İngiliz donanması için zaman ölçüm testleri yapılacaktı. Gezi sırasında çok ayrıntılı haritalar da çizilecekti, bunun için geminin kıç tarafındaki kamaralara maundan yapılmış kilitli dolaplar içinde seyir planları yerleştirilmişti. Tayfalar, *Beagle*'ın pusulalarında en ufak bir karışıklık dahi oluşmaması için geminin 10'luk çelik toplarını pirinç olanlarıyla değiştirmişti.

Hazırlıkların telaşı sürerken 22 yaşında bir adam kendi yolunu seçti. Geminin etrafında acemice dolaştı, 1,80'lik cüssesi kıç kamaraları için oldukça büyüktü ve kendini bu ortamın dışında hissediyordu. Gemide herhangi bir resmi pozisyonu yoktu; gezi boyunca kaptana eşlik etmek üzere, gemiye resmi olmayan bir sıfatla doğabilimci olarak davet edilmişti. Bu tür gezilerde genellikle gemi cerrahı aynı zamanda doğabilimci rolünü üstlenirdi fakat bu garip genç adamın bu türden bir becerisi de yoktu. Farklı bir alanda, kabul görecek bir meslek sahibi olmak için tıp eğitimini yarıda bırakmış, çıkacağı gezinin ardından bir kasabada rahip olmayı hedefleyen bir gençti. Saklama kavanozlarını, mikroskobunu ve diğer araçlarını kıç kamarasına istifledikten sonra yapacak işi kalmamıştı bile. Yardımcı seyir subayına zaman ölçümlerinde yardımcı olmaya çalıştı fakat en temel hesaplamaları yapabilecek derecede dahi matematik bilmiyordu.

Bu garip genç adamın adı Charles Darwin'di. *Beagle* İngiltere'ye geri dönene kadar geçecek beş yıl içinde, Britanya'nın en ümit verici genç bilim insanlarından birisine dönüşecekti. Gezideki deneyimlerinin ışığında biyoloji tarihindeki en önemli düşünceyi keşfedecekti. Bu düşün-

ce insanın doğal düzen içindeki yeriyle ilgili algısını kalıcı olarak değiştirecekti. *Beagle*'da elde ettiği kanıtlarla Darwin, doğanın bugünkü şeklinde yaratılmadığını gösterdi. Yaşam değişir; değişim yavaştır ancak geniş zaman dilimleri içinde süreklidir. Üstelik bu değişimler tanrısal bir müdahaleden dolayı değil, kalıtımın kanunlarından ötürü meydana gelir. Dolayısıyla insan varlığı, tanrısal yaratımın doruk noktası veya kader değil, evrimin oluşturduğu pek çok türden yalnızca birisidir.

Darwin, Viktorya Dönemi İngiltere'sini kuramıyla bir krizin içine sürükleyecekti ancak ileri sürdüğü alternatif görüşün de kendi içinde ihtişamlı olduğu anlaşılacaktı. Bugün evrimin bizi dünyanın oluşumuyla, kuyruklu yıldız sağanağıyla ve yıldızların ölü rüzgârlarıyla ilişkilendirdiği açıktır. Tükettiğimiz tahılları meydana getiren ve tahılları yok eden böceklere yardım elini uzatan odur. Tıbbın sırlarını aydınlatır; aklı olmayan bakterilerin nasıl olup da en zeki bilim insanlarını kurnazlıklarıyla alt ettiklerini gösterir. Zihinlerimizin, bir başına dolaşan kuyruksuz maymun çetelerinin arasında nasıl meydana geldiğini ortaya koyar. Evrimin, evrendeki yerimizle ilgili söyledikleri anlamakta güçlük çekmeyi sürdürsek dahi evren hâlâ çok daha dikkate değerdir ve etkileyicidir.

Beagle, günümüzde sadece Darwin'in güvertesinde edindiği deneyimler nedeniyle hatırlanmaktadır. Bunu gidip de *Beagle*'ın güvertesindeki varilleri yuvarlayan denizcilere söylemiş olsaydınız, yaptıklarının bilincindeymişçesine hareket etmeye çabalayan genç adama bakmaya tenezzül dahi etmeden kahkahayı basarlardı.

Darwin, Plymouth'tan ailesine, "Esas işim *Beagle* gemisinin güvertesine çıkmak ve elimden geldiğince bir gemici gibi görünebilmek. Çünkü bir erkek, bir kadın veya bir çocuk gibi nasıl görünülür hiç bilmiyorum" diye yazar.

KINKANATLILARIN VE SAYGINLIĞIN PEŞİNDE

Darwin, Shropshire'daki Severn Nehri kıyılarından topladığı çakıl taşları ve kuşların hayatını anlamlı kılacağını bilmeden yaşadı. Annesi Susannah, aynı isimle porselenler yapan zengin Wedgwood ailesinden geliyordu. Babası Robert daha az varlıklı bir çevreden geliyor olsa da, bir doktor olarak geleceğini kendisi inşa etmişti ve hastalarına gizliden gizliye faizle borç para veriyordu. Zamanla, Severn'e tepeden bakan, "The Mount" adı verilen büyük bir aile evi inşa edecek kadar zenginleşti.

Charles ve ağabeyi Erasmus birbirleriyle çok yakındılar; erkek kardeşlerin zaman zaman aralarında kurdukları, adeta telepatik bir iliş-

kiye sahiptiler. Henüz gençken Mount'ta, kendilerine kimyasallar ve kristallerle amatör deneyler yapabilecekleri bir laboratuvar kurmuşlardı. Charles 16 yaşına geldiğinde Erasmus tıp eğitimi için Edinburgh'a gitti. Babaları, Erasmus'a eşlik etmesi ve eninde sonunda tıp okuluna gitmesi için Charles'ı da oraya gönderdi. Charles, kardeşinin peşini bırakmadığı için ve yaşayacağı olası serüvenlerden ötürü mutluydu.



Charles Darwin, 1854'te çekilmiş bir fotoğrafta.

Edinburgh'a vardıklarında Charles ve Erasmus şehrin bakımsızlığı ve ürkütücü manzarası karşısında dehşete düştüler. Jane Austen'ın romanlarını yazdığı kibar bir sayfiye yerinde büyüyen bu iki oğlan gecekondularla ilk defa karşılaşıyorlardı. Etraflarında büyük bir siyaset kasırgası yaşanıyordu; İskoç milliyetçileri, Jacobitler (Kral II. James taraftarları) ve Kalvinistler kilise ve ülke üzerinde egemenlik kurmak için çarpışıyorlardı. Edinburgh Üniversitesinde derslerin ortasında bağıran ve silahlarıyla ateş eden düzensiz ve kaba kalabalıklarla yüzleştiler. Charles ve Erasmus, bu dehşet ortamında giderek birbirlerine daha da yakınlaştılar; zamanlarını sohbet ederek, sahilde yürüyüş yaparak, gazete okuyarak ve tiyatroya giderek geçirdiler.

Charles, tıptan nefret ettiğini çabucak anladı. Dersler sıkıcıydı, kadavralar bir kâbustu, ameliyatlar ise (çoğu anestezisiz ampütasyonlardı) korkunçtu. Kendisini doğa tarihiyle oyaladı. Charles bir doktor olamayacağını bilmesine karşın babasına karşı gelmek de içinden gelmiyordu. Yazı geçirmek için eve döndüğünde bu meseleyi gündeme getirmekten kaçındı, günlerini kuşları vurarak ve onları doldurmayı öğrenerek geçirdi. Yüzleşmelerden kaçınma huyunu, tüm hayatı boyunca sürdürecekti.

Yazdan sonra Robert Darwin, Erasmus'u çalışmalarına devam etmesi için Londra'ya göndermeye karar verdi. Charles, 1826 Ekiminde Edinburgh'a döndüğünde, nefret ettiği hayatını unutturan tek şey doğa tarihiydi. Edinburgh'da doğabilimcilerle dost oldu. Bir hayvan bilimci olan Robert Grant onu kanatları altına aldı. Grant, bir doktor olmak

için yetiştirilmişti fakat tıp eğitimini ülkenin en iyi hayvan bilimcilerinden birisi olmak için yarıda bırakmıştı. Deniz kalemleri, süngerler ve o güne kadar bilim insanlarının haklarında hiçbir şey bilmediği canlılar üzerinde çalışıyordu. Grant, Charles için iyi bir kılavuz olduğunu kanıtladı. "Sert ve resmi görünüşlüydü fakat bu dış görünüşünün altında ilham alınabilecek çok şey gizliydi." Darwin daha sonra böyle yazacaktı. Darwin'e, deniz suyunda deniz canlılarının mikroskop altında nasıl incelenebileceği gibi hayvan biliminin ince noktalarını gösterdi. Darwin de deniz yosunlarının erkek ve dişi cinsiyet hücrelerinin dansını gözlemleyen ilk kişi olarak iyi bir çırak olduğunu kanıtladı.

1928'de Edinburgh'daki ikinci yılının sonunda Darwin evine, Mount'a geri döndü. Babasından daha fazla kaçamazdı, sonunda babasına doktor olamayacağını itiraf etti. Robert Darwin çok öfkelenmişti. Charles'a şöyle dedi: "Ateş etmekten, köpeklerden ve sıçan yakalamaktan başka bir şeye önem vermiyorsun. Kendin ve ailen için bir yüz karası olacaksın."

Robert, canavar bir baba değildi. Oğlu zengin bir adam olacaktı ama Robert onun aylak bir zenginden daha fazlasını olmasını istiyordu. Eğer Charles doktor olmayacaksa Robert genç oğlu için geriye bir tek saygıdeğer profesyonel meslek kaldığını hayal ediyordu: Din adamlığı. Darwinler özellikle dindar bir aile değillerdi (Robert Darwin, tanrının varlığından bile şüphelenmişti) ancak Britanya'da din güvenlik ve saygı kaynağıydı. Her ne kadar Darwin kiliseye karşı büyük bir tutku duymasa da bu isteği kabul etti ve ertesi yıl teoloji eğitimi için Cambridge'e gitti.

Darwin, çok çalışkan bir öğrenci olmadı; İncil üstüne çalışmayı kınkanatlıları toplamaktan daha az seviyordu. Çalılıklarda ve ormanlarda böceklerin en nadir türlerini arıyordu. Ağaçların yosunlarını kazıması ve mavnaların tabanına dolmuş sazları çıkartması için bir işçi tuttu. Gelecek planları arasında ise papaz mesleğini icra etmek yoktu; İngiltere'yi temelli terk etmeyi planlıyordu.

Alexander von Humbolt'un, Brezilya'da Yağmur Ormanlarına ve And Dağlarına yaptığı geziyi okudu ve doğanın nasıl çalıştığıyla ilgili bir şeyler keşfetmek için aynı şekilde gezmek istedi. Humbolt, Kanarya Adalarında bulunan ovalardaki yoğun ormanlardan ve engebeli volkanik sırtlardan övgüyle söz ediyordu; böylelikle Darwin bölgeye yapacağı keşif gezisini planlamaya başladı. Cambridge Üniversitesinden eğitmen Marmaduke Ramsay de bu geziye katılmak için gönüllü oldu. Darwin, jeoloji alanındaki yeteneklerini Cambridgeli bir jeolog olan Adam Sedgwick'in asistanı olarak Galler'de haftalarca çalışarak geliş-

tirmişti. Keşif gezisinden döndüğünde Kanarya Adalarına yapacağı gezi için ciddi hazırlıklara başlamak üzereyken bir mesaj aldı. Marmaduke Ramsay ölmüştü.

Darwin, mahvolmuştu. Kafasında ne yapacağıyla ilgili hiçbir düşünce olmadan eve, Mount'a geri döndü. Eve döndüğünde Cambridge'deki bir başka profesöründen gelen bir mektup onu bekliyordu. John Stevens Henslow, Darwin'in dünya etrafındaki bir geziyle ilgilenip ilgilenmeyeceğini öğrenmek istiyordu.

YALNIZ KAPTAN

İstek *Beagle*'ın kaptanı Robert FitzRoy'dan gelmişti. FitzRoy'un iki farklı sorumluluğu vardı. Bunlardan ilki, dünya etrafında yapılacak bir yolculuğu koordine etmek için titizlikle tasarlanmış, yeni nesil saatleri test etmek, diğeri ise Güney Amerika sahillerinin haritasını çıkarmaktı. Arjantin ve komşuları İspanya'nın kontrolünden henüz çıkmışlardı ve Britanya bu suları yeni ticaret yolları kurmak için haritalamalıydı.

FitzRoy, *Beagle*'ın kaptanı olarak ikinci görevine çıkıyorduysa da, daha henüz 27 yaşındaydı. İngiltere ve İrlanda'da geniş mülkleri olan aristokrat bir aileden geliyordu ve Kraliyet Deniz Kolejinde matematik ve fen konusunda zeki bir öğrenci olarak isim yapmıştı. Akdeniz ve Buenos Aires'de hizmet etmiş ve 1828'de 23 yaşındayken *Beagle*'ın kaptanı olmuştu. Daha önceki kaptan, Tierra del Fuego'nun dalgalarla dövülen adalarını haritalamaya çalışırken delirmiş, tayfaları iskorbüt hastalığına yakalanmış ve yaptığı kötü haritalar onu terk edilmiş dairelere hapsetmişti. "İnsanın ruhu kendi içinde ölür" diye seyir defterine yazan kaptan kendini vurdu.



Robert FitzRoy (1805-1865), HMS *Beagle*'ın kaptanı.

FitzRoy, aristokratik geleneklerden efendilik ve tutkunun, modern bilimden ise görev hevesi ve bireysel çaresizliğinin karışımıydı. *Beagle*'ın kaptanı olarak Tierra del Fuego'ya yaptığı ilk görev yolculuğunda sandallarından birisi yerliler tarafından kaçırılmıştı. FitzRoy, misilleme olarak sonradan çoğu kaçacak rehineler aldı. Geride kalan iki adam ve bir kız ise güvertede olmaktan mutlulardı ve

FitzRoy aniden onları İngiltere'ye götürmeye karar verdi. Onları eğitecek ve diğer yerlileri dönüştürmek üzere geri getirecekti. Eve dönüş yolunda bir sedef düğme karşılığında satın aldığı dördüncü bir yerli daha edindi. İngiltere'de yerlilerden birisi çiçek hastalığından öldü ama FitzRoy hâlâ diğer üç yerliyi medenileştirmeyi ve onları yapacağı ikinci yolculukta Tierre del Fuego'ya geri götürmeyi planlıyordu. Yanlarında, kabilelerin eğitilmesi görevini üstlenecek bir misyoner de olacaktı.

FitzRoy, yaklaşmakta olan yolculuk için bir yoldaşa ihtiyacı olduğuna karar verdi. Kaptanlar tayfalarıyla ilişki kurmuyorlardı, bu zorunlu yalnızlık çıldırtıcı olabiliyordu. Önceki kaptanın intiharının gemi üzerinde yarattığı etki de hâlâ geçmemişti. FitzRoy'un fazladan bir endişesi daha vardı. Amcası, kariyeri parçalanmış bir politikacıydı ve o da kendi boğazını kesmişti. FitzRoy, aynı kötü kaderin kendisi için de geçerli olabileceği kuşkusunu taşıyordu (Önsezileri çok iyiydi. Bundan 30 yıl kadar sonra başarısız denizcilik kariyeri nedeniyle depresyona girdi ve kendi boğazını kesti).

FitzRoy, geziyi düzenleyen Francis Beaufort'a yolculuk sırasında kendisine yoldaşlık edecek bir arkadaş bulup bulamayacağını sordu. Bu arkadaşın aynı zamanda resmi olmayan bir doğabilimci gibi davranması ve *Beagle*'ın karşılaşacağı hayvan ve bitkileri kaydetmesi gerektiği konusunda fikir birliğine vardılar. FitzRoy, bu kişinin bir beyefendi olmasını, kibar konuşabilmesini ve kendisini yalnızlıktan kurtarmasını istiyordu.

Beaufort, Cambridge'den arkadaşı Henslow'la temasa geçti. Bu görev kulağa çok çekici gelse de, Henslow karısını ve çocuğunu bu kadar uzun bir süre terk edemeyeceğine karar verdi. Henslow, işi yakın zaman önce Cambridge'den mezun olmuş Leonard Jenyns'e teklif etti. Jenyns, eşyalarını toplamak için gitmiş ancak bir bölgeye henüz papaz olarak atandığı ve bu kadar erken istifa etmeyi düşünmediğini belirterek fikrini değiştirmişti. Henslow bunun üzerine Darwin'e döndü. Bu, Darwin'in Kanarya Adalarına yapmayı hayal ettiğini çok ötesinde bir yolculuktu ve ailesi olmadığı veya onu geride tutacak bir görevi bulunmadığı için bu şansın üstüne atladı.

Baba Darwin ise bu seyahat için oğlu kadar hevesli değildi. Bir geminin kaba ve iğrenç koşullarından endişe ediyor, oğlunun boğulabileceğini aklına getirdikçe kaygıları artıyordu. Bunun yanı sıra, donanma bir beyefendinin bulunacağı bir yer değildi, gelecekte ruhban sınıfında yer alacak bir adam için kötü şöhret nedeniydi ve ıssızlığa, terk edilmişliğe baş koymak gibiydi. Eğer Charles giderse hiçbir zaman uygun

bir hayat kuramayabilirdi. Charles, asık bir suratla Henslow'a babasının bu seyahati tasdik etmediğini yazdı.

Fakat Robert Darwin, kafasında düşüncelerini tam oluşturmamıştı. Oğlu, Wedgwood'daki mülklerine rahatlamak için avlanmaya gittiğinde, Robert, kayınbiraderi Joseph Wedgwood'a bir not gönderdi. Geziyle ilgili olumsuz görüşlerini yazdı fakat "Eğer benden farklı düşünüyorsan senin tavsiyelerini izlemesini isteyebilirim" diye de ekledi.

Charles durumu kendisine anlatınca, Wedgwood da yeğeninin heyecanına ortak oldu. Sonra da Robert'a bir din adamının, doğa tarihi hakkındaki bir arayış içerisinde olmasının oldukça uygun olduğunu anlatan, bu gezinin "çok ender rastlanabilecek şeyleri ve insanları" görmek için bir fırsat olduğunu belirten bir mektup yazdı. Sabah erkenden mektubu gönderen Wedgwood, Charles'ı keklik avıyla oyalamaya çalıştıysa da, saatler 10'u gösterdiğinde meseleyi yüz yüze tartışmak üzere Mount'a doğru hareket ettiler. Eve vardıklarında Robert Darwin'in mektubu okumuş olduğunu ve inadının kırıldığını fark ettiler. Baba Darwin, oğluna yolculuk için bir miktar para verdi; kız kardeşi ise Charles'ın yolculuk hazırlıklarına yeni gömleklerle katkıda bulundu.

Darwin, Francis Beaufort'a bir mektup gönderdi ve Henslow'a gönderdiği önceki mektubu görmezden gelmesi gerektiğini, *Beagle*'a katılacağını yazdı. Henüz FitzRoy'la tanışmadığı halde yolculuk için hazırlıklara başladı. Kısa zamanda kaptanın tereddütleri olduğuna dair dedikodular duydu. Kendine özgü kararsızlık anlarından birinde FitzRoy, gemideki pozisyonun bir arkadaşına verildiğini söylemeye başladı ve bu söylenti Darwin'e kadar ulaştı.

Darwin, bocaladı, afalladı ve incindi fakat dedikodulara rağmen Londra'da görüşmek üzere FitzRoy'la randevulaştı. Londra'ya doğru giden faytonun penceresinden dışarı bakarken, bu yolculuğun da daha önce yaptığı planlar gibi buhar olup uçmakta olduğundan endişe ediyordu.

FitzRoy ve Darwin tanıştıklarında, FitzRoy hemen yolculuğun kötü, konforsuz, pahalı ve belki de tüm dünyayı kapsamayabileceğini söylemeye başladı. Fakat Darwin vazgeçmiyordu. Bu endişelerini körüklemek yerine cana yakın rahip duruşu, kapsamlı bilimsel eğitimi, Cambridge'de edinilmiş tarzı ve tedbirlice tasarlanmış hürmetiyle FitzRoy'u kendine hayran bıraktı. Görüşmenin sonunda FitzRoy'un takdirini kazanmıştı. Karar verilmişti; birlikte yelken açacaklardı.

"Güney Amerika'nın hamamböcekleri, size geliyoruz!" diye bağırdı Darwin.

DÜNYAYI İNŞA ETMEK

Darwin Eylül 1831'de Plymouth'a vardığında sandıkları kitaplar ve bilimsel araçlarla doluydu. Beraberinde, o günün dünyasına ve o dünyayı dolduran canlılara ilişkin düşüncelerini de getirmişti. Cambridge'deki öğretmenleri dünyayı tanıyan birinin, tanrının amaçlarını da tanıyacağını söylemişlerdi. Ancak Britanyalı bilim insanlarının keşifleri arttıkça, yanılmaz bir kılavuz olarak İncil'e yaslanabilmek giderek zorlaşıyordu. Örneğin Britanyalı jeologlar artık dünyanın yalnızca birkaç bin yıl yaşında olduğunu kabul etmiyorlardı. Oysa bir zamanlar İncil'in, insanlığın yaradılışın ilk haftasında meydana getirildiğine ilişkin güvenilir sözleri yeterli görülüyordu. 1658'de Armagh Başpiskoposu James Usher, dünyanın yaşını tayin etmek için, diğer tarihsel kayıtların yanı sıra İncil'i de kullanmıştı. Yaptığı incelemelerin sonucunda, tanrının dünyayı MÖ 22 Eylül 4004 tarihinde yarattığını açıkladı. Ancak çok kısa zamanda anlaşıldı ki, dünya yaradılışından bu yana değişimler geçirmişti. Jeologlar uçurum yüzeylerinde istiridye fosilleri ve deniz hayatına ait diğer bulgular bulmuşlardı. Şüphesiz ki tanrı dünyayı yaratırken onları oraya koymamıştı. Erken dönem jeologlar, fosilleri Nuh Tufanı sırasında ölen hayvanların kalıntıları olarak değerlendirmişlerdi. Okyanuslar dünyayı kapladığında, bunlar tabana yapışan çamurun içine gömülmüşlerdi. Kalıntılar okyanus tabanında kaya tabakaları oluşturmuş, sular çekildiğinde ise bazı tabakalar sıkışmışlardı. Bu işlem sırasında fosillerin yayıldığı sarp kayalıklar ve dağlar oluşmuştu.

1700'lerin sonu itibarıyla, çoğu jeolog dünyanın tarihini tek bir katastrofik su baskınının yarattığı değişiklikle kısıtlamaya çalışmaktan vazgeçti. Bazıları, ilk oluştuğunda gezegenin küresel bir okyanusla kaplı olduğunu, yavaş yavaş granit ve diğer kayaların üst üste biriktiğini ileri sürüyorlardı. Okyanus çekildiğinde kayalık kısımlar açığa çıkmış, aşınma sonrasında da yeni katmanlar oluşmuştu.

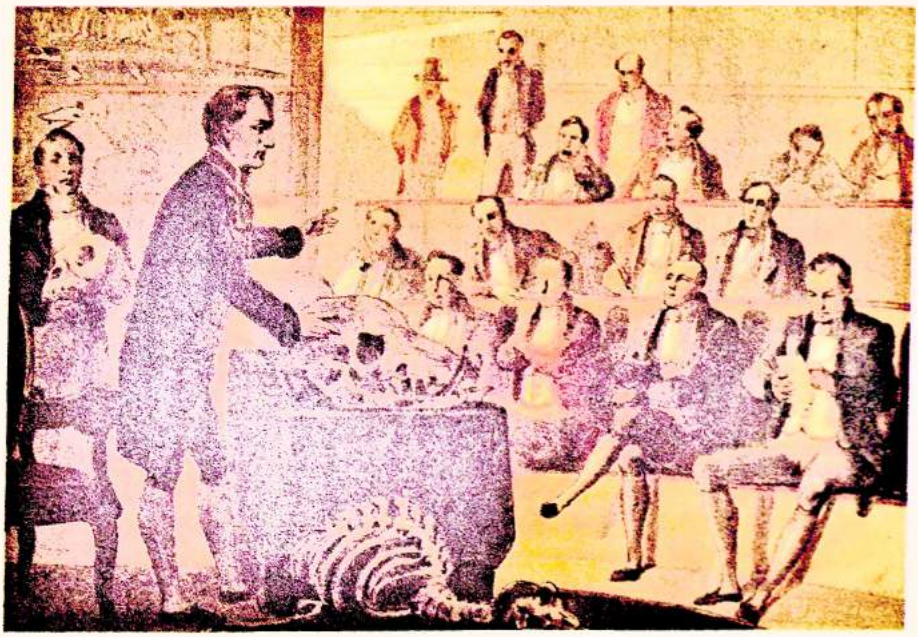
Diğer jeologlar dünya yüzeyini oluşturan güçlerin içeriden geldiğini düşünüyorlardı. Bir İskoç beyefendisi ve çiftçisi olan James Hutton, erimiş haldeki çekirdeğin granitleri yukarı ittiğini, bazı yerlerde volkanları oluşturduğunu ve dünya yüzeyinin geniş kısımlarını diğer tabakalar üzerine bindirdiğini öngörüyordu. Yağmurlar ile rüzgârlar, dağları ve gezegenin diğer yükselmiş kısımlarını aşındırmış ve bu çökelti okyanuslara taşınmış, böylece deniz yüzeyinden yüksekteki kaya kütleleri oluşmuştu. Bu seri işlemler küresel yapım ve yıkım döngüleri şeklinde gerçekleşmişti. Hutton, dünyayı her zaman insanların yaşamasına olanak sağlayan, ustaca şekillendirilmiş bir gel-git makinesi gibi görüyordu.

Hutton, kuramı için kanıtları İskoçya kayalıklarında keşfetti. Çökelti kayalıklarına kadar yükselmiş granit damarları buldu. Çökelmiş kayalık katmanlarının düzgün yatay şekilde sıralanmış üst kısımlarında açığa çıkmış alanlar olduğunu gördü, diğer katmanlar ise itilmiş şekilde eğik düzlemdeydi. Hutton, alt kısımlarda antik zamanlara ait su katmanlarının bulunduğuna kanaat getirmişti. Bu katmanlar, yer altı güçlerinin etkisiyle deniz düzeyinin üstüne doğru itilerek kaldırılmış, ardından yağmurla aşındırılmıştı. Sonrasında bu itilmiş katmanlar suyla kaplanmış ve yeni bir yatay çökelti tabakası bunları sarmıştı. Nihayetinde, Hutton'un gördüğü sudan dışarı fırlayan yer katmanları ortaya çıkmıştı.

Hutton, yeni kuramını topluma ilk açıkladığında, "Zamana bağlı olarak muhtemelen bir soru ortaya çıkar" dedi ve şöyle devam etti: "Bu büyük işin oluşması için ne kadar bir zaman aralığı gereklidir?"

Bu soruya verdiği yanıt "Çok" biçimindeydi. Gerçekte ise "Belirsiz bir zaman aralığı" cevabını aklından geçiriyordu.

Hutton, dünyadaki değişikliklere ait temel bir ilkeyi keşfetmişti. Bugün fark edemediğimiz bir yavaşlıkla çalışıp gezegeni şekillendiren bu güçler, tarih boyunca da aynı şeyi gerçekleştirmişlerdi. Bu yüzden, pek çok çağdaş jeolog için o bir kahramandır. Fakat kendi zamanında pek



Georges Cuvier (1769-1832), tarihte ilk kez fosilleri ciddi bilimsel çalışmaların konusu haline getirdi. Bunların çoğu zaman yok olmuş türlere ait olduğunu gösterdi.

çoklarının açıkça tepkisini çekmişti. Kuramının yaradılışa karşı çıktığından şikâyet eden eleştiriler geldi. Ancak jeologların çoğu, dünyanın tarihinin herhangi bir yönelimi olmadığına, bu işin kendiliğinden kaynaklanan, başı veya sonu olmadan gerçekleşen yaratılış ve yıkım dönemlerinden oluştuğuna dair yaptığı varsayımın karşısında yer aldı. Ama jeolojik kayıtlara daha yakından baktıklarında dünyanın her zaman aynı olmadığını gördüler.

En iyi kanıtlar kayaların kendilerinden değil, üzerleri kayalarca gizlenmiş fosillerden geldi. Örneğin Fransa'da Georges Cuvier isimli genç bir paleontolog Sibirya, Avrupa ve Kuzey Amerika'da (buralarda günümüzde fil yaşamamaktadır) bulunmuş fil kafatasları ile günümüzde yaşayan fillerin kafataslarını karşılaştırdı. Cuvier, büyük çenelerini, bir araya gelip birleşmiş ve kereste gibi bir şekil almış dişlerini kabataslak çizdi. Bu fil fosillerinin (mamut olarak adlandırılan) günümüzde yaşayanlardan temelde farklı olduğunu gösterdi ve "Farklılık, bir köpekle çakal arasında farka eş, hatta daha fazladır" diye yazdı. Böylesine devasa bir farklılığın kimsenin dikkatini çekmeden apaçık ortada durduğunu iddia etmek çok zordu. İlk defa bir doğabilimci türlerin geçmişte yok olduğunu gösteriyordu.

Cuvier, pek çok başka memelinin de yok olduğunu ortaya koydu. Keşifleri hakkında, "Bu bulgular, bir çeşit felaketle yok olmuş, bizden öncesine ait bir dünya olduğunu bana kanıtladı. Fakat bu ilkel dünya neydi? İnsanlığın egemenliğinde olmayan bu doğa nasıl bir şeydi? Bu nasıl bir devrimdi ki geride yarısı parçalanmış kemiklerden başka herhangi bir iz bırakmadan her şeyi yok olma noktasına getirebilmiş olsun?" şeklinde yazdı.

Cuvier, daha da ileri gitti. Mamutlar ve diğer yok olan memelileri yokoluşa götüren tek bir felaket yoktu, bu felaketler birçok defa yaşanmıştı. Farklı çağlara ait fosiller çok belirgindi, öyle ki Cuvier bunları bulundukları yerdeki kaya yapısını ayırt etmekte kullandı. Cuvier, felaketlere neyin sebep olduğundan açıkça emin olamadı. Bu türden devrimsel değişikliklerin okyanusların ani yükselişi veya şiddetli soğuk dalgalarının çarpmasıyla oluştuğunu düşünüyordu. Sonra, yeni hayvanlar ve bitkiler başka yerlerden göç yoluyla gelmiş veya yaratılarak ortaya çıkmış olmalıydılar. Fakat Cuvier tek bir şeyden emindi. Dünya tarihinde devrimler çok sıktı. Eğer Nuh Tufanı gerçekse, pek çok felaketin sonuncusundan başka bir şey değildi; bu felaketlerin hepsi bir sürü türü yok etmiş ve bu olayların çoğu da insanlar ortaya çıkmadan çok önce gerçekleşmişti.

Yaşamın tarihinin gerçek hızını anlayabilmek için, aralarında Adam Sedgwick'in de olduğu Britanyalı jeologlar, gezegenin tüm jeolojik kayıtlarını katman katman sınıflandırdılar. Oluşumlara verdikleri Devonian ve Kambriyen gibi isimler bugün hâlâ kullanılmaktadır. Ancak 1800'lerin başındaki jeologlar, İncil'i harf harf takip etmekten çok uzakta olsalar da, yaptıkları işi hâlâ dinsel bir çaba olarak görüyorlardı. Bilimlerinin tanrının işini ve hatta niyetini ortaya çıkarabileceğine inandırılmışlardı. Sedgwick'in kendisi de doğaya –kendi ifadesiyle– "Tanrı'nın gücünün, bilgeliğinin ve mükemmelliğinin bir yansıması" olarak bakıyordu.

TASARIMIN ORTAYA KONMASI

Sedgwick gibi Britanyalı araştırmacılar için tanrının mükemmelliği yalnızca dünyayı yaratış şeklinden değil, yaşamı var ederken izlediği yoldan da görülür. Her tür ayrı olarak yaratılmıştır ve yaradılışlarından bu yana değişime uğramamışlardır. Ama türler, bitkiler ve hayvanlar şeklinde kategorize edilebilir; kendi içlerinde de balıklar ve memeliler gibi sınıflandırılabilirler. Britanyalı doğabilimciler bu modelin tanrının dünya için yardımsever planını yansıttığına inanırlar. Dünya derece derece, cansız nesnelerden başlayarak, sümüksü yaşam formları ve giderek daha yüksek formlara ulaşan biçimde organize edilmiştir. Yüksek formlarla anlatılmak istenen elbette insana benzerliktir. Büyük Oluşum Zincirinde hiçbir dal, hiçbir zaman değişmemiştir. Bu, tanrının yaratışının mükemmel olduğu anlamına gelir. Alexander Pope'un daha önce yazdığı gibi: "Doğanın zincirinde hangi dala çarparsanız çarpın / Onlarca veya on binlercesinin bu zincire bağlı olduğunu görürsünüz."

Oluşumun Büyük Zinciri yalnızca tanrının yardımsever el işini değil, bağımsız türlerin nefis tasarımını da ortaya çıkarmıştır (Bir insanın gözünü veya bir kuşun kanadını düşünün). Bir İngiliz rahibi olan William Paley, bu iddiayı Cambridge'de Darwin ve gözü yükseklerde olan diğer doğabilimciler ile teologların okuması zorunlu kılınan kitaplarında dile getirmiştir.

Paley'nin iddiası oldukça baştan çıkarıcı bir analojiye dayanıyordu. "Bir çalılığı geçerken" diye yazdı, "düşünün ki ayağımı bir taşa çarptım ve bu taşın buraya nasıl geldiğini sordum." Muhtemelen Paley'nin tüm bildiği, onun ezelden beri orada durduğuydu. "Fakat farz edin ki yerde bir saat buldum, o halde o saatin o yerde, nasıl bulunduğu sorgulanmalıdır." Bu durumda Paley çok farklı bir karara vardığını iddia eder. Taşın aksine bir saat tek bir amaç uğruna, yani geçen zamanı ölçmek

için birlikte çalışan çeşitli parçalardan meydana gelmiştir. Bu parçalar ancak beraber çalıştıklarında işlevsel olabilirler; yarım bir saat zamanı söyleyemez.

Saat, bir tasarımcı tarafından yaratılmış olmalıdır. Paley, bunları saat yapmasını bilmemesine ve bulduğu saatin kırık olmasına rağmen söyleyebiliyordu. Bir saatin, metal parçalarının pek çok farklı olası kombinasyonundan sadece birisi olduğunu söylemesi anlamsız olurdu.

Doğaya baktığımızda bir saatten çok daha karmaşık sayısız yaratık bulunabileceğini iddia eder Paley. Teleskoplar ve gözler aynı ilkeye, bir görüntü yaratmak üzere ışığı büken lensler temel alınarak yapılmışlardır. Işığı su içinde bükmek için, lensin ışığı havada bükmek için olması gerekenden daha yuvarlak olması gerekir. İşte bakın! Balıkların gözleri karadaki hayvanlarınkinden daha yuvarlak lenslere sahiptir. "Tasarımın açıklanmasını bu farklılıktan daha sade ne açıklayabilir?" diye sorar Paley.

Bir istiridye, bir balıkçıl, bir böbrek; Paley'nin incelediği her şey, ona doğanın bir tasarımcısının olduğunu gösterdi. 1700'lerin sonunda astronomların gezegenlerin yörüngesini açıklamak için kullandığı fizik kuralları tanrının bir zaferi olarak ele alınabilirdi. (Paley en azından bunu itiraf ediyordu: "Astronomi, zeki bir yaratıcının varlığını kanıtlamak için en iyi araç değildir.") Fakat hayat teolojik temelde hâlâ doğurgandı.

Doğa Paley'ye, yalnızca tek bir tasarımcının varlığını göstermekle kalmıyor, aynı zamanda o tasarımcının yardımseverliğini de gözler önüne seriyordu. İncelemelerinin çoğunda, tanrının yarattıklarının faydalı olduğunu ileri sürüyordu. Yeryüzündeki zararlı şeyler ise talihsiz yan etkilerdi. Bir insan dişlerini birisini ısırmak için kullanabilirdi ama onlar gerçekte çiğnemek için yaratılmışlardı. Eğer tanrı birbirimize zarar vermemizi isteseydi, ağzımıza koyacak çok daha iyi silahlar yaratabilirdi. Bu tür olumsuzluklar Paley'yi yaşamın ışığından ayırmaya yetmiyordu: "Her şeye rağmen mutlu bir dünya. Hava, yeryüzü ve su, varlıklarından mutlu olarak ürün veriyorlar."

ZÜRAFA BOYNUNA NASIL KAVUŞTU

Darwin, Paley'nin belagatinden çok etkilendi fakat aynı zamanda yaşamın bugünkü haline nasıl geldiğine dair fikirlerinin çok da kayda değer olmadığının belirli belirsiz farkına vardı. Bu fikirlerin bir kısmı kendi öz ailesinden geliyordu. Büyük babası Erasmus Darwin, Charles doğmadan 7 yıl önce ölmüştü. Ancak, hayatta olmamasına karşın göz ardı

edilemeyecek birisiydi. Ticaretle uğraşan bir doktor, aynı zamanda bir doğabilimci, bir mucit, bir botanikçi ve eserleri çok satan bir şairdi. *Doğanın Tapınağı* isimli şiirinde yaşayan tüm hayvan ve bitkilerin mikroskobik formlardan kaynaklandığını iddia ediyordu:

> Kıyılara ulaşmayan dalgaların arasındaki organik yaşam
> Okyanusun incili mağaralarında doğdu ve yetişti;
> İlk oluştukları an merceklerle bile görülmedi,
> Çamurda hareket ettiler ya da balçığı deldiler;
> Ve nesilleri devam ettikçe,
> Yeni güçler elde ettiler ve büyük uzuvlara kavuştular.



Erasmus Darwin (1731-1802), Charles'ın büyük babası. Bir doktor ve bir botanikçi olan Erasmus, türlerin evrildiğini öngörmüştü.

Erasmus Darwin'in kişisel hayatı da, bilimsel görüşleri gibi skandallarla doluydu. İlk karısının ölümünden sonra aşk mefhumunu ciddiye almamaya başladı ve evlilik dışı iki çocuğun babası oldu. Kendisini, "Cinsel aşkın tanrılarına selamlar olsun! Her cinsel ilişki dünyayı daha çok birleştirecektir" diye ifade etti. Oğlu Robert, babası Erasmus'u çoğu zaman utanç verici bulurdu; doğal olarak torun Charles, Mount'ta rahat ve kurallara uygun bir şekilde büyürken dedesi hakkında çok şey öğrenemedi.

Charles Darwin, radikal düşüncelerin giderek kuvvetlendiği bir şehir olan Edinburgh'a seyahat ettiğinde dedesinin pek çok hayranı olduğunu keşfetti. Bunlardan biri, ileride Charles'ın kılavuzu olacak zoolog Robert Grant'tı. Grant, süngerler ve deniz kalemleri üzerine çalışıyordu ancak bu canlılara duyduğu ilgi sebepsiz değildi. Grant bu türlerin, hayvanlar krallığının köklerini oluşturduğunu düşünüyordu. Diğer tüm hayvanların kökeni, bu iki türe benzeyen formlara dayanıyor olabilirdi. Grant ve Darwin, kıyı boyunca uzanan gelgit havuzlarına numune toplamaya gittiklerinde, Grant, genç Charles'a, Erasmus Darwin'e olan hayranlığını anlattı Erasmus'un bir türden bir başka türe dönüşmek konusundaki düşüncelerini aktardı. Grant, Fransız doğabilimcilerin yaşamın sabit olmadığı olasılığını tartışabilmeye cüret ettiklerini, hatta yaşamın evrildiği üzerinde durduklarını Erasmus'un torununa anlattı.

Grant, Cuvier'nin Paris Ulusal Müzesinden bir meslektaşı olan, şövalye unvanlı Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet Lamarck'tan söz

etti. Lamarck 1800'de, türlerin sabitliğinin bir yanılsama olduğunu açıklayarak Cuvier'yi ve Avrupa'nın geri kalanını büyük bir şaşkınlığa sürüklemişti. Lamarck'a göre, türler zamanın başlangıcında şu anda bulundukları formda yaratılmamışlardı. Dünyanın tarihi süresince, yeni türler kendi kendilerine oluşmuşlardı. Hepsinde, zaman içinde kendilerini yeni türlere dönüştüren "sinirsi bir sıvı" mevcuttu. Türler evrilirken giderek daha karmaşık, daha üstün bir düzeye ulaşıyorlardı. Türlerin süregelen ortaya çıkışları ve devam eden dönüşüm, Büyük Oluşum Zincirini yaratıyordu: Zincirin alt katmanındaki üyeler, yukarıya doğru yaptıkları yolculuklarına kendilerinden daha yüksekte konuşlanmış üyelerden daha sonra başlamışlardı.

Lamarck, yaşamın başka bir yolla değiştiğini iddia ediyordu. Bir tür, yaşadığı yerel çevreye uyum sağlayabilirdi. Örneğin zürafalar yaprakların oldukça yüksekte olduğu çevrelerde yaşarlar. Bugünkü zürafaların ataları, boyunlarını yukarılara doğru uzatarak, yüksekteki yaprakları yemeye çalışmış daha kısa boyunlu hayvanlar olabilirlerdi. Zürafa boynunu yukarı uzattıkça, boyun bölgesine giderek daha fazla sinirsi sıvı dolar. Sonuç olarak boynu uzar ve yavruları olduğu vakit uzun boyunlu olma özelliğini sonraki nesle de aktarır. Lamarck, insanların ağaçları terk eden, ayağa kalkan ve düzlüklere doğru yürüyen kuyruksuz maymunlardan türediğini tahmin ediyordu. İki ayak üzerinde yürümek için harcanan çaba, vücutlarının duruşunu zaman içerisinde değiştirip bugünkü postürümüzü oluşturmuş olmalıydı.

Lamarck'ın bu fikirleri, Fransa'daki ve diğer ülkelerdeki doğabilimcileri dehşete düşürdü. İlk hücuma kalkan Cuvier oldu ve Lamarck'ı iddialarını ispatlamaya davet etti. Evrimi mümkün kılan sinirsi sıvı yalnızca bir varsayımdan ibaretti ve ortaya çıkarılmış fosiller bu iddiaları desteklemiyordu. Eğer Lamarck haklıysa, en eski tarihli fosillerin, bugünün türlerine kıyasla daha basit yapıda olmaları gerekirdi. Öyle ya, eski fosillerin daha karmaşık yapılara bürünmek için oldukça az süreye sahip olmaları lazımdı. Fakat 1800'e kadar bulunabilmiş en eski kayalardaki hayvan fosilleri, en az bugün yaşayan canlılar kadar karmaşık yapılara sahiptiler. Napolyon'un orduları Mısır'ı işgal edip, firavun mezarlarında mumyalanarak saklanmış hayvanlar ortaya çıktığında, Cuvier Lamarck'a saldırmak için yeni bir fırsat buldu. Cuvier, binlerce yıllık mısırturnası iskeletinin, hâlihazırda Mısır'da yaşayan mısırturnalarından hiçbir farkı olmadığını iddia etti.

Büyük Britanya'daki çoğu doğabilimci de Paley'nin dinsel doğa anlayışının içini doldurmaktaydı ve Cuvier'den daha büyük bir çabayla karşı hücumu geri püskürtmeye çalışıyorlardı. Lamarck, insanı ve geri

kalan tüm doğayı, kılavuzdan yoksun dünyevi güçlerin bir ürünü düzeyine indirgiyordu. Grant gibi birkaç isyankâr, Lamarck'ın fikirlerine olan hayranlıklarını belirttiler ve bu sapkınlıklarının bedelini, Britanya bilim çevrelerinden dışlanarak ödediler.

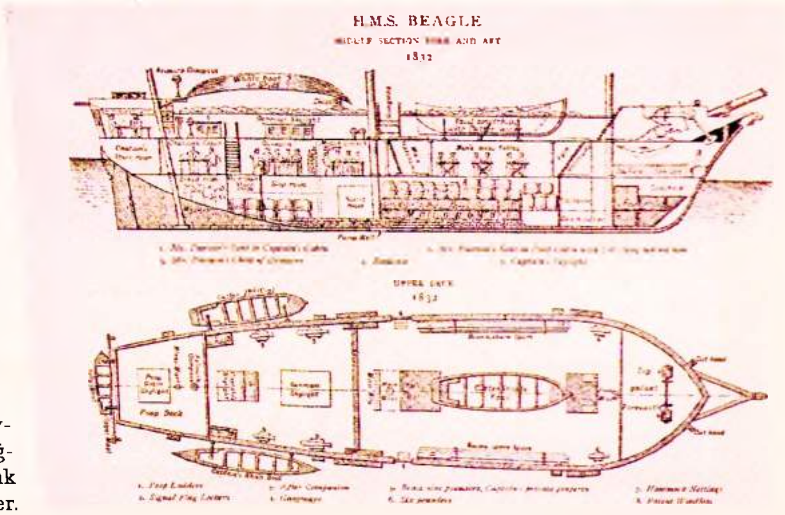
Grant'ın Lamarck'a övgüsü Genç Darwin'i şaşırttı. "Bir gün birlikte yürürken Lamarck'a ve onun evrimle ilgili düşüncelerine olan büyük hayranlığını coşkuyla anlattı. Onu sessizce ama büyük bir şaşkınlık içinde dinledim ve zihnimde herhangi bir etki olmaksızın söylediklerini değerlendirmeye çalıştım" diye yazar Darwin otobiyografisinde.

Evrim fikri, 4 yıl sonra *Beagle*'a bineceği zamana dek ortaya çıkmamak üzere, Darwin'in düşünce dünyasının derinliklerinde kayboldu. Geziden döndüğünde bu fikirler daha radikal ve farklı bir biçimde yeniden yükselecekti.

BİR JEOLOĞUN ORTAYA ÇIKIŞI

Gezi kötü başladı. Darwin, Ekim 1831'de Plymouth'a vardı ancak *Beagle* tamirler, gecikmeler ve hatalı çıkışlar sebebiyle 7 Aralık tarihine dek geçen haftalar boyunca denize açılamadı. Kıyıdan ayrıldıktan hemen sonra Darwin'i korkunç şekilde deniz tuttu ve yediklerini çıkartmaya başladı. Darwin, *Beagle*'la 5 yıl boyunca denizde kalacak olmasına karşın hiçbir zaman fırtınalı havalarda güvertede dolaşamayacaktı.

Darwin, FitzRoy'a ahbaplık etmenin ustalık isteyen bir iş olduğunu kısa sürede gördü. Kaptanın huyları keskin ve önceden bilinemezdi. FitzRoy'un donanma disiplini ise Darwin için tam bir şoktu. Yılbaşında



Beagle'ın tayfaları için sağlanmış sıkışık yatakhaneler.

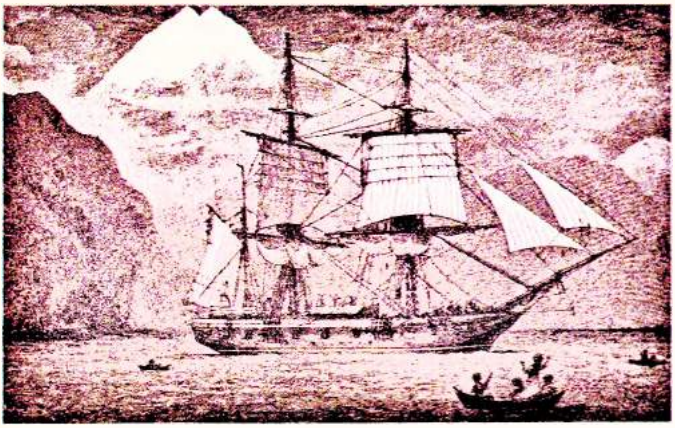
Beagle'ın tayfalarının bir kısmı sarhoş oldu ve FitzRoy ertesi gün hepsini kırbaçlattı. Her sabah Kaptan ve Darwin kahvaltıdan kalktıklarında yardımcı subaylar, "Bu sabah çok kahve döküldü mü?" diye sorarak kaptanın ruh halini anlamaya çalışırlardı. Fakat Darwin, FitzRoy'un güçlü yöneticiliğine, bilime olan adanmışlığına ve Hıristiyanlığa olan düşkünlüğüne saygı duyuyordu. Darwin her Pazar, kaptanın vaizlerine katılırdı.

Darwin, karaya çıkmak için yanıp tutuşuyordu ama bu dileği haftalar boyunca gerçekleşmedi. Madeira'daki güçlü akıntı FitzRoy'u demirlemekten vazgeçirdi. Sonraki liman olan Kanarya Adalarında ise kolera salgını vardı. FitzRoy, olası bir karantinayla zaman kaybetmektense kıyıya yaklaşmadan yoluna devam etti.

Sonunda *Beagle* ilk kez demirlediğinde, Cape Verde Adalarına varmışlardı bile. Saint Jago'da Darwin gemiden indi. Hindistan cevizi ağaçlarının etrafında koşuşturmaya başladı; kayalara, bitkilere ve hayvanlara baktı. Rengini mordan Fransız grisine değiştirebilen bir ahtapot buldu. Hayvanı, geminin ambarında bir kavanoza koyduğunda karanlıkta parladığını fark etti.

Ancak Darwin'in asıl görmek istediği şey adanın jeolojik yapısıydı. İngiltere'den beri tüm yolculuk boyunca, İngiliz bir avukat olan Charles Lyell tarafından yazılmış yeni *Jeolojinin İlkeleri* kitabını okumakla meşguldü. Kitap Darwin'in gezegene bakışını değiştirmişti; bu değişim nihayetinde Darwin'i kendi evrim kuramını oluşturmaya yöneltecekti. Lyell, o sırada çok popüler olan felaketler merkezli jeoloji anlayışına, Hutton'ın 50 yıllık çalışmasını, düzgün değişen Dünya kuramını yeniden ortaya atarak meydan okuyordu.

Jeolojinin İlkeleri, Hutton'un fikirlerinin basitçe yeniden dillendirilmesinden ibaret değildi. Lyell, insanın tanıklık ettiği değişikliklerin zaman içinde gezegeni nasıl şekillendirdiğiyle ilgili görüşü bilimsel açıdan ayrıntılandırdı ve çok daha zengin bir halde sundu. Adaları oluşturan volkanik patlamaların ve karaları kaldıran depremlerin kanıtlarını ortaya koydu. Ardından, erozyonun bu görünür hale gelen oluşumları nasıl aşındırıp eski hallerine geri getirdiğini gösterdi. Lyell, jeolojik değişikliklerin yavaş ve fark edilmeden oluştuklarını ve bu değişimlerin insanlık tarihi boyunca da sürdüğünü ileri sürüyordu. *Jeolojinin İlkeleri*'nin başlangıç kısmında, tarihi Roma kilisesi Serapis'in sütunlarının tepesinde yumuşakçaların neden olduğu koyu halkalar görüldüğünden bahsediliyordu. Bu bölgelerde yumuşakçalar sütunların içine doğru delikler açmışlardı. Kilise, ayakta kaldığı süre boyunca tamamen sulara gömülmüş, sonra tekrar okyanus yüzeyine çıkmıştı.



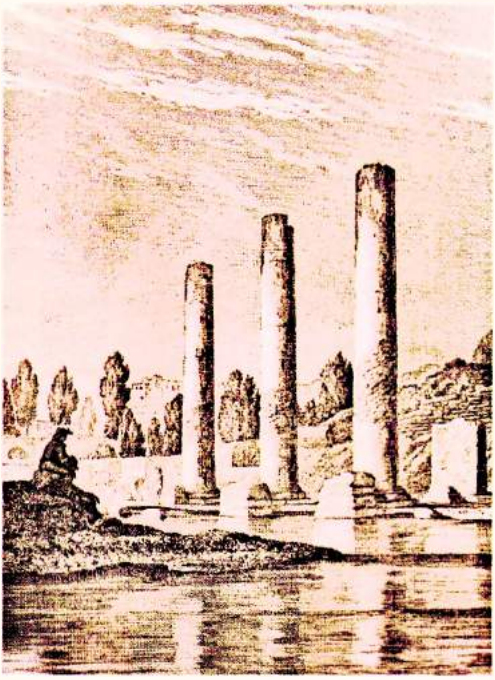
Beagle Magellan Boğazından geçiyor.

Hutton'ın aksine Lyell dünyanın büyük, küresel bir yıkım ve oluşum döngüsü içinde olduğunu düşünmüyordu. Lyell'e göre gezegen bölgesel olarak değişiyordu; bir yeri aşınırken, bir başka yerde patlamalar oluyordu. Üstelik bu değişimler sürekli, belirsiz bir yönde ve sonsuz bir zaman aralığında cereyan ediyorlardı.

Jeolojinin İlkeleri, Darwin'i adeta büyülemişti. Kitap dünyanın tarihine ilişkin ikna edici bir görüş sunmakla kalmıyor, bu görüşün gerçek hayatta sınanabilmesini sağlayan yöntemleri de ortaya koyuyordu. Darwin, Saint Jago'ya ayak bastığında tam da bunu yapmak için önemli bir fırsat buldu. Adanın volkanik kayalarının üstüne tırmandı ve lavların suyun altından akarak yayıldığı yerlerde mercanları ve istiridyeleri kızarttığına dair kanıtlar buldu. Yeraltı güçleri, kayaları deniz yüzeyine çıkarmış olmalıydılar ancak daha sonra tekrar aşağı indirmiş, sonra yeniden yukarı çıkarmışlardı. Bu iniş ve çıkışların bir kısmı yakın zamanda gerçekleşmiş olmalıydı çünkü Darwin sarp kayalıklardaki taş birikintilerinde bulunan istiridye fosillerinin, ada etrafında hâlâ yaşayan canlılarla örtüştüğünü görmüştü. Dünya 1832'de de, çok uzun süreden beri olduğu gibi değişiyordu.

Darwin, otobiyografisine şöyle yazacaktı: "İncelediğim ilk yer olan Cape de Verde Adalarındaki St. Jago, Lyell'in jeolojik yaklaşım şeklinin o güne kadar bildiğim ve o günden sonra okuduğum tüm jeologlarla karşılaştırıldığında elde ettiği muhteşem üstünlüğünü bana açıkça gösterdi."

Lyell'in yöntemlerini denedi ve bu yöntemlerin kusursuz biçimde işlediğini gördü. Darwin, oracıkta Lyell'in ateşli taraftarlarından biri oluvermişti.

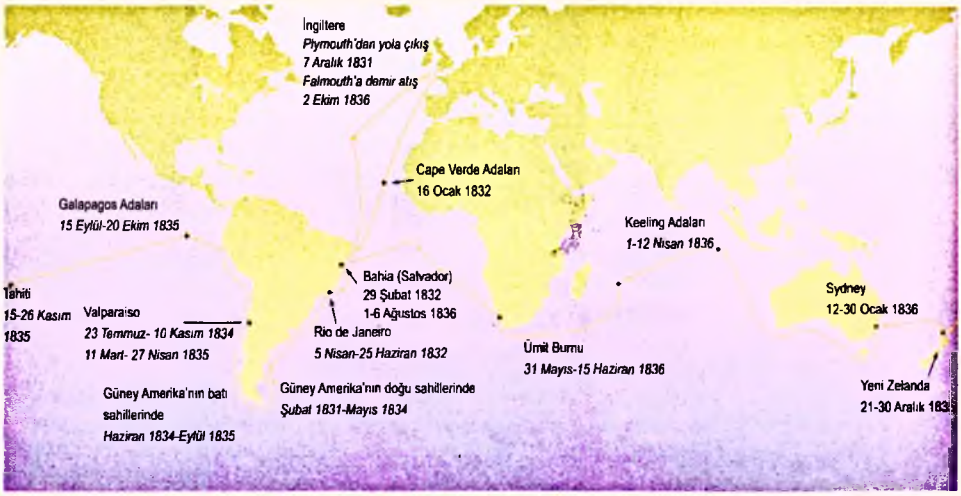


Charles Lyell'in *Jeolojinin İlkeleri* kitabının kapağını İtalya'daki Serapis Tapınağı süslüyordu. Sütunların üst kısmındaki koyu bantlar yumuşakçalar tarafından aşındırılmak suretiyle oluşmuştu. Bu, sütunların battığını ve daha sonra tarih içinde yeniden deniz düzeyinin üstüne çıktığını kanıtlıyordu. Lyell bu tür zaman içinde gerçekleşen değişikliklerin dağları yaratabileceğini ve gezegen üstünde görülen tüm diğer şekilleri oluşturabileceğini savunuyordu.

"TUHAF BİR GÜVENSİZLİK FİKRİ"

1832 Şubatı sonunda *Beagle* Güney Amerika'ya vardı. FitzRoy, gemiyi Rio de Janeiro'da 3 ay tuttuktan sonra güneye doğru yelken açtı. Her ne kadar *Beagle* sonraki 3 yılı Güney Amerika kıyılarında dolaşarak geçirdiyse de, Darwin bu sürenin çoğunda karadaydı. Brezilya'da kaldığı süre boyunca ormanda bir kulübede yaşadı ve kendisini çevreleyen biyolojik cennetten çok etkilendi. Patagonya'daki vaktini iç bölgelere doğru at sürerek geçirdiyse de, her zaman gezinin bir sonraki ayağı için demir almakta olan *Beagle*'a yetişmeyi başardı. Gördüğü her şeyi; ateş böceklerini, dağları, köleleri ve sığır çobanlarını kaydetti. Boş olan numune kavanozları yüzlerce ilginç yaratıkla dolmaya başladı.

Arjantin kıyısındaki Punta Alta yakınlarına yapılan kısa bir yolculukta, Darwin alçak uçurumları inceledi ve kemikler buldu. Onları çakıl ve silisten ayırıp merakla incelerken, buluntular arasında yok olmuş dev memelilere ait çok büyük dişler ve uyluk kemikleri olduğunu fark etti. Sonraki günlerde bölgeye tekrar tekrar geldi ve daha fazla kazdı. O günlerde, İngiltere'de koleksiyonlarda yok olmuş memelilere ait tek bir fosil vardı fakat Darwin Punta Alta'da tonlarca fosil kemiğin üzerindeki sır perdesini kaldırmıştı. Onlarla ne yapacağını tam olarak bilmiyordu.

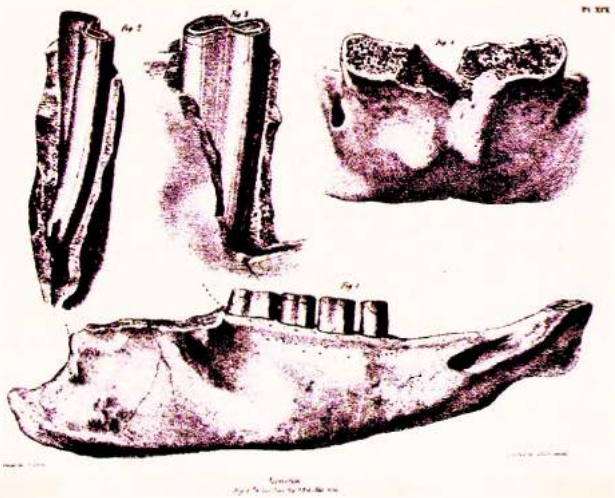


Beagle'ın yolculuğu.

Bu noktada Darwin hâlâ bir toplayıcıydı. Fosilleri basitçe paketledi ve onları eve gönderdi.

Bu fosillerle ilgili hatırı sayılır bir gizem vardı ve Darwin yolculuğu boyunca aynı bilinmezle defalarca karşılaştı. Cuvier'nin iyi bir öğrencisi olan Darwin, buluntuların uzun zaman önce yok olmuş, büyük tufan öncesine ait canavarlara ait olduğunu tahmin ediyordu. Fakat bulduğu kemikler istiridye fosilleriyle karışmışlardı ve fosillere yapışık istiridyeler, o tarih itibarıyla Arjantin kıyılarında yaşamlarını sürdüren türdeşleriyle neredeyse tıpatıp aynılardı. Kayalar, bu canavarların göründükleri kadar kadim olmadıklarını ima eder gibiydiler.

Beagle, Aralık 1832'de ayında Tierra del Fuego çevresini dolandı. FitzRoy'a göre bu, gezinin en önemli anıydı çünkü daha önce yakaladığı yerlileri beraberlerinde medeniyet emareleriyle birlikte kabilelerine geri götürmüştü. Fakat Tierra del Fuego, onu yeniden mağlup etti. FitzRoy, Wollya Körfezinde üç kulübe ve iki bahçe yaparak bir misyon kurmaya çalıştı. Misyonu, kibar fakat durumdan habersiz, günlerini şarap bardakları, büyük çorba kâseleri ve güzel beyaz kumaşlar arasında geçiren Londralı hanımefendilerin bağışlarıyla donattı. Birkaç hafta sonra, *Beagle* Wollya Körfezine kontrol için tekrar geldiğinde misyonerler hayatlarından duydukları endişeyle gemiye sığındılar. Fuegalılar her şeyi çalmış veya yok etmişti; misyonda kalanlar, gemi geri döndüğü sırada midye kabuklarıyla saç ve sakallarını yolarak kendilerini eğlendirmeye çalışıyorlardı.



Darwin Güney Amerika'da dev tembel hayvanlara ait çenelerin de aralarında olduğu devasa memeli fosilleri buldu ve bunları *HMS Beagle'ın Yolculuğunda Zooloji* adlı eserinde yayınladı. Bunlar daha sonra onun evrim teorisini formüle etmesinde yol gösterici olacaktı.

FitzRoy, ümitsizce *Beagle*'ın rotasını Cape Horn'a çevirdi ve Güney Amerika'nın batı kıyılarına yöneldi. Darwin, böylece And Dağlarına tırmanma fırsatı buldu. Lyell'i düşünerek, okyanustan yükselen yüksek zirveleri resmetmeye çalıştı. Valparaiso'dan kuzeye doğru yola çıkan *Beagle*'la doğuya doğru müthiş heybetiyle ve mükemmel konik zirvesiyle yükselen Osorno Dağında buluştu. Denizciler yağmurda aletleriyle çalışırken bazen dağın zirvesinden doğru yükselen sisi seyretmek için dururlardı. Ocak ayında bir gece Osorno ateş ve kaya püskürterek patladı. Lyell bile bir volkanın patlama anına şahit olmamıştı.

Demek ki, dünya henüz şiddetini yitirmemişti. *Beagle*, birkaç hafta sonra Valdivia'da demirledi. 20 Şubat 1835'te gezegen Darwin'in ayaklarının altında dans etti. O sırada kasaba yakınlarında bir orman gezisi yapıyordu ve dinlenmeye karar vermişti. Yere uzandığında dünyayı hiç bu kadar sert ve yıkılmaz hissetmemişti, hiç olmadığı kadar yekpare ve sakindi. Ve ardından paramparça oldu.

"Aniden geldi ve iki dakikada bitti; ama sanki çok daha uzun sürmüş gibiydi." Darwin daha sonra böyle yazacaktı. Hayatını İngiltere'nin jeolojik sükûneti içinde geçiren Darwin daha önce hiç deprem yaşamamıştı: "Ayakta durmakta herhangi bir güçlük yoktu ama hareket beni sersemletti. Bu, bir geminin birbirini kesen ufak dalgaların arasındaki hareketi veya ince bir buz üstünde kayan insanın kendi vücudunun ağırlığıyla buz tabakasının eğildiğini hissetmesi gibi bir şeydi."

Ağaçlar hafif bir esintiyle sallandılar ve deprem bitti. Darwin, bu deneyimi unutmayacaktı: "Kötü bir deprem eski birlikleri yıkar: Her şeyin simgesi olan katı dünya ayaklarımızın altında su üstündeki bir kabuk

gibi hareket etti. Bir saniyelik bir zaman dilimi, saatlerin oluşturmaya kudretinin yetmeyeceği tuhaf bir güvensizlik fikrini kafamıza kazıdı."

Deprem geçtikten sonra Darwin hızla göreceli olarak zarar görmemiş kasabaya geri döndü. Fakat daha ileride, sahildeki Concepcion şehri tuğlalar ve kereste parçalarından oluşan bir yığın haline gelmişti. Hem deprem hem de depremin başlattığı gelgit dalgası kenti vurmuştu. Şehir katedralinin ön tarafı sanki bir keskiyle bölünmüştü. "Acı ve rezil bir şey" diye günlüğüne yazdı Darwin, "İnsan için çok uzun zamana mal olan işlerin bir dakika içinde yıkılmalarını görmek..." Toprakta yarıklar açılmış, kayalarsa parçalanmıştı. Deprem iki dakikalık zaman zarfında, Darwin'in bir yüzyılda oluşacak sıradan yıpranma ve aşınmayla öngördüğünden çok daha büyük bir hasara yol açmıştı.

Depremin kıyı kesimlere yaptığı derin etkinin anlaşılması, yıkılan binaları ve boğulan sığırların tespitinden daha güçtü. Daha önce suyun altında olan kara parçaları artık üzerleri ölmekte olan istiridyelerle kaplanmış şekilde suyun dışına fırlamıştı. FitzRoy, ölçüm aletleriyle kıyının deprem sırasında 8 ayak boyu yükseldiğini keşfetti. 2 ay sonra Concepcion'a geri döndüğünde toprak parçalarının bıraktığı yükseklikte olduğunu gördü.

Darwin tanıklık ettiği şeyin, Lyell tarafından açıklanmış olduğunu fark etti. Osorno'daki patlamaya, erimiş kayaların yarattığı basınç yol açmış olmalıydı ve bu olay kısa sürede bir depremi tetikleyecek kudrete ulaşmıştı. Taze erimiş kayaların okyanusa katılması, yeni kara parçalarının su yüzeyine çıkmasını sağlamıştı. Bu olay daha uzun sürmüş olsaydı, bölgedeki sıradağların yükselerek göğe erişmesi işten bile değildi!

Birkaç gün sonra Darwin And Dağları bölgesine doğru yaptığı son kapsamlı gezisine çıktı. Uspallata Geçidini çevreleyen dağların zirvelerindeki kaya katmanlarının, aylar önce doğudaki alçak rakımlı düzlüklerde gördüğü kaya katmanlarıyla (okyanus çökeltileriyle oluşmuş) aynı yapıda olduklarını fark etti. Geçitte Patagonya'da bulduğu fosillere benzeyen, taşlaşmış olmalarına karşın hâlâ ayakta duran ağaçlardan oluşan bir orman buldu.

Darwin, kız kardeşi Susan'a, "Bu ağaçlar kum taşları ve birkaç bin metre kalınlığa ulaşan lav akıntılarıyla kaplanmış. Bu kayalar suyun altında birikerek meydana gelmiş olmalılardı ancak bölgedeki ağaçların su düzeyinin üzerinde büyüdükleri de kesin. Kesin olan bir şey daha var ki, bu topraklar binlerce metre suyun altında kalmış olmalıydılar çünkü su altında yaşayan canlıların oluşturdukları katman oldukça kalındı" diye yazıyordu.

Depremler ve volkanları hafızasına kazıyan Darwin, And Dağlarının oldukça yeni bir oluşum olduğuna kanaat getirdi. Bir zamanlar bu 4 bin metrelik zirveler en az doğudaki sazlıklar kadar düz olmalıydılar. Bulduğu büyük memeli fosilleri, hayattayken bu düzlüklerde dolaşıyorlardı. Alttan gelen basıncın artmasıyla bu kara parçaları sulara gömülmüş, daha sonra tekrar su üstüne çıkmışlardı. Darwin, ayaklarının altında hâlâ yükselmekte olan bu dağların, bulduğu memeli fosillerinden daha genç olabileceğini fark etti.

KÜÇÜK BİR KUŞ TOPLAMA MACERASI

Kıyı taramasının bitmesiyle *Beagle* kuzeye, Lima'ya doğru yelken açtı ve ardından batıya yönelerek Güney Amerika'yı tamamen terk etti. Tierra del Fuego'nun patlayan rüzgârları ve And Dağlarının delici soğuklarından sonra Darwin artık tropik kuşağa varmaya can atıyordu. İlk durak garip bir ada kümesi olan Galapagos Adalarıydı.

Galapagos Adaları, Darwin'in Evrim Kuramının doğduğu yer olarak nam yapmıştır. Fakat Darwin Galapagos Adalarının önemini, ilk ziyaretinin üzerinden geçen 2 yıl boyunca fark edemedi. Galapagos Adalarına vardığında kafasında hâlâ biyolojiden çok jeoloji vardı ve Lyell'in öner-



Beagle Doğu Pasifik'teki Galapagos Adalarına 1832'de vardı. Ada, volkanik patlamalar sonucunda lavların yayılmasıyla oluşmuş pek çok kasvetli yer şekline sahipti.





Deniz iguanaları (solda) ve mavi ayaklı sümsük kuşları Galapagos Adalarında bulunan pek çok tür arasındadır.

mesinde olduğu gibi, yeni oluşmuş kara parçalarını ziyaret etmeyi iple çekiyordu.

Darwin önce taze bir volkanik yığının bitkiler ve toprakla örtülü olduğu Chatham Adasına (günümüzde San Cristobal olarak biliniyor) ayak bastı. Adada Darwin'i karşılayanlar, çirkin iguanalar ve sayısız yengeç oldu. Darwin buradaki tecrübelerini, "Bu takımadalar topluluğunun doğal tarihi çok dikkat çekiciydi" diye not edecekti: "Kendi içinde bir dünya gibi görünüyordu." Darwin bu ifadeyle, adadaki doğal yaşamın dış dünyadan oldukça farklı olduğunu dile getiriyordu. Kabuklarının çapı 2 metreyi bulan, dikenli armutlarla beslenen ve Darwin'in sırtlarına binmesini umursamayan devasa kaplumbağalar vardı. Adada bir değil, iki ayrı tür iguana yaşıyordu; türlerden biri toprak üzerinde yaşıyor, diğeri ise okyanusa dalarak deniz yosunlarıyla besleniyordu. Galapagos'un kuşları çok sakindi; öyle ki Darwin üzerlerine doğru yürüdüğünde havalanmıyorlardı bile.

Darwin, görevinin sorumluluğuyla kuşlarla ilgili notlar aldı ve bir kısmını koleksiyonuna ekledi. Bazılarının geniş tohumları kırmak için büyük gagaları varken diğerlerinin gagalarıysa küçük ve ulaşması zor tohumları kapmaya yarayan, kerpetene benzeyen, iğne gibi sivri şekillere bürünmüşlerdi. Darwin bu kuşların çalıkuşu, bazılarının ispinoz, sinek yiyen ve karatavuk gibi türler olduğunu tahmin ediyordu. Ancak notlarını alırken kuşların hangi adadan geldiğini önemsememişti. Kuşların aynı yerde koloni oluşturmuş Güney Amerika türleri olduğunu varsaymıştı.

Darwin incelemelerinde çok daha dikkatli olması gerektiğini ancak hayvanları toplama işini bitirdikten sonra fark edebildi. Darwin, *Beagle*'ın adaları terk etmesinden kısa bir süre önce Charles Adasındaki (Santa Maria) sürgün kolonisinin yöneticisi olan Nicholas Lawson isimli bir İngilizle tanıştı. Lawson, kaplumbağa kabuklarını bahçesinde çiçek saksısı olarak kullanıyordu. Kaplumbağa kabuklarının birbirinden çok farklı olduğunu fark etmişti ve kabukların üstündeki şekillere bakarak kaplumbağaların hangi adadan geldiğini söyleyebiliyordu. Başka bir deyişle, farklı adalarda yaşayan kaplumbağalar farklı cinslere, hatta farklı türlere mensuptular. Darwin, adalardaki bitkilerin de, benzer farklılıklar taşıdığını kavradı.

Bu durum, belki kuşlar için de geçerliydi fakat topladığı kuşların nereden geldiğine dikkat etmemiş olan Darwin bu ayrımı yapamıyordu. İngiltere'ye dönmeden de kuşlarla ilgili bir sınıflandırma yapmayı başaramadı. Yaşamın bir biçimden diğerine olan değişimini incelemeye ancak bu tasnifi oluşturmasının ardından başlayabildi.

YAŞAM KENDİNİ OLUŞTURUR

Beagle Galapagos'taki işini bitirdiğinde durgun Pasifik'te yol almaya başladı. 3 hafta içinde Tahiti'ye ulaştı; 4 haftada Yeni Zelanda'yı, 2 haftada ise Avustralya'yı dolaştı. Hint Okyanusunu geçerken *Beagle*'ın amacı mercan resiflerini haritalamaktı. Mercan resifleri, küçük polip kolonilerinin harici iskeletler oluşturdukları, yaşayan bir coğrafyaydı. Polipler ancak okyanus yüzeyine yakın kısımlarda yaşayabiliyorlardı çünkü deniz biyologlarının daha sonra keşfettiği gibi, dokularının içinde yaşayan fotosentez yapan alglere bağımlılardı. Hint Okyanusunda resifleri geçerken Darwin, bazen adaların etrafında bazen de yalnızca suda, poliplerin nasıl bu kadar mükemmel daireler oluşturduklarına hayret etti. Resifler her zaman suyun yüzeyine, tam da büyümeleri için gerekli güneş ışığını alabilecekleri yere yakın bulunmayı nasıl başarıyorlardı?

Darwin, *Jeolojinin İlkeleri*'nde Lyell'in mercanlarla ilgili hipotezlerini okumuştu; Lyell'a göre, yalnızca suya gömülmüş volkanik kraterlerin üst kısımlarında oluşuyorlardı. Bir an için Darwin, Lyell'ın yanlış olduğunu düşündü. Krater hipotezi, her resifin okyanus yüzeyinin yakınlarındaki bir krater üzerinde pusuya yatması gerektiğini öngörmesinden ötürü, yersiz ve anlamsızdı. Darwin bu duruma yeni bir açıklama getirdi.

Darwin'e göre, Lyell'in jeoloji kuramında iddia edildiği gibi And Dağları yükseliyorsa, gezegenin bir kısmının da batması gerekirdi. Benzer bir olay, Hint Okyanusunda da yaşanıyor olmalıydı. Mercanlar yeni adaların veya ana karaların etrafında, batmaya başlayan sığ sularda oluşuyorlardı. Karanın suyun altına gitmesiyle birlikte mercanlar da onlarla beraber batıyordu. Fakat yok olmuyorlardı; Darwin'e göre toprak katmanları batarken, resiflerin üst kısımlarında yeni mercanlar oluşmalıydı. Eski mercanlar karanlıklarda ölürken resif böylece hayatta kalıyordu. Bir süre sonra ada tamamen ortadan kalksa bile resif su yüzeyine yakın bir yerde yaşamını devam ettirebiliyordu.

Beagle'ın gözlemlediği her mercan resifi, böyle bir düzene aşağı yukarı uyuyordu. Keeling Adalarında (Cocos Adaları) *Beagle*'daki ölçümcüler, resifin deniz tarafındaki kenarında okyanus tabanına doğru keskin bir düşüş saptadılar. Mercanın tabanına yakın yerlerini parçaladıklarında, o bölgedekilerin ölmüş olduklarını gördüler. Her şey Darwin'in tahmin ettiği gibiydi.

Darwin artık Lyell'in katıksız bir taraftarı değil, olgun, bağımsız bir düşünürdü. Mercan resifleri söz konusu olduğunda Lyell'in ilkelerini kullanarak daha tutarlı bir açıklama getirmiş, önerisinin nasıl sınanacağını da göstermişti. Darwin, tarih üzerine bilimsel olarak nasıl çalışacağını öğreniyordu (bu olguda söz konusu olan dünya üzerindeki yaşamın tarihiydi). Binlerce yılı başa sarıp gözlemleyemez, mercan resiflerinin büyümesine tanıklık edemezdi ama tarih Darwin'in ileri sürdüğü şekilde değerlendirilebilir, öngörüleri sınanabilirdi. Darwin sonradan, "Bir jeolog 10 bin yıl boyunca yaşamı gözlemleyip gördüklerini kayıt altına alma fırsatı bulmuş olsaydı, kuşkusuz ki hatasız bir analiz yapardı. Ancak biz de bu sisteme attığımız kısa bakışla, kara parçalarının nasıl kırıldığına ilişkin, daha az mükemmel ama benzer bir çıkarım edindik" diye yazacaktı.

Gezegen değişmiyormuş gibi görünebilir ancak Darwin milyonlarca yıllık bir zaman dilimi içinde gerçekleşen değişimi görmeyi öğreniyordu. Bu açıdan gezegen, sürekli genişleyen veya büzüşen, derisi ayrı yerlerden yırtılan, devinim halindeki bir cisme benziyordu. Darwin'in öğrendiği diğer şey, gezegen üzerindeki yaşamın da benzer bir değişim sürecinden geçtiğiydi. Yeterli zaman olsa, mercan resifleri kara parçaları altlarından kayıp giderken okyanus tabanından uzaklaşmaktan kurtulabilir, atalarının iskeletleri üzerinde yükselen devasa kaleler inşa edebilirlerdi.

Mercan adalarından ayrıldıktan sonra Ümit Burnunu dönüp, Azor Adalarından geçerek İngiltere'ye dönmek Darwin'in 6 ayını aldı. Fakat İngiltere'ye döndüğünde, namının ülkeye kendisinden önce vardığını gördü. Cambridge'deki hocası Henslow, mektuplarından bir seçki yapmış, onları bir bilimsel makaleye ve bir küçük kitaba çevirmişti. Darwin'in önceden gönderdiği memeli fosilleri zarar görmeden ülkeye gelmiş ve koleksiyonun kimi parçaları Britanya'nın önde gelen anatomicileri tarafından övgüyle karşılanmıştı. İdolü Lyell bile Darwin'in dönüşünü ve onunla tanışmayı sabırsızlıkla bekliyordu.

Plymouth'tan ayrılışının üzerinden 5 yıl geçtikten sonra *Beagle*, Manş Denizine insanı sırılsıklam eden bir yağmur eşliğinde giriş yaptı. FitzRoy seferi 2 Eylül 1836'da sonlandırdı ve ertesi gün Darwin gemiden ayrılarak eve doğru yola koyuldu. Bir daha Büyük Britanya'yı terk etmediği gibi, neredeyse evinden dışarı bile adım atmadı.

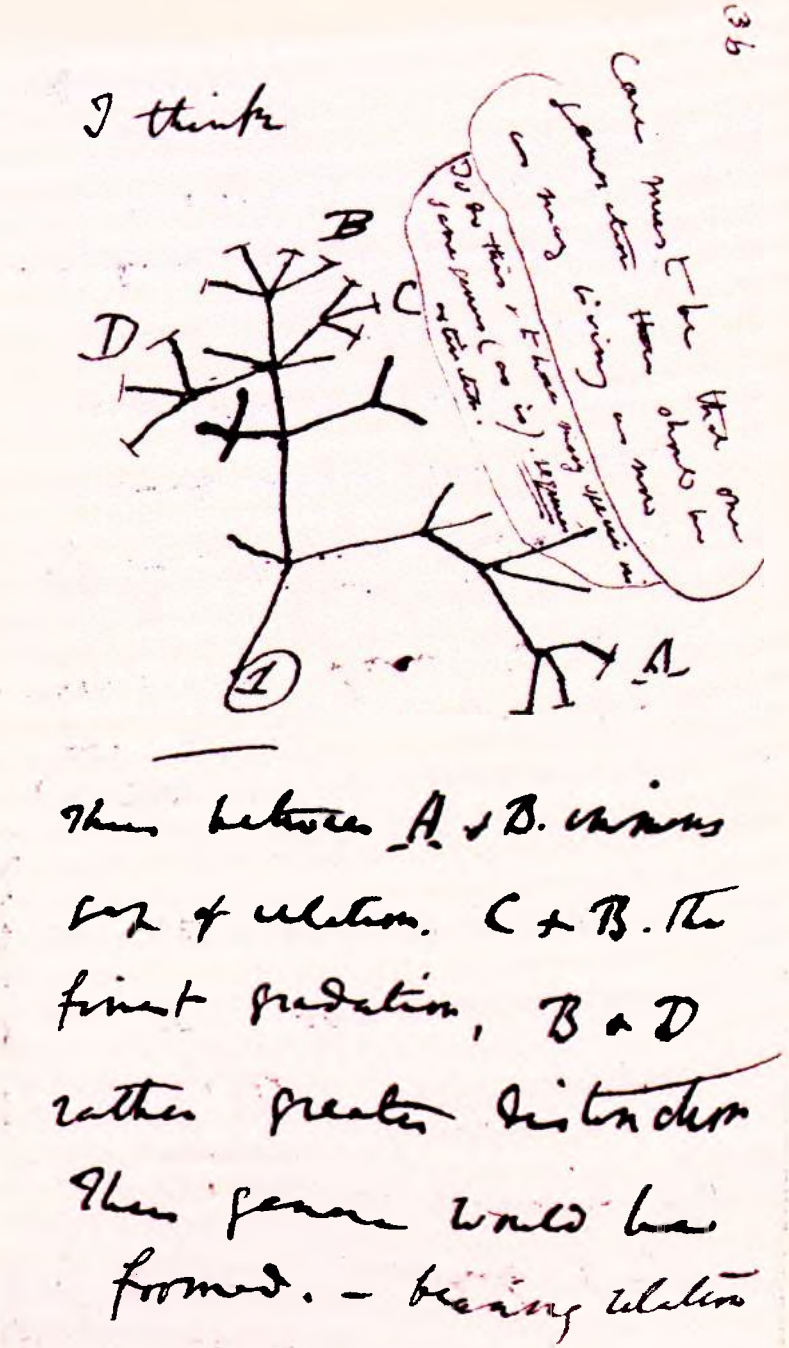
Darwin, İngiliz toprağına ayak bastığında derinden değiştiğini biliyordu. Bundan sonra hayatını bir kasaba rahibi olarak geçirmesine imkân yoktu. Uygulamacı bir doğabilimci olmuştu ve hayatının geri kalan kısmını bu uğraşısına uygun biçimde geçirecekti. Her şeyden önce bir üniversitede değil, Lyell gibi bağımsız bir araştırmacı olarak çalışırsa mutlu olacağını biliyordu. Ama Darwin hayatını Lyell'in yaşadığı gibi sürdürürecektiyse, kendisini geçindirecek parayı babasından almalıydı. Darwin, babasının düşünceleri konusunda hiç olmadığı kadar endişeliydi.

Darwin, 4 Eylül günü akşam saatlerinde Shrewsbury'de faytondan indi. Ailesini tekrar görebilmek için çok istekliydi fakat vakit gece yarısına varmıştı ve onları rahatsız etmeyi uygun bulmadı. Bir handa uyudu ve ertesi sabah babası ve kız kardeşleri kahvaltıya oturmak üzerelerken, bir anda Mount'ta ortaya çıktı. Onu gören kız kardeşleri neşeyle bağırdılar. Babası ise "Neden kafasının şekli bu kadar değişmiş?" demekle yetindi. Köpeği Darwin'e doğru hamle yaptı; Darwin Mount'tan ayrılalı yalnızca bir gün olmuşçasına rahat davranan köpek, sabah yürüyüşüne hazır olduğunu kendine has bir hareketle belirtti.

Babasının öfkesinden endişelenen Darwin'in korkuları boşunaydı. O yokken kardeşi Erasmus tıp eğitimini yarıda bırakmış ve kendisine Londra'da bağımsız bir araştırmacı olarak yeni bir hayat kurmuştu. Erasmus, genç erkek kardeşi için yolu önceden açmış, Baba Darwin Erasmus'un kararına karşı çıkmamıştı. Robert, Charles'ın küçük kitabını okuduğunda içi gururla dolmuştu. Charles'ın bir doğabilimci ola-

rak tavşanları avlayarak zamanını harcamadığını fark etmişti. Ona bir miktar hisse senedi ve kendini geçindirmesi için yeterli olacak, yıllık 400 poundluk bir harçlık verdi.

Charles Darwin, bir daha hiçbir zaman babasından korkmayacaktı. Fakat Robert'ın saygınlığa olan düşkünlüğü ona da geçmişti ve yaşamı boyunca tatsız yüzleşmelerden mümkün mertebe kaçındı. Hiçbir zaman isyankâr biri olmadı ve asla olmak da istemedi. Yine de eve dönüşünün üzerinden daha birkaç ay bile geçmeden bilimsel bir devrimi başlattığı için dehşete düşmüştü.



Darwin kişisel defterlerine bir yaşam ağacını ilk defa 1837'de çizdi.

Bölüm 2

"BİR CİNAYET İTİRAFI GİBİ"

"Türlerin Kökeni"nin Kökeni

Darwin, erkek kardeşinin Londra'da kendini bir doğabilimci olmaya adamaktan uzak bir yaşam sürdüğünü fark etti. Erasmus laboratuvarından daha çok yemek davetlerinde ve centilmenler kulübünde rahat ediyordu. Charles'ı sosyal çevresine tanıttı ve Charles da bu çevreye son derece iyi uyum sağladı. Ancak Erasmus'tan farklı olarak, Charles laboratuvarında gözü dönmüş şekilde çalışıyordu. Jeoloji hakkında makaleler yazdı, gezi notlarını bir kitapta topladı ve örneklerini (fosiller, bitkiler, kuşlar, at solucanları) diğer uzmanların üzerlerinde çalışabilmesi için düzenledi.

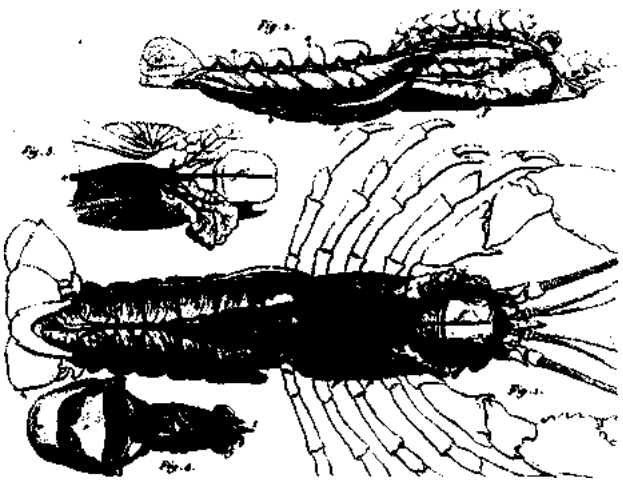
Birkaç ay içinde Darwin'in çalışmaları karşılığını verdi. İngiltere'nin en ümit verici genç jeologlarından biri olarak haklı bir şöhrete kavuştu. Aynı zamanda içten içe bir sırrı da saklamaya başlamıştı. Küçük, özel defterlere jeoloji hakkında değil, biyoloji hakkında karalamalar yapıyordu. Rahatsız edici bir olasılığı takıntı haline getirmeye başlamıştı: Her şeye rağmen belki de büyük babası haklıydı.

Darwin'in uzakta olduğu 5 yıl boyunca biyoloji oldukça ilerlemişti. Eski düzeni zor durumda bırakan yeni türler keşfedilmişti ve bilim insanları yumurtaların hayvanların içinde nasıl geliştiğini mikroskop altında öğreniyorlardı. Britanyalı doğabilimciler artık Paley'nin her bir farklı olguda tanrısal tasarımı kutsayan görüşleriyle tatmin olmuyorlardı. Bu yaklaşım, yaşamla ilgili daha derin sorulara yanıt bulmalarına izin vermiyordu. Eğer yaşam tanrı tarafından tasarlandıysa, tanrı tam olarak ne yapmıştı? Türler arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların sebepleri nelerdi? Tüm türler dünyanın başlangıcında birlikte mi var olmuşlardı yoksa tanrı onları zaman içinde teker teker mi yaratmıştı?

Britanyalı doğabilimciler için tanrı artık küçük ölçekli bir yönetici değildi; doğanın kurallarını yaratmış ve harekete geçmelerini sağlamıştı. Dünyanın başlangıcında meseleleri doğru ve esnekçe tasarlayan bir tanrı, her adımda müdahalesine gereksinim duyulan bir tanrıdan daha kudretliydi. Pek çok Britanyalı doğabilimci, gezegenin tarihi boyunca yaşamın değiştiğini kabul ediyordu. Daha basit bitki ve hayvan gruplarının soyları tükenmiş, yerlerini daha karmaşık formlar almıştı. Ancak yaşamdaki bu değişimi, mükemmel biçimde yönlendirilen bir süreç olarak değerlendiriyorlardı. Değişime ilişkin görüşleri Lamarck'ın 1800'de öne sürdüğü dünyevi evrim anlayışıyla örtüşmüyordu. Bu görüşü savunanlar, 1830'larda yeni bir hücum dalgasıyla ürperdiler; Paris Doğa Müzesinden Etienne Geoffroy Saint-Hilaire isimli bir zoolog, evrimle ilgili yepyeni bir kuramı savunuyordu.

ARKETİPLER VE ATALAR

Lamarck ve Geoffroy, on yıllardır müzeden arkadaştılar fakat Geoffroy'un evrim fikrini kabullenmesi arkadaşı Lamarck'ın çalışmalarından değil, farklı hayvanların anatomilerini karşılaştırdığı kendi incelemelerinden kaynaklandı. O tarih için ortak akıl, hayvanların ancak benzer işlevselliklere sahip oldukları takdirde birbirlerine benzer türler olarak kabul edilebileceğini işaret ediyordu. Geoffroy, kabul görmüş bu kurala pek çok istisnayı gözler önüne sererek darbeler vurdu. Deve kuşları uçamadıkları halde, uçan kuşlarla aynı yapıdaki kemiklere sahiptiler. Geoffroy, bir türü diğer hayvanlardan ayırdığı düşünülen



Fransız doğabilimci Geoffroy Saint-Hilaire hayvanların beklenmedik pek çok benzerlikleri olduğunu gösterdi. Çizimlerinde bir ıstakozun, sırt kısmına doğru ilerleyen bir sindirim sistemine ve bunun hemen altında karın kısmına doğru uzanan bir sinir kordonuna sahip olduğunu gösterdi. Geoffroy bu düzenin bizim anatomimizin tersyüz edilmiş bir hali olduğunu söylüyordu; ıstakozun tersine insanda sindirim sistemi karında, omurilik ise sırttaydı.

belirgin işaretlerin eşsiz olmadığını gösterdi. Gergedanın boynuzu onu eşsiz kılıyor gibi görünebilirdi ama boynuz yapısı, gerçekte yoğunlaşmış bir saç kümesinden başka bir şey değildi.

Geoffroy, hayvanlar arasındaki gizli bağlantıların üzerindeki sır perdesini kaldırmaya çalışırken en büyük ilhamı Alman biyologların çalışmalarında buldu. Onlar bilimi, yaşamın gizemli bütünselliğini keşfedecekleri felsefi bir uğraş olarak görüyorlardı. Şair Goethe'ye göre (aynı zamanda bir bilim insanıydı da) bir bitkinin çeşitli parçaları (taç yapraklarından dikenlere kadar) tek bir temel yapının, yani yaprakların farklı varyasyonlarıydı. Alman biyologları için hayatın karmaşıklığı, arketip dedikleri, zamandan bağımsız açık modellerde saklıydı. Geoffroy de omurgalıların arketiplerini bulmak için kolları sıvadı.

Geoffroy, her bir omurgalının iskeletinin, arketip omurgalının bir varyasyonu olduğunu öne sürüyordu. Geoffroy, aynı kurguya omurgasızları da dâhil etti ve güncel türlerin arketiplerle olan ilişkisinin omurgasızlar için de geçerli olduğunu ileri sürdü. Bu mantığa göre, bir ıstakoz ve bir ördek aynı kökenden farklılaşmış canlılardı. Istakozlar, böcekleri, karidesleri ve at nalı yengeçleri de içeren eklem bacaklılar grubundandır. Eklem bacaklılar, omurgalılarla bazı zayıf benzerlikler taşırlar: Boylamasına bakıldığında bedenleri simetriktir, kafalarında gözler ve bir ağızları vardır. Ancak farklılıklar daha fazladır. Eklem bacaklılar, iskeletlerini (sert kabuklarını) bedenlerinin dışında oluştururlar, omurgalılarınki ise içeridedir. Omurgalıların sırtlarında bulunan bir omurgaları vardır ve sindirim sistemleri bedenlerinin ön tarafına yerleşmiştir. Bir ıstakozda veya diğer eklem bacaklılarda bu düzen tersine çevrilmiştir; bağırsaklar arkaya, yani sırta doğru uzanırken sinir sistemi karnın ön tarafında yer alır.

Bu farklılıklar, eklem bacaklıları ve omurgalıları karşılaştırılamaz hale getiriyor gibi görünebilir ama Geoffroy için durum böyle değildi. Eklem bacaklıların tek bir omurga içinde yaşadığını iddia ediyordu. Böylelikle karın bölgesiyle sırt kolaylıkla yer değiştirebilir, bir ıstakoz bir ördeğe dönüşebilirdi. Eklem bacaklılar omurgalılarla aynı tasarıma sahiplerdi, yalnızca basitçe baş aşağı dönmüşlerdi. "Felsefi olarak açıklamak gerekirse, ortada yalnızca tek bir hayvan vardır" diye açıklık getiriyordu Geoffroy.

1830'larda Geoffroy kuramını bir adım ileri götürdü. Bu dönüşümlerin basit birer geometrik çıkarım olmadığını, hayvanların biçimlerinin zaman içinde değiştiğini belirtti. Geoffroy, Lamarck'ın yaklaşımını yeniden ortaya koymuyordu; Lamarck'ın bir hayvanın yaşamı sırasında kazandığı bir özelliği sonraki nesillere geçirebildiği hipotezini kabul

etmiyordu. Geoffroy bunun yerine, bir hayvanın çevresindeki değişikliklerin, canlının yumurta safhasındaki gelişim sürecine etki edebileceğini savunuyordu. Bu süreçte hilkat garibeleri doğabilirdi ama aynı zamanda yeni türler de oluşabilirdi.

Geoffroy, günümüzdeki embriyoların gelişim süreçleri irdelendiğinde, evrimin tarihinin de görülebileceğini ileri sürer. Aynı sırada Alman bilim insanları embriyoların birkaç gün içinde garip bir formdan bir başka garip forma nasıl dönüştüğünü, embriyoların çoğu zaman hayvanların erişkin formlarına hiçbir benzerlik taşımayan dönüşümler geçirdiklerini keşfediyorlardı. Araştırmacılar, hızla değişen kısımları ve şekillerini dikkatlice kaydettiler ve incelemelerini derinleştirdikçe bu keşmekeş içindeki düzeni daha iyi kavrar oldular. Özellikle embriyoların basit bir formdan başlayıp zaman içinde daha karmaşık hale dönüşmesinden çok etkilendiler. Hatta karmaşıklığı artan her formun, gelişim sürecinde yeni bir basamak oluşturduğunu iddia ettiler.

Embriyoları inceleyen Alman bilim insanlarından biri olan Lorenz Oken, bu işlemi şöyle açıkladı: "Bu gelişim sırasında hayvan, hayvanlar krallığının tüm evrelerinden geçer ve büyüdükçe yeni organlar kazanır. Fetus, tarih boyunca var olan tüm hayvan sınıflarının bir simgesi gibidir." Embriyo, başlangıçta bir solucan gibidir, tıpkı bir tüpe benzer. Sonra karaciğerinin ve damar sisteminin gelişmesiyle birlikte bir yumuşakçaya dönüşür. Bir kalp ve penisin eklenmesiyle bir salyangoz haline gelir. Uzuvlar filizlendiğinde bir böcek halini alır. Kemiklere sahip olduğunda bir balık, kaslar oluştuğunda ise bir sürüngen olur ve bu süreç insanlığın oluşumuna kadar gider. Oken sürecin sonunu, "İnsan zirvedir, doğanın gelişiminin tacıdır" diye açıkladı.

Geoffroy, embriyoların doğanın basamaklarını tırmanmadıklarını, doğanın tarihini yeniden canlandırdıklarını öne sürdü. İnsanların ataları balıklardı; gelişimimizin erken dönemlerinde solungaç yarıklarına sahip olmamız da bunun kanıtıydı.

Geoffroy'un evrimi tartışmaya açtığı sıralarda Avrupalı kâşifler de Geoffroy'un kuramıyla mükemmel uyum sağlayan yeni türler keşfetmekle meşgullerdi. Örneğin Avustralya'da yaşayan ornitorenk türü bir memeliydi fakat ördeksi gagası ve yumurtlayarak üremesiyle, Geoffroy'da bu türün memelilerle sürüngenler arasındaki bir geçiş formu olduğuna ilişkin bir kanı oluşturuyordu. Brezilya'daki araştırmacıların bulduğu, akciğerleriyle nefes alabilen akciğerli balık adındaki tür ise okyanustaki ve karadaki omurgalılar arasındaki bağlantıyı temsil ediyordu.

İngiltere'nin önde gelen bilim insanları, tıpkı geçmişte Lamarck'a yaptıkları gibi, Geoffroy'u da bilim camiasından aforoz ettiler.

Cambridge'in sofu jeologu Adam Sedgwick, bu iki Fransız'ın çalışmalarının "Fizyolojiye dair çirkin (cesurca söylemem gerekirse; ahlaksız) görüntüler" olduklarını ilan etti. Britanyalı bilim insanları evrimi genel olarak hor göredursun, 1830'lar boyunca evrim fikriyle mücadele etme işi tek bir kişiye, genç ve parlak bir anatomici olan Richard Owen'a kalmıştı.

Britanyalı anatomiciler arasında, içinde akciğerli balık ve ornitorenkin de bulunduğu yeni türleri inceleyen ilk araştırmacılardan olan Owen, bulduğu bu fırsatları Geoffroy'un iddialarına saldırmak için kullandı. Owen, ornitorenklerin memelilerin belirleyici özelliklerinden olan süt salgılama yetisine sahip olduğunu gösterdi. Akciğerlere sahip olan akciğerli balıkta ise karada yaşayan tüm omurgalıların sahip olduğu burun delikleri mevcut değildi. Bu bulgu, Owen için akciğerli balıkları sıradan bir balık türü olarak sınıflandırmak için yeterliydi.

Ancak Owen'ın kendisi de, yaşamın tanrı tarafından yaratıldığını ve doğadaki tasarımın tanrının mükemmelliğini yansıttığını söyleyerek tatmin olabilenlerden değildi. Owen yaradılışın oluşturduğu doğal mekanizmaların üzerindeki esrar perdesini kaldırmak istiyordu. Geoffroy'un evrimle ilgili vahşi spekülasyonlarını tiksinti verici buluyordu fakat onun bazı konularda haklı olduğunu reddedemeyecek kadar da iyi bir doğabilimciydi. Türler arasındaki benzerlik ve türlerin dönüşümünü ortaya koyan tasnif reddedilemeyecek kadar açıktı.

Owen, Geoffroy'un bulduğu delillerin gösterdiğinin çok ötesinde çıkarımlara vardığına kanaat getirdi. Owen, yeni yapılan araştırmaların Geoffroy'un embriyoların nasıl şekillendiğine ilişkin fikirlerini geçersiz kıldığını biliyordu. Karl von Baer isimli Prusyalı bir bilim insanı, daha gelişkin embriyoların daha ilkel olanların gelişim süreçlerinin yalnızca önemli kısımlarına sahip olduğunu kanıtlayarak yaşamın alelade bir merdivenden ibaret olmadığını göstermişti. Erken evrede omurgalıların embriyoları birbirlerine benziyorlardı çünkü hepsi yalnızca bir avuç hücreden ibaretlerdi. Zaman geçtikçe kendine has özellikleri giderek belirginleşiyordu. Balıklar, kuşlar, sürüngenler ve memelilerin hepsinin uzuvları (kolları ve bacakları) vardır ve embriyo aşamasındayken hepsi uzuv to-



Sir Richard Owen (1804-1892), Darwin'in seyahatinden beraberinde getirdiği fosilleri inceledi. Daha sonra Darwin'in en büyük düşmanı olacaktı.

murcukları oluştururlar. Ancak zaman içinde bu tomurcuklar yüzgeçlere, ellere, toynaklara, kanatlara, yani her bir omurgalı için karakteristik olan uzuv formlarına dönüşürler. Dolayısıyla bir tür, bir diğerinden ortaya çıkmaz. "Hayvanların mükemmelliğe uzandığı doğrusal bir düzen imkânsızdır" diye yazar von Baer.

Owen'ın arzusu, günün birinde von Baer, Geoffroy ve zamanının tüm diğer büyük biyologlarının çalışmalarını birleştirip, yaşamın yüceliğini gösteren bir kuram ortaya koymaktı. Evrime karşı savaşmak istiyordu ama bunu fosiller ve embriyoların ortaya koyduğu kanıtları açıklayabilen doğa kanunlarını keşfederek yapmak niyetindeydi.

Darwin'le ilk defa *Beagle*'ın dönüşü üzerinden yalnızca 3 hafta geçmişken tanıştı. Her ikisi de Lyell'in evindeki bir akşam yemeği davetine gelmişlerdi. Darwin, Şili'deki deprem hikâyelerini anlatarak davetlilere hoş vakit geçirtiyordu. Yemekten sonra Lyell bu iki genç adamı tanıştırdı (Owen Darwin'den yalnızca 5 yaş büyüktü). Oldukça iyi anlaştılar ve Darwin, beraberinde getirdiği memeli fosillerinin ulusal düzeyde dikkat çekecek kadar meşhur olabilmesi için Owen'ın yardımını alabileceğini düşündü. Owen'a fosilleri incelemek isteyip istemediğini sordu. Owen da fosilleri incelemekten mutluluk duyacağını söyledi. Daha önce kimsenin görmediği fosiller sayesinde düşüncelerini sınama fırsatı bulabilecekti.

Günün birinde Darwin'in kendisini de bir fosil haline getireceğinden habersizdi.

ŞAŞKINLIK VE SAPKINLIK

Beagle'ın dönüşünden 4 ay sonra Darwin, uzmanlardan fosil ve kalıntı koleksiyonuyla ilgili geri bildirimler almaya başladı. İlk başta tek yaptıkları, Darwin'i kafasını daha da karıştırmak oldu. Owen memeli fosillerini inceledi ve bunların halen Güney Amerika'da yaşayan hayvanların devasa varyasyonları olduğunu açıkladı. Kemirgenler suaygırı, karıncayiyenlerse at boyutlarındaydı. Darwin, türleri tükenmiş hayvanlarla hâlâ dünya üzerinde yaşamakta olan canlı türler arasında bir devamlılık olmadığından kuşkulandı. Yaşayan hayvanlar, fosilleşmiş türlerin değişmiş formlarından köken almış olabilir miydi?

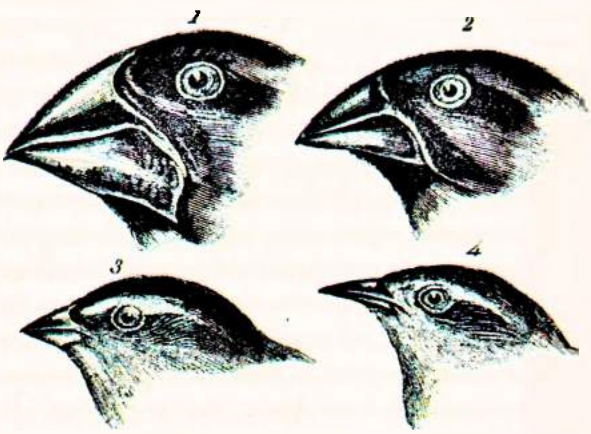
Darwin, Galapagos kuşlarını Britanya'nın önde gelen kuş bilimcilerinden James Gould'a vermişti. Topladığı sıralarda bu örnekler üzerinde çok düşünmemişti ancak Gould'un Zooloji Topluluğundaki bir toplantıda örneklerden bahsettiğini işitince, dikkatsizliği için pişman oldu. Darwin, gaga yapılarına bakarak onların ispinoz, çalıkuşu ve ka-

ratavuk olduklarına karar vermişti. Fakat Gould bunların hepsinin ispinoz olduğunu söylüyordu. Çalıkuşuna ve karatavuğa benzer gagaları, farklı besinleri tüketebilmelerine olanak tanıyordu.

Daha sonra Gould'un çalışma ofisine yaptığı ziyarette, Gould ona çok daha acı verici hatalarını gösterdi. Darwin, kuşların çoğunun hangi adadan geldiklerini tam olarak kaydetmemişti çünkü o zaman bu görev Darwin'e pek de önemli görünmemişti. Üç alaycı kuşun üç farklı adadan geldiğini kaydetmişti fakat Gould, alaycı kuşların farklı adalara değil, birbirinden farklı üç yeni türe ait olduğunu gösterdi.

Darwin, neden birbirine bu denli yakın üç ayrı alaycı kuş türü olduğu konusunda meraklandı. Acaba farklı adalarda yaşayan farklı ispinoz türleri de var mıydı? Darwin, FitzRoy'a ulaştı ve *Beagle* tayfalarının Gould'a göndermek üzere topladıkları kuşlar hakkında bilgi aldı. Çok şükür ki tayfalar Darwin'den daha iyi çalışmışlar ve kuşları hangi adalarda vurduklarını kaydetmişlerdi. Tıpkı alaycı kuşlarda olduğu gibi, farklı adalardan gelen ispinozlar da farklı türlere aitti.

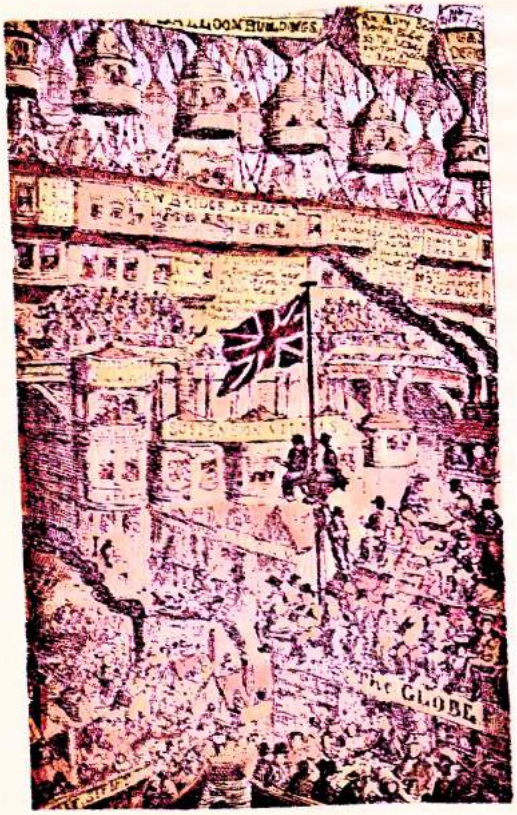
Darwin, bazı şeylerin çok yanlış olduğunu fark etti. Birbirine bu kadar benzeyen adalar niçin bu kadar farklı türe ev sahipliği yapıyordu? Not defterlerini açtı ve Galapagos ispinozları için bir açıklama bulmaya çalıştı. Etrafındaki insanlara göre, mercan resifleri, yükselen kara parçaları ve volkanların konik şekilleri hakkında yaptığı jeoloji çalışmaları, Darwin'i çok da değiştirmemişti. Lakin sıra dışı bir düşünce içten içe onu kemiriyordu. Belki de ispinozlar şu andaki biçimlerinde yaratılmamışlardı. Belki de evrim geçirmişlerdi.



1. Geospiza magnirostris. 2. Geospiza fortis.
3. Geospiza parvula. 4. Certhidea olivacea.

FINCHES FROM GALAPAGOS ARCHIPELAGO.

Darwin'in *Journal of Researches* [Araştırma Günlüğü] isimli eseri, Galapagos Adalarında yaşayan 4 ispinoza ait çizimleri de içeriyordu. Her tür kendi beslenmesine, yani tükettiği tohumlar veya böceklere uygun gagaya sahipti.



1851 yılına ait bir çizimde Londra gelecekteki aşırı kalabalıklığı ile resmediliyor. İngiliz makale yazarı Thomas Malthus aşırı nüfusun tehlikelerini yazıyordu; fikirleri Darwin'in doğal seçilimle ilgili düşüncelerini kesinleştirmesini sağladı.

Her şeye karşın, türlerin üzerinde yaşadığı karalar değişmez değildi. Darwin'in ispinozları, bir zamanlar anakaraya bağlı olan, zamanla anakaradan kopup okyanusa sürüklenen adalar üzerinde yaşıyorlardı. Galapagos Adaları oluştuğunda, Güney Amerika'dan gelen orijinal bir ispinoz türü adalarda koloniler kurmuş, zamanla adalardaki nesiller yeni yaşamlarına uygun ayrı beden formları geliştirerek farklı türlere dönüşmüşlerdi. Adalara ilk yerleşen ispinozların torunları böylelikle farklı dallara ayrılmışlardı. Benzer bir kollara ayrılma süreci, Patagonya'daki memeliler için de geçerli olabilirdi. Arkalarında Darwin'in keşfettiği dev fosilleri bırakan hayvanlar, belki de günümüzün daha küçük bedenli memelilerinin atalarıydılar.

Darwin, not defterine eski türlerin yeni türleri oluşturan dallara ayrılışını gösteren ağacın bir taslağını çizdi.

Darwin, bu fikri tüyler ürpertici buldu. Gecenin bir yarısında garip rüyalar nedeniyle uyanmaya, kalp çarpıntısı ve mide ağrısı çekmeye başladı. İspinozlar ve karıncayiyenler için bağlayıcı olan yasaların insanlar için de geçerli olacağını biliyordu. İnsanların, her ne kadar bazı özel zihinsel donatılara sahip olsalar da, hayvan türlerinden biri olduğunu düşünmeye başladı. Not defterine şöyle yazdı: "Bir hayvanın bir diğerinden üstün olduğunu söylemek saçmadır. Çoğu zaman düşünen insanın ortaya çıkışının ne kadar muhteşem bir olay olduğu konuşulur lakin bütün o duyulara sahip olan böceklerin ortaya çıkışı çok daha muhteşemdir... Dünyayı kaplayan en güzel savanları ve ormanları gördükten sonra, yeryüzündeki nihai amacın düşünce olduğunu söylemeye kim cesaret edebilir ki?"

Belki insanlar da tıpkı ispinozlar gibi evrimin bir sonucuydular. Darwin, yeni yakalanan Jenny isimli bir orangutanı görmek için hayvanat bahçesine gitti ve orangutanın yüz ifadelerinin tıpkı bir bebeğinkiler gibi olduğunu fark etti. O günkü şaşkınlığını not defterine, "Yoksa insanlar maymunlardan mı geldi?" diye aktaracaktı.

Her ne kadar fikirleri hâlâ oluşum aşamasındaydıysa da, Darwin onların tehlikeli olduğunu biliyordu. İnsanların evrimiyle ilgili topluma yapılacak bir açıklama, saygı duyduğu Lyell ve diğer doğabilimcilerden dışlanmasına neden olacaktı; nihayetinde kariyeri bu insanların kabulüne dayanıyordu. Her ne olursa olsun Darwin bu konuda notlar almaya ve kuramını destekleyecek kanıtlar toplamaya devam etti.

Darwin, karakteristik özelliklerin bir nesilden diğerine nasıl aktarıldığını ve bu özelliklerin aktarımı sırasında nasıl değiştiklerine dair bulguları arıyordu. Bahçıvanlara, hayvanat bahçesi bakıcılarına ve güvercin meraklılarına sorular soruyordu. Berberiyle köpeklerin üretilmesine dair sohbetler yapıyordu. Her ne kadar türlerin değişmez olmadığına dair bulguları görüyor olsa da hâlâ bir türün nasıl olup da yeni bir forma dönüştüğünü bilemiyordu. Lamarck, bir hayvanın yaşamı süresince değişebileceğini ve bu kazanılmış karakterleri döllerine aktarabileceğini iddia ediyordu. Ancak gerçekte olup bitenin bu olduğuna dair çok az kanıt vardı. Darwin, evrimin gizemini aydınlatacak farklı bir açıklama peşindeydi.

Aradığını, insanlığın zorunlu gereksinimleriyle ilgili sıkıcı bir kitapta buldu. 1798'de, taşrada papazlık yapan Thomas Malthus, *Nüfusun İlkeleri Üzerine Bir Çalışma (An Essay on the Principle of Population)* adlı bir kitap yazmıştı. Kitapta, bir ülkenin nüfusunun açlık ve hastalıklardan etkilenmediği takdirde belli bir zaman içinde büyük bir artış sürecine gireceği işaret ediliyordu. Eğer her bir çift 4 çocuk yaparsa nüfus 25 yılda kolaylıkla ikiye katlanır ve ikiye katlanmaya devam ederdi. Bu ivmeli büyüme 3, 4, 5 kat gibi aritmetik bir artışla değil 4, 8, 16 kat gibi geometrik bir artışla gerçekleşirdi.

Malthus, bir ülkenin nüfusunun bu şekilde patlaması halinde, besin kaynaklarının bu artışa cevap veremeyeceğini söylüyordu. Yeni toprakların tarıma kazandırılması veya verimliliği artıracak tedbirler alınması, daha büyük bir hasatlar yapılmasını sağlayabilirdi ancak bu yapılanlar besin kaynaklarında geometrik değil, yalnızca aritmetik bir artış yaratırdı. Kontrolsüz nüfus çoğalması kaçınılmaz olarak beraberinde kıtlığı ve sefaleti getirir. Malthus'a göre insanlığın böylesine bir açlık içinde olmamasının nedeni, veba gibi hastalıkların, çocuk ölümlerinin ve orta yaşlarda evlenme gibi faktörlerin sürekli olarak nüfus artışının aleyhinde yarattığı etkidir.

Malthus, doğurganlık ve açlık gibi insan ırkını şekillendiren faktörlerin hayvanlar ve bitkiler üzerinde de etkili olduğunu söyler. Eğer sineklerin yumurtalarını engelleyen faktörler olmasaydı, dünya kısa sürede dizlerimize kadar sineklerle dolardı. Bunun olmaması için sineklerin çoğu (ve diğer türlerin çoğu üyesi de) herhangi bir döl vermeden, yani üreyemeden ölmelidirler.

Darwin, evrimi ileri götürecek mekanizmayı Malthus'un karamsar çalışmasında buldu. Çoğalabilme şansına erişen bireyler yalnızca şanslı olarak tanımlanamazdı. Bazı bireylerin belirli koşullar altında hayatta kalabilme özellikleri, diğerlerine göre daha gelişkin olmalıydı. Daha büyük, daha ince gagalı veya daha kalın kürklü olabilirlerdi. Bu özelliklerle doğan bireylerin üreme ve döl verme şansı, türlerindeki zayıf bireylere göre daha fazlaydı. Bir sonraki nesli oluşturacak özellikler anne ve babadan geldiği için, kuvvetli özellikler yavrulara aktarılabilecekti.

Türdeşler arasındaki bu dengesizlikleri tespit etmek, birbirini izleyen nesiller incelendiğinde oldukça güç olmalıydı. Fakat dağları oluşturan, hissedilemeyen jeolojik değişiklikleri bilen birisi olan Darwin'in içi oldukça rahattı. Canlılar için işleyen süreç, dağların oluşumunun biyolojik bir versiyonuna benziyordu. Geniş bir kuş topluluğunu kendilerini Galapagos Adalarında bulacak olsalar, adada yaşamaya en iyi uyum sağlayan bireyler sonraki nesli oluşturacaktı. Yeterli zaman verildiğinde bu değişiklikler yeni bir kuş türünü yaratabilirdi.

Darwin, bu süreç ile çiftçilerin ürünlerini yetiştirişi arasında güzel bir benzerlik olduğunu gördü. Çiftçiler bitkilerini, her sapın ve ağacın ne kadar verimli olduğunu kıyaslayarak üretirler. Bir sonraki nesil bitkiler yetiştirileceği zaman yalnızca en verimli olanlarının tohumlarını kullanırlar. Bu yolla yetiştirilen bitkiler, verimlilik bakımından diğerlerinden belirgin biçimde farklı olurlar. Ama doğada bir çiftçi yoktur. Orada yalnızca hayatta kalmak uğruna, ışık, su veya besin için birbiriyle rekabet eden hayvanlar ve bitkiler vardır. Herhangi bir seçici olmaksızın bir seçilimin içine girerler. Böylelikle Darwin, hayatın biçimlenmesinin yaradılışa özgü eylemler olmadan, doğal yollarla da gerçekleşebileceğini fark etti.

"BİR CİNAYET İTİRAFI GİBİ"

Darwin, sapkınca karalamalardan bir süreliğine uzaklaşıp, vaktini kendine bir eş bulmaya ayırdı. Geziye çıkmadan önce, Fanny Owen isimli bir kadına âşık olmuştu. Ancak yelken açmalarının kısa bir süre sonrasın-



da Owen başka biriyle evlenmişti. Darwin yolculuğu sona erip eve geri döndüğünde, acaba bir gün evlenip evlenmeyeceğini sorgular haldeydi. Tipik bir metodik bilim insanı gibi davranan Charles, kâğıdın bir tarafına evliliğin avantajları, diğer tarafınaysa dezavantajlarını yazdı. Sol tarafa "Evlenmek," sağ tarafa "Evlenmemek" ve ortaya da "İşte bütün mesele bu" diye yazdı. Evlilik arifesindeki Hamlet gibi davranan Darwin, bekâr bir adamın bilimle uğraşmaya ve centilmenler kulübünde sohbet etmek için daha çok zamanı olacağına karar verdi. Çocukları geçindirmek için gereken parayı kazanmak için de tasalanmasına gerek yoktu. Diğer taraftan, bir eş havadan sudan konuşacak bir kadın arkadaş ve ilerleyen yaşlardaysa daimi bir yoldaş olabilirdi. Tüm seçenekleri sıraladı ve kararını verdi: "Evlen-Evlen-Evlen. Quod Erat Demonstrandum [İspatlanması gereken de buydu]."

Darwin, evlenmek için kuzeni Emma Wedgwood'u seçti. Londra'daki bilgiç, kültürlü kadınlara ilgi duymuyordu. Bunun yerine kendisi gibi taşrada büyümüş teyzesinin kızına gözünü dikti. Wedgwoodların evine zaman zaman yaptığı ziyaretler sırasında Emma da Darwin'e ilgisiz olmadığını göstermişti. Emma, Darwin'in acemi kurlarına, imalı yorumlarına ve yarım yamalak jestlerine rağmen, onun kendisinden hoşlanmış olmasından memnundu. Tedirgin bir şekilde kendisiyle evlenmek istediğini ağzından kaçırdığında da buna tamamen hazırlıksızdı. "Evet" dedi ama o kadar şaşkındı ki, kilisede Pazar günleri anlattığı dersine yetişmek için alelacele kaçıverdi.



Charles Darwin kuzeni Emma Wedgwood'la (1808-1896) 1839'da evlendi.

Yine de Emma, "inanılmaz tatlı mizaçlı" bir adamla evleniyor olduğu düşüncesiyle kısa zaman sonra mutlulukla doldu. Aynı sıralarda Darwin ise *Beagle*'da geçirdiği zamanın kendisini evlilik için fazla çekingen hale getirdiğinden endişeleniyordu ama Emma'yla evlenme fikri onu umutlandırıyordu. Ona şöyle yazdı: "Beni insancıllaştıracağınızı düşünüyorum ve en kısa zamanda bana sessizlik ve sükûnet içinde bulgular toplamak

ve kuramlar inşa etmekten daha büyük mutluluklar olduğunu öğreteceksiniz."

Emma'nın endişeleri ise Charles'ın doğadan ve doğayı yönetmesi muhtemel yasalardan bahsetmesi sonrasında başladı. Emma sofu bir Anglikandı ve Charles'ın İncil'e şüpheyle yaklaştığını anlayabiliyordu. Charles'tan, "Size yeni bir emir veriyorum: Birbirinizi sevin. Sizi sevdiğim gibi, siz de başkalarını sevin" diye yazan Yuhanna İncili'ni okumasını rica etti. Sevgiyle ilgili kısımlarla başlarsa, belki iyi bir Hıristiyan olabilirdi.

Emma'ya bu konudaki hislerinin "samimi" olduğuna dair söz verdi. Fakat o sırada not defterine bakılacak olsa, Darwin'in çok da dürüst davranmadığı görülebilirdi. Dinin gerçek tanrıya duyulan bir sevgiden çok, içgüdüsel bir konu olmasından endişeleniyordu. Emma'ya olan sevgisi, düşüncelerini olduğu gibi ifade etmesini engelliyordu.

Evlenmelerinden sonra Charles Emma'yı Londra'ya getirdi ve konforlu bir tekdüzelik içinde yaşamaya başladılar. Emma'nın kocasının ruhuyla ilgili endişeleri devam ediyordu ve ona daha çok mektup yazdı. 1839'da yazdığı bir mektubunda, Charles'ın doğadaki gerçeği arama yolunda kendini tükettiğini ancak din yoluyla bulunabilecek bir şeyi bulabilmek için her türlü gerçekliğe kendini kapattığını yazdı. Emma'ya göre, yalnızca kanıtlanabilecek şeylere inanmak onu, "aynı yolla kanıtlanamayan, zaten muhtemelen bizim anlayabileceğimizin ötesinde olan şeyleri" kabul etmekten alıkoyuyordu. Emma, İsa'nın kendisi ve dünyanın geri kalanı için yaptıklarını unutmaması için Charles'a yalvardı. Darwin, bir köşeye kaldırıp yanıtsız bıraktığı bu mektubu yaşamı boyunca hiçbir zaman aklından çıkarmayacaktı.

Darwin 1839'da, *Kaptan FitzRoy, R.N. Yönetimindeki HMS Beagle'ın Dünya Çevresindeki Seyahati Sırasında Ziyaret Edilen Ülkelerin Doğa Tarihi ve Jeolojisi Üzerine İncelemeler* isimli çalışmasını yayımladı. Britanya'da büyük başarı kazanan eser, Darwin'in bir doğabilimci olarak ününü perçinledi. O sırada üç yıllık evli ve iki çocuk sahibi olan Charles ve Emma, Londra'dan ayrılmanın zamanının geldiğine karar verdiler. Suçtan, giysilerini devamlı siyaha boyayan kömür tozundan ve ayakkabılarına bulaşan at pisliklerinden bıkmış usanmışlardı. Çocuklarını kendilerinin de büyüdüğü taşrada yetiştirmek istiyorlardı. Kent'te, Down House adı verilen 7 hektar genişliğinde ve Londra'ya 26 kilometre uzaklıktaki bir araziyi satın aldılar. Darwin bir çiftçiye dönüştü; çiçekler ekti, bir at ve bir inek satın aldı. Bilim toplantılarına katılmayı tümden bıraktı. İhtiyacı olan bilgileri mektupla veya özenle seçilmiş hafta sonu konuklarından alıyordu (Erasmus, kardeşini gör-

mek için Londra'yı terk etmekten nefret ediyordu; Charles'ın Down House isimli evini "Down at the Mouth" yani "Yüzünden düşen bin parça" diye çağırıyordu).

Bütün bu süreçte Darwin evrim kuramını düşünüp taşınmaya gizlice devam etti. *Doğal seçilim* hakkındaki argümanlarını yazmayı 1844'te bitirmişti ve bundan sonra ne yapacağına dair hiçbir fikri yoktu. Bu konuyu insanlara nasıl anlatacağını bile bilemiyordu. Kuramını desteklemek için düzinelerce insandan bilgiler alıyor ama bu bilgileri ne için kullanacağını onların bilmelerine izin vermiyordu. Babasına doktor olamayacağını *söylemekten* korkan çocuk, tehlikeli fikirlerini başkalarına söylemekten korkan bir adam haline gelmişti.

Fakat Darwin eninde sonunda birilerine bir şeyler anlatmalıydı. Çalışmasını sorgulayabilecek yeterlilikte olan, gözden kaçırdığı hayati hataları görebilecek bir bilim insanı bulmalıydı. Darwin, *Beagle*'la yaptığı geziden getirdiği bitkileri inceleyen, düşüncelerini öğrendiğinde ona sapkın yaftasını yapıştırmayacak kadar açık görüşlü birisi olan, genç botanikçi Joseph Hooker'ı seçti. Hooker'a şöyle yazdı:

Döndüğümden beri çok kendini bilmez bir işle meşgulüm ve yaptıklarımın aptalca olduğunu söylemeyecek *bir tek kişi bile* tanımıyorum. Galapagos organizmalarının dağılımı nedeniyle çok etkilendim ve türlerin gizemini ortaya çıkartabilecek her türlü bulguyu körlemesine toplamaya karar verdim. Tarım ve bahçecilikle ilgili yığınla kitap okudum ve bulgu toplamaktan hiçbir zaman vazgeçmedim. Sonunda bir ışık yandı ve türlerin değişmez olmadığına (*bu bir* cinayet itirafı gibi) neredeyse ikna oldum (başlangıçtaki düşüncelerimle taban tabana zıt olmasına karşın)... Sanırım türlerin hassas bir şekilde farklı biçimlere uyum sağlayabildiklerini gösteren basit bir açıklama buldum (işte küstahlık burada!). Sızlanacak ve kendi kendinize "Nasıl bir adamla yazışarak zamanımı harcıyorum" diye düşüneceksiniz. Bundan beş yıl önce belki ben de öyle düşünürdüm.

Hooker, Darwin'in umduğu gibi açık görüşlüydü. Darwin'in mektubunu, "Bu değişikliğin nasıl gerçekleştiği konusundaki düşüncelerinizi dinlemekten mutluluk duyacağım. Bu konuda var olan görüşlerin hiçbiri henüz beni tatmin edebilmiş değildir" diye yanıtladı.

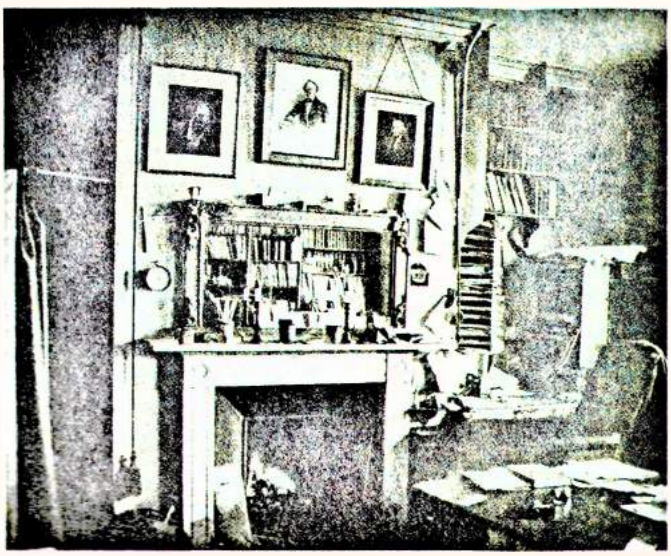
Hooker'ın yanıtı, Darwin'e çalışmasını birkaç ay sonra Emma'ya göstermek için gereken cesareti verdi. Emma'nın bundan rahatsız olabileceğini biliyordu ama eğer yakın zaman içinde ölecek olursa ölümünden sonra basılmak üzere çalışmasının onun elinde olmasını istiyordu. Emma çalışmayı okudu. Ne gözyaşı döktü ne de baygınlık geçirdi. Sadece çalışmanın kasvetli bir hal aldığı yerleri işaret etti. Darwin'in doğal

seçilimi, bir gözü bile ortaya çıkartabilecek kadar karmaşık bir süreç olarak değerlendirdiği kısma Emma'nın yorumu, "Oldukça iddialı bir varsayım" şeklindeydi.

SAKLANMAYA GERİ DÖNÜŞ

Sırrına yalnızca iki kişiyi ortak eden Darwin, çalışmasını yayımlamak konusunda yavaş yavaş güven kazanıyordu. Ancak bir ay içinde bu güven tamamen yok oldu. Eylül 1844'te, *Yaratılışın Doğal Tarihinde Kaybolanlar* isimli bir kitap basıldı. Kitabın yazarı, Robert Chambers adında, anonim kalmayı tercih etmiş İskoç bir gazeteciydi. Öyle ki Chambers'ın izini sürenler, yayıncısının ödediği telifin peşine düşmelerine karşın hiçbir şey bulamadılar. Chambers'ın kimliğini gizleyerek ne kadar akıllıca bir iş yaptığı sonradan anlaşılacaktı.

Eser, güneş sistemini ve komşu yıldızları tanımlayan zararsız bir girişle başlıyor ve dünyanın bir gaz kümesinden oluşumunu sağlayan fizik ve kimya yasalarını açıklıyordu. Chambers, jeolojik bulgular üzerinde çalışmış ve tarih boyunca ortaya çıkan fosilleri analiz etmişti. Önce basit formlar ortaya çıkmış, sonraları bulunanlar ise gittikçe karmaşık haller almışlardı. Zaman ilerledikçe daha gelişkin ve daha yüksek yaşam formları tarihe izlerini bırakmışlardı. Chambers skandala yol açacak iddiasını işte bu noktada ortaya atıyordu. Eğer insanlar, cennetteki bedenlerin doğa yasaları uyarınca tanrı tarafından yaratılacağına inanıyorlarsa, "Organik yaradılışın da Tanrı'nın iradesi doğrultusunda iş-



Down House'taki çalışma odasında *Türlerin Kökeni* ve diğer büyük eserlerini yazdı.

leyen doğa yasalarının bir sonucu olduğunu kabul etmemizi engelleyen neydi?" Bu düşünce, tanrının kertenkeleden karidese dek tüm türleri tek tek yarattığı fikrinden daha ikna edici değil midir?

Chambers, ilgili doğa yasalarının işleme biçimini, embriyoloji ve kimyaya dair sağdan soldan duyduğu ıvır zıvırı sıralayarak açıklıyordu. Bir elektrik kıvılcımının, cansız bir nesneyi basit bir mikroba çevirebileceğini düşünüyordu. Yaşam bu ilk andan sonra, çeşitli değişikliklerle evrimini sürdürürdü. Chambers bu konuda Alman biyologların güncel olmaktan çıkmış fikirlerine bel bağlıyordu. Doğum kusurlarının sıklıkla, tüm gelişim basamaklarının başarıyla takip edilememesinden kaynaklandığını ileri sürüyordu. Örneğin bir insan bebeği, tıpkı bir balık gibi, 4 yerine 2 kalp odacığıyla doğabilirdi. Bu hatalar tahminen "annenin gelişim gücünde, sağlık sorunları veya ıstırap neticesinde oluşan zayıflıktan" kaynaklanıyordu. Ancak bu durumun tersi geçerli olduğunda, bir anne yeni bir gelişim evresine ulaşmış bir yavru doğurabilirdi. Bir kaz, sıçan gövdesine sahip bir yavru kaz doğurabilirdi (ördek kökenli ilk ornitorenk bu şekilde ortaya çıkmış olmalıydı). "Yani daha önce görülmemiş canlı formlarının meydana gelişi, jeolojik bulguların da işaret ettiği gibi, aslında hamilelik sırasında ortaya çıkan yeni gelişim evrelerinden başka bir şey değildir."

Chambers balıklardan geldiklerini duyan okurların rezalet çıkaracaklarını düşünmemişti. Chambers'ın öne sürdüğü olaylar silsilesi, "Her birinde Tanrı'nın iradesini görebileceğimiz, dışsal fiziki koşullarla muhteşem bir uyum içinde düzenlenmiş, en yüksek düzeydeki mucizelerdi." Eseri okuyan orta sınıfa mensup Britanyalılar, hayatlarını eskiden olduğu gibi, aynı ahlaki pusula doğrultusunda sürdürebilirlerdi. "Doğa aracılığıyla açıklığa kavuşmuş olanları saygıyla karşılıyoruz. Şimdiye dek kutsal saydığımız, bir zerresi bile değiştirilmeye muhtaç olmayan şeylere gösterdiğimiz hürmeti de tamamıyla koruyoruz."

Chambers'ın eseri *Kaybolanlar* büyük başarı kazandı ve on binlerce kopya sattı. İlk defa bu kadar büyük bir İngiliz okur kitlesi evrim kavramıyla karşılaşıyordu. Fakat önde gelen Britanyalı bilim insanları esere şiddetle saldırdılar. Adam Sedgwick şöyle yazıyordu: "Yazarın bir kadın olduğuna inanıyorum. Geçerli fiziki mantığa ters düşen bu kara cahillikten anlayabildiğim şey budur." Sedgwick'i asıl dehşete düşüren, yaşama ilişkin böylesi görüşlerin ahlak anlayışının altını oyabileceğiydi. Eğer kitap doğruysa, "Din bir yalandır, insan yasaları bir delilik manzumesi ve adaletsizliğin bir kalesidir, ahlak ise saçmalıktan ibarettir" diye açıklıyordu.



Midyeler ve kendilerini sert yüzeylere yapıştırabilen, deniz suyunu filtre edebilerek yaşayan diğer kabuklular Darwin'i 8 yıl boyunca kendilerine esir etti.

Tepkinin şiddeti Darwin'i şok etti ve onu bilimsel bir saklanma evresine geri döndürdü. Sedgwick ve diğer hocalarının evrim fikrine bu denli karşı olduklarının farkına varamamıştı. Ama kuramından vazgeçmedi. Bunun yerine Chambers'ın karşılaştığı kötü kaderden nasıl kurtulabileceğini düşünmeye başladı.

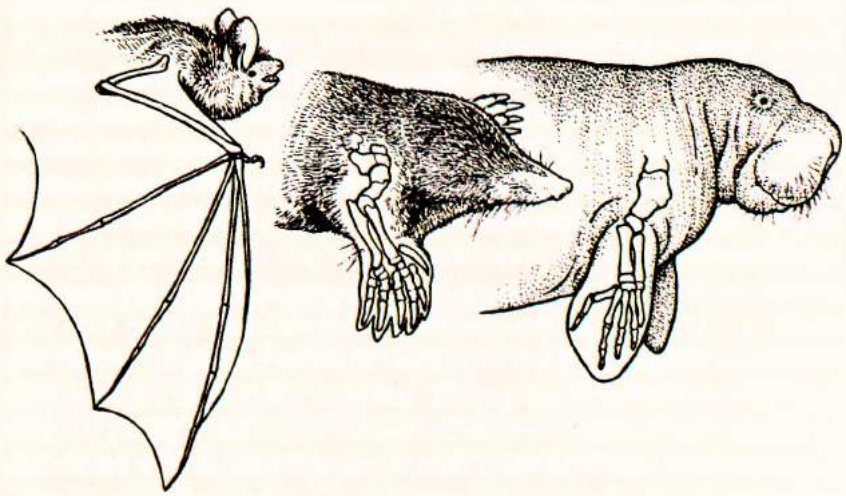
Darwin, Chambers'ın çalışmasının çok açık zayıflıkları olduğunu görebiliyordu. Chambers başka insanların fikirlerini basitçe okumuş ve bunları birbirleriyle bir yün yumağı gibi karıştırmıştı. Bazı açılardan Darwin de aynı hataya düşmüştü; fikirleri okuduğu şeylere veya dinlediği düzinelerce insana dayanıyordu. Lyell, Malthus ve hatta ziyaret ettiği berber bile Darwin'in fikirlerine kaynaklık etmişlerdi. Her ne kadar jeoloji alanında bir otorite olarak görülüyorduysa da, iş biyolojiye geldiğinde bir amatör olarak değerlendirileceğinden endişe ediyordu. Ciddiye alınabilmek için doğanın karmaşıklığıyla baş edebilecek birinci sınıf bir doğabilimci olduğunu gösterebilmeliydi.

Geri dönüşünün üzerinden 8 yıl geçmiş olmasına karşın henüz incelemediği *Beagle* numunelerini yeniden değerlendirmeye koyuldu. Şişelerinden birinde, gemi altlarına yapışan midyelerden vardı. Her ne kadar çoğu insan bu midyeleri, gemilerin kıç taraflarından sökülen şeylerden ibaret görse de, gerçekte onlar okyanusların en sıra dışı yaratıklarından biridir. Başlangıçta zoologlar onların, yüzeylere yapışan

sert kabuklarıyla, tıpkı deniztarakları ve istiridyeler gibi bir yumuşakça türü olduğunu düşündüler. Ancak midyeler, ıstakozlar ve karidesler gibi, kabuklular sınıfına mensuptular. Midyelerin gerçek kimliği ancak 1830'da, Britanyalı bir ordu cerrahı larvalarını inceleyip, onların genç karideslerle benzerliğini keşfettiğinde anlaşıldı. Midye larvaları deniz suyuna ulaştıklarında yapışacak bir yer ararlar, bu bir geminin küpeştesi veya bir tarağın kabuğu olabilir. Seçtikleri yere ilk yapıştırdıkları ise kafalarıdır. Ardından kabuklulara özgü anatomilerini kaybeder ve konik bir kabuk geliştirirler. Bu kabuktan dışarı doğru, ayak gibi kullanabildikleri ve besin için filtre görevi gören bir püskül uzatırlar.

Darwin 1835'te Şili açıklarında, bir toplu iğne başı büyüklüğünde, sedef kabuğu içine yapışmış bir tür midye topladı. Mikroskobunun altında onlara baktığında, her birinin aslında iki midyeden; büyük bir dişi midye ve ona yapışmış küçük bir erkek midyeden oluştuğunu fark etti. O sıralarda, bilim insanları midyelerin çift cinsiyetli formlarına (hem erkek hem de dişi üreme organlarına sahip) oldukça aşinaydılar. Toplu iğne başı midye çok garipti ve Darwin bunun yeni bir cins olduğundan emindi.

Darwin yeni bir yolculuğa çıkmıştı. İlkin keşfini anlatan kısa bir makale yazmayı planladı. Ancak bunu yapabilmesi için bulduğu midye türlerinin, taksonominin hangi kısmına ait olduğunu tespit etmesi gerekiyordu. Owen'dan kendisine biraz midye ödünç vermesini ve çalış-



Bir yarasanın kanatları, bir köstebeğin ayakları ve bir denizayısının yüzgeçleri birbirlerinden çok farklı görünür fakat bu uzuvlar altta yatan benzerlikler paylaşırlar. Hepsinin uzun kol kemikleri, küçük bilek kemikleri ve beşer parmakları vardır. Biyologlar bu türden gizli benzerlikleri *homoloji* olarak değerlendirirler.

masını en uygun biçimde nasıl gerçekleştirebileceği hakkında tavsiyelerde bulunmasını istedi.

Owen Darwin'e, bulduğu midye ne kadar garip görünüyor olsa da, keşfini kabuklu arketipiyle ilişkilendirmesi gerektiğini açıkladı. 1840'larda Owen arketiplerin zoolojinin anahtarı olduğuna karar vermişti. Omurgalı arketipini yeniden biçimlendirmeye çalışmış, bu arketipin bir omurga, kaburgalar ve bir ağızdan biraz daha fazlası olması gerektiğini tasavvur etmişti. Ancak bu vücut planı doğada yoktu. Owen, bu arketipin yalnızca tanrının zihninde bir şablon olduğunu, daha gelişkin formların bu şablona dayandırıldığını iddia ediyordu. Farklı omurgalılar birbirleriyle karşılaştırıldığında, arketiple olan bağlantıları görülebilirdi.

Bir yarasayı, bir denizayısını ve bir kuşu ele alalım. Yarasa, uzamış parmakları arasında gelişmiş bir zardan oluşan kanatlara sahiptir. Denizayısının yüzmek için palete benzer uzuvları vardır. Bir kuşun da uçmak için kanatları bulunur. Kanatlar, birbirlerine eklemlenmiş el kemiklerine saplanmış tüylerden oluşur. Tüm bu omurgalıların kendi yaşam şekillerine uyum sağlamış uzuvları vardır fakat bu farklı uzuvlar kendi aralarında da kesin benzerlikler taşırlar. Bu uzuvların hepsinde, bilyelere benzeyen el bileği kemiğine bağlanmış parmaklar bulunur. Bilekler iki uzun kemikle dirseğe bağlanır ve dirsekten sonra da tek bir uzun kemik yer alır. Bu benzerlikler (bilim insanları bunlara homoloji, yani benzeşim der) Owen'ı ortak bir beden planının var olduğu düşüncesine yönlendiriyordu.

Owen, Darwin'i midyeler ve diğer kabuklular arasındaki benzeşimleri araştırmaya teşvik etti. Darwin gizliden gizliye, Owen'ın arketip fikrinin saçma olduğunu düşünüyordu. Omurgalılar arasındaki bu benzerlikleri, bu canlıların ortak bir atadan köken aldıklarının bulgusu olarak değerlendiriyordu. Fakat Darwin, midyelerin daha az özelleşmiş kabuklulardan evrimini araştırmak yerine çok sayıda midyeyi (Günümüzde bin 200 farklı midye türü olduğu biliniyor) mercek altına almayı tercih etti. Diğer doğabilimcilerden koleksiyonlarını ödünç aldı, midye fosilleri üzerinde çalıştı ve British Museum'un [İngiliz Ulusal Müzesi] tüm depolarını elden geçirdi. Midyeler üzerindeki çalışmasına 8 yıl ayırdı. Tüm bu süre boyunca Darwin'in, Kopernik'in güneş merkezli kozmik modeli kadar devrimci olan evrim açıklaması, rafa kaldırılmış bekliyordu.

Peki, bu gecikmenin sebebi neydi? Akıl hocalarıyla yaşayacağı kaçınılmaz yüzleşmenin korkusu Darwin'in bu işi sürüncemede bırakmasına neden olmuş olabilirdi. Başka bir muhtemel neden de Darwin'in yor-

gunluğuydu; 5 yıllık yorucu bir yolculuk yapmış ve takip eden 8 yılı da durup dinlenmeden kitap ve makale yazmakla geçirmişti. İngiltere'ye döndükten sonra sağlığı da bozulmuştu; düzenli aralıklarla gelen kusma nöbetleri durumunu iyice kötüleştirmişti. Darwin artık 30'lu yaşların ortasındaydı ve biraz sükûnete ihtiyaç duyuyordu.

Bu gecikmede elem olayların da payı vardı. En sevdiği kızı Anne, 1851'de 10 yaşındayken grip yüzünden yaşamını yitirmişti. Kızının hak etmediği halde yaşadığı büyük ıstıraplar, Darwin'in inancını yeniden sorgulamasına yol açtı. Anne'in ölümünden sonra zayıflayan inancından Emma'ya bahsetmedi. Midyeler üzerinde çalışmak kederini gizlemenin bir yolu haline gelmişti.

Korku, bitkinlik ve elem bir tarafa, Darwin midyelerden büyülenmişti. Midyeler, evrimin çalışma mekanizmalarını öğrenmek için mükemmel canlılardı. Darwin, incelediği Şili midyelerinin, çift cinsiyetli formlardan köken aldığını görebiliyordu. Bu çift cinsiyetli türler önce geçiş formlarına dönüşmüş, zaman içerisinde dişi ve erkek bireyler üretebilir hale gelmişlerdi. Darwin, bağımsız midye türleri arasında tespit ettiği varyasyonlardan da çok etkilenmişti. Midyelerin anatomilerinin hiçbir parçası aynı değildi. Darwin tam da bu noktada, midyelerde doğal seçilimin çalışabilmesi için devasa bir hammadde topluluğu bulunduğunu fark etti. Darwin'in ilk düşünceleri türlerin, adaların oluşması, kıtaların batması gibi belirli zamanlarda doğal seçilime konu olduğu yönündeydi. Fakat seçilebilecek bu kadar çok varyasyon olduğunu gördüğünde, doğal seçilimin her zaman çalıştığını anladı.

Bu düşüncelerin hiçbiri, Darwin'in midyeler hakkında yazdıklarına dâhil olmadı. Yayımladığı bin sayfalık eser, beraberinde getirdiği övgü ve ödüllerin yanı sıra, kendisinin de arzuladığı gibi, Darwin'i saygıyla anılan bir doğabilimci haline getirdi. 1854'e gelindiğinde, Darwin doğal seçilimle ilgili düşüncelerine geri dönmeye hazırdı.

DOĞAL SEÇİLİMİN MÜHRÜ BOZULUR

Darwin işe, Joseph Hooker'ın ortaya attığı bazı şüpheleri inceleyerek başlar. Darwin'in iddialarından birisi, adalarda yaşayan hayvan ve bitkilerin orada yaratılmadığı, bu canlıların oraya göç eden türlerin soyundan geldiği yönündeydi. Bu iddia doğruyduysa, bu canlıların bu adalara gitmek için bir yol bulmuş olmaları gerekirdi. Deneyimli bir botanikçi olan Hooker, tohumların su veya rüzgârla kilometrelerce öteye gidebileceğini biliyordu. Fakat Darwin'in iddia ettiği kadar büyük mesafeleri aşabileceklerinden pek emin değildi.

Darwin, Hooker'ın kuşkularıyla yüzleşti: Tohumları tuzlu su tanklarına attı ve onların 4 ay boyunca ıslanmış olarak kalabildiklerini ve tekrar kuru toprağa ekildiklerinde filizlenebildiklerini ortaya koydu. Kuşların ayaklarıyla tohumları taşıyabildiklerini ve tohumların baykuşlar tarafından yenseler dahi, dışkı yoluyla vücuttan atıldıktan sonra hayatta kalabileceklerini keşfetti. Darwin'in kuramı bir hipotez yaratmış ve bu hipotez ilk testinden başarıyla geçmişti.

Darwin, üremeyle ilgili çalışmalarına da geri dönmüştü. Güvercin üreticileriyle cin içtiği sırada, küçük varyasyonlar kullanılarak nasıl tamamen yeni kuş formları üretebileceğini öğrendi. Kendi güvercin türlerini yetiştiren Darwin, öldürdüğü kuşların iskeletlerini inceleyerek ortaya çıkan varyasyonları tespit ediyordu. Ürettiği kuşların her biri diğerlerinden o kadar farklıydı ki, eğer bu kuşlar vahşi hayatta bulunmuş olsalardı, her biri ayrı türler olarak değerlendirilebilirdi. Burun deliklerinden kaburgalarına, yumurtalarının şekillerinden boyutlarına dek, üretilen her bir güvercinin anatomik özellikleri diğer varyasyonların özelliklerinden farklıydı. Herkesin fikir birliğine vardığı konu ise tüm bu güvercin çeşitlerinin tek bir vahşi kaya güvercini türünden köken aldığıydı.

1856'ya gelindiğinde, Darwin evrim hakkında çok daha fazla kanıt bulmuştu ve 1844'te kaleme aldığı araştırmaları üzerinde yeniden çalışmaya başlamıştı. Çalışma, kısa zamanda yüz binlerce kelime uzunluğunda, devasa bir esere dönüşüverdi. Gezisi sırasında gördüğü, yıllar içinde öğrendiği, okuduğu, konuştuğu her şeyi, midyeler ve tohum çalışmalarından elde ettiği tüm bulguları çalışmasına dâhil etti. Karşıt cepheyi, bir somut gerçekler silsilesiyle alt etmeye kararlıydı.



Thomas Huxley (1825-1895) *Türlerin Kökeni*'ni tutku ile savunması nedeniyle "Darwin'in buldoğu" olarak bilinmeye başladı.

Charles, Emma'ya çalışmasını gösterdiği 1844'ten bu yana, eşine kuramı hakkında neredeyse tek kelime bile etmemişti. Fakat artık kuramını birkaç kişiye, özellikle de yeni ihtimallere kendisinden daha açık genç beyinlere aktarmak konusunda kendine daha fazla güveniyordu. Bu girişimi için belirlediği kişilerden birisi, yakın zamanda aralarında bir dostluk gelişen, zeki, mücadeleci ve genç bir zoolog olan Thomas Huxley'ydi.

Huxley, Darwin gibi asillere uygun bir bilim deneyimi yaşamamıştı. Bir kasap

dükkânında dünyaya gelmişti. Babası, batan bir okulda öğretmenlik ve iflas eden bir bankada yöneticilik yapmıştı ve Huxley'nin eğitimi için hiç parası yoktu. Huxley 13 yaşındayken bir doktorun yanına çırak olarak girdi ve 3 yıl sonra Londra'ya giden doktorun peşinden kente yollandı. Masraflarını akrabalarından aldığı borçlarla ve çeşitli burslarla karşıladığı cerrahlık eğitimini de burada aldı. Borcunu ödeyebilmesinin tek yolu, *HMS Rattlesnake* isimli, Yeni Gine sahillerine yol almaya hazırlanan gemiye yardımcı cerrah olarak katılmaktı. Huxley zoolojiye ilgi duymaya başlamıştı ve gezide istediği kadar egzotik tür toplayabilecekti.

4 yıldan sonra 1850'de İngiltere'ye döndüğünde, tıpkı Darwin gibi, Huxley de yolculuğu sayesinde bir bilim insanına dönüşmüştü. Darwin gibi, onun şöhreti de kendisinden önce memlekete varmıştı. Fizalya denizanası (Diğer bir deyişle, Portekiz denizanası) gibi pek çok bireyin bir araya gelmesiyle oluşan tuhaf yaratıklarla ilgili keşiflerini anlatan makalesi ülkeye dönmesinden evvel basılmıştı bile. Huxley'nin, Kraliyet Donanmasıyla yaptığı özel anlaşma, ona ayrıcalıklı bir konum kazandırmıştı. Anlaşmada belirtilen hakkını kullanarak donanmadan 3 yıllığına ücretli izni aldı ve araştırmalarına devam etti. Herhangi bir akademik titre sahip olmamasına karşın Kraliyet Cemiyetine (Royal Society) kabul edildiğinde henüz 26 yaşındaydı.

Donanma üç kez Huxley'yi aktif göreve çağırdı; Huxley'nin görev emrini üçüncü defa reddetmesinin ardından, donanma onu görev listesinden sildi. Londra'da bir başka iş bulabilmek zorlu bir uğraştı fakat sonunda Madencilik Okulunda yarı zamanlı çalışmaya başladı. Bir yandan da gazete sütunlarında makaleler ve derlemeler yazarak ailesi için kıt kanaat yetecek parayı kazanmaya çalışıyordu. Huxley bilimi yönlendiren zengin insanlara, kendi araştırmasını finanse etmedikleri için küskündü. Her şeye rağmen kendi kendine bir şöhret yaratmayı başardı. Öyle ki, İngiliz biyologlarının önderi Richard Owen'a saldırmaktan bile çekinmiyordu.

Owen o sıralarda bir tür tanrısal evrim fikriyle kendini meşgul ediyordu. Zaman içinde tanrının yeni türler yarattığını öne sürüyor ve bu yeni türlere ilham sağlayanın, tanrının ilk yarattığı arketipler olduğunu belirtiyordu. Owen, tanrısal bir tasarımla hareket eden yaşamın azametli gelişimini tasvir ediyor, genelden özelleşmişe doğru hareket eden bu tanrısal planı "ilahi, sürekli oluşum" diye tanımlıyordu. Doğal teolojinin ve türlerin sabitliğinin konforuna sıkıca sarılmış velinimetlerinin ve destekçilerinin endişelerine son vermek isteyen Owen, biyolojinin hâlâ "en yüksek ahlaki kurgularla ilişki içinde olduğuna" dair sözler veriyordu.

Huxley, halka açık konuşmalarında ve kaleme aldığı eleştiri yazılarında, Owen'ın tanrıyı bir teknik ressama çevirme ve fosil kayıtlarını tanrının yaptığı revizyonlar olarak okuma çabalarıyla dalga geçiyordu. Huxley, evrimin hiçbir formunu, ister kutsal, ister basitçe materyalist olsun, kabul etmiyordu. Dünyanın veya yaşamın tarihinde hiçbir ilerleme görmüyordu. Fakat bu, 1856'da Darwin'in Huxley'i bir hafta sonunu geçirmek üzere evine davet etmesiyle değişti.

Darwin kendi evrim versiyonunu, herhangi bir ilahi takdiri veya özel müdahaleyi işin içine katmaksızın, yalnızca doğadaki örnekleri açıklayarak anlattı. Huxley'ye güvercinlerini ve tohumlarını gösterdi. Kısa zamanda ikna olan Huxley, Darwin'in en büyük destekçisi olduğunu gelecekte kanıtlayacaktı.

Darwin kamuoyuna yapacağı açıklamaya giden yavaş ve dikkatli yürüyüşünü planladığı gibi sürdürüyordu, ta ki 18 Haziran 1858'de bir mektup Down House'a gelene kadar... Darwin dünyanın diğer ucundaki seyahatlerini sürdüren doğabilimci Alfred Russel Wallace'tan bir mektup almıştı. Wallace, Güneydoğu Asya'yı keşfediyor, yolculuk giderlerini karşılamak için hayvanlar topluyor ve evrim için kanıtlar arıyordu. 21 yaşındayken *Kaybolanlar*'ı okumuş ve zamanla yukarı doğru savrulan doğa fikri onu baştan çıkarmıştı. Wallace, Darwin'in gezi hikâyelerini okuduktan sonra, aynı şekilde seyahat etmeye karar vermişti.

İlk gezisini 1848'de Amazonlara yaptı. Ardından, orangutanları incelemek ve insanın kökeni hakkında bir şeyler öğrenebilmek umuduyla, günümüzde Endonezya olarak bilinen topraklara gitti. Yolculuk masraflarını, seyahatleri boyunca topladığı kuş derileri, kınkanatlılar ve diğer türleri kutulara koyup, meraklılara ve Londra'daki hamilerine göndererek karşıladı. Alıcılardan biri de Darwin'di; araştırmaları için Walace'tan kuş derileri alıyordu. İki doğabilimci arasındaki bu münasebet, kısa zamanda karşılıklı bir mektuplaşmaya dönüştü.

Darwin, kendisinin de türlerin nasıl meydana geldiğine dair bir kuramı olduğu sırrını paylaştığı Wallace'ı kapsamlı ve kuramsal bir biçimde evrimi ele almak konusunda cesaretlendirdi. Wallace, Darwin'e bu konudaki kendi düşüncelerini anlatmak üzere bir mektup yazmaya karar verdi. Darwin mektubu açarken kalbi duracak gibiydi. Wallace, tıpkı Darwin gibi, Malthus'u okumuş ve doğadaki aşırı nüfus artışını etkileyen nedenler hakkında kafa yormuştu. Üstelik yine Darwin gibi, bu olgunun türleri zaman içinde değiştireceğine ve yenilerinin oluşumuna neden olacağına karar vermişti.

Wallace'ın mektubunu almadan evvel Darwin, çalışmasını kamuoyuna sunmadan önce birkaç yıl daha yazmayı planlıyordu. Ancak kendi kuramına çok benzer şeyler söyleyen bir bilim insanın yazdıklarını avuçlarının içinde duruyordu. Kuramlar tamamen aynı değillerdi; Wallace aynı türden bireylerin arasındaki rekabet üzerinde çok da durmamıştı. Basitçe, doğanın uygun olmayan bireyleri ıskartaya çıkardığını belirtiyordu. Fakat Darwin Wallace'ın kendisine olan güvenini istismar etmedi ve ona hakkını teslim etmeye karar verdi. Onur duygusu daha da derinleşti; Wallace'ı kandırdığının düşünülmesindense, kendi kitabını yakmayı yeğlerdi.

Darwin, Lyell'le birlikte Linnaean Society'de [Linnaean Topluluğu, İsveçli bilim insanı Karl von Linne adına kurulan cemiyet] kendi çalışmasını ve Wallace'ınkini aynı zamanda duyurmak üzere bir toplantı düzenledi. 30 Haziran 1858'de topluluk, Darwin'in 1844 çalışmasını, Hooker'a 1857'de yazdığı mektubun bir kısmını ve Wallace'ın mektubunu dinledi. 20 yıllık dikkatli araştırma ve ıstırap birden sona erdi. Artık dünya kararını verebilirdi.

Fakat dinleyiciler hiçbir yargıda bulunmadılar. Darwin ve Wallace'ın eserleri Linnaean Topluluğunun uzun ve hızla akan bir oturumunda okundu ve büyük bir sükûnetle karşılandı. Belki de çalışmalar dinleyenler için, Darwin ve Wallace'ın öne sürdüklerini fark edemeyecekleri kadar özlü ve naziktiler. Darwin, iddiasını bilimsel bir dergide bir makale halinde yayımlamaya karar verdi.

Darwin takip eden aylarda, devasa *Doğal Seçilim* eserini, dergide basılabilecek bir özet haline getirmekle uğraştı. Ama ne kadar uğraştıysa da, özetin de bir kitap kalınlığına erişmesini engelleyemedi. Çok fazla sayıda iddiası ve muhtemel saldırılara karşı sunacak çok fazla kanıtı vardı. *Journal of Researchers* dergisinin yayıncısı John Murray'le iletişime geçerek dergiyle birlikte verilmek üzere ikinci bir cilt basıp basamayacağını sordu. Darwin'in makalesiyle birlikte *Journal of Researchers* büyük sükse yaratacaktı; dolayısıyla Murray makaleyi ayrı bir cilt halinde basmayı kabul etti. Derginin yanında verilecek bu cildin adı, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* (*Doğal Seçilim Yoluyla Türlerin Kökeni*) olacaktı.

Aynı sıralarda Darwin'in sağlığı yeni bir tehditle karşı karşıyaydı. Kasım 1859'da kitabın ilk bitmiş kopyası eline geçtiğinde, kraliyet yeşili giysileri içinde Yorkshire'daki kaplıcalarda iyileşmeye çalışıyordu. Yayınevinin kendisine gönderdiği kopyalar eline geçer geçmez, Darwin bunlardan birisini Endonezya'ya, Wallace'a gönderdi. Kitaba iliştirilmiş bir de not vardı: "Toplumun ne düşüneceğini Tanrı bilir."

"BU YAŞAM GÖRÜŞÜNDE İHTİŞAM VAR"

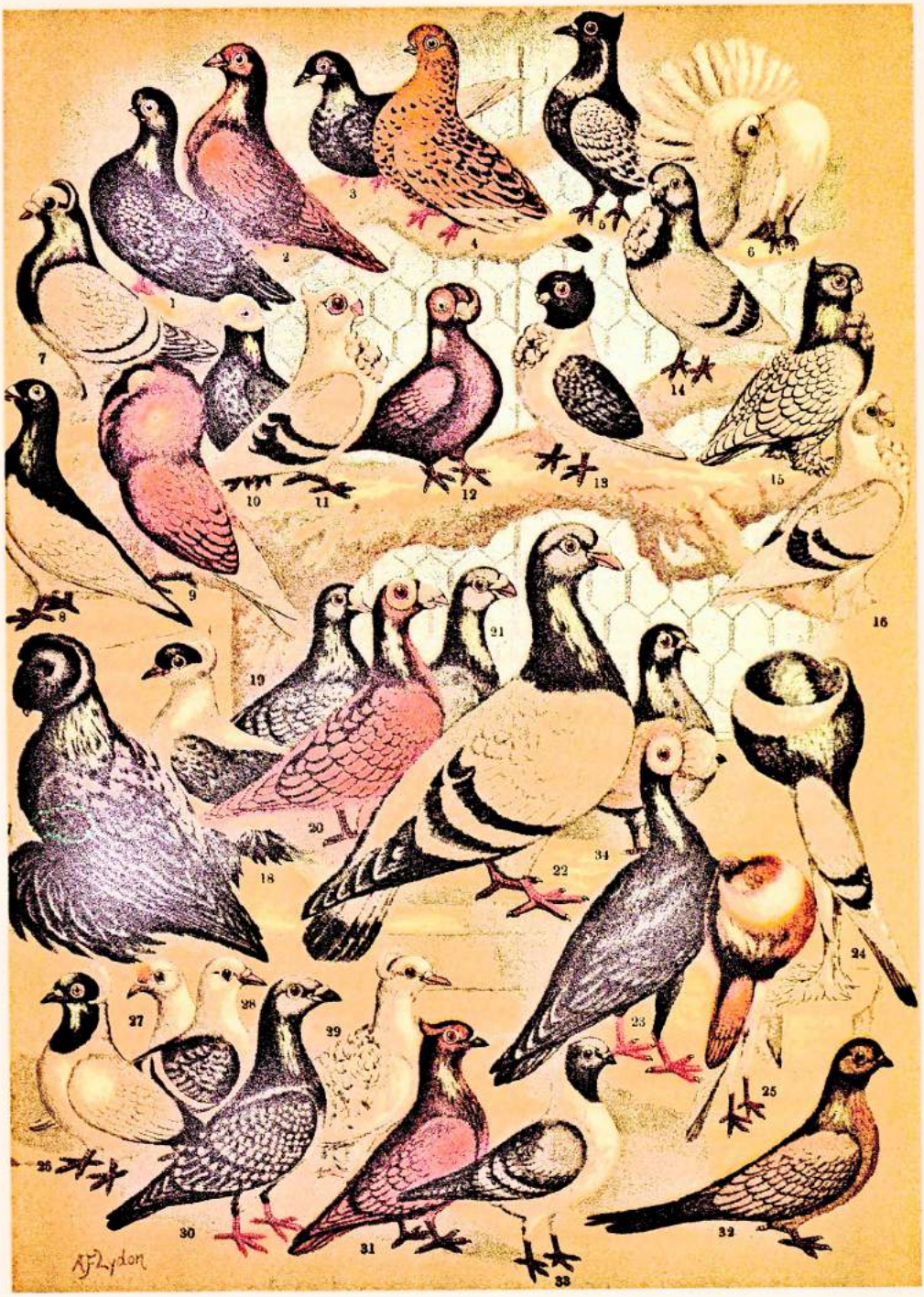
Türlerin Kökeni'nde yer alan iddia, 1844'teki ilk halinden evrimleşmişti. Artık çok daha geniş bir hale gelmiş, dünyadaki yaşamı bütünlüklü biçimde kapsayan bir açıklamaya dönüşmüştü.

Darwin iddialarını açıklamaya, dünyanın öbür ucundaki Galapagos Adalarından veya okyanusların karanlık derinlikleri ile hemen yanı başındaki mercan resiflerinden örnekler vererek değil; sıradan, konforlu İngiliz hayatını betimleyerek başlamayı tercih etti. Hayvan ve bitkilerin, kendilerini yetiştiren üreticilerin ellerinde farklı farklı biçimler aldığından bahsetti. Güvercin üreticileri, tavuskuyruklu güvercinin tüylerinin sıklığını ikiye katlamış, pelenk güvercinlerin boyun tüylerini ise bir çeşit kukuleta haline getirmişlerdi. Bu sayılanlar, kuş türlerinin kendilerine has özellikleri olarak değerlendirilebilirdi lakin kuş üreticileri bu özellikleri yalnızca birkaç nesil yetiştirerek elde etmişlerdi.

Darwin, kalıtımın kuş yetiştiricilerinin bu mucizeleri gerçekleştirmesini sağlayan mekanizmasını kimsenin tam olarak anlamadığını belirtiyordu. Yetiştiricilerin açıkça bildikleri şey, kalıtımla aktarılan farklı özelliklerin, beraberinde başka farklılıklar getirmeye eğilimli olduğudur. Örneğin mavi gözlü kediler değişmez bir şekilde sağır olurlar. Kalıtım bir gizem olarak görülse de, açık olan bir şey vardır: Ebeveynler kendilerine benzeyen döller üretirler ancak her yeni nesil belirli bir miktar varyasyonla dünyaya gelir.

Doğada bir tavuskuyruklu veya pelenk güvercinle karşılaşırsanız, bu iki canlının farklı türler olduğunu düşünebilirsiniz. Hâlbuki tuhaftır ki, bu iki kuş çiftleşebilir ve yavrular meydana getirebilirler. Gerçekte Darwin, doğadaki türleri ve varyasyonları ayırt etmenin zorluğuna işaret etmek istemektedir. Biyologlar, belli tipteki meşe ağaçlarının aynı türden olup olmadığını tartışırlar. Darwin ise bu karışıklığın, varyasyonların da türlere özgü karakteristikler taşımalarından kaynaklandığını belirtmektedir. Çünkü varyasyonlar çoğunlukla, yeni oluşmakta olan türlerin ilk bireyleridirler.

Peki, yeni oluşmakta olan türler nasıl gelişmiş, olgun türler haline gelirler? Tam burada Darwin, Malthus'u tartışmaya dâhil eder. Yavaş çoğalan türler bile insan veya akbaba gibi, sayılarını 20 ila 30 yılık bir sürede ikiye katlayabilirler, dolayısıyla bu türler birkaç bin yıl içerisinde kolaylıkla dünyayı kaplayabilirler. Ancak bitkiler ve hayvanlar afallatıcı hızlarda, düzenli olarak yeryüzünden silinirler. Darwin, yıllardan birinde Down House çevresindeki kuşların beşte dördünün aniden bastıran soğuk yüzünden öldüğünü hatırlamaktaydı. Doğanın sakin örtüsü, gerçekte muazzam bir katliamı gözlerden uzak tutuyordu.



Darwin güvercin üreticilerinin yapay seçilim yoluyla çok farklı varyasyonlarda güvercin üretebilmelerinden oldukça etkilendi. Doğanın da benzer bir yolla yaşama ait farklı biçimler yaratabileceğini anladı.

Türlerin bireylerinin bir kısmı bu zorlukları talihleri sayesinde atlatır ve yaşamaya devam ederler, bazıları ise yaşamlarını kaybetmemelerini sağlayan belirli özellikleri nedeniyle hayatta kalmayı başarırlar. Yaşayanlar üremeye devam ederken, iyi uyum sağlayamayan bireyler ölürler. Doğa aslında bir canlı yetiştiricisi gibi davranır; üstelik bir yetiştirici olarak özellikleri, insan emsallerine göre çok daha üstündür. Bir insan yalnızca bir özelliği hedefleyerek güvercinler üretebilir; örneğin bir güvercin türü kuyruk tüylerinde belirli varyasyonlar olması niyetiyle üretilir. Fakat doğa bu üretim sürecinde sayılamayacak kadar çok özelliğe etki edebilir; üstelik bu değişiklikler yalnızca bedensel özellikleri değil, içgüdüleri de kapsar. Bu konuda Darwin şöyle yazıyordu: "Doğa her iç organda, her yapısal farklılığın gölgesinde, yaşamın tüm mekanizmalarında etkinlik gösterebilir. İnsan yalnızca kendi çıkarı doğrultusunda seçim yapar, doğa ise ilgili canlının kendi varlığı hangi yönde eğilim gösteriyorsa o tarafı seçer."

Yetiştiriciler işlerini yıllar veya on yıllarla ifade edilebilecek zaman dilimlerinde gerçekleştirebilirken, doğa ise işini akıl almaz genişlikteki zaman süreçlerine yayar. "Denilebilir ki, doğal seçilim tüm dünyadaki varyasyonlar üzerindeki işini –en önemsiz olarak görünenler için bile– çok dikkatlice, her gün, her saat sürdürür. Zamanın eli, tarih boyunca geçen çağları işaret edene dek, bu yavaş değişimlerin getirdiği ilerlemeye dair bir şey göremeyiz" diye yazar Darwin.

Doğal seçilim bir varyasyon üzerinde yeterince uzun zaman çalışırsa, bu varyasyona ait bireyler yeni türler haline gelebilirler. Bir kuş türünden iki varyasyon, aradan geçen binlerce nesille beraber iki farklı türe dönüşebilir. Belirli bir türe ait bireylerin kendi aralarında rekabet etmesi gibi, farklı türden canlılar arasında da rekabet vardır. Birbirine benzeyen iki tür arasındaki rekabet ise tüm bu mücadeleler içindeki en sertidir. Bu iki türden biri eninde sonunda soyunun tükenmesi ihtimaliyle karşı karşıya kalabilir. Darwin'e göre, fosilleri bulunan canlıların hâlâ dünya üzerinde olmamasının sebebi de bu rekabet sürecidir. Bu türler birden ortadan kaybolmamışlardır; diğer canlılarla girdikleri mücadeleleri kaybetmişlerdir.

Okurlarının bu süreci anlamalarına katkı sağlamak için Darwin kitabında da yer verdiği bir şekil çizdi. Şeklin alt kısmında, bir ağacın üzerinde yükselen dallarmışçasına konumlandırılmış birkaç orijinal tür, zamanla birlikte yeni kollara ayrılıyorlardı. Bu dalların çoğu, incecik çıkıntılardan, yani sürgünlerden ibaretti; bazı varyasyonlar ve oluşan yeni türler nesillerini devam ettirememişlerdi. Fakat bu ince dalların bazıları, şeklin en üstüne kadar ulaşmayı başarmışlardı. Darwin'e

göre yaşam, basitten karmaşığa doğrusal şekilde ilerleyen "Büyük bir Var Oluş Zinciri" değildi; yaşam çalı gibi, karmakarışık bir ağaca benziyordu.

Türlerin Kökeni, yıllarca diğer bilim insanlarının evrim hakkındaki alaylarını yalnızca dinlemiş ve onları aynı şekilde kendisiyle alay ederken hayal etmiş bir adamın müdafaa kitabıdır. Darwin eserinde evrim karşıtlarının itirazlarını tek tek ele alıyordu. Eğer eski türler zaman içinde yeni türlere dönüşüyorsa, neden hayvanlar birbirlerinden bu kadar farklıydı? Darwin'in yanıtı, benzer iki türün rekabetinin, türlerden birini yokoluşa yönelttiği, dolayısıyla hâlihazırda yaşayan hayvan türlerinin, geçmişte yaşamış tüm türlerden arta kalanlar olduğu yönündedir.

Fakat bu ara formları fosil halinde görmemiz gerekmez miydi? Darwin okurlarına, fosillerin doğaları gereği yaşamın tarihinden ancak bazı parçalara dair kanıtlar sunabileceklerini hatırlatır. Fosil haline gelebilmesi için bir cesedin uygun şekilde bir çökeltinin içine gömülmesi, ardından kayaya dönüşmesi, tüm bu süreçte volkanların, depremlerin veya erozyonların etkilerinden korunması gerekir. Tüm bu değişiklikler çok yavaş bir şekilde gerçekleşir ve bir zamanlar milyonlarca bireye sahip bir tür ancak bir fosilden yola çıkarak bilinebilir. Fosil kayıtlarındaki boşluklar bir sürpriz değildir ve işin doğası gereği, bu durum bir kural olarak değerlendirilmelidir. "Dünyanın kabuğu gerçekte çok büyük bir müzedir ancak elimizdeki doğa koleksiyonları birbirinden son derece farklı zamanlara ait parçalardan oluşmuştur" diye yazar Darwin.

Doğal seçilim nasıl olur da böylesine karmaşık organlar veya birbirinden bağımsız parçalardan oluşan bedenler yaratabilirdi? Örneğin nasıl olur da bir yarasa veya bir göz meydana getirebilirdi? Fosillerin tüm bu hikâyeyi anlatması beklenemez. Bunun yerine Darwin yaşayan hayvanlara döner ve en azından böylesine yapısal dönüşümlerin olanaksız olmadığını göstermek için benzerlikleri kullanır. Yarasalar için sincapları işaret eder. Ağaçlarda yaşayan pek çok sincabın 4 sıradan ayağı ve bir silindirik kuyruğu vardır. Fakat daha yassı kuyruğu ve gevşek derileri olan türler de mevcuttur. Bacakları ve hatta kuyrukları arasına gerilmiş haldeki deriler sayesinde birer kanat işlevi gören uzuvlara sahip olan, bu uzuvlarını ağaçlardan atlarken paraşüt gibi kullanan sincaplar da bulunur. Darwin, uzamış parmaklara ve çenesinden kuyruğuna dek uzanan gergin bir zara sahip olan, ebeli memeliler olarak bilinen bir başka memeli hayvan topluluğunun varlığına da işaret eder.

Burada, sıradan 4 ayaklı bir memeliden yarasa benzeri anatomiye sahip olana doğru, göreceli yumuşak ve basamaklı bir geçiş vardır. Yarasaların atalarının bu tür bir evrimsel süreci yaşamış olmaları muhtemeldir ve ardından bir adım daha ileriye giden süreç, gerçek uçuş için gerekli kasların evrimleşmesini de sağlamış olabilir.

Aynı şekilde, bir gözün bir hayvanın kafasından birden fırlaması için ortada hiçbir neden yoktur. At solucanları gibi omurgasızların, ışığa duyarlı pigmentlerle (renk veren maddeler) kaplı sinir uçlarından başka bir şeyi yoktur. Bazı eklem bacaklı kabukluların gözleri ise zarla kaplanmış bir pigment tabakasından ibarettir. Zamanla bu zar tabakası, pigmentten ayrılır ve ilkel bir lens gibi davranmaya başlar. Küçük değişiklikler, bu türdeki bir göz yapısı, kuşların ve memelilerin kullanabileceği kusursuz teleskoplara dönüştürebilir. Küçücük bir alanı görebilmenin bile hiç görememekten daha iyi olduğu gerçeği, her yeni adımda doğal seçilim tarafından ödüllendirilir.

Doğal seçilim kuramıyla birlikte Darwin, diğer bilim insanlarının fikirlerinin kendi kuramının bir parçası olarak nasıl daha anlamlı hâle geldiğini göstermiştir. Genç bir adamken Darwin Paley'ye hayrandı ama şimdi doğal tasarımların bir tasarımcının doğrudan kontrolü olmaksızın gerçekleşebileceğini gösteriyordu. Karl von Baer, farklı hayvanların embriyolarının ilk safhalarda birbirlerine olan benzerliğini ortaya koymuş, embriyoların geliştikçe özelleşip farklılaştığını ileri sürmüştü. Darwin bu olguyu, bu canlıların belirli ortak bir hayvan kümesinden köken aldığının işareti olarak gördü.

Darwin kendi kuramına, Owen'ın arketip modelini de dâhil etti. Bir arkadaşına şöyle yazmıştı: "Owen'ın arketiplerini ideal formdan çok; omurgalıların atasına ilişkin olabilecek en azametli ve dört dörtlük genelleme olarak değerlendiriyorum." Owen'a göre, bir yarasa kanadı ile denizayısının yüzgeci arasındaki benzerlik tanrının zihninin nasıl çalıştığını gösteriyordu. Darwin ise bu benzerliği kalıtımın bir işareti olarak ele alıyordu.

Darwin, kuramının insanlık için ne anlama geldiğini yazmaktan büyük bir titizlikle kaçınıyordu. "Uzak gelecekte daha önemli araştırmalar için geniş ve açık alanlar görüyorum. Zihinsel menkıbelere ve gerekli kapasiteye erişilmesiyle beraber, psikoloji yeni bir temele kavuşacak. İnsanın kökeni ve tarihi üzerinde bir ışık parlayacak" diye yazıyordu.

Darwin, Robert Chambers'ın *Kaybolanlar*'da yaptığı hataya düşmeyecekti. Ortaya koyulacak bir tezi vardı ve bu işe duyguların karışmasını istemiyordu. Darwin, insanların hissedebileceği ümitsizliği defetmek için bazı girişimlerde bulunmaktansa kendini alamadı. Kitabının

sonunda şöyle yazdı: "Doğadaki savaşı, açlığı ve ölümü, kavrayabileceğimiz amaçların en yücesi, daha gelişmiş hayvanların oluşumu izler. Bu yaşam görüşünde ihtişam vardır; bir veya birkaç türe bahşedilen çeşitli güçler, dünya yer çekiminin sabit yasalarıyla dönerken, en basit başlangıçtan sonsuz sayıda ve muhteşem türlerin evrilmesini sağlar."

KUYRUKSUZ MAYMUN PİSKOPOSA KARŞI

O kış tipi yağışlarının İngiltere'yi kara gömdüğü sıralarda, binlerce kişi ateşlerinin başında ısınırken Darwin'in kitabını okuyordu. İlk baskıdaki bin 250 kopya bir günde tükenmiş ve Ocak ayında 3 binlik bir baskı daha yapılmıştı. Huxley, Darwin'e övgülerini gönderirken, bir yandan da yaklaşmakta olan savaş için uyarıyordu. "Pençelerimi bileyliyorum ve gagamı hazır tutuyorum," diye söz verdi. Günlük gazetelerde bu konuyla ilgili genellikle yalnızca kısa makaleler sunulurken, 19. yüzyılın büyük fikirlerinin değerlendirildiği dergilerde ise tartışma derinleşiyordu. Diğer destekçiler ve Huxley Darwin'i överken, pek çok eleştiride ise Darwin'in dine küfrettiğinden bahsediliyordu. *The Quarterly Review* dergisi Darwin'in kuramının, "Yaradan'a ve yaradılışla ilgili inançlara karşı çıktığını" ve "Tanrı'nın ilahi hikmetiyle bağdaşmadığını" ilan etti.

Darwin'i en çok kızdıran eleştiri, *Edinburgh Review* dergisinde Nisan 1860'ta yayımlandı. Anonim bir makaleydi ama yazıdaki üsluba aşina olan herkes, yazıyı kaleme alanın Richard Owen olduğundan emindi. Husumeti ve kini şaşkınlık uyandıran cinstendi. Owen, Darwin'in kitabını "bilimin kötüye kullanılması" olarak değerlendiriyordu. Darwin ve müritlerini doğal seçilimi tek yaratıcı doğa kanunu olarak sundukları için eleştirdi. Owen, gerçekte evrime karşı değildi; katlanamadığı, kör bir materyalizm olarak adlandırdığı şeydi.

Gerçekte ise Darwin, Owen'ın yapamadığı her şeyi yapmıştı. Owen, biyolojideki keşifleri sentezlemeye çalışıyordu fakat belirsiz bir arketip fikri ve sürekli yaradılış nosyonuna takılıp kalmıştı. Diğer taraftan Darwin, türler arasındaki benzerlikleri, yaşayan her nesilde çalışan bir mekanizma yoluyla açıklıyordu.

Owen, makalesini kaleme alırken, Darwin ve Huxley'ye olan öfkesinin tesiri altındaydı. Huxley, konferanslarda Owen'a, kendisini bile şaşırtan bir kinle saldırıyordu. Hem aristokratlara yaltaklandığı, hem de ipliği pazara çıkmış bir bilimi savunduğu için Owen'ı hakir görüyordu. Owen'ın sürekli yaradılış kuramının ne kadar saçma olduğuyla alay ediyordu. Owen, bu sataşmalara çok kızmıştı ve katıldığı konfe-



Gorillerin ve diğer kuyruksuz maymunların keşfi, insanlar ve diğer primatlar arasındaki şaşırtıcı benzerliklerin ortaya konmasını sağladı. Huxley bu benzerliğe 1863 tarihli *İnsanın Doğa İçindeki Yeri* kitabında değindi.

ranslardan birinde Huxley'ye patladı. Fosil kayıtlarını ilahi bir zekânın gelişim işaretleri olarak görmeyenlerin "doğuştan zekâ özürlü olabileceğini" söyledi.

Huxley ve Owen arasındaki kavgaların en şiddetlileri, *Türlerin Kökeni* basılmadan önceki yıllarda, Owen'ın insanların diğer hayvanlardan ayrı olduğunu kanıtlamaya çalıştığı sırada yaşanmıştı. 1850'lerde orangutanlar, şempanzeler ve goriller vahşi ormanların belirsizliğinden çıkmaya başlamıştı. Owen, bu canlıların bedenlerini disseke (anatomik çalışma veya tedavi için beden üzerinde yapılan cerrahi inceleme işlemi) etmiş ve iskeletleri üzerinde çalışmıştı. Bu canlıları, insanlardan ayıran belirli özellikler bulabilmek için yoğun çaba sarf etti. İnsanlar, kuyruksuz maymunların varyasyonlarından birinden ibarettiyse, ahlaki değerlere ne olacaktı?

İnsanları hayvanlardan ayıran en önemli şey neydi? Owen, bunun konuşabilmemizi ve çıkarımda bulunmamızı sağlayan zihinsel kapasitemiz olduğunu düşünüyordu. Owen işte bu sebeple, kuyruksuz maymunların beyinlerini inceledi ve insanlarla aralarındaki anatomik farklılıkları tespit etmeye çalıştı. 1857'de en önemli farklılığı keşfettiğini iddia etti: İnsan beyninin serebral hemisfer (yarı küre) denilen orta bölümü, maymunlarınkinden farklı olarak arkaya doğru aşırı büyümüş ve üçüncü bir lob oluşturmuştu. Bu bölüme Owen, küçük hipokampus adını vermişti. Beynin eşsizliğinin, insanların kendilerine ait ayrı bir alt grupta bulunmalarının garantisi olduğunu belirtti. Beynimiz, bir

ornitorenk beyninden ne kadar farklıysa, bir şempanze beyninden de aynı ölçüde farklıydı.

Huxley, Owen'ın kötü şartlarda muhafaza edilmiş beyinlerle çalışarak yanlış çıkarımlarda bulunduğundan kuşkulanıyordu. Owen'ın itinayla yaptığı sınıflandırmalar, esaslı bir hata üzerine inşa edilmişti (Huxley, büyük bir keyifle, bu çıkarımların "İnek dışkısı üzerinde yükselen Korint sütunları" gibi olduğunu söylüyordu). Huxley, gerçekte insan beyninin bir gorilinkinden çok farklı olmadığını, benzer şekilde, bir gorilin beyninin de babununkinden farksız olduğunu öne sürüyordu. "İnsanlığın asaletini, ayak başparmakları üzerinde durmasına dayandıracak veya kuyruksuz maymunların da insanlarınki gibi küçük bir hipokampusa sahip olması halinde tüm değerlerimizi yitireceğimizi ima edecek kişi ben değilim. Tam tersine, ben bu kibri ortadan kaldırmak için elinden geleni yapmış bir biriyim" diye yazdı Huxley.

Owen'ın *Türlerin Kökeni*'yle ilgili kaleme aldığı öfkeli makale, Huxley'yle arasındaki gerilimi iyice arttırdı ve en sonunda, eleştirinin yayımlanmasının üzerinden birkaç ay geçmişken, ikili arasında biriken bu düşmanlık Haziran 1860'ta infilak etme noktasına geldi. The British Association for the Advancement of Science'ın [Britanya Bilimsel İlerleme Kurumu] Oxford'daki yıllık toplantısına binlerce kişi katılmıştı. Topluluğun başkanı Owen 28 Haziranda, insan beyninin kuyruksuz maymunlarınkinden farklı olduğunu açıklayan bir konuşma daha yaptı. Huxley ise pusuya yatmış bekliyordu. Konuşmanın sonunda Huxley ayağa kalktı ve taze bir şempanze beyni üzerinde çalışmış İskoçyalı bir anatomistten yeni bir mektup aldığını ilan etti. Anatomist, küçük hipokampusu da dâhil olmak üzere, şempanze beyninin insan beyniyle büyük benzerlikler taşıdığını keşfetmişti. Tüm gözlerin üzerine kilitlendiği bir kalabalık karşısında Owen kendini savunacak yeni bir yol bulamadı. Huxley, onu rezil etmek için daha aleni bir yer seçemezdi.

Akıl oyunundan galip ayrılan Huxley, ertesi gün Oxford'daki toplantıyı terk etmeye karar verdi. Fakat *Kaybolanlar*'ın hâlâ anonimliğini koruyan yazarı olan Robert Chambers'la karşılaştı. Chambers, Huxley'nin ayrılmaya niyetlendiğini işitince dehşete düştü. Yoksa ertesi gün ne olacağını bilmiyor muydu?

Piskopos Samuel Wilberforce'un Darwin'e saldıracağı söylentileri Oxford'un her yanını sarmıştı. Wilberforce, yıllardır evrim karşıtı dinci cephenin önderliğini yapıyordu. 1844'te, tiksindirici bir spekülasyon olarak tarif ettiği *Kaybolanlar*'a karşı taarruza kalkmış olan Wilberforce, şimdi de Darwin'in kitabının öncekilerden farksız olduğunu söylüyordu. Programa göre ertesi gün, Amerikalı bir bilim insanı olan John

William Draper, "Darwinizm" ve bu kuramın toplum için ifade ettikleri hakkında bir konuşma yapacaktı. Wilberforce bu fırsatı, Britanya'nın en önemli bilimsel toplantısında Darwin'i topa tutmak için kullanacaktı. Owen, toplantı süresince Wilberforce'un evinde konaklıyordu ve kuşkusuz ki piskoposa hazırlıklarında yardımcı oluyordu. Chambers, Draper'ın konuşması için bir gün daha kalıp Darwin'i savunması için Huxley'yi ikna etti.

Owen, ertesi gün konferansı açtı. Salonu bin kişiden fazla bir kalabalık doldurmuştu. Onlara şöyle seslendi: "Kendimizi bilimsel açıdan ciddi olarak sorgulayalım, kendimize güvenerek daha çok alıştırma yaparsak, entelektüel yeteneklerimiz gelişir; kendimizi daha değerli kıldığımız ölçüde, Tanrı'ya daha yakın olmaya layık hale geliriz."

Draper'ın konuşmasının başlığı, "Bay Darwin ve Diğerlerinin Görüşleri Referans Alınarak Avrupa'daki Entelektüel Gelişim: Organizmaların Gelişimi bir Kanunla Belirlenir" şeklindeydi. Her yönüyle kasvetli, uzun ve tutarlılık açısından oldukça zayıf bir konuşmaydı. Dinleyiciler arasındaki Joseph Hooker, Draper'ın konuşmasını "şişkinlik yaratan boş laflar" olarak tanımladı. Salon giderek ısınıyordu; dinleyenler iyice sersemlemişlerdi ama kimse salonu terk etmiyordu. Başpiskoposu dinlemek istiyorlardı.

Draper'ın sözü biter bitmez Wilberforce ayağa kalktı ve konuşmaya başladı. Darwin'in kitabıyla ilgili yeni yazdığı bir makaleyi konuşma haline getirmişti. İncil'in bilimi sınayan bir unsur olduğunu iddia etmese de, makalesinde şöyle yazmıştı: "Yine de bu durum, Tanrı'nın yaradılıştaki kudretini sınırlayan bilimsel hataların, bilimsel zeminlerde tespit edilmesini daha az önemli kılmaz."

Darwin bu türden bir hata yapmıştı. Kitabı, hakkında hemen hemen hiç kanıt bulunmayan çılgınca tahminlere dayanmaktaydı. Tezinin tümü, bu yeni doğal seçilim fikri üzerine kurulmuştu. Buna rağmen Wilberforce şöyle yazıyordu: "Şimdiye kadar tarif edildiği gibi bir keşif yapılmış mıdır? Tereddütsüz söyleyebiliriz ki, böyle bir keşfi kimse yapmadı."

Wilberforce bu zayıflığa yüklenmek yerine, Paley ve Owen'ın söylediklerini harmanlayan temelsiz bir itirazla çıkageldi: "Tüm yaradılış En Yüce'nin zihnindeki ezeli fikirlerin bir suretidir. En yüksek mükemmeliyetteki bu düzen, O'nun çalışmalarının yayılmasını sağlamıştır. Çünkü varoluşun merkezinde ve en tepesinde O, yani her şeyin Efendisi bulunur."

Wilberforce konuşmasını bitirdiğinde Huxley'ye baktı. Ona yarı alaycı bir ifadeyle, büyük babasının mı yoksa büyük annesinin mi maymunlardan geldiğini sordu.

Huxley, yanında oturan arkadaşına dönüp, eliyle dizine vurarak "Tanrı onu avucumun içine bırakıverdi!" dediğini, daha sonra Darwin ve diğerlerine anlatacaktı. Ayağa kalktı ve Wilberforce'a lafı yapıştırıverdi. Başpiskoposun, kendi atalarına ilişkin sorusu dışında yeni tek bir söz bile etmediğini söyledi. Huxley'nin yanıtı şöyleydi: "Eğer bu soru beni, sefil bir maymunun büyük babam olması ile büyük yeteneklere ve yüce bir konuma sahip bir kişinin muazzam nüfuzunu, son derece ciddi bir bilimsel tartışmayla alay etmek için kullanması arasında seçim yapmaya zorlayacaksa, tereddüt etmeden söyleyebilirim ki tercihim maymundan yanadır."

Dinleyicilerin kopardığı kahkaha tufanı, Hooker'ın "kır saçlı, Romalı burunlu, yaşlıca bir adam" diye tarif ettiği kişinin kalabalığın ortasında hiddetle ayağa kalkıp öfkeden titremeye başlamasıyla son buldu. Bu kişi Kaptan FitzRoy'du.

FitzRoy ve Darwin, yıllar içinde birbirlerinden soğumuşlardı. Kaptan, Darwin'in *Beagle*'ın gezisiyle ilgili kitabında kendisinden ve mürettebatın kalamından aldığı yardımları inkâr ettiğini, Darwin'in tüm övgüyü kendinde toplamak istediğini düşünüyordu. FitzRoy bir süre, Lyell'in antik jeolojisiyle amatör olarak ilgilendiği halde, sonraları yeniden sıkı bir İncil okuru olmuştu. FitzRoy, geziyle ilgili kendi kaleme aldığı kitapta, Darwin'le birlikte karşılaştığı her şeyin Nuh Tufanından kaynaklandığını ortaya koymaya çalışmıştı. Darwin'in daha sonra sapkınlığa varan hareketlerini izlerken dehşete düşmüş, Darwin'in yalnızca Tufanı değil, tanrının yapıtlarını da reddettiğini görmüştü.

Kaptan, Oxford'a fırtınalarla ilgili bir konuşma yapmak için gelmiş ve Draper'ın konuşmasının rüzgârına tutulmuştu. Huxley konuşmasını bitirdikten sonra FitzRoy ayağa kalktı ve Darwin'in İncil'i yalanlayan görüşlerden keyif almasının, kendisini büyük hayal kırıklığına uğrattığını ifade etti. *Türlerin Kökeni*'ni okumanın kendisini "tarifsiz acılara" sürüklediğini açıkladı. İki kolunu başının üzerine kaldırmış, elleriyle bir İncil'i tutuyor ve dinleyicilerden bir adama değil, tanrıya inanmalarını istiyordu. Bu hareketi üzerine kalabalık, yerine oturması için bağırmaya başladı.

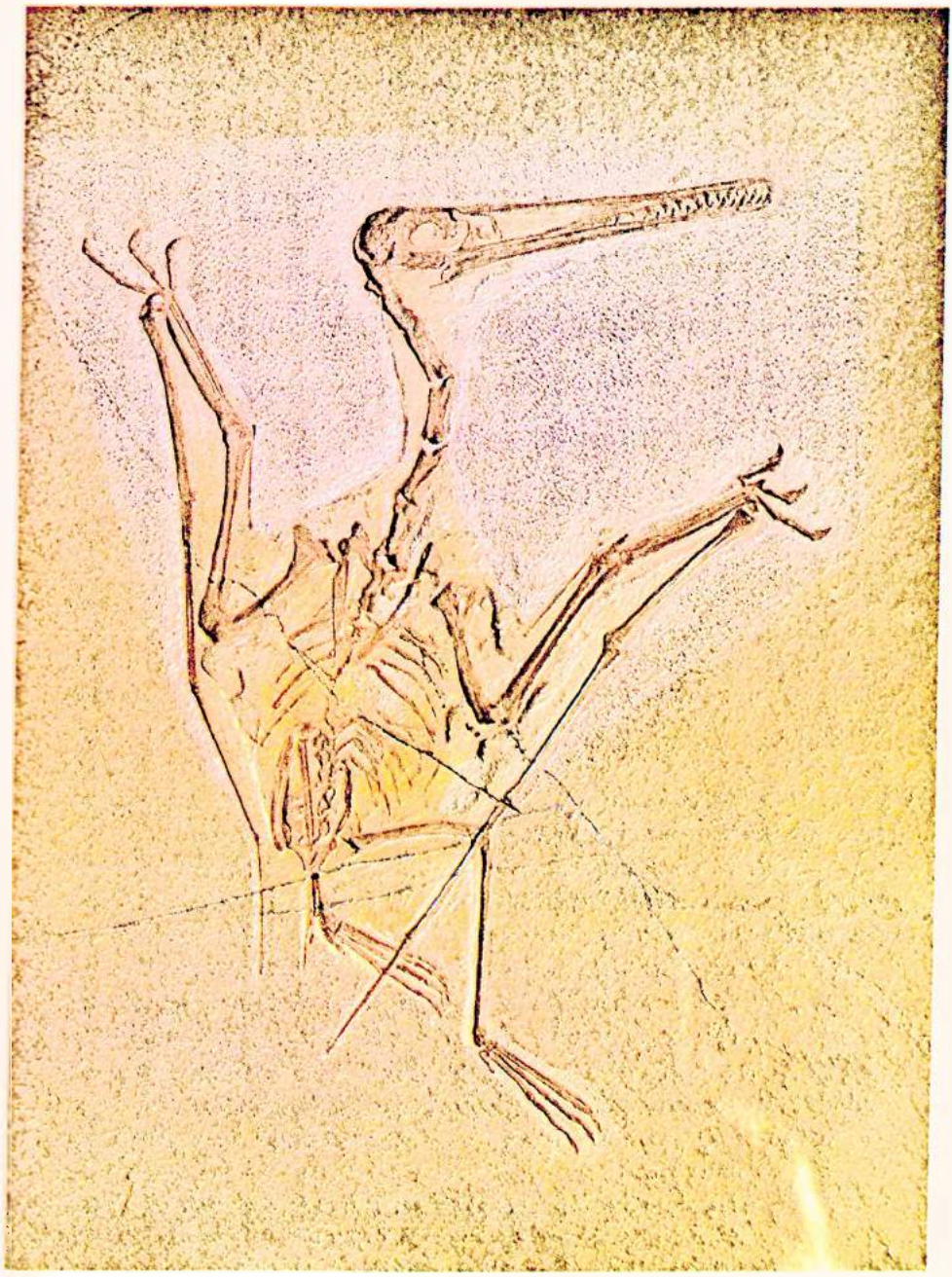
Sonunda konuşma sırası Joseph Hooker'a gelmişti. Wilberforce'a saldırmak üzere kürsüye tırmandı. Daha sonra Darwin'e yazdığı mektupta konuşmasıyla ilgili şunları söylüyordu: "İki şeyi açıklamaya çalıştım: 1) Kitabınızı okumuş olmasına imkân yok, 2) Çok açık ki botanik biliminin ilkeleri konusunda oldukça cahildir. Çok geçmeden dağılan toplantıda, bu alanın hâkimiyetinin sizde olduğu anlaşıldı."

Eğer Darwin alanın usta ismiyse, şu kesindi ki pek de ortalarda gözükmeyen bir ustaydı. 50 yaşında resmen inzivaya çekilmiş olan Darwin, Oxford'daki toplantıdan da uzak durmuştu. Hooker ve Huxley onu savunurken, vaktini Richmond'ın bir köyünde geçiriyor ve kronik rahatsızlıklarını bir kez daha tedavi ettirmeye çalışıyordu. Dostlarından gelen mektupları, toplantıda yaptıkları konuşmaları anlatan satırları, rahatsızlık veren bir korkuyla okurken Hooker'a da şöyle yazıyordu: "Böylesine bir toplantıda başpiskoposa yanıt vermeye çalışmaktansa ölmeyi tercih ederim."

Oxford toplantısı kısa zamanda bir efsane haline geldi. Tüm efsanelerde olduğu gibi, gerçekte yaşananlar bir sis kümesinin ardında giderek uzaklaşıyordu. Bu dramadaki aktörlerin tümü, hikâyenin kendileri için en uygun sürümlerini dillendiriyorlardı. Wilberforce tartışmayı kazananın kendisi olduğuna inanırken, Huxley ve Hooker da kendilerinin başpiskoposa ölümcül darbeyi vurduklarını düşünüyorlardı. Gerçekten de, o gün yaşananlar hâlâ belirgin olarak ortaya konulabilmiş değildir; Darwin'in kendisi de, o sıcak Haziran gününde tam olarak ne olup bittiğini anlamakta zorlanıyordu. Darwin için açık olan tek bir şey vardı: 20 yıllık saklanma dönemi sona ermişti.

Darwin kendi hayatı sırasında, bilimin en büyük ustalarından birisi olarak tanındı. Her ne kadar çalışma mekanizmalarına ilişkin Darwin'le tartışmalar yaşamışlardıysa da, 1870'lerle birlikte Britanya'daki tüm ciddi bilim insanları evrimi kabul etmişti. Darwin'in heykeli Londra'daki Natural History Museum'da [Londra Doğa Tarihi Müzesi] sergilenmekte ve naaşı Westminster Abbey'de, Newton'un mezarı yakınlarında yer almaktadır.

Türlerin Kökeni'yle ilgili büyük ironi ise onun gerçek kudretinin ancak 20. yüzyılda tasdiklenmiş olmasıdır. Paleontologlar ve jeologların dünya üzerindeki yaşamın kronolojisini inceleyebilmesi, biyologlarınsa kalıtım ve doğal seçilimin altında yatan moleküler yapının üzerindeki gizem örtüsünü kaldırabilmeleri 20. yüzyıla rastladı. Ancak bu gelişmelerle birlikte evrimin, bir grip virüsünden insan beynine dek, dünya üzerindeki tüm varlıkları büyük bir güçle şekillendiren mekanizması anlaşılabildi.



Karada yaşayan canlıların fosil kaydı –fotoğrafta görülen bu pterodaktil gibi– yalnızca 360 milyon yıllık bir geçmişe dayanır. Bu da yaşamın tarihinin onda birlik döneminden bile daha azına denk gelir.

Bölüm 3

ZAMANIN DERİNLİKLERİ KEŞFEDİLDİ

Yaşamın Kronolojisine İşaretlenen Tarihler

Jeologların Kâbe'si, Kanada'nın kuzeybatı bölgesindeki Acasta Nehrinin düzlükleridir. Oraya ancak kanolarla nehir boyunca yukarı doğru yapılacak günler süren bir yolculukla veya kuzeydeki Yellowknife kasabasından ayarlanacak suya iniş yapabilen bir uçakla, engin düzlükler ve akarsular üzerinden aşılarak ulaşılabilir. Sular o bölgede binlerce göl ve gölet oluşturur; bunların bazıları nehirlerin etrafına bir anafor gibi sıralanırlar, diğerleri ise buz çağındaki buzulların verdiği şekilleri muhafaza ederler. Nehrin ortasındaki uzun ince adaya kenardaki kıyıdan kayaklarınızla gidebilirsiniz. Sahiller kara ladinler, ren likenleri, çalılar ve yosunlarla kaplıdır. Sessizliği cıvıldayan yağmur kuşları bozar, karasinekler ve sivrisineklerse derinizi oymaya başlar.

Dışarıya doğru fırlamış kayalar nehrin dibine doğru yuvarlanmıştır ve aşağıya zorlukla inebilirsiniz. Buradaki kayalar granittir; küçük feldspat (bir çeşit kaya) parçalarıyla lekelenmiş bu kayalar, tıpatıp daha önce karşılaştığınız granit parçalarına benzerler. Diğer granitlerden tek farkları yaşlarıdır. Bazıları 4 milyon yıldan daha yaşlıdır ve bu da onları dünyanın bilinen en eski kayaları yapar. Kıtaların önce ayrılıp sonra tekrar birleştiği bu uzun aralıkta, gezegenimiz henüz oldukça gençken minerallerin bir araya gelerek oluşturduğu bu kayalar, milyonlarca yıl içinde kıtalar bile önce ayrılıp sonra tekrar birleşiyorken, zamana direnmeyi başarıyorlardı.

Yaşları o kadar eskidir ki, bu denli uzun bir zaman insanın algı kapasitesini aşar. Kollarınızı açtığınızdaki genişliğini bir yıl olarak düşünün. Bu şekilde kollarını açmış insanlardan, Acasta Kayalarının yaşı kadarı yan yana dizilseydi, bu insan zinciri dünyanın çevresini 200 kez dönebilirdi. Düşlemesi bile çok zor olan bu tablo, Darwin'i çok mutlu ederdi.

Darwin, evrim kuramını ilk kez ortaya attığında, Acasta Kayalarının yaşını bilmesine olanak yoktu. Onların eskiliğini saptayabilecek fizik bilgisine erişilmesi için hâlâ 50 yıl geçmesi gerekiyordu. Darwin, yeryüzünün zannedilenden çok daha yaşlı olduğundan şüpheleniyordu. Bu şüphe, nesilden nesile gerçekleşen yavaş bir evrim öngören kuramıyla da uyumluydu. Dünyanın tarihinin keşfedilmemiş kısımları ancak 20. yüzyılda paleontologlar ve jeologlarca haritalandırılabildi. Dünyadaki yeni yaşam formlarının hangi sırayla ortaya çıktığını tespit etmekle kalmadılar; 3,85 milyar yıl önceki ilk yaşam formlarından 600 milyon yıl önceki ilk hayvanlara, türümüzün 150 bin yıl önceki ilk mensuplarına kadar, canlıların gerçek ortaya çıkış tarihlerini keşfettiler.



Acasta Kayaları, Kanada'nın Kuzeybatı Toprakları bölgesinde yer alan, yaşları 4 milyar yılı aşan jeolojik oluşumlardır. Dünya üzerinde bilinen en eski kayalardır.

YAŞLI OLMAK İÇİN ÇOK SICAK

Darwin'e yöneltilen dinsel, biyolojik ve jeolojik itirazlar arasında onu en çok zorlayan, gezegenin yaşıyla ilgili olandı. Bu soru bir piskopostan, bir biyologdan veya bir jeologdan değil, en beklenmedik kişiden, bir fizikçiden geldi.

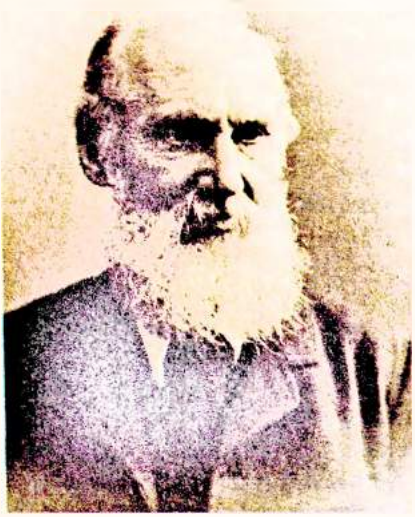
William Thomson (daha çok Lord Kelvin olarak bilinir), Darwin *Türlerin Kökeni*'ni yayımladığı sıralarda, dünyanın önde gelen fizikçilerinden birisiydi. Kelvin için evren, enerji, elektrik ve ısıdan oluşan bir girdaptı. Elektriğin nasıl su benzeri bir sıvı gibi davrandığını göstermişti. Aynı zamanda entropinin evreni yönlendirdiğini de ortaya koymuştu. Düzeni koruyacak bir enerji sisteme dâhil edilmediği takdirde, her şey düzenden düzensizliğe doğru gider. Eğer bir mumu sonuna kadar yakarsanız açığa çıkan is, gazlar ve ısı, hiçbir şekilde kendiliğinden bir araya gelip yeniden bir mum oluşturamaz.

Her ne kadar Kelvin'in çalışması ancak belirli kimseler tarafından anlaşılabilir görünüyorduysa da, çalışmalarının Avrupa ile Kuzey

Amerika'yı birbirine bağlayan transatlantik telgraf kabloları üzerinde uygulanması onu zengin etti. Kimi zamanlar Atlantik'in ortasındaki bir kablo gemisinin güvertesinde bir oraya bir buraya yürürken dünyanın kaç yaşında olduğunu düşünmüş olmalıydı. Kelvin sofu bir adamdı fakat dünyanın birkaç bin yıl yaşında olabileceğini birileri İncil'de böyle yazdı diye kabul edecek de değildi. Bilimsel olarak dünyanın yaşı hakkında bir üst sınır belirlemektense, sıcaklığı üzerinde çalışıp yaşını bulmanın mümkün olduğunu düşünüyordu.

Kelvin, madencilerin kazılarını derinleştirdikçe daha sıcak kayalarla karşılaştıklarını biliyordu ve bu sıcaklığı bir açıklama getirmişti. Ona göre dünya, yok olmakta olan minyatür gezegenlerin çarpışmasıyla oluşmuştu ve bu etkinin yarattığı enerji bir eriyik yaratmıştı (daha sonra doğrulanacak bir tahmin). Kelvin, bu etki sona erdiğinde gezegenin yeni bir ısı kaynağı bulamayacağını ve sönmekte olan bir kor gibi zamanla soğuyacağını varsayıyordu. Yüzey hızla soğumuştu, iç kısımlar ise günümüze kadar sıcak kalmıştı. Uzak bir gelecekte dünyanın çekirdeği de yüzeyi kadar soğuk hâle gelecekti.

Kelvin ve diğer fizikçiler, cisimlerin nasıl soğuduğunu hassaslıkla belirleyebilecek denklemler oluşturmuşlardı ve bu bilgilerini tüm gezegen üzerinde de uyguladılar. Isının kayalardan hangi hızda ayrıldığını ve madenlerin en derinindeki kaya tabakalarının hangi sıcaklık düzeyinde olduğunu ölçerek gezegenin yaşını belirlemeye çalıştılar. Kelvin, 1862'de dünyanın yaklaşık 100 milyon yıldan beridir soğumakta olduğuna karar verdi.



Lord Kelvin (aynı zamanda William Thomson olarak tanınır, 1824-1907) dünyanın sıcaklığını, gezegenin yaşını ölçmek için kullandı ve 20 milyon yıl yaşında olduğunu buldu. Radyoaktivitenin ölçümlerinde hataya yol açtığını bilmiyordu.

Kelvin'in gerçek niyeti, fizikle karşılaştırıldığında jeolojinin ne kadar belirsiz olduğunu göstermekti. Fakat *Türlerin Kökeni*'ni okuduktan sonra, elde ettiği bulguları Darwin'e karşı kullanmaktan mutluluk duydu. Lyell'in antika jeoloji anlayışı, Darwin gibi onun da içine işlemişti. Doğal seçilimin birbirini izleyen kademelerden oluşan değişikliklerinin ancak yaşamı değiştirmek için gereken süre mevcut olduğu takdirde başarılı olabileceğini

düşünüyordu. Fakat Kelvin'in bulguları, böylesi bir sürenin olmadığına işaret ediyordu. Kelvin mutaassıp bir evrim karşıtı değildi; ona göre tüm yaşam bir bakteriden türemiş olabilirdi ancak yaşamın mevcut biçiminde gördüğü şey tanrının çalışmasının ve tasarımının kanıtlarıydı. Dünyanın yaşıyla ilgili hesaplamalarını, Darwin'e kati bir darbe indirmek için kullandı.

Huxley, eleştiriler karşısında nadiren yaptığı bir tavır sergiledi ve taviz vermek pahasına Darwin'i savunmaya çalıştı. Jeologlar ve fizikçilerin dünyanın yaşına ilişkin yaptığı kestirimleri biyologların kabul etmesi gerektiğini, bir sonraki aşamada ise belirlenen zaman aralığında evrimin nasıl işlediğinin tespit edilmesi gerektiğini söyledi. Eğer dünya yalnızca 100 milyon yaşındaysa, o zaman evrim hızlı çalışıyor olmalıydı. Wallace meseleyi bir adım daha öteye taşıdı ve geçmişte evrimin bugünkünden çok daha hızlı çalışmış olabileceğini ileri sürdü. Dünyanın kendi ekseninde yalpalaması gibi, gezegenin içinden geçtiği sert iklim dönemleri de evrimin çalışma hızını artırmış olabilirdi.

Darwin tatmin olmamıştı. "Sir W. Thomson'ın kısa ömürlü dünyası pek çok sıkıntı yaratıyor" diye yazdı bir mektubunda. Bu sırada Kelvin gezegenin sıcaklığına dair yeni raporlar alıyor ve tahminini her seferinde dünyanın yaşını kısaltacak şekilde yeniliyordu. Tüm bu süreç içinde dünyanın yaşını 20 milyon yıla kadar düşürdü. Bunlar olurken Darwin dişlerini sıkmaktan başka bir şey yapamıyordu. Evrim kuramını ayrıntılarıyla anlatmak için mücadele ederken "Sir W. Thomson iğrenç bir hayalet gibi" çıkagelmişti.

ATOMLARIN İÇİNDEKİ SAATLER

Lord Kelvin, dünyanın yaşıyla ilgili daha sonra yanlışlanacak olan hesaplamalarını çok temel bir varsayıma dayandırıyordu: Gezegen kendi içinde bir ısı kaynağına sahip değildi. Fakat gezegenin içinde, Kelvin'in göz önüne almadığı gizli bir ısı kaynağı mevcuttu. 1896'da, Darwin'in ölümünden 14 yıl sonra, Henri Becquerel isimli Fransız bir fizikçi bir parça uranyum tuzunu fotografik levhaya sardı. Levhaları banyo ettiğinde üzerlerinde keskin, parlak noktaların olduğunu gördü. Böylelikle uranyumun enerji dalgaları yaydığını fark etmiş oldu. 7 yıl sonra Pierre ve Marie Curie radyum parçalarının sabit bir ısı yaydığını ortaya koydular.

Becquerel ve Curiler atomların temel yapısında bir enerji kaynağı bulmuşlardı. Atomlar üç temel yapı taşından oluşuyordu: Protonlar, nötronlar ve elektronlar. Negatif yük taşıyan elektronlar atomların ke-



Marie Curie (1867-1934) ve kocası Pierre radyumun bozuldukça ısı açığa çıkardığını buldular. Bu buluş dünyanın düşünüldüğünden çok daha yaşlı olduğunun ortaya çıkmasına yol açtı.

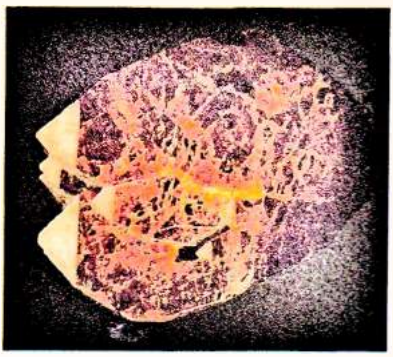
narlarına yakın dolaşıp dururken, pozitif yüklü protonlar ise merkezde dururlar. Her element sabit sayıda protona sahiptir. Hidojenin 1, helyumun 2, karbonunsa 6 protonu vardır. Protonların yanında atomların nötr, yani yüksüz partiküller olan nötronları da bulunur. Aynı elementin iki atomu farklı sayılarda nötron taşıyabilir. Karbonun dünyada en sık bulunan formunda 6 proton ve 6 nötron vardır (karbon 12 olarak bilinir) fakat eser miktarda karbon 13 ve karbon 14 de bulunur. Atomların bu farklı halleri izotoplar olarak bilinir. Jeolojik zamanı söyleyebilmemizi sağlayan da onlardır.

Bir atomdaki protonlar ve nötronlar bir manavdaki portakal yığınlarına benzerler; belli bir düzende mükemmel dururlarken, başka bir düzene geçtiklerinde ise kısa zamanda dağılır ve birbirlerinden ayrılırlar. Portakallar yer çekiminin etkisiyle bir arada dururlarken, proton ve nötronları bir arada tutan ise farklı bir güçtür. Kararsız bir izotop parçalandığında enerjinin yanı sıra, çeşitli parçacıklar da açığa çıkar (Açığa çıkan bu parçacıklar radyasyon olarak da bilinir). Bu işlemler sırasında, izotop farklı bir elemente de dönüşebilir. Örneğin uranyum 238 parçalandığında, bir çift nötron ve bir çift proton açığa çıkartarak toryum 234 haline gelir. Fakat toryum 234 de kararsızdır ve protaktinyum 234'e dönüşür ki bu element daha sonra yeniden dönüşür. 13 reaksiyonluk bir zincirinin ardından, uranyum 238 en sonunda kararlı bir form olan kurşun 206 haline gelir.

Bir atomun ne zaman dönüşeceğini tam olarak bilemezsiniz. Fakat atomların önemli bir kısmı istatistiksel yasalara göre hareket eder. Belirli bir zaman dilimi içinde, bir atomun bozulması için sabit bir olasılık bulunur. Şöyle diyelim; bir çakıl taşı 1 milyon radyoaktif izotop taşıyor olsun ve bu izotop türünün her yıl yüzde 50'lik bir oranda bozulduğunu varsayalım. Bir yıl sonra geriye 500 bin izotop kalmış olacaktır. Bu 500 bin izotopun yüzde 50'si ikinci yıl içinde bozulur ve geriye 250 bin izotop kalır. Her yıl, geriye kalan izotopların yarısı bozulur ve yaklaşık 20

yıl sonra geriye hiç izotop kalmaz. Fizikçiler bu azalma sürecini, yarılanma ömrü adı verilen bir birimle ölçerler: Yarılanma ömrü, radyoaktif bir elementin kütlesinin yarıya düşmesi için gereken süreye eşittir. Örneğin uranyum 238'in yarılanma ömrü 4,47 milyar yıldır; kimi elementlerin yarılanma ömrü bunun onlarca katı iken, bazılarının yarılanma ömrü ise ancak dakikalar veya saniyelerle ölçülebilir.

Atomları yöneten kanunlar hiçbir basit sezgisel duyguya teslim olmazlar ama çalışmalarını da sürdürürler. Eğer çalışmasalardı, bilgisayarlar karışık hesapların üstesinden gelemez, nükleer bombalar patlayamazdı. Bilgisayarlar ve nükleer bombaların keşfedilmesinden çok önce (gerçekte Becquerel ve Curie'lerin çalışmalarından birkaç yıl sonra) fizikçiler bu yasaların Kelvin'in genç dünya iddialarına ölümcül bir kusur kattığını ortaya koydular. Uranyum, toryum ve potasyum gibi diğer radyoaktif elementler dünyada bulunuyor, bozuluyor ve ısı yayıyorlardı. Kelvin, dünyanın genç olduğunu düşünüyordu çünkü ortaya çıkışından itibaren çok fazla soğumamıştı. Hâlbuki radyoaktivite gezegenin daha uzun süre sıcak kalmasına yol açıyordu.



Zirkon kristalleri uranyum ve kurşunu hapseder, böylece onları çok daha etkili birer jeolojik zaman ölçer haline getirir.

Bu meselede felaket tellallığı görevi Ernest Rutherford isimli bir fizikçiye düştü. Rutherford, radyoaktivitenin temelleri üzerine pek çok çalışma yapmıştı ve bir elementin bir diğerine dönüşümünün doğal bir simya olduğunu belirtiyordu. 1904'te yeni keşifleriyle ilgili bir konuşma yapmak üzere Montreal'den İngiltere'deki McGill Üniversitesine geldi:

> Yarı karanlık salona girer girmez dinleyicilerin arasında Lord Kelvin'in de bulunduğunu fark ettim ve en azından konuşmamın dünyanın yaşıyla ilgili kısımlarında –bu konudaki fikirlerim Kelvin'inkilerden farklıydı– oldukça zorlanacağımı anladım. Neyse ki Kelvin çabucak uyuyakalmıştı. Fakat konuşmamın önemli kısmına geldiğimde gördüm ki yaşlı kurt toparlanmış, fal taşı gibi açtığı gözleriyle bana uğursuz bakışlar fırlatmakla meşguldü! Bir anda gelen ilhamla, yeni bir ısı kaynağı keşfedilmediği için, Lord Kelvin'in dünyanın yaşını sınırlı bir aralığa hapsettiğini söyledim. Sözlerime, kehanetin bu akşam hakkında konuştuğumuz şeyle yerine geldiğini söyleyerek devam ettim: "Aradığımız yanıt Radyumdur!" İhtiyar delikanlının, "Destur!" diye bağırarak parladığı an, işte tam da bu noktaydı.

Rutherford o gün yaşananları böyle anımsıyor olabilirdi fakat Kelvin eski öngörülerinden vazgeçtiğini hiçbir zaman kamuoyu önünde dillendirmedi. Rutherford'un konuşmasını dinledikten 2 yıl sonra, *London Times* gazetesine dünyanın içinde onu sıcak tutmaya yetecek radyoaktivitenin olmadığını belirten mektuplar yazıyordu.

Rutherford, radyoaktivitenin dünyanın yaşlı olduğunu göstermekle kalmayıp, aynı zamanda kaç yaşında olduğunu da ortaya koyabileceğini fark etti. Soğuyan bir kayanın içine hapsolmuş uranyum, zaman içinde bozularak kurşun haline gelir. Fizikçiler uranyumun yarılanma ömrünü büyük bir kesinlikle bildikleri için geride kalan kurşun ve uranyumun oranından yola çıkılarak, bir kayanın kaç yaşında olduğu hesaplanabilir.

Bu yöntemi kullanan jeologlar, kısa zamanda değişik kayaların yaşlarını milyon yıllarla değil, milyar yıllarla ifade etmeye başladılar. Zamanla Rutherford'un saatini çok daha etkin olarak kullanmayı öğrendiler. Bir kayadan kurşun ve uranyuma ait tek bir ölçüm almak yerine, bu ölçümleri kayanın farklı yerlerinden yapmaya başladılar. Bu onlara, çok az uranyum içeren bölgeler ile belirgin olarak yüksek uranyum düzeylerine sahip yerleri karşılaştırma olanağı sağladı. Eğer uranyum tüm kaya içinde eşit bir oranda bozulduysa, farklı örneklerin hepsi aynı yaşı gösterirler. Pek çok olguda da durum böyledir.



Arizona'daki Meteor Krateri 50 bin yıl önce bir meteoritin etkisiyle erken güneş sisteminin bir kalıntısı olarak ortaya çıkmıştır. Bu meteoriti inceleyerek bilim insanları dünyanın 4,55 milyar yaşında olduğunu hesaplamışlardır.

Jeologlar ayrıca zamanı iki saatle birden ölçmeyi de öğrendiler. Uranyum 238'e ek olarak, bazı kayalar bir başka kurşun izotopuna, kurşun 207'e dönüşen uranyum 235 de içermekteydi. Bu izotopun yarılanma ömrü, diğerinden farklı olarak, 704 milyon yıldır. Kayalar için yapılan birbirinden bağımsız bu iki yaş testiyle beraber, jeologlar hata paylarını iyice azalttılar.

Uranyumun veya kurşunun bir kayanın yapısına, kayanın oluşumundan sonra katılıp katılmadığına ilişkin belirsizliği de ortadan kaldırdılar. Bazı belirli kaya tipleri oluşurken, zirkonyum ve oksijen atomları zirkon adı verilen kristalleri meydana getirecek şekilde birleşirler. Zirkonlar mikroskobik hapishaneler gibidirler. Bir zirkonun içine hapsolmuş uranyum veya kurşun atomu, buradan kaçabilmek için çok zorlu bir uğraş vermek zorundadır ve bu yapıya dışarıdan pek az atom katılabilir. Zirkon kafesinin içindeki uranyum, dış dünyanın herhangi bir etkisi olmaksızın, yavaşça kurşuna dönüşür. Acasta Kayalarının yaşını 4,04 milyar yıl olarak ölçen jeofizikçiler, bu ölçüme zirkonların yaşını belirleyerek ulaştılar. Kristallere, yüklü parçacıklardan oluşan bir ışın gönderdiler ve oluşan patlamanın yarattığı küçük bulutlardaki izotopları ölçtüler. Yaptıkları pek çok farklı sağlama işlemi sayesinde, kayaların yaşını yalnızca 12 milyon yıllık bir hata payıyla hesaplamayı başardılar. 12 milyon yıl, bizler için devasa bir zaman aralığı olabilir. Fakat Acasta Kayalarının yaşı göz önünde bulundurulduğunda, 12 milyon yıl, yalnızca yüzde 0,3'lük bir hata payına karşılık gelmektedir.

Acasta Kayaları gezegen üzerinde bilinen en yaşlı kayalardır fakat bu kayalar meydana geldiğinde dünya 500 milyonuncu yaşına girmişti bile. Jeologların gezegenin gerçek yaşını bulabilmeleri için uzaydan gelecek bir armağana ihtiyaçları vardı. 1940'larda meteoritlerdeki kurşun izotopları üzerinde çalışmaya başladılar. Çoğu meteorit güneş sisteminin oluşumundan geriye kalan çöplüğün artıklarıdır. 1953'te California Teknoloji Enstitüsünden bir jeolog olan Claire Patterson, Arizona'daki 1,2 kilometre çaplı Meteor Kraterinden (Bu krater, Barrington Krateri olarak da bilinir) aldığı bir meteoritteki kurşun ve uranyum miktarını ölçtü. Meteoritte neredeyse hiç uranyum bulunmuyordu çünkü içindeki uranyum atomlarının tümü kurşuna dönüşmüştü bile. Bu meteorit güneş sisteminin oluşumu sırasında şekillenmiş ve köklü bir değişiklik geçirmeksizin güneş etrafında dönüp durmuştu.

Meteoritler ve bizim gezegenimiz aynı öncül maddelerden yapılmışlardır fakat her biri, aralarında kurşun ve uranyumun da olduğu elementlerin farklı oranlarda bir araya gelmesiyle oluşur. Meteor Kraterinden alınan meteoritler ve dünyaya ait kayalardaki uranyum ve kur-

şun izotoplarının karşılaştırılması yoluyla, Patterson dünyanın yaşını hesapladı. Dünya 4,55 milyar yaşındaydı.

Peki, neden var olan en yaşlı kayaların yaşı ile dünyanın yaşı arasında 500 milyon yıllık bir fark vardı? Jeologların kayaların yaşlarını tespit edebiliyor oluşu sayesinde, dünyanın kendi kabuğunu parçaladığı ve yerlerine yeni kayalar oluşturduğu keşfedildi. Gezegenin kabuğu gerçekte, oradan oraya sürüklenen kara tabakalarının bir toplamıdır. Magma dünyanın derinliklerinden açığa çıkar ve kara tabakalarının kenarlarına yeni kaya tabakaları ekler. Diğer kenar, komşu kara tabakasının alt kısmına doğru itilir. Kara tabakasının kenarı gezegenin içine doğru batarken giderek ısınır ve kısmen de erir. Bu kayaların içerdiği fosiller de bu sırada yok olurlar.

Kıtalar, hareket halindeki kara tabakalarının tepesinde duran, düşük yoğunluktaki kayalardan oluşan yüzen adalardır. Bir kara tabakası komşusunun altına doğru kaydığı zaman, beraberindeki kıta onunla birlikte aşağıya çekilmez. Eğer bir kaya bir kıtaya tutunabilecek kadar şanslıysa, dünyanın hararetli döngüsünden kurtulabilir, böylelikle kayadaki fosiller ve yaşamın tarihini ortaya koyan diğer kanıtlar da varlıklarını sürdürürler. Acasta Kayaları bu bağlamda, jeolojik hilkat garibeleridir.

BİR SÜRÜ SAAT, TEK BİR HİKÂYE

Uranyum, tüm kayaların yaşını söyleyemez. Hassas birer saat olan zirkonlar ise ancak soğuyan lavların bazılarında oluşurlar. Çökelti kayalarda uranyum-kurşun sisteminin uygulamasıyla yapılan yaş ölçümü neredeyse tamamen yararsızdır. Bir diğer sorun daha vardır; uranyumun ölçülebilecek düzeylerde kurşuna dönüşebilmesi için milyonlarca yılın geçmesi gerekir. Dolayısıyla uranyum, bin yıllarla ifade edilebilen tarihsel aralıkların –insanlık tarihi gibi– ölçülebilmesi için uygun bir araç değildir. Neyse ki jeokimyacıların seçebilecekleri saatler uranyum ve kurşunla sınırlı değildir. Diğer radyoaktif elementlerin düzinelercesi, yapılacak olan araştırmanın durumu göz önünde bulundurularak devreye sokulabilir. Örneğin insanlığın kronolojisine ilişkin mutlak tarihlendirmeler yapmak için, bilim insanları yarılanma ömrü 5 bin 700 yıl olan karbon 14 izotopunu kullanırlar. Bu izotop, geçmiş 40 bin yıllık zaman diliminde ölçüm yapmak için iyi bir saattir.

Karbon 14, yüklü parçacıkların sürekli olarak uzaydan atmosfere yağışı sırasında nitrojen atomlarına çarpmasıyla oluşur. Bu dönüşüm geçicidir; bir karbon 14 atomu, bozulma süreci sırasında birkaç atom

altı parçacığını kaybeder ve nitrojen atomuna dönüşür. Bitkiler hayatta kaldıkları ve havadan yeni oluşmuş karbon 14'leri taşıyan karbondioksiti içlerine aldıkları sürece, dokularındaki izotop oranının sabit kalmasını sağlarlar. Aynı şey, bu bitkileri yiyen hayvanlar için de geçerlidir. Ancak bir canlının ölmesiyle birlikte karbon 14 alımı durur ve karbon 14 izotopları nitrojene bozulmaya başlarlar. Ölmüş olan bitki veya hayvanların dokularında kalan karbon 14 düzeyi ölçülerek, canlının yaşı tahmin edilebilir.

İzotop saatleri paleontologların sabit bir takvim karşısında yaşamın tarihini organize etmelerine izin verdi. Darwin dünyanın yaşını bilmediği gibi, fosillerin ne kadar yaşlı olduklarından da habersizdi. Darwin ve çağdaşları, bir fosilin ancak ait olduğu jeolojik dönemi tespit edebilirlerdi. Fosillere rastlanan en eski dönem, Kambriyen Dönem olarak adlandırılırdı ve daha eski katmanlara ait tüm kayalar da basitçe Kambriyen Öncesi Döneme ait olarak değerlendirilirdi. Darwin için, Kambriyen fosillerin kendilerinden önceki döneme ait öncül fosiller olmadan ortaya çıkmış oluşu, Kelvin'in "sıcak dünyası" kadar ciddi bir bulmaca oluşturuyordu.

Doğal seçilim yoluyla gerçekleşen evrim hakkında şöyle yazdı: "Eğer kuram doğruysa, tartışmasızdır ki en alttaki Kambriyen katman birikmeden önce uzun zamanlar geçti... Bu geniş zamanlar boyunca dünya yaşayan canlılarla doldu taştı... Burada sorulması gereken neden Kambriyen sistemden önceki dönemlere ait zengin fosil kalıntılarını bulamadığımızdır; buna tatmin edici bir cevap veremem. Soru bugün için yanıtsız kalmaya devam edecektir."

Paleontologlar bugün artık biliyorlar ki, Kambriyen Öncesi Dönemde yeryüzü gerçekten de canlılarla doluydu; dünyanın bir arı kovanı gibi dolu olduğu dönem, 3,85 milyar yıl öncesine karşılık geliyordu. Yaşamın en erken kanıtları Grönland'ın güneybatı sahillerinden geldi. Bölgede, geleneksel anlayışımıza uygun bir fosil bulabilmek imkânsızdır. Bir organizmadan geriye, bir kafatası, bir kabuk, bir taç yaprak gibi görünür bir kısmı kalabilir veyahut geriye kalan tek şey koku gibi kimyasal bir artık da olabilir. Bilim insanları artık geride kalan kimyasal verilerden de analiz yapabiliyorlar.

Tahta veya saçtaki organik karbonun yapısında bulunan karbon 13'ün karbon 12'ye oranı, volkanlardan karbondioksit biçiminde yayılan inorganik karbonunkine kıyasla daha düşüktür. Bu da bize, bir kayanın içindeki karbonun daha önce bir canlıda yer alıp almadığını tespit edebilme şansını verir. Örneğin bir karaağaç yaprağını ele alalım. Yapraktaki karbon 13'ün karbon 12'ye oranı düşük olacaktır. Bu

yaprağı kemiren bir tırtıl, avındaki karbonu kendi dokularıyla birleştirir ve düşük karbon 13 oranı devam eder; aynı oran tırtılı yiyen kuşta da devam edecektir. Kuşlar, tırtıllar ve yapraklar bir süre sonra ölürler ve öldüklerinde toprağın bir parçası haline gelirler. Bu toprak da bir süre sonra okyanusa karışır ve bir çökelti kayası haline gelir. Yaşam döngüsüne katılan karbonları ihtiva eden bu kayalar bile düşük karbon 13 oranını taşımaya devam ederler. Dünya üzerindeki yaşamın ortaya çıkmasından önce oluşmuş çökelti kayaları ise volkanik kökenli karbonlara sahip olmalarından ötürü yüksek oranda karbon 13 taşırlar.

1996'da Avustralyalı ve Amerikalı bilim insanlarından oluşan bir ekip, dünyadaki en eski çökelti kayalarının bulunduğu Grönland'ın güneybatısındaki ıssız adalara ve kıvrımlı fiyortlara seyahat ettiler. Bilim insanları çökelti kayaların ortasından geçen volkanik kaya katmanının yaşını, zirkonların içindeki uranyum-kurşun saatini kullanarak 3,85 milyar yıl olarak belirlediler. Ardından çökelti kaya katmanını incelediler. Bu kayalar, var oldukları süre boyunca pişirilmiş, bastırılmış ve tanınmayacak şekilde tahrip edilmişlerdi. Fakat araştırmacılar çökelti kayaların içindeki apatit olarak bilinen mineralde mikroskobik karbon parçaları buldular. Aldıkları örnekleri laboratuvarlarına götürdüler ve iyon ışınlarıyla apatit minerallerini patlatıp karbon izotoplarını saydılar. Apatit içindeki karbonların da, günümüzdeki biyolojik karbonda olduğu gibi, düşük karbon 13 oranı içerdiğini buldular; bu ancak yaşam sayesinde mümkün olabilirdi.

Bilim insanları dünya üzerindeki yaşamın, Grönland kayalarında iz bırakmadan ne kadar önce ortaya çıkmış olduğunu tam olarak söyleyemezler. Çünkü yeryüzündeki hiçbir kaya, varlığını 4 milyar yıldan fazla süre koruyamamıştır. Ancak yaşamın cehennemvari bir ortamda ortaya çıktığı söylenebilir. Dev meteorlar ve minyatür gezegenler, ilk 600 milyon yıl boyunca dünyaya çarpıp durmuştur. Bazıları, okyanusların düzeyini birkaç metre azaltacak kadar sıcak, içinde yaşayan tüm canlıları öldürecek kadar büyüktüler. Belki de yaşam bu felaketlerden, okyanus tabanındaki termal kaynaklara saklanarak kurtulabildi; günümüzde buralardaki bakterilere hâlâ rastlanabilir. Yağmurlar denizleri yeniden doldurduğunda, sığınaklarına çekilmiş bu mikroplar yeniden yaşamın döngüsüne katıldılar.

Yaşam her ne şekilde başlamış olursa olsun, Grönland kayalarına izini bıraktığı sırada tam kapasiteye ulaşmış olmalıydı. O sırada okyanuslar, bugün de olduğu gibi gerek güneş ışığından gerekse de sıcak su kaynaklarındaki enerjiden yararlanarak kendi besinlerini oluşturan bakterilerle dolup taşıyordu. Kendi kendilerini idame ettirebilen

bu bakteriler, muhtemelen yırtıcı bakteriler için besin, virüsler içinse konak oldular.

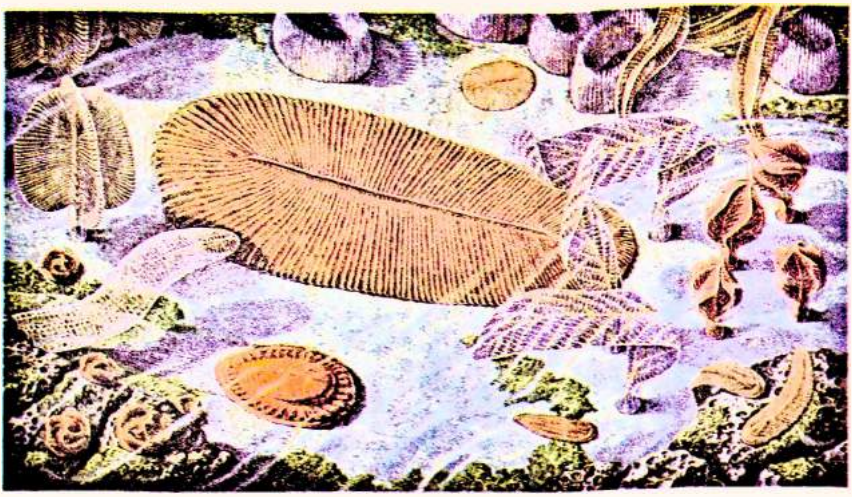
En eski gerçek bakteri fosilleri 3 buçuk milyar yıl öncesine, ilk kimyasal yaşam bulgularının 350 milyon yıl sonrasına dayanır. 1970'lerde Batı Avustralya'da bulunan bu fosiller, mavi-yeşil alglere (siyanobakteriler olarak da bilinirler) tıpatıp benzeyen mikrop zincirlerinden oluşuyorlardı. Milyarlarca yıl boyunca kıyıların sığ sularında sümüksü bir tabaka oluşturan bu bakteriler, 2,6 milyar yıl önce karada da ince bir kabuk oluşturmayı başarmışlardı.

Yaşam elbette ki bakterilerle sınırlı değildir. Biz insanlar, içinde hayvanları, bitkileri, mantarları ve protozoonları da barındıran ökaryotlar adı verilen büyük bir organizma grubuna aitiz. Ökaryotlara ait en eski kanıtlar, yalnızca 1,2 milyar yıl öncesine dayanan geleneksel fosillerden değil, bir kez daha moleküler düzeydeki fosil buluntularından geldi. Ökaryotları bakterilerden ve diğer yaşam formlarından ayıran pek çok özellikten biri de, sahip oldukları yapılandırılmış hücre zarlarıdır. Ökaryotlar, hücre zarlarını sterol diye bilinen bir yağ asidi ailesiyle kuvvetlendirirler (Kolesterol sterol ailesine aittir; kanda dolaşan miktarı yükselince tehlikeli hale gelebilir ancak o olmadan yaşayamazsınız. En basit ifadesiyle, kolesterol olmadan hücreleriniz dağılırlardı).

1990'ların ortasında Australian National Üniversitesinden Jochen Brocks'un liderliğindeki bir grup jeolog, Avustralya'nın güneybatısındaki antik kil tabakalarında yaptıkları kazıda, 700 metre derinlikte 2,7 milyar yaşında olduğunu tespit ettikleri oluşumlara rastladılar. Jeologlar bu kil tabakasında, sterol içeren yağların mikroskobik kalıntılarını buldular. Ökaryotlar, bu molekülleri sentezleyebilen yegâne organizmalar olduğu için Brocks'un ekibi, muhtemelen basit, amip benzeri bu yaratıkların 2,7 milyar yıl önce evrime uğradığına karar verdiler.

YAŞAM GENİŞLERKEN

Bir milyar yıl veya daha fazla bir süre, ökaryotlar bakteriler gibi mikroskobik boyutlarda kaldılar. Ancak 1,8 milyar yıl önce, 2 santimetre uzunluğunda gizemli borucuklar biçimindeki ilk çok hücreli fosiller ortaya çıktı. Bilinen en eski çok hücreli organizmalar kırmızı alglerdir ve 1,2 milyar yaşındalardır. Bizim bağlı olduğumuz çok hücreliler sülalesi olan hayvanlar âleminin fosillerine ise 575 milyon yıl öncesine dek rastlanmaz. "Hayvan," geride böylesine farklı izler bırakan yaratıkları tarif etmek için oldukça geniş bir tanım kümesidir. Bazılarının sırtlarında, tarihten silinmiş imparatorlukların sikkelerini andıran üç çatal-

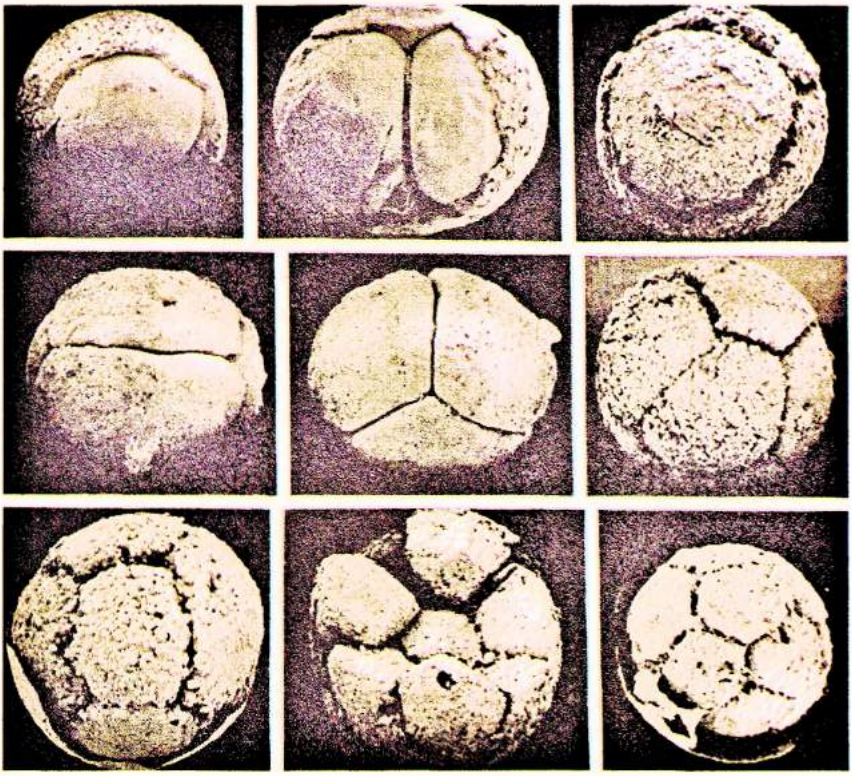


Bilinen ilk hayvan topluluğu 575 milyon yıl önce yaşadı. Bunlar Ediakaralar olarak bilinirler ve hemen hemen her zaman hareketsiz duran bir grup yaratığın garip bir toplamıdır. Bunların bazıları günümüzde yaşayan hayvanların büyük bir kısmının akrabalarıdır; geri kalanlar ise yok olmuş gizemlerdir.

lı diskler bulunur; bazılarının sıra sıra yaprakları suyun altında tıpkı bir panjura benzer; devasa parmak izlerine benzeyen diğerleri ise deniz tabanına yapışık dururlar. Bu yaratıklar, ilk çok hücreli hayvanlardan başkası değildir.

Bu yaratıklar Ediakara faunası olarak bilinirler (bu türden çok sayıda canlının Avustralya'nın Ediakara Tepelerinde bulunmasından sonra böyle isimlendirilmişlerdir). Geçmişte paleontologlar onları bitki, liken veya çok hücreli yaşamın başarısız deneyimleri olarak sınıflandırmaya çalışmışlardı. Bugünlerde ise pek çok uzman, bu türe ait canlıların en azından bir kısmının, yaşayan pek çok hayvan grubunun (filum olarak da bilinen kolların) akrabaları olduklarını düşünmektedirler. Bu fosillerin bir kısmı denizanalarıyla akraba olabilirlerdi. Dev parmak izlerine benzeyenler, solucanların ve sülüklerin de içinde bulunduğu halkalı solucanlar ailesiyle akraba olmalıydılar. Yapraklı olanlar ise günümüzde de mercan resiflerinde yaşayan deniz kalemlerine öncülük etmiş olabilirler. Ancak hâlâ gizemini koruyan pek çok Ediakara bulunmaktadır; örneğin paraya benzeyen şekilleriyle öne çıkan bireylerin herhangi bir türle akrabalığı ortaya konamamıştır.

Ediakara fosilleri arasına gizlenmiş bireyler, hayvan krallığının gelecekteki türlerinin öncülleridir. 550 milyon yıllık kayalarda ancak kaslı hayvanların açabileceği delikler ve yolların izleri bulunmuştur. Bu bulgular, kök salan Ediakaralar ve sürüklenip duran denizanalarının



Paleontologlar 1998'de embriyolara ait 570 milyon yıllık mikroskobik fosilleri buldular. Hücre düzenleri bugün yaşayan hayvanlarınkilerle tıpatıp aynıydı.

aksine, kazabilen ve sürünebilen gelişmiş hayvanların varlığına işaret eder. Bu gizemli hayvanlar belki de karmaşık hayvanların kas duvarı ve bağırsaklar gibi ayırt edici özelliklerinin evrimleşmesini sağladılar. Denizanası gibi ilkel hayvanlarda bu türden yapılar yokken, sinekler, solucanlar, denizyıldızı ve insanlarda bunlar bulunabilir. Farklılık embriyolarının yapılarından kaynaklanır. Denizanaları, iki vücut tabakasından oluşurlar (biyologlar bunlara diploblast der). Diğer hayvanların ise üç katmanı bulunur: Deriyi ve sinirleri oluşturan bir ektoderm, kaslar, kemikler ve pek çok iç organı oluşturan mezoderm ve bağırsakları oluşturan endoderm. Bu üç katmanlı hayvanlara triploblastlar adı verilir. Oyukları ve yolları büyük olasılıkla triploblastlar 550 milyon yıl önce yapmışlardır fakat paleontologlar onların fosillerini henüz bulamamışlardı.

Erken dönem triploblastları araştıran paleontologlar, 1998'de umut verici bir keşifte bulundular ve Kambriyen Öncesi Dönem embriyola-



Bundan 535 milyon yıl önce Kambriyen Dönemde bir dizi yeni hayvan türü yeryüzünde gezinir oldu. Bugün yaşayan hayvanların hemen hemen hepsi bu zaman diliminde ortaya çıktı.

rını ortaya çıkarttılar. Amerikalı ve Çinli araştırmacılardan oluşan bir ekip, 570 milyon yıllık mikroskobik fosillerin gizlendiği bir yer buldu. Bazıları döllenmiş tek hücreli yumurtalardı. Bazılarıysa 2, 4, 8, 16 veya daha fazla hücre sayısına sahipti; yani bölünmenin sonraki aşamalarındaydılar. Paleontologların, bu embriyoların neye dönüşecekleri konusunda herhangi bir fikri yoktu. Ancak boyutlarından ve bölünme düzenlerinden yola çıkarak, bu canlıların triploblastlar olabileceği tahmininde bulundular.

530 milyon yıl önce, erken Kambriyen Dönemde, Ediakaralar azaldı ve ortadan yok oldular. Aynı zamanlarda triploblastlara ait fosil kayıtlarında da bir patlama saptandı. Bu zaman diliminde yaşayan hayvanların fosilleri incelendiğinde, önemli hayvan grupları arasındaki akrabalıklar kolaylıkla tespit edilebilir. Bizim de içinde olduğumuz omurgalılar filumu bu dönemde, bofa balığı (taşemen) ve balık asalaklarına benzeyen yaratıkların fosilleriyle temsil edilirler (Owen'ın omurgalılar arketipi böylece ete kemiğe bürünmüş olur).

Diğer filumlar yaşam sahnesine çok daha abartılı girişler yaptılar. Günümüzün yumuşakçalarının akrabaları, ok başı gibi çıkıntılara sahip iğnedenliklere benziyorlardı. Dallı bacaklıların habercisi, zırhlı bir sümüklüböcek gibi görünen *Halkieria*'ydı. *Opabinia*'nın kafasından mantar gibi filizlenen 5 gözü vardı ve deniz tabanını karıştırmak için kullandığı pençeler, aynı zamanda avlarını kavramakta ve yemekte de işine yarıyordu. *Opabinia*'yı artık günümüzdeki eklem bacaklıların erken dönem akrabalarından biri olarak değerlendiriyoruz. Bugün mütevazı yaşamlarını sürdüren kimi filumlar –örneğin yumuşak kurtçuklar ve fıstık kurtları– yaşamın patladığı Kambriyen Dönemde, daha sonra asla erişemeyecekleri büyük bir çeşitliliğin keyfini sürüyorlardı.

Darwin'in, Kambriyen Dönemin buluntularının ortaya çıkmayabileceğinde yönelik endişeleri karşılıksız çıkmıştı. Artık bilim insanları izotop saatlerini okuyabilmekte ve moleküler fosilleri tespit edebilmektedir; bu sayede Darwin'in ileri sürdüğü gibi, Kambriyen Dönemden milyarlarca yıl önce dünyanın yaşamla dolu olduğunu ortaya koymakta zorlanmadılar. Kambriyen Öncesi Dönem evrim için gizemli bir başlangıç olmakla birlikte, yaşamın tarihinin neredeyse yüzde 85'ini kaplamaktadır. Paleontologlar artık bakteriler, protozoa ve algler, Ediakaralar, çukur kazıcılar ve hayvan embriyolarından oluşan olağanüstü bir Kambriyen Öncesi Dönem fosil koleksiyonuna sahiptir. Fakat daha pürüzsüz, anlaşılması daha kolay bir fosil kaydına sahip olması sayesinde, Kambriyen Dönem açıkça hayvan evriminde en bahse değer dönemdir. Hayvanlar ne kadar uzun süre okyanuslarda salınmış olurlarsa olsun, çeşitlilikleri 535 milyon yıl önce muazzam bir artış göstermiştir. Uranyum-kurşun yöntemiyle yapılan tarihlendirme sayesinde bilim insanları, Kambriyen Dönemde yaşamın çeşitliliğinde meydana gelen büyük artışın yalnızca 10 milyon yıl sürdüğünü saptadılar.

Kambriyen Dönem Patlaması tamamen suyun altında gerçekleşmişti. Bu yeni hayvanlar ortaya çıktıklarında, kıtalar bakteri katmanları haricinde çıplaktı. Jeolojik bir zaman mefhumuna göre ifade etmek gerekirse, çok hücreli yaşamın sahillere yayılması çok sürmedi. Önce bitkiler geldi. Yaklaşık 500 milyon yıl önce, yeşil algler yavaşça evrime uğrayarak su geçirmez katmanlar geliştirdiler ve açık havayla temas ettiklerinde giderek daha uzun süreler hayatta kalabilir hale geldiler.



Kuru karalarda bitkiler ilk kez 500 milyon yıl önce yayıldılar; 360 milyon yıl önce ilk ormanlar evrimleşti. Bunlar, böcekleri ve omurgalıları da içeren kara hayvanlarının çeşitliliğini desteklediler.

Karadaki ilk bitkiler, bugünkü yosunlar ve koyunotları gibi görünüyor; nehir kıyılarını ve sahilleri çamurumsu bir halı gibi kaplıyorlardı. 450 milyon yıl öncesine gelindiğinde, kırkayaklar ve omurgasızlar bu yeni ekosistemi keşfetmeye başlamışlardı bile. Evrimle birlikte, dik durabilen yeni bitkiler ortaya çıktı ve 360 milyon yıl önce ağaçlar 90 metre yüksekliğe ulaştılar. Kıyılardaki bataklıklar, düşe kalka ilerlemeye çalışan, karada yürüyebilen ilk atalarımıza şahitlik ettiler.

Yaşamın tarihinde karaya çıkış kısa küçük bir mola gibidir. Evrimimizin onda dokuzu tamamen suyun altında gerçekleşmiştir. Fakat bizim bakış açımızla karadaki son birkaç yüz milyon yıl en ilginç dönemdir. Karadaki ilk omurgalılara ait fosiller, bu canlıların 320 milyon yıl önce iki ana kola ayrıldıklarını gösterir. İlk kol, geçmişte hantal devler yaratmış olan amfibiyanlardır. Fakat bugün bu ana kol kurbağalar, salamanderler ve diğer küçük yaratıklar tarafından temsil edilir. Genellikle ıslak kalmak zorundadırlar ve kolayca kuruyabilen yumuşak yumurtalar bırakırlar. Diğer kol olan amniyon keseliler, evrimle birlikte sağlam ve su geçirmez bir yumurta kabuğuna sahip oldular. Dinozorlar, 250 milyon yıl önce amniyon keselilerden ortaya çıktılar ve 65 milyon yıl önce türleri tükenene dek, geçirdikleri evrim sayesinde kara hayatının baskın canlıları olarak yaşadılar. Ancak tüm dinozor türleri yok oldular (Tek hayatta kalan tür, tüylü birer dinozordan başka bir şey olmayan kuşlardır). Her ne kadar ilk memeliler de ilk dinozorlarla birlikte ortaya çıkmışlarsa da, rakipleri olan sürüngenler ortadan kaybolana kadar karadaki hâkimiyeti ele geçiremediler. Bizim primat soyumuz onlardan sonra ortaya çıktı fakat *Homo sapiens*'lere ait en eski fosil 600



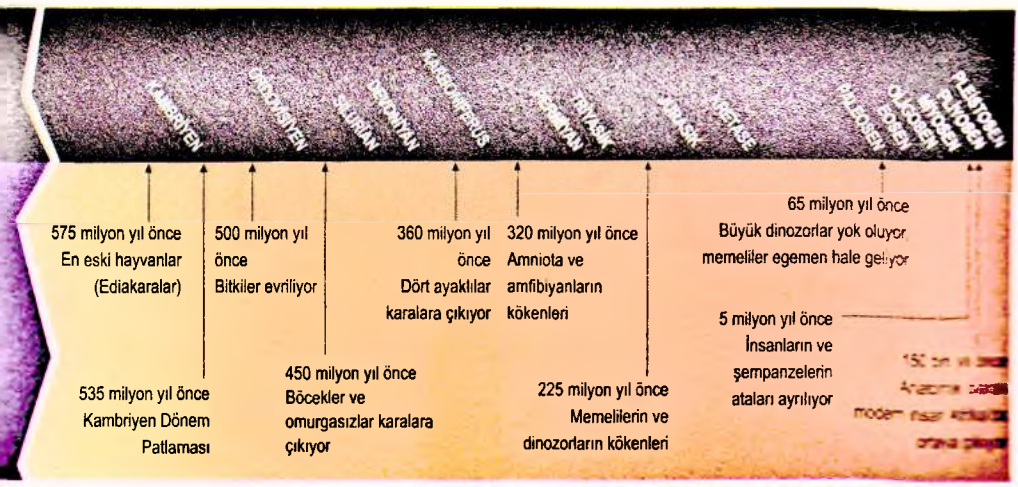
bin yıl önce toprağa düşmüştü. Bugün yaşayan tüm insanlar, kendi soy ağaçlarını yaklaşık 150 bin yıl önce yaşamış ortak bir ataya dek takip edebilirler.

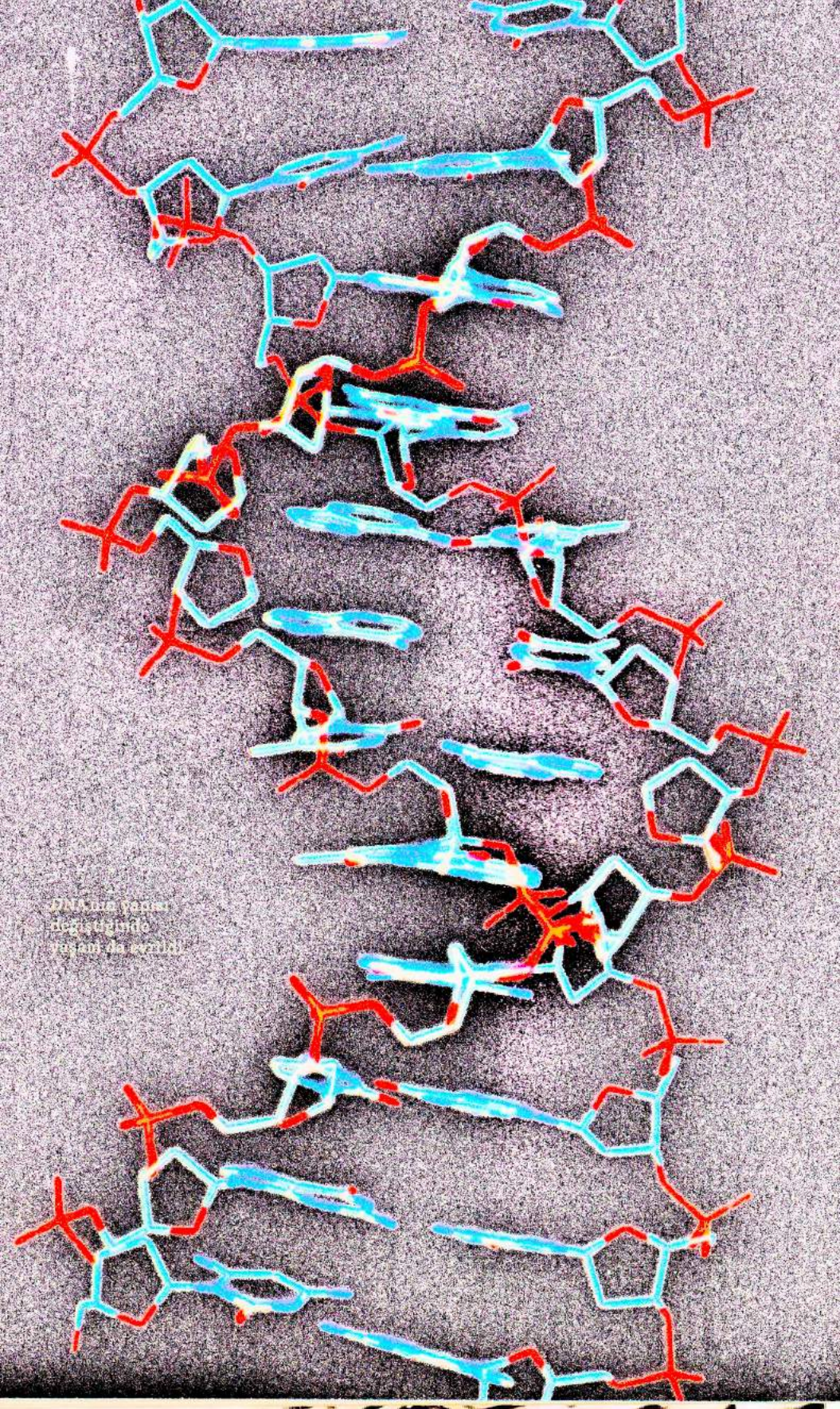
Bu birkaç sayfa her ne kadar yaşamın tarihinin görkemli derinliğini anlatmaya yetmese de tek bir şey çok açıktır: Bu evrende bize ait olan zaman akıl almaz kısalıktadır. Son yüzyıllarda yapılan araştırmalar, artık insanlık tarihi ile doğa tarihini karşılaştırmaya imkân vermemektedir. Dünya üzerindeki 4 milyar yıl bir yaz günü olsaydı, anatomik olarak modern insan şeklinde tarif edebileceğimiz –yani karmaşık dil, sanat, din, ticaret yapılarına sahip olan, tarımda ve kentleşmede ilerlemiş, yazılı bir tarihi bulunan– canlının ortaya çıkışı ve yükselişine şahit olan 200 bin yıl, bir ateş böceğinin güneş batmadan önceki anlık parlamasına denk düşerdi.

Nihayetinde Darwin çok istediği zaman lüksüne kavuşmuştu. Fakat hayatın evriminin yollarını gösteren fosil kayıtları, hayatın nasıl evrildiğine dair ayrıntıları göstermiyordu. Bu noktada Darwin kendi davasını da yaşamı içinde kapatma şansını bulamadı çünkü kalıtımın nasıl çalıştığını hiçbir zaman anlayamadı.

Jeologlar ve paleontologlar yaşamın tarihini çizerken, 20. yüzyıldaki diğer bilim insanları da kalıtımın gizemini çözdüler ve doğal seçilimle arasındaki ilişkiyi kurdular. Bu bağlantı, yaşamın kadimliğini ortaya koyan moleküllerde ve atomlarda gizliydi. Ancak kalıtımın atomları milyarlarca yıl kayalara gömülü kalmış değillerdi. Onlar, hücrelerimizin çekirdeklerinde öylece duruyorlardı.

4 milyar yıllık tarihin zaman çizelgesi.





Bölüm 4

DEĞİŞİME TANIKLIK ETMEK

Genler, Doğal Seçilim ve Evrim İş Başında

Kalıtım bilmecesi (bir erkek ve bir kadın nasıl olur da kendi özelliklerini taşıyan bir çocuk yapabiliyordu?) 1800'lerde pek çok çılgın düşünceye ilham verdi. Bunlardan en uçuğu (en azından bugünkü bakış açımıza göre) pangenesis olarak bilinirdi. Bu görüşe göre kalıtım insan bedeninde, hücrelerde bulunan tomurcuklardaki küçük parçacıklarda taşınırdı. Bu parçacıklar (gemmule, yani küçük tomurcuk) göç eden trilyonlarca somon gibi cinsiyet organlarına akarlar ve spermlerde veya yumurtalarda yoğunlaşırlardı. Bir sperm bir yumurtayı döllediğinde, annenin ve babanın küçük tomurcukları harmanlanmış olurdu. Her parçacık annenin veya babanın hücrelerinden geldiği için, bir araya geldiklerinde ortaya çıkan insan hem annenin, hem de babanın özelliklerini taşırdı.

Pangenesis kuramının gerçeği yansıtmadığı anlaşıldı fakat bu görüşü ileri süren bilim insanı, bilim tarihindeki kaçıklarla eş tutulmadı. Zamana yenilmeyen diğer birkaç fikri sayesinde şöhreti ayakta kaldı. Pangenesis, Charles Darwin'in bir çalışmasıydı.

Dünyanın yaşı meselesi gibi, kalıtım da Darwin'in büyük hayal kırıklıklarından biriydi. *Türlerin Kökeni*, 19. yüzyılın sonuna gelindiğinde neredeyse tüm bilim insanlarını evrimin bir gerçeklik olduğu konusunda ikna etti fakat Darwin'in değişimle ilgili temel mekanizması olan doğal seçilim konusundaki şüpheler sürüyordu. Pek çok bilim insanı Darwin'in doğal seçilimi karşısında Lamarck'ın eski fikirlerini diriltmeye çalışıyordu. Belki evrime doğru yerleşik bir yönelim, belki de erişkinlerin hayatları boyunca kazandıkları özellikleri çocuklarına geçirebilecekleri yollar vardı. Darwin, kalıtımın bu düşünceleri geçersiz kılıp, doğal seçilime imkân verdiğini gösterebilseydi, bu eleştirileri çürütebilirdi. Ne yazık ki Darwin ve o dönemin bilim insanlarında bu bilgiler yoktu.

Darwin'in ölümünden sonraki yıllarda biyologlar nihayet kalıtımın nasıl çalıştığını öğrenmeye başladılar. Yeni Lamarckçıların yanlış olduğu ancak bu gelişmelerle birlikte anlaşılabildi. Kalıtımın doğal seçilimi yalnızca mümkün hale getirmediğini, onu kaçınılmaz kıldığını ve yeni türlerin oluşumuna nasıl olanak sağladığını ancak böyle anladılar. Bu sonuca yalnızca genetikçilerin değil, zoologların ve paleontologların da çabaları sayesinde varılabildi. Bu alanlarda çalışan bilim insanları 20. yüzyılın ortalarında araştırmalarını "modern sentez" adı verilen ortak bir anlayışta birleştirdiler. Genç bilim insanları modern sentezi araştırmalarının temeli haline getirdiler. Evrimin moleküler düzeyde nasıl gerçekleştiğini anlamaya başladılar ve sonuç olarak doğal seçilim Darwin'in hayallerinde var olan, elle tutulamaz, anlaşılamaz bir güç olmaktan çıktı. Aslına bakarsanız, günümüzde bilim insanları bugün vahşi yaşamdaki doğal seçilime tanıklık edebilir, eski türlerin farklı dallara ayrılıp yeni türler yaratışını gözleyebilirler. Bilim insanlarının, doğal seçilimin işleyişini anlamak için hayvanları, bitkileri veya mikropları izlemesine bile gerek yoktur. Kendi bedenlerimizdeki etkilerini gözlemlemeleri veya bilgisayarlardaki yapay yaşam formları üzerindeki işleyişini takip etmeleri yeterlidir.

KALITIMIN RAHİBİ

Eğer tarih farklı bir yoldan ilerlemiş olsaydı, bilim insanları belki de kalıtımın sırlarını Darwin yaşarken çözmüş olabilirlerdi. Ancak Darwin daha *Türlerin Kökeni*'ni yazarken Moravyalı bir rahip kendi bahçesinde genetiğin temel yasalarını keşfetmekteydi.

Gregor Mendel, 1822'de fakir bir köylü olarak, şimdi Çek Cumhuriyeti olan yerde doğmuş ve iki odalı bir evde büyümüştü. Öğretmenleri Mendel'in kıvrak zekâsını fark ettiklerinde onu çıraklık yapması için Moravya, Brno'daki bir manastıra yönlendirdiler. Manastır kendini bilime adamış, jeoloji, meteoroloji ve fizik konusunda derin okumalar yapan rahiplerle doluydu. Mendel, rahiplerden botanikteki son gelişmeleri, giderek daha iyi ürünler elde edebilmek için kullanılan yeni bitki dölleme yöntemlerini öğrendi. Sonunda Mendel'i biyoloji üzerindeki çalışmalarını devam ettireceği Viyana Üniversitesine gönderdiler. Ancak onu iyi bir bilim insanı yapacak şey, Viyana'da aldığı fizik ve matematik dersleriydi. Viyana'daki fizikçiler Mendel'e, hipotezlerin deneyler aracılığıyla nasıl test edilebileceğini öğrettiler. O günlerde çok az biyolog bunu yapıyordu. Bir yandan matematikçilerse Mendel'e rastlantısal gibi görünen veri kümelerinde gizlenmiş istatistikleri kullanmayı öğrettiler.

1853'te Mendel Brno'ya geri döndü. Otuz yaşlarında, geniş omuzlu, hafif şişman, yüksek alınlı ve altın çerçeveli gözlüklerinin ardında mavi, parlayan gözleri olan bir adamdı. İkinci ve üçüncü sınıf öğrencilerine doğa tarihi ve fizik öğretiyordu. Yüz öğrencisi olmasına ve haftanın altı günü ders vermesine karşın hâlâ bir bilim insanının yaşantısını sürdürmeyi başarıyordu; düzenli olarak okuyor ve bilimsel yayınları takip ediyordu. O sıralarda bitkilerin kalıtımıyla ilgili bir deney yapmaya karar verdi.



Çek bir papaz olan Gregor Mendel (1822-1884) kalıtımın nasıl çalıştığını gösteren kanıtların üzerindeki gizem örtüsünü 1850'lerde kaldırdı. Ancak buluşları ölümünden 16 yıl sonrasına, yani 1900'e kadar görmezden gelindi.

Viyana'da Mendel'in bazı hocaları, türleri özel kılan şeyin ne olduğunu anlamaya çalışıyor, bir neslin nasıl olup da kendisine benzer yeni bir nesil üretebildiğini araştırıyorlardı. İş melezlere geldiğinde bu iki soru birleşiyordu. Yetiştiriciler çiçeklerin, meyvelerin ve diğer bitkilerin özel varyasyonlarını nasıl yetiştireceklerini ve melezler üreterek bu özellikleri nasıl aktaracaklarını biliyorlardı. Bunların çoğu kısırdı ve kısır olmayan melezlerden elde edilen yeni nesiller sıklıkla atalarının şekillerine geri dönüyorlardı. Fakat bitkilerle kararlı (üreyebilen) melezler üretilirse, türlerin ezeli ve değişmez olmadığı kanıtlanabilirdi. 1700'lerde İsveçli biyolog Carl Linnaeus aynı genlere sahip bitki türlerinin, ortak bir atadan melezleme yöntemiyle üremiş olduğunu öne sürmüştü.

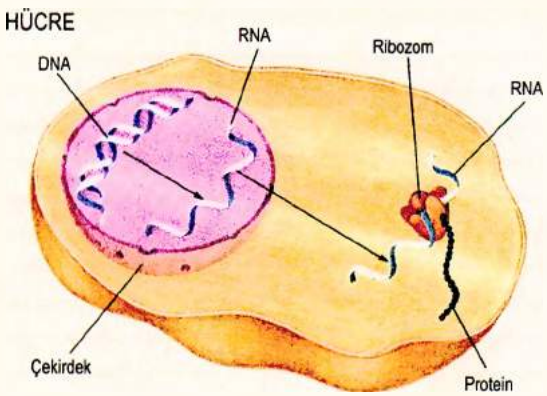
19. yüzyılın önemli kısmında, bilim insanlarının kalıtıma ilişkin genel düşünüşü, meydana gelen yavrunun, ebeveynlerin özelliklerinin bir karışımı olduğu yönündeydi. Fakat Mendel radikal ve farklı bir düşünceyle çıkageldi: Ebeveynler özelliklerini yavrularına geçirebilirlerdi fakat bu özellikleri karışmıyordu. Bu fikri sınamak için Mendel bitkilerle bir deney planladı. Farklı renk, boyut ve şekillerdeki bitkilerden çaprazlama yoluyla yeni nesiller oluşturacak, bu özelliklerin nasıl aktarıldığını gözlemleyecekti. Bu iş için bezelyeleri seçti ve iki yıl boyunca farklı cinsler toplayarak, onların gerçekten üreyebilir olup olmadıklarını inceledi. Mendel 22 farklı cins saptadı ve hipotezini test etmek üzere bezelyelere has 7 farklı özellik belirledi. Seçtiği bezelyeler bu-

ruşuk veya yuvarlak, yeşil veya sarıydı. Tohum zarları sarı veya yeşil, düz veya bombeliydi. Bitkilerin kendileri ise uzun veya kısa, çiçekleri de uçlardan filizlenen veya gövdeden filizlenen türlerdendi. Mendel bu farklı özelliklerin her birinin, yeni nesillerde ortaya çıkış biçimlerini kaydedecekti.

Bir bitkiden aldığı polenleri bir diğerinin üzerine incelikle yerleştiren Mendel, binlerce melez yuvarlak-buruşuk tohum elde etti. Sonra manastır bahçesine ektiği bitkilerin çiçek açmasını bekledi. Birkaç ay sonra tohum zarlarını soyduğunda, tüm melez bezelyelerin yuvarlak olduğunu gördü. Buruşuk özellik tamamen ortadan kaybolmuş görünüyordu. Mendel bunun üzerine, bu yuvarlak melezleri birbirleriyle tekrar çaprazlayarak ikinci bir nesil üretti. Yeni nesilden bazıları buruşuktu (en az büyükanne ve büyükbabaları kadar buruşuktular). Buruşukluk, yuvarlak ebeveynlere rağmen ortadan kalkmamıştı; bu özellik melezlerin içinde saklanmış ve sonra yeniden ortaya çıkmıştı.

Her bitkideki buruşuk bezelye sayısı farklıydı ama Mendel bitkilerdeki bezelye dağılımını saydıkça, her üç yuvarlak bezelye tohumuna bir buruşuk tohum düştüğünü gördü. Bu işlemleri diğer özellikler için de uyguladı ve aynı şeyin bu özellikler için de geçerli olduğunu gördü. Her üç sarı bitkiye bir yeşil bitki, her üç gri tohum kabuğuna bir beyaz kabuk, her üç mor çiçeğe karşı bir beyaz çiçek düşüyordu.

Mendel, kalıtım bilmecesinin altında yatan düzeni keşfettiğini anladı ancak çağdaşı botanikçiler bu çalışmayı görmezden gelmeyi tercih ettiler. Manastırında 1884'te öldüğünde, namı zararsız bir bilim meraklısından öteye gitmiyordu. Gerçekte ise ölümünden 16 yıl sonra gündeme gelecek bir alana, genetik bilimine öncülük etmişti. Araştırmasından yüz yıl sonra, Mendel'in bezelyelerinin niçin ileri sürdüğü düzene sadık kalarak oluştukları açığa kavuşmuş durumdadır.



Hücreler proteinleri üç aşamalı bir mekanizmayla oluşturur. Hücre önce çift sarmallı DNA'sını kopyalayarak tek sarmallı, RNA adı verilen hale getirir. Daha sonra bu RNA'yı protein üreten fabrikalara benzeyen ribozomlara taşırlar. Son aşamada bu organellerde RNA bir şablon gibi hareket ederek bir amino asit dizisinden oluşan proteinleri oluşturur.

Bezelyeler, tıpkı dünya üzerinde yaşayan diğer tüm organizmalarda olduğu gibi, hücrelerinde bedenlerini yaratabilmek için moleküler bir yemek kitabı taşırlar. Bilgi taşıyan bu molekülе deoksiribonükleik asit, daha çok bilinen adıyla ise DNA denir. Şekli bir döner merdiven gibidir; içerdiği bilgi basamaklarına yazılmıştır, bu basamaklarsa baz adı verilen birer çift kimyasal bileşikten oluşmaktadır. Bazlar, yaşamı tarif eden bu yemek kitabındaki harfler gibidirler. Fakat İngiliz alfabesinde 26 harf varken, bu alfabe ise yalnızca dört harften oluşur. Bunlar, adenin, sitozin, guanin ve timindir.

Bir gen (genellikle birkaç bin baz çifti içeren DNA parçası), protein için bir tarif niteliğindedir. Bir protein yaratmak için hücrelerimiz önce bir genin tek zincir halini inşa ederler (RNA olarak adlandırılır). Oluşan RNA, protein oluşturan bir bölüme bağlanır. Proteinler, DNA ve RNA gibi uzun, zincir şeklinde moleküllerdir fakat bazlardan oluşmazlar. Bunun yerine proteinler, diğer bir grup bileşik olan amino asitlerden oluşurlar. RNA'nın bazlarındaki bilgiyi çözen hücrelerimiz, bu bilgileri uygun amino asitleri yakalamakta kullanır ve amino asitleri zincir şeklinde bir araya getirirler. RNA'nın bir parçası sonuna kadar okunduğunda, yeni protein de tamamlanmış olur. Oluşan yeni protein ile diğer proteinlerin atomları arasındaki çekim gücü, onların tıpkı kendiliğinden katlanıp oluşan bir origami gibi iç içe geçmesini sağlar. Binlerce farklı yapıya bürünebildiklerinden, proteinler binlerce farklı rol oynayabilir. Hücre zarlarında kapılar olarak hizmet etmekten, tırnakları sertleştirmeye, akciğerlerden oksijeni alarak dolaşım boyunca taşımaya kadar pek çok farklı rol üstlenirler.

Mendel'in bezelyelerinde keşfettiği 3'e 1 oranını yaratan, DNA yemek kitabının bir nesilden diğer nesile aktarılmasını sağlayan yoldur. Bitkilerde ve hayvanlarda genlerin tarifleri yığınlar şeklinde düzenlenmiştir. Bu yığınların her birine kromozom denir. Örneğin insanlarda 25 bin genin sıralandığı 23 çift kromozom bulunur. Bir çift kromozom, belirlenen bir genin özdeş versiyonlarını veya farklı olanları taşıyabilir. Normal bir hücre ikiye bölündüğünde, her iki hücre de genlerin tam bir kopyasını alır. Ancak hücreler sperm veya yumurta oluşturduklarında, ortaya çıkan cinsiyet hücresi bir çift olan kromozomların sadece bir parçasını alır. Bu çiftlerden hangisini alacağı tamamen şans işidir. Sonrasında bir sperm bir yumurtayı döllediğinde, iki kromozom parçası bir araya gelerek yeni organizmanın genetik kodlarını taşıyan yeni bir çift kromozom oluşturur.

Mendel'in bezelye bitkilerinin renkleri, yapıları ve kayıtlara geçen diğer tüm özellikleri, birbirinden farklı bezelye genleri tarafından kont-

rol ediliyordu. Bezelyelerin ebeveynden aldığı genlerin farklı versiyonları vardı; biri onları yuvarlak yaparken diğeri ise buruşuk olmalarını sağlıyordu. Safkan bir yuvarlak bezelye, iki yuvarlak gen kopyası taşır. Dolayısıyla buruşukluğa yol açan genlerin ikisini barındıranlar safkan buruşuk bezelyeler haline gelirler. Mendel bu iki tohumu çaprazladığında ortaya çıkan melez, bir yuvarlak ve bir buruşuk gen taşıyordu fakat yuvarlak kabukluydu. Genetikçilerin hâlâ tam olarak anlayamadığı şeylerden birisi de, bir bezelyeyi yuvarlak yapan genin diğer gen üzerinde nasıl hâkimiyet kurabildiğidir.

Ancak buruşukluk geni melezlerde bastırılmış olmakla beraber, ortadan da kaybolmaz. Melezlerin her bir yumurtaları ve çiçek tohumları, gen çiftlerinden sadece birini alır; böylece her yeni nesil, hangi geni hangi ebeveyninden alacağı konusunda yarı yarıya şansa sahip olur. Bu oran sayesinde, yeni nesil bezelyelerin dörtte biri 2 buruşukluk geni alırken, dörtte biri 2 yuvarlaklık geni almış, kalan yarısı ise her genden birer adet almıştır. Yeni melezler yuvarlak olacağından, ikinci nesilde buruşuk bezelyelerin oranı azalmış, her üç yuvarlak bezelyeye bir buruşuk bezelye düşmüştür.

Çoğu özelliğin kalıtımla aktarılması süreci, Mendel'in bezelyeler üzerinde yaptığı gözlemlerden daha karışık şekillerde işler. Türler sıklıkla belirli bir genin ikiden fazla versiyonunu taşırlar. Bir genin tek başına bir özellikten sorumlu olması da çok ender görülür. Çoğu durumda işin içine farklı pek çok gen dâhil olur. İnsan türü de, bu şekilde kendisini iki metre yapacak bir uzunluk genine veya kendisini 150 cm yapacak bir kısalık genine sahip değildir. Bir insanın boy yüksekliğini belirleyen pek çok gen vardır. Bunlardan birisinde meydana gelen bir değişiklik, küçük bir fark yaratır. Eğer DNA'larımız bir yemek kitabı ise bedenlerimiz de açık büfelerdir. Ekmek yaparken maya yerine tuz kullanmak büyük bir değişiklik yaratırken, yemeğin sosunda kekik yerine keklik otu kullandığımızda değişikliği fark etmeyebilirsiniz bile.

YAŞAMIN REÇETESİNİ YENİDEN YAZMAK

Darwin'in güvercinleri ve midyelerinde gözlemlediği ancak açıklamakta zorluk çektiği varyasyonlar, DNA dizilimindeki değişikliklerle mümkün olur. Hücreler kendi DNA'larını kusursuza yakın bir şekilde kopyalarlar ama ara sıra, oluşan bir hatanın hücreyi deformasyona uğratma olasılığı vardır. Düzeltici proteinler bu tür hataların çoğunu bulur ve düzeltirler fakat birkaç hata gözden kaçabilir. Nadir görülen bu değişikliklerin (mutasyon olarak bilinirler) bazıları, DNA kodunda sadece

bir harfi değiştirirken, bazılarıysa çok daha güçlü olabilir. DNA'nın parçaları kendilerini zincirden ayırıp yeni bir pozisyona bağlanarak gende değişikliklere yol açabilirler. Bazen hücre bölünmesi sırasında DNA kopyalanırken, bir hatta bir dizi gen fazladan kopyalanabilir.

1920'lerin başında bilim insanları mutasyonların evrim için büyük dallanmalar yarattığını fark ettiler. Britanyalı matematikçi Ronald Fisher ve Amerikalı biyolog Sewall Wright'ın başı çektiği araştırmacılar, doğal seçilim ve genetiği birleştirerek Darwin'in kuramı için çok daha kuvvetli bir zemin hazırladılar.

DNA mutasyona uğradığında hücre bozulabilir veya ölebilir, hatta çılgınca çoğalıp bir tümöre bile dönüşebilir. Her durumda, mutasyonu taşıyan hücre öldüğü vakit, mutasyon ortadan kalkar. Ancak, mutasyon bir yumurta veya sperm hücresindeki DNA'yı değişikliğe uğratırsa ölümsüz olma şansını yakalar. Bu değişiklik genler aracılığıyla nesilden nesile aktarılabilir. Bir mutasyon baskın, çekinik veya etkisiz olabilir, etkisi ancak nesiller geçtikçe anlaşılabilir. Pek çok mutasyonun etkisi zararlıdır; mutasyonlar çoğu zaman sahiplerini doğmadan öldürürler veya üreme yeteneklerini etkilerler. Eğer bir mutasyon üreme başarısını olumsuz yönde etkiliyorsa, zaman içinde ortadan kalkar.

Bazı zamanlarda mutasyonlar zarar yerine fayda da getirirler. Proteinlerin yapısını, gıdaları daha etkin biçimde sindirecek veya zehirlerin yıkımını kolaylaştıracak şekilde değiştirebilirler. Eğer bir mutasyon bir organizmanın daha çok çocuk sahibi olmasına izin veriyorsa, bu özelliğe sahip organizma zaman içinde o topluluk içinde sayıca hâkim duruma gelir (Biyologlar bu mutantın diğerlerinden daha uyumlu olduğunu söyleyebilirler). Mutantların nesilleri çoğaldıkça, taşıdıkları mutasyon da daha yaygın hale gelir ve bir süre sonra mutasyona uğramış genin eski hali tamamen ortadan kaybolur. Fisher ve Wright'in gösterdiği gibi, doğal seçilim büyük oranda farklı gen formlarının değişen kaderlerine bağlıdır.

Fisher, özellikle doğal seçilimin devasa mutasyonlar yerine küçük mutasyonların birikimiyle oluştuğunu gösterdiğinde önemli bir atılım yarattı. Fisher bunu kanıtlamak için anlaşılması güç matematiksel yöntemler kullandı. Ancak kuramsal bir örnek bu konuyu açıklayabilir. Bir yusufçuğun kanatlarını düşünün. Eğer bir yusufçuk kısa kanatlara sahipse, kendini yerden yükseltmesi için gereken gücü oluşturamaz. Fakat kanatları fazla uzunsa bu sefer de kanatların ağırlığı bu işe mani olur. Yusufçuk için en elverişli kanat mesafesi ne çok kısa, ne de çok uzun olanıdır. Eğer kanat uzunluğu ile uygunluğun ilişkisini bir grafiğe aktarırsanız, ilişkiyi gösteren çizginin uygunluk eksenindeki tepe noktası,

en elverişli kanat uzunluğunun olduğu yer olacaktır. Eğer yusufçukların kanatlarını gerçekten ölçer ve grafikte işaretlerseniz, noktalarınızın grafikteki tepe noktasına yakın bir yerde kümelendiğini görürsünüz.

Şimdi, yusufçukların kanatlarının uzunluğunu değiştiren bir mutasyonun ortaya çıktığını hayal edin. Eğer böceğin uygunluğu azalırsa, daha uygun kanat yapısına sahip böceklerin yavruları üstün konuma gelirler. Fakat oluşan mutasyon yusufçuğu uygunluk açısından grafikte tepeye doğru yükseltirse, doğal seçilim bu mutasyonu destekler. Başka bir deyişle, doğal seçilim yaşamı tepedeki uygunluk noktasına doğru iter.

Böyle bir manzarada mutasyona dayanan dev bir sıçrama belki hızla evrimleşmek için en iyi strateji olarak görülebilir. Doğal seçilimin sessiz ve derinden ilerlemesindense böyle bir mutasyon yusufçukları tepedeki uygunluk noktasına fırlatabilir. Ama mutasyonlar amaç duygusundan yoksun kaldıraçlardır. Rastlantısal olarak oluşurlar, evrimsel bakışta yusufçukları rastlantısal yönlere savururlar. Uygunluk eksenin tepe noktasına çıkartmak yerine, onları çok uzaktaki bir noktaya götürebilirler, çok uzun veya çok kısa kanatlara sahip olmalarını sağlayabilirler. Diğer taraftan, küçük etkiler yaratan mutasyonlar yusufçukları tepe noktasına doğru çok daha güvenilir bir biçimde itekler. Küçük bir avantaj sağlayan mutasyonun fazladan birkaç yavruya geçmesi, birkaç düzine nesil sonrasında mutasyonun tüm topluluğa yayılmasını sağlar.

Elbette bu tepe gezintisi sadece basit bir benzetmeden ibarettir. Bilinmesi gereken şey, evrimin faaliyet alanının sabit olmadığıdır. Ortam değiştikçe, (örneğin ısının artması veya düşmesi, rekabetçi türlerin istilası veya ortadan kaybolması, diğer genlerin evrime uğraması, vb) uygunluğun tepe noktaları dip noktalara, dip noktalarsa tepe noktalarına dönüşebilir. Evrimin faaliyet alanı dümdüz bir ovadan çok, yavaşça dalgalanan bir okyanusun yüzeyi gibidir.

Evrim her zaman genlerin olası en iyi kombinasyonunu oluşturmaz. Bazen genler doğal seçilimden herhangi bir yardım almadan yayılırlar. Kalıtım, rulet çarkındaki top gibidir. Eğer topu yeterince çok atarsanız, atışların yarısının kırmızıda yarısının da siyahta durduğunu görürsünüz. Ancak birkaç el oynarsanız topunuz her seferinde kırmızıda durabilir. Aynı durum genler için de geçerlidir. İki yuvarlak melez bezelyeden, dört yeni bezelye elde ettiğimizi var sayalım. Her yeni bitkinin iki adet yuvarlaklık genine sahip olma olasılığı yüzde 25, iki adet buruşukluk genine sahip olma olasılığı yüzde 25 ve melez olma olasılıkları yüzde 50'dir. Fakat bu demek değildir ki oluşan bu yeni bitkilerin biri safkan yuvarlak, diğeri safkan buruşuk ve ikisi melez olacaktır. Hepsi

birden yuvarlak veya hepsi birden buruşuk da olabilirler. Her bezelye bitkisi, kalıtım bağlamında bir zar atışı gibidir.

Bu istatistiksel şanslar büyük topluluklarda gerçekleşmez ama küçük topluluklar Mendel'in olasılıklarına kafa tutabilirler. Eğer bir düzine kurbağa bir dağ başında yaşıyorlarsa ancak kendi aralarında üreyebilirler. Ortaya çıkan mutant bir gen, rulet çarkında yalnızca tek bir boşluk olduğu için doğal seçilimin yardımı olmaksızın yayılabilir. Mutant gen tüm topluluğa yayıldığında artık yerine geçtiği gen sonsuza dek ortadan kaybolmuş demektir.

MODERN SENTEZ

Genetiğin evrimi ivmelendirebileceğini gösteren Fisher, Wright ve diğer bilim insanları saha biyoloğu değillerdi. Çoğu laboratuvarlarından çıkmayan, matematiğe eli yatkın kuramcılardı. 1930'lardan itibaren diğer araştırmacılar fikirlerini gerçek dünyaya uygulamaya başladılar ve yaşayan türler arasındaki çeşitliliğin takip ettiği düzen ve fosil kayıtlarındaki kanıtlar üzerine eğildiler. Fisher ve Wright genetiği ve evrim kuramını birbirine nasıl bağladıysa, bu yeni nesil bilim insanları da ekoloji, zooloji ve paleontolojiden yeni öğeleri büyük resme eklediler. 1940'larla birlikte, içsel güçlerin yönlendirdiği bir çeşit Lamarckçı dönüşüm veya tek bir nesilde yeni türlerin oluşmasını sağlayan dev mutasyonlar gibi, evrim hakkındaki Darwin dışı açıklamalar tamamen gözden düştü.

Modern senteze yönelik ciddi adımlardan biri, Sovyet bilim insanı Theodosius Dobzhansky'in *Genetik ve Türlerin Kökeni* kitabının 1937'de basılmasıyla atıldı. Dobzhansky, bu tarihten 9 yıl önce ABD'deki Columbia Üniversitesine gelmiş, Thomas Hunt Morgan'ın laboratuvarında meyve sineği *Drosophila melanogaster*'in mutasyonlarının gerçek doğasını keşfetmek üzere çalışmalarına başlamıştı. Dobzhansky laboratuvarın garip adamıydı; Sinek Odasının diğer bireyleri yalnızca süt şişelerinde yaşayan meyve sinekleriyle yaptıkları çalışmaları karmakarışık laboratuvarlarında sürdürürken, Dobzhansky ise Kiev'de geçen çocukluk günlerinden beri araştırmalarını doğada yürütmekten hoşlanıyordu. Ergenlik çağlarındayken bile hayattaki amacı, dünya üzerindeki tüm gelincik böceği (uğur böceği) türlerini toplayabilmekti. "Bir uğur böceği görmek bende hâlâ sevgi hormonlarının salgılanmasına neden olur," Dobzhansky yıllar sonra böyle diyecekti. "İlk aşk kolayca unutulmaz."

Farklı uğur böceği topluluklarındaki doğal varyasyonları titizlikle inceleyen Dobzhansky, Morgan'ın mutasyonlar üzerindeki çalış-

malarını okuyunca, uğur böceklerinin gizeminin de benzer bir yolla çözülebileceğini umut etti. Fakat uğur böceklerinin genetik yapısı Dobzhansky'nin çalışabilmesi için fazlasıyla karmaşıktı. Böylece çalışmalarını Morgan'ın da hakkında derin araştırmalar yaptığı *Drosophila melanogaster* sineği üzerine yönlendirdi.

Dobzhansky, kısa zamanda genetik biliminin parlak mensuplarından biri olarak ünlendi ve 27 yaşındayken Sinek Odasında kullanılan en yeni yöntemleri öğrenmesi için New York'a davet edildi. Dobzhansky ve karısı Columbia'ya vardıklarında, Morgan'ın laboratuvarının iç karartıcı ve hamam böcekleri tarafından istila edilmiş bir mekân olduğunu gördüler. Ancak 1932'de işler iyiye gitmeye başladı: Morgan bavullarını topladı ve California Teknoloji Enstitüsüne gitti. Dobzhansky de onu takip etti ve portakal ağaçlarının arasındaki yeni yaşamına mutlulukla uyum sağladı.

Nihayet California'da, Dobzhansky gençken sorduğu soruların cevaplarını bulmaya başladı: Bir tür içindeki bireyler arasında farklılıkları kalıtımın hangi kısmı belirler? O sırada çoğu biyolog, bir tür içindeki hayvanların birbirine eş genler taşıdığına inanıyordu. Meyve sineklerindeki doğal mutasyonu gözlemlemek bile Morgan'ın yıllarını almıştı. Fakat bunlar laboratuvarda üretilmiş varsayımlardı.

Dobzhansky, Kanada'dan Meksika'ya *Drosophila pseudoobscura* türünün bireylerini yakalamak için seyahat ederek, vahşi meyve sineklerinin genleri üzerinde çalışmaya başladı. Bugünün biyologları bir türün genetik kodundaki tüm harfleri birbiri ardına sıralayabilir fakat Dobzhansky'nin zamanında teknoloji çok daha geriydi. Kromozomlar arasındaki farklılıkları, yalnızca mikroskopla bakarken gördüğü değişik biçimler yoluyla anlayabiliyordu. Bu kadar basit bir yönteme rağmen, farklı *D. Pseudoobscura* topluluklarının aynı gen yapısına sahip olmadıklarını buldu. Çalıştığı her meyve sineği topluluğunun kromozomlarında, onları diğer topluluklardan farklı kılan özel işaretler vardı.

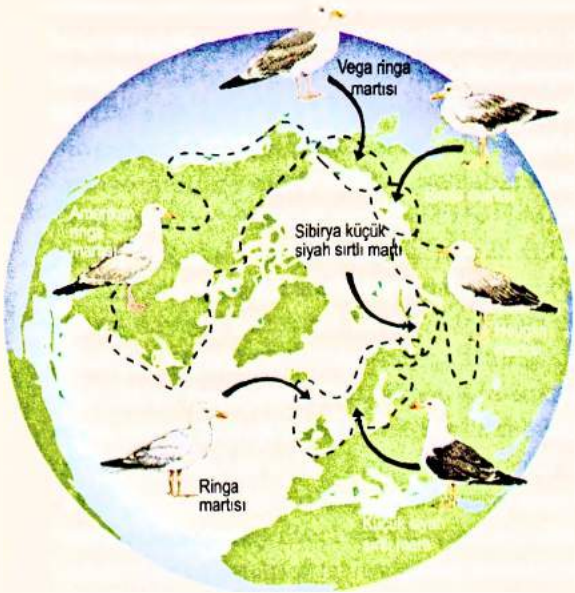
Onlarca yıl sonra genetikçiler DNA'ları karşılaştırmak için çok daha hassas yollar bulduklarında, Dobzhansky'nin meyve sineklerinde keşfettiği çeşitliliğin bir istisna değil, bir kural olduğunu anladılar. Örneğin biyologlar insanlar arasında ırkların dramatik farklılık gösteren gen grupları taşıdığını düşünürlerdi. Bazıları daha da ileri gidip bunların ayrı türler olduğunu iddia ederdi. Ancak insan genetiği üzerine yapılan araştırmalar bu eski düşüncelerin tamamen yanlış olduğunu gösterdi. Bu konuda Stanford Üniversitesinden Marcus Feldman şöyle diyor: "Irklarla ilgili geçmişte sahip olduğumuz biyolojik kavramlar bizim bugün genetik açıdan bulduğumuz gerçeklerle örtüşmüyor."

İnsan genomundaki yaklaşık 25 bin genden 6 binin farklı versiyonları bulunur (bunlar alel olarak bilinir). Türleri ırklara ayırmak için geleneksel olarak kullandığımız farklılıklar (cilt rengi, saç ve yüz şekli) yalnızca birkaç gen tarafından kontrol edilir. Farklı genlerin büyük çoğunluğu ırksal sınırları dikkate almaz. Herhangi iki insan topluluğunda, iki farklı insan ırkı arasındakinden daha fazla farklılık vardır. Dünya üzerindeki tüm insanlar ortadan kalkmış ve geriye yalnızca Yeni Gine'deki bir vadide yaşayan bir kabile kalmış olsaydı, bu kabilede yaşayanlar hâlâ tüm türümüzdeki genetik varyasyonların yüzde 85'ini barındırıyor olurlardı.

Dobzhansky'nin tek bir tür içindeki genetik çeşitlilikle ilgili keşifleri çok derin bir soruyu ortaya çıkardı: Eğer bir türü belirleyen belirli bir grup gen yoksa türleri birbirinden farklı kılan şey neydi? Dobzhansky cevabı doğru tahmin etmişti: Cinsiyet. Bir tür, basitçe kendi aralarında üreyen bir hayvan veya bitki grubu olarak tanımlanabilir. Farklı türlere ait iki hayvan çiftleşemez, eğer bunu yaparlarsa da çok ender olarak yaşayabilen melezler üretebilirler. Biyologlar, artık melezlerin yumurtadan çıkmadan öldüklerini veya kısır erişkinler olarak büyüdüklerini biliyorlar. Dobzhansky meyve sinekleriyle, bu uyumsuzluğun bir tür tarafından taşınan o türe özgü genlerin diğer türün genleriyle çatışması sonucu ortaya çıktığını gösteren deneyler yaptı.

Genetik ve Türlerin Kökeni kitabında Dobzhansky bir taslak halinde, türlerin gerçekte nasıl var olduklarını açıkladı. Doğal yollarla meydana gelen mutasyonlar her daim ortaya çıkmayı sürdürüyorlardı. Bazı mutasyonlar belirli koşullarda zararlıdır fakat sürpriz sayılabilecek kadar miktarı da olumlu veya olumsuz etki yaratmaz. Bu nötr değişiklikler, farklı topluluklarda hiç kimsenin daha önce hayal edemeyeceği büyüklükte değişiklikler yaratarak ortaya çıkar. Evrim açısından konuşursak, tüm bu değişikliklerin olumlu olduğunu söyleyebiliriz çünkü ortam koşullarının değiştiği durumlarda, bir mutasyonun daha önce nötr olan etkileri faydalı hale gelebilir ve bu mutasyon doğal seçilim tarafından desteklenebilir.

Farklılık aynı zamanda yeni türlerin meydana gelmesinde de hammadde işlevi görür. Eğer bir sinek topluluğu yalnızca kendi içinde çiftleşerek çoğalırsa, genetik profilleri kendi türlerinden belirgin farklılıklar gösterir. Bu izole toplulukta yeni mutasyonlar meydana gelir ve doğal seçilim bu mutasyonun tüm sineklere yayılmasına yardımcı olabilir. Ancak bu sinekler yalnızca kendi toplulukları içinde çiftleşip üredikleri için, oluşan mutasyon türün diğer bireylerine yayılamaz. Böylece izole sinek topluluğu genetik açıdan gittikçe farklılaşır. Oluşan



Martıların menzili Kuzey Kutbu çevresinde bir daire oluşturmaktadır. Bu daire içinde komşu kuşlar her ne kadar çok farklı görünseler de birbirleri ile çiftleşebilirler. Ancak bu dairenin her iki ucundaki kuşlar, Ringa Martısı ve Küçük Siyah Sırtlı Martı birbirlerinden oldukça farklıdırlar ve yan yana yaşamalarına rağmen çiftleşemezler. Bu daireye ait türler, yeni türlerin nasıl evrildiğinin en iyi kanıtıdırlar.

yeni genler, kendi topluluklarının dışındaki sinek genleriyle uyuşmazlık gösterir hale gelir.

Dobzhansky, bu izolasyon halinin yeterince uzun sürmesi durumunda, sineklerin türdeşleriyle çiftleşip üreme yeteneklerinin tamamen kaybolacağını öne sürer. Basitçe, diğer sineklerle çiftleşme yeteneklerini veya arzularını kaybederler. Çiftleşip yavru sahibi olsalar bile bu yavrular büyük olasılıkla kısır olurlar. İzolasyondan çıkıp diğer böceklerle yaşamaya başlasalar bile artık yalnızca kendi topluluk bireyleriyle çiftleşebilirler. Artık yeni bir tür doğmuştur.

Dobzhansky'nin 1937'deki kitabı genetik alanının çok uzağındaki biyologları bile kendine hayran bırakmıştı. Yeni Gine dağlarında çalışan bir ornitolog olan Ernst Mayr, *Genetik ve Türlerin Kökeni* kitabını muazzam bir esin kaynağı olarak değerlendirdi. Mayr, yeni kuş türlerinin bulunmasında ve onların yaşam alanlarının haritalanması konusunda uzmanlaşmıştı. Mayr'ın çalışmalarının güçlükle ilerleyebilmesinin sebebi yalnızca sıtma hastalığı ve kelle avcıları değildi. Diğer ornitologlar gibi Mayr da bir kuş grubunun ne zaman bir tür olarak tasnif edilebileceğini belirlemekte zorlanıyordu. Cennet kuşları türü tüylerinin renklerinden tanınabiliyordu fakat bu kuşların diğer özelliklerinde bölgeden bölgeye büyük farklılıklar gözleniyordu; bir dağda kuşların abartılı uzunlukta kuyrukları varken, bir diğer dağda kuyrukları kare şeklinde ve kısaydı.

Biyologlar tipik olarak bu karmaşayı, alt türler belirleyerek ortadan kaldırmaya çalışmışlardır. Türlerin, kendilerine ait bir etiketlemeyi hak edecek denli farklılık içeren bölgesel topluluklarına alt tür demişlerdir. Mayr, alt tür etiketlemesinin sorunu çözemediğini gördü. Bazı durumlarda alt türler birbirlerinden yeterince farklı değillerdi, sadece gökkuşağındaki renkler gibi derecelendirilmişlerdi. Kimi durumlarda ise alt tür olarak değerlendirilen toplulukların, gerçekte kendilerine has birer tür olma ihtimalleri daha yüksekti.

Mayr, *Genetik ve Türlerin Kökeni*'ni okuduğunda türler ve alt türler bilmecesinin artık bir sorun olmaktan çıktığını fark etti: Dobzhansky'nin hakkında yazdığı tür ve alt türler, evrim sürecinin yaşayan tanıklarıydılar. Varyasyonlar türlerin farklı alanlarında, topluluklar arasında farklılıklar yaratacak şekilde ortaya çıkar. Kuşların yaşam alanlarının bir bölgesinde kuşların uzun kuyrukları olabilir, bazılarının da kesik kare şeklinde kuyrukları olabilir. Fakat kuşlar komşu topluluklarla çiftleştikleri için kendi türlerinden izole edilmiş bir hale gelmezler.

Genlerin bu şekilde akışıyla ilgili en açık örnek, "halka türler" olarak bilinen olgudur. Kuzey Denizinde ringa martısı olarak bilinen bir kuş türü vardır. Bu kuşların gri mantoları ve pembe bacakları vardır. Eğer yaşam bölgelerinde batıya, Kanada'ya doğru gidecek olursanız daha çok ringa martısıyla karşılaşırsınız. Bunlar, renklerindeki birkaç küçük farklılık dışında Kuzey Denizinde gördüklerinize çok benzerler. Kanada'ya ulaştığınızda farklılıklar daha belirgin hale gelir. Sibirya'ya gelindiğinde martıların mantosu artık koyu gridir, bacakları ise pembeden çok sarıya çalan bir renktedir. Tüm bu farklılıklara rağmen hâlâ ringa martısı olarak sınıflandırılırlar (genel isimleri vega martısı olmasına karşın). Asya ve Avrupa'ya gittikçe martılar daha koyu ve daha sarı bacaklı hale gelirler. Batıya gitmeye devam edip, yolculuğunuzun başladığı Kuzey Denizine ulaşana dek, koyu renkli ve sarı bacaklı martıları görmeye devam edersiniz. Artık bu martılar, gri mantolu ve pembe bacaklı martılarla birlikte yaşayan siyah sırtlı martılardır.

Bu iki kuş grubu çok farklı göründüklerinden dolayı ve çiftleşmedikleri için iki ayrı tür olarak ele alınırlar. Ancak siyah sırtlı martılar ve ringa martıları, bir halkanın iki ucunda yaşarlar; halkanın içindeki kuş toplulukları kendilerine yakın olan komşularıyla rahatlıkla çiftleşebilir. Bir halka tür, tam olarak mutasyonların nasıl oluşup yayıldığının örneğini oluşturur.

Bir kuş topluluğu komşularıyla ilişkisi kesildiği zaman evrime uğrayıp yeni bir tür oluşturabilir. Mayr, böyle grupları izole etmenin en kolay yolunun coğrafi yöntemlerle izolasyon olduğunu öne sürer. Bir

buzulun bir vadiden geçmesi, aynı dağın farklı kısımlarında yaşayan kuşları ikiye ayırır. Okyanusun yükselmesi bir yarımadayı bir adalar dizisine döndürüp buralarda yaşayan kuşları birbirlerinden ayırabilir. Bu türden bir izolasyonun sonsuza dek sürmesi gerekmez; bir topluluğu, türünün kalanıyla genetik açıdan uyuşmaz hale getirecek kadar uzun süre mevcudiyetini koruyacak bir engel oluşması izolasyon için yeterlidir. Buzul eridiğinde veya okyanus geri çekilip adaları tekrar bir yarımadaya dönüştürdüğünde, kuşlar artık kendi türleri içinde çiftleşip üreyemez hale gelmişlerdir. Yan yana yaşamaya devam etseler de, bundan böyle farklı evrimsel yazgılara sahip olacaklardır.

Mayr ve Dobzhansky gibi biyologlar yaşayan hayvanlarla çalışarak modern sentezin parçalarının bir araya getirilmesine yardımcı oldular. Ancak eğer haklıydıysalar, aynı süreç milyarlarca yıldır devam ediyor olmalıydı ve fosil kayıtlarının ortaya koyduğu bulgular bu tezi desteklemeliydi. 1930'larda bile pek çok paleontolog doğal seçilimin, inceledikleri fosillere etki yaptığı konusunda yeterince ikna olmuş değildi. Hayvanların evriminde yerleşik, önceden belirlenmiş uzun soluklu bir yönelimin takip edildiğini düşünüyorlardı. Atlar, köpek boyutundaki yaratıklardan bugünkü büyük hallerine evrimleşmiş, aynı zamanda ayak parmakları da birer toynak haline gelene kadar büzüşmüş ve toparlanmıştı. Fillerin ataları bugünkü domuzların boyutlarındaydılar ve torunları bugünkü devasa boyutlarına onlarca milyon yılda, evrime uğrayarak ulaşmışlar; dişleri de kararlı bir şekilde genişlemiş ve çok daha karmaşık bir yapıya kavuşmuştu. Anlayacağımız dönemin paleontologlarına göre, doğal seçilimin açık uçlu, düzensiz bir yapısı olduğuna ilişkin hiçbir kanıt yoktu.

1934'te Amerikan Doğa Tarihi Müzesi Başkanı Henry Fairfield Osborn, bu eğilimlerin evrimin doğal seçilim tarafından yönlendirilmediğine yeterli kanıt teşkil ettiğini açıkladı. Osborn'a göre her memeli soyu kendi içinde, bir at ya da fil haline gelebilecek bir potansiyelle yaşamına başlıyordu. Doğanın elementlerine ve diğer hayvanlara karşı verilen mücadele, bu potansiyelin keşfedilmesini sağlayabilirdi. Osborn şöyle diyordu: "Lamarck'ın prensiplerini yalanlarsak şimdi evrim için üçüncü bir faktör olduğunu varsaymak durumundayız, üstelik bu faktörün ne olduğu konusunda hiçbir fikrimiz yok."

Osborn'un öğrencilerinden paleontolog George Gaylord Simpson, Lamarckçılığın böylesi bir yolla yeniden gündeme getirilebileceğini hiçbir zaman düşünmemişti. Simpson, Dobzhansky'nin genetik ve doğal seçilimi ilişkilendirmedeki becerisine hayran kalmıştı. Simpson, *Genetik ve Türlerin Kökeni* kitabını okuduktan sonra aynı yoldan fosil

kayıtlarıyla da böyle bir sonuç çıkarılıp çıkarılamayacağını görmeye karar verdi.

Simpson fosil kayıtlarındaki eğilimlere, Osborn'un iddialarındaki yönlendirilmiş evrimin kanıtlarını görebilmek için yakından baktı. Dikkatli incelemelerinde gördü ki, doğrusal yönelimler çalı gibi ağaçlara benzeyen nesillerle kırılıyor, canlıların soyları pek çok farklı yöne doğru ilerliyordu. Örneğin atlar evrimleri süresince geçtiğimiz 50 milyon yıl boyunca pek çok farklı boyuta ve toynak anatomisine sahip olmuşlardı; hâlihazırda yaşayan atlarla kökensel bir akrabalıkları olmayan bu farklı dalların pek çoğunun nesilleri tükenmişti.

Eğer bilim insanlarının laboratuvarlarında çalıştıkları doğal seçilim gerçekten fosil kayıtlarının dönüşümünden sorumluysa, bu mekanizmanın paleontologların tespit edebileceği bir hızda çalışması gerekiyordu. Sinek Odası araştırmacıları meyve sineklerinde mutasyonların ne kadar sürede ortaya çıktığının ve bunların doğal seçilimin yardımıyla ne kadar sürede yayıldıklarının dikkatli ölçümlerini yapmışlardı. Simpson fosillerdeki evrimsel değişikliklerin oluşma oranını hesaplayabilmek için kendi yöntemlerini keşfetti. Bir önceki yüzyılda paleontologların topladıkları muazzam kemik koleksiyonlarını inceledi, boyutlarını ölçtü ve bulguların grafik halinde zaman içinde nasıl değiştiklerini kaydetti. Simpson soyların hızlı veya yavaş evrilebildiklerini ve tek bir soyda bile olsa, evrimin zaman içinde hızlanabildiğini veya yavaşlayabildiğini keşfetti. Ayrıca fosillerde bulduğu en hızlı değişim oranlarının bile meyve sineklerinde kaydedilen evrim hızları tarafından geride bırakıldığını buldu. Simpson'ın modern sentez için Lamarckçı gizemli süreçlere değil, yalnızca elindeki kemikleri anlamaya ihtiyacı vardı.

1940'larla birlikte modern sentezin mimarları genetiğin, zoolojinin ve paleontolojinin neredeyse aynı sonuca ulaştığını ortaya koydular. Mutasyonlar evrimsel değişikliklerin kaynağıydı; Mendelci kalıtım, genlerin akışı, doğal seçilim ve coğrafi izolasyonla birleşen doğal seçilim, yeni türler ve yeni yaşam formları oluştur ve milyonlarca yıl içinde fosillerde görülen dönüşümü yaratır. Modern sentezin başarısı geçtiğimiz 50 yıl içinde onu evrimsel araştırmaların itici gücü haline getirmiştir.

KUŞ GAGALARI VE LEPİSTESLERİN YAŞAM SÜRELERİ

Darwin, birinin doğal seçilime şahit olabileceğini hiçbir zaman aklından geçirmemişti. Görüp görebileceğinin güvercinlerindeki varyasyonlar olduğunu düşünüyordu. Vahşi doğada ise evrimin çok yavaş olduğunu ve bu sürecin kısa ömürlü zihinlerimizce algılanabilmek için çok



Trinidad'da yaşayan lepistesler yaşam alanlarına göre farklı boyutlarda evrilmişlerdir. Akıntılarda yırtıcılardan uzak yaşayanlar (sağ taraftakiler), yırtıcılarla dolu akıntılarda yaşayanlardan (sol taraftakiler) daha büyüktür.

aheste olduğunu varsayıyordu. Nasıl ki yağmur sularının bir dağı aşındırıp yok etmesini göremiyorsak, bu süreci de gözlerimizle göremezdik. Fakat günümüzde, çalışmalarını modern sentez üzerine bina eden biyologlar, evrimsel değişimlerin kimi anlarına tanıklık edebiliyorlar.

Riverside'daki California Üniversitesi biyologlarından David Reznick, Trinidad ormanlarında derelerde ve havuzlarda yüzen lepisteslere bakma fırsatı buldu. Düşük yüksekliklerde lepistesler yırtıcı balıkların saldırısıyla karşı karşıya kalırken, daha yüksek rakımlı yerlerdeki sularda barış içinde yaşıyorlardı çünkü bu yırtıcıların çok azı akıntıya karşı yüzüp şelaleleri ve sarp kayaları geçebiliyordu. 1980'lerin sonunda Reznick lepistesleri doğal bir deney olarak kullanmaya başladı.

Tüm hayvanlar gibi lepisteslerin de yaşamları için bir zaman çizelgesi vardır: Cinsel olgunluğa ulaşmak için ne kadar zaman geçeceği, bu zaman içinde ne kadar büyüyecekleri, erişkin olarak ne kadar yaşayacakları bellidir. Kuramsal biyologlar hayvanlarının yaşam kronolojilerinin, hayvanları daha üretken hale getirecek mutasyonlarla değişebileceğini tahmin ediyorlardı. Reznick onların bu tahminlerini sınamaya girişti.

Yırtıcıların bolca bulunduğu göletlerde daha kısa yaşamlar süren lepistesler, yavaş büyüyenlere karşı daha başarılı olmalıydılar. Ölüm tehdidi söz konusuyken, bir lepistes mümkün olan en hızlı biçimde büyür ve pek çok yavru sahibi olabilmek için çiftleşmeye başlar. Elbette bu stratejinin faturası da ağır olur. Çok hızlı büyüyen bir lepistes yaşam ömrünü de kısaltmış olur. Hızla yeni yavrular doğurmak da, dişi lepistesin yavrularına vermesi gereken enerji miktarının azalmasına yol açar. Bu da yavruları daha gençken ölüm riskiyle karşı karşıya bırakır. Ancak Reznick, erken ölüm tehdidinin bu riskleri dengelediğini belirtir.

Bu değiş tokuşun gerçek olup olmadığını anlamak için Reznick alt taraflardaki havuzlardan bazı lepistesleri göreceli olarak daha az yırtıcının bulunduğu havuzlara yerleştirdi. Bu koşullarda 11 yıl yetiştirilen lepistesler ortalamada eski aceleciliklerini terk ettiler. Erişkinliğe ulaşma süreleri atalarınınkinden yüzde 10 daha uzun süren bu lepistesler, ergin hale geldiklerinde ise atalarından yüzde 10 daha ağır hale geldiler. Ataları gibi küçük yumurtalar yumurtluyorlardı ama bu yumurtalardan çıkan yeni yavrular, atalarınınkilere oranla daha büyüktü.

Lepisteslerin yüzde 10 daha fazla büyümesini seyretmek için 11 yıl harcamak, zaman geçirmek için çok sıkıcı bir yol olarak görülebilir. Yaşamın tarihinde 11 yıl bir ışık parıltısının ufacık bir parçası gibidir. Reznick'in tanıklık ettiği evrim, George Gaylord Simpson'un fosil kayıtlarında belgelediklerinden binlerce kat daha hızlıydı. Simpson evrimin fosiller arasındaki hızını belirlediğinde, sonuçlarını yalnızca meyve sineklerinin laboratuvar koşullarındaki evrim hızlarıyla karşılaştırabiliyordu. Hiç kimse bu sineklerin evriminin doğal olup olmadığını söyleyemezdi. Ancak günümüzde Reznick gibi bilim insanları, doğada bile hayvanların hızla değişebileceğini gösteriyorlar.

Bazen doğanın kendisi, insanların veya başka bir şeyin yardımı olmadan evrimle ilgili deneylere girişir. Böyle durumlarda biyologlar sadece izlerler. Darwin, Galapagos Adalarını terk ettikten sonra bilim insanları her birkaç on yılda bir onun gizemli ispinozlarını çalışmak için bölgeye geri döndüler. 1973'te şimdi Princeton Üniversitesinde çalışmakta olan karı koca biyologlar Peter ve Rosemary Grant, doğal seçilimin kuşlar üzerindeki etkilerini çalışmak üzere adalara geldiler.

Galapagos'ta çoğu yıl belirli bir düzeni izler. Yılın ilk 5 ayı sıcak ve yağışlıdır, bunu serin ve kurak bir dönem izler. Ancak 1977'de yağışlı sezon hiç gelmedi. Pasifik Okyanusundaki La Niña denilen periyodik bir bozukluk Galapagos üzerindeki iklim düzenini değiştirdi ve felaket boyutlarında bir kuraklık yaşandı.

Grantlar'ın çalıştığı Daphne Adasında kuraklık ve kıtlık ölümcüldü. Adada yaşayan ortalama 1200 yer ispinozundan (*Geospiza fortis*) bini öldü. Ancak Grant çifti bu büyük katliamın rastlantısal olmadığını keşfetti. *G. fortis* temel olarak güçlü gagalarıyla kırdıkları tohumlarla besleniyordu. Küçük *G. fortis*'ler yalnızca küçük tohumları kırabilirken, büyük kuşlar daha büyük tohumları kırabilecek güçlü gagalara sahipti. Kuraklığın devam ettiği birkaç aydan sonra küçük ispinozlar küçük tohumları bitirdiler ve ölmeye başladılar. Büyük ispinozlar ise hayatta kalmayı başardılar çünkü küçük kuşların yiyemedikleri tohumları yiye-

biliyorlardı (Özellikle, demirdiken veya boğadikeni denilen ve tohumunu korumak için dikenli bir kabuk üreten bir bitkiyle besleniyorlardı).

1977 kıtlığından kurtulanlar 1978'de çiftleştiler ve Grant'lar evrimin işaretlerini bu kuşların yavrularında görebildiler. *G. fortis*'in yeni bir nesli doğmuştu ve Grant'ların öğrencisi Peter Boag yeni neslin gagalarının bir önceki nesle göre yüzde 4 daha büyük olduğunu keşfetti. Kuraklık sırasında daha iyi beslenebilen büyük gagalı ispinozlar kendi özelliklerini bir sonraki nesle geçirmiş ve tüm topluluğun profilini değiştirmişlerdi.

Kuraklık sonrasındaki yıllarda ispinozlar değişmeye devam etti. Örneğin 1983'te ağır yağışların görüldüğü bir mevsim sonrasında adadaki tohum sayısının artması, ispinozları küçük gagalı olmaya yönlendirdi ve Grant'lar 1985'te ortalama gaga büyüklüğünün yüzde 2 buçuk küçüldüğünü gördüler. İspinozlar çok hızlı değişebiliyorlardı fakat gelişimlerinin öne ve geriye doğru bir sarkaç gibi salındığı görülüyordu. Daphne Adasında 1976-1993 yılları arasında ortalama 4300 yer ispinozunu izledikten sonra Grant'lar onların gaga boyutlarında genel bir değişiklik olmadığını buldular. Eğer bir ispinozun gagası ona hayatının en önemli ilk yılında hayatta kalabilmesi açısından yardımcı olursa, gelecekte büyük olasılıklı pek çok yavrusu olacaktır. Ancak bazı yıllar büyük gagalar, bazı yıllar ise küçük gagalar ispinozlara avantaj sağlar.

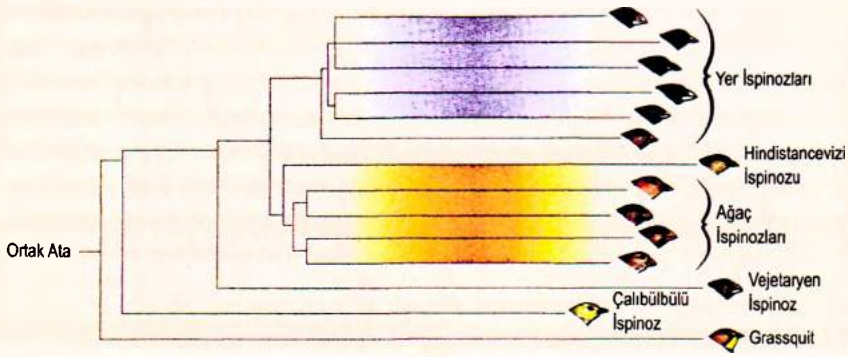
Kısa süreli iklim değişiklikleri doğal seçilimin bir hayvan topluluğunu dairesel biçimde yönlendirmesini sağlayabilir. Ancak farklı koşullar oluştuğu takdirde onları bir yöne daha uzun süre için itebilir. Örneğin bir adanın iklimi, tipik kuraklık ve yağmurlar döngüsüne girmek yerine yüzyıllar boyunca giderek soğuyabilir. Bir grup ispinozun, hâlihazırda belirli bazı yiyeceklerle beslenme konusunda özelleşmiş ispinozların yaşadığı bir adaya yerleşmesi de mümkündür; bu durumda evrim adaya yeni yerleşen ve farklı besinleri tüketebilen kuşların genleri lehine çalışabilir. Adaya yerleşmiş ispinozlarla besin kaynakları için rekabet etmek zorunda kalmayan kuşlar, yok olma riskini ortadan kaldırmış olurlar. Her iki koşulda da yeterli zaman geçtiği takdirde yeni ispinoz çeşitleri ortaya çıkabilir.

TÜRLER NASIL OLUŞUR

Grant'lar, Darwin'in ispinozlarının Galapagos Adalarına geldiklerinden beri ne tür uzun dönemli baskılara maruz kaldıklarını tam olarak bilmeseler de, evrimin çoğu zaman daireler çizmediğini biliyorlardı.

Ortak bir atadan 14 farklı tür oluşmuş, bu türler kendilerine özgü uyum biçimleri geliştirmişlerdi. Bu evrimin kanıtları, kuşların genlerine kazınmıştı.

İspinoz toplulukları doğal seçilim deneyimini yaşadıkça ve birbirlerinden giderek izole hale geldikçe, DNA'ları da farklılaşır. Grant'lar, Darwin'in ispinozlarındaki 14 türün genetik farklılıklarına bakabilmek için Alman genetikçilerden yardım istediler. Kuşların DNA'ları, ornitologların Darwin'in ispinozlarının anakaradaki en yakın akrabaları olabileceğini düşündüğü Ekvator kökenli bir kuş olan grassquitlerin DNA'larıyla da karşılaştırdılar. Sonraki aşamada araştırmacılar dizileri karşılaştırdılar ve bir aile ağacı çizdiler. Genleri birbirine diğerlerinden daha benzer olan iki tür bulduklarında, bunları bir dal haline getirdiler ve tomurcuklar da bunların ortak atasını temsil etti. Tüm kuşlar bir ağaçta belirtilinceye dek, buldukları türleri uzak akrabalarıyla eşleştirdiler.



Bu evrim ağacı Darwin'in ispinozlarının nasıl evrildiğini gösterir. Soldaki gövde onların Güney Amerika'da yaşamış yok olmuş ortak atalarını temsil eder. Zaman içinde Ekvator grassquiti gibi yeni türleri vermiştir. Birkaç milyon yıl önce az sayıdaki torunları Galapagos Adalarına yerleşmiş ve pek çok yeni türü oluşturmuştur. Bilim insanları bu ağacı yaşayan ispinozların DNA'larını analiz ederek oluşturmuştur; bu ağaçtaki her dalın uzunluğu her türün DNA'sının ortak atalardan ne kadar mutasyona uğradığını yansıtır.

1999'da yayımladıkları sonuçlar, tüm ispinozların ortak bir atadan geldiklerini gösteriyordu. Bu 14 türün hepsi grassquitlerden daha çok, birbirleriyle akrabaydılar. Birkaç milyon yıl önce grassquit benzeri bir kuş topluluğu Galapagos Adalarına gelmiş ve dört farklı ispinoz dalına ayrılmıştı. İlk dal çalı bülbülü ispinozlarıydı; bu tür ince uzun gagalarını böcekleri yakalamak için kullanıyordu. İkincisi vejetaryen oldukları

için diğerlerinden ayrılan daldı ve güdük gagalarını çiçeklerin filizlerini, tomurcukları ve meyveleri yemek için kullanıyorlardı. Son olarak iki dal daha evrildi: Ağaç ispinozları ağaçlardaki böcekleri yakalamaya uyum sağladılar (örneğin ağaçkakan ispinoz, ıskarpela şeklindeki gagasıyla kaktüs dikenlerini tutarak ağaçlardaki çatlaklardan böcekleri bulup çıkarıyordu), yer ispinozları da, *G. fortis* gibi, tohumları yemeye uyum sağlamışlardı.

Ornitologlar yer ispinozlarını 6 farklı türde sınıflandırırlar ama ağacı çizen Grant'lara ve onların Alman meslektaşlarına göre bu farklılıklar çok belirsizdi. Genleri Galapagos'taki diğer ispinozlardan belirgin şekilde farklı olmasına karşın birbirlerinden ayrı olduklarını söylemek de imkânsızdı. Her ne kadar yer ispinozları farklı görünüyor ve davranıyorlardıysa da, hâlâ birbirleriyle çiftleşebiliyorlar ve üreyebilen melezler üretebiliyorlardı. Başka bir deyişle, 6 farklı tür henüz oluşum sürecindeydi.

Galapagos'un ispinozları hızla çeşitlenirken, dünya üzerinde meydana gelmiş en büyük tür patlaması Viktorya Gölü ve Doğu Afrika'nın Büyük Göllerinde yaşanıyordu. Viktorya Gölü, Doğu Afrika'nın 70 bin kilometrekarelik bir bölümüne yayılır; tabanı bir bilardo masası gibi düzdür. Ciklet balığı denilen bir grup balığa ev sahipliği yapar. Dünya üzerinde yalnızca Viktorya Gölünde yaşayan bu küçük, parlak renkli balıkların 500 farklı türü bulunur. Her türün kendisini, gölün diğer sakinlerinden farklı kılan bir özelliği vardır. Bazıları dişleriyle kayalardaki algleri kazır. Bazıları deniz kabuklularını ezer, bazılarıysa diğer ciklet

Doğu Afrika'nın büyük göllerindeki ciklet balıkları, diğer türlerle paralel olmayan bir çeşitlilikte patlama yaşadılar. Sadece Viktorya Gölü'nde 500'den fazla tür tek bir ortak atadan 14 bin yıldan kısa bir sürede evrilmiştir.





balıklarının gözlerini oyarlar. Bazı türlerde erkekler dişilerin ilgisini çekmek için suyun altında kaleler yapar ve kur ayinleri gerçekleştirirler. Bazıları da yavrularını ağızlarında taşırlar.

Bir grup jeolog 1995'te yüz binlerce yıl geriye dönüp tabandaki çamurda saklı geçmişe bakmak için Viktorya Gölüne geldi. Göle akan nehirler, yıllar içinde gölün tabanında birikecek olan polenleri, toz ve kiri beraberlerinde taşırlar. Jeologlar göl yatağını kazmaları halinde yüz binlerce yıllık akışın kayıtlarını tutmuş çamurun çekirdeğine ulaşıp, gölün etrafındaki ağaçlık alanların ve savanların tarihini anlayabilmeyi umuyorlardı. Ancak kazı yalnızca 9 metre sürdü; kazıp bitirdikleri çamur 14 bin 500 yıl önce oluşmuştu ve 9 metrelik tabakanın bitiminde göle ilişkin tüm belirtiler bir anda ortadan kayboluyordu.

Bu kazılar 14 bin 500 yıl önce Viktorya Gölünün en derin yerlerinin çimle kaplı olduğunu gösterdi. Görünüşe göre Buzul Çağındaki kurak iklim gölü besleyen nehirleri kurutmuş, göldeki büyük su kitlesi buharlaşmıştı. Milyonlarca yıl boyunca buzul çağları gelip geçmiş, bu zaman zarfında Viktorya Gölü tekrar tekrar dolmuş ve boşalmıştı. Buzulların son defa erimesinin ardından, göl bugünkü düzeyine birkaç yüzyılda ulaşmıştı.

Kuru bir göl hiçbir balığa ev sahipliği yapamaz. Viktorya ciklet balıklarının ataları, bu büyük kuraklıklarda gölün yakınlarındaki akıntılarda saklanmış ve sular göle geri döndüğünde tek bir tür yeniden göle karışmış olmalıydı. Bugün Viktorya Gölünde yaşayan ciklet balıkları birbirleriyle çok yakın akrabalardır ancak diğer göllerdeki ve nehirlerdeki ciklet balıklarıyla olan akrabalıkları bu denli yakın değildir. Tıpkı kız ve erkek kardeşlerin benzer genlere sahip olmaları gibi, birbirinden farklı ciklet balıkları da benzer genleri taşırlar. Genleri, göl





yeniden dolduktan sonra gelen bir ağızda kuluçkalayan balık türünden gelmiş, insanlar medeniyetlerini kurana kadar geçen sürede 500 farklı cins oluşmuştu. Evrimsel bir anlayışla Viktorya Gölünün sularına baktığınızda biyolojik bir patlama görürsünüz.

Öyle görünüyor ki, bu evrimsel patlama doğru hayvanın, doğru yerde, doğru zamanda bulunmasından kaynaklanıyordu. Ciklet balıkları hızlı özelleşmeler için biçilmiş kaftandılar. Ağızlarının gerisinde, besinleri parçalamakta kullanılan ve ön taraftaki çeneye yeni bir kavrayış kazanmak için evrim geçirme fırsatı tanıyan fazladan bir çene bulunuyordu. Dişler de boş durmamış, sürpriz bir evrimsel esneklik göstererek kanca, çivi ve spatula gibi şekiller almıştı. Sonuç olarak, bedenleri evrimle yeniden şekillenip şaşırtıcı sayıda farklı forma dönüşmüştü.

Ciklet balıkları gelişmiş cinsel yaşamları nedeniyle de evrimsel bir patlamada öncelikli hale gelmiş olabilirler. Erkek ciklet balıkları dişileri cezbedebilmek için uzun mesafeleri kat ederler, karmaşık danslar yaparlar veya kumdan ve çakıldan çardaklar inşa ederler. Eğer bir dişi gördüklerinden memnun olursa yumurtalarını bırakır ve erkekler bunları döller. Dişilerin eş seçimini etkileyen şey genleridir; bir dişi değerlendirmesinde kırmızının belirli bir tonuna karşı hassasiyet gösterirken, bir başkası erkeğin yaptığı çardağın dik açısına veya çiftleşme dansındaki özel hareketlere öncelik veriyor olabilir. Bu tercihler dişiden dişiye öylesine değişkenlik gösterebilir ki, kimi zaman dişiler erkek balıklara tümden kayıtsız bile kalabilirler. Yeterli zaman geçtiği takdirde, bu tür beğeniler bir balık topluluğunu izole edip yeni bir türün doğmasına neden olabilir.

Ciklet balıkları 14 bin yıl önce Viktorya Gölüne geldiklerinde, atalarının nehirlerde karşılaştıkları evrimsel kısıtlamalardan kurtuldular. Nehirler çok hızlı değişen yerlerdir; aniden gelen seller, kuraklıklar ve değişen nehir yatağı sayesinde koşullar sürekli farklılaşır. Bu koşullar altında evrim nehrin bir kısmında yaşamak için özelleşmiş balıkları değil, her türlü beklenmedik koşula uyum sağlayıp hayatta kalabilen balıkları destekler. Viktorya Gölüne yerleşen ciklet balıkları çok daha durağan bir yere gelmişlerdi; kayalık sahilleri veya kumlu tabanlarıyla daha derin suları olan özel bir yaşam alanına kolayca uyum sağlayabilirlerdi. Kolaylıkla ve hızla yaşamak için çeşitli yollardan evrime uğrayabilir ve bu değişim için cezalandırılmayabilirlerdi.

Biyologlar günümüzde, Viktorya Gölünde farklı türlerin nasıl oluştuğunu tam olarak belirleyebilmek için ciklet balıklarının genetik farklılıkları üzerinde çalışıyorlar fakat zamanları daralıyor. 1950 ve 1960'larda yeni bir balık Viktorya Gölüne geldi. Nil tatlı su levreği Doğu

Afrika'nın diğer göllerinde yaşıyordu ve ciklet balıkları gibi su canlılarını yiyerek 2 metre uzunluğa erişebiliyordu. Bu balık Viktorya Gölüne, gölün etrafında yaşayan insanlar için yeni bir besin kaynağı olması için getirilmişti. Nil tatlı su levreği hızla yayıldı ve göldeki balıkçıların tuttuğu balık sayısı on katı arttı. Ancak bu büyüme ciklet balıklarının mahvı pahasına gerçekleşiyordu.

Bu sırada bölgede yapılan tarım ve orman alanlarındaki ağaç kesimi kitlesel toprak erozyonlarına neden oldu ve bu toprak Viktorya Gölüne aktı; daha önce temiz olan sular kirlendi. Muhtemel eşlerinin görünüşlerine alışkın olan ciklet balıkları, birbirlerinin işaretlerini fark edemez oldular ve yakın akraba oldukları diğer türlerle çiftleşmeye başladılar. Daha önceden yüzlerce yeni türün oluşmasını sağlamış olan mekanizma, üremeyi kısıtlayan yeni koşullarla kırılmış oldu.

Erozyonla gelen çamur ve Nil tatlı su levreği, 30 yıl içinde Viktorya Gölündeki ciklet balığı türlerinin yarısını ortadan kaldırdı. İnsanlar bu tür patlamasından haberdar olur olmaz, bu çeşitliliği yok olma noktasına getirdiler.

SOĞUKLARLA DOĞAL SEÇİLİM YARDIMIYLA SAVAŞMAK

Doğal seçilim kavramı bu yüzyılda önemli aşama kat etti. 1900'lerde pek çok bilim insanı bu kavramın kayda değer olduğundan şüpheliydi, hatta gerçekliğinden bile kuşku duyuyordu. 2000'lerle birlikte yaşamı yeniden şekillendiren ve yeni türlerin ortaya çıkmasını sağlayan doğal seçilime tanıklık etmek mümkün oldu. Bu yüzyılda doğal seçilimin yeniden dirilmesi bilim insanlarının onu beklenmedik yerlerde iş üstündeyken keşfetmesini bile sağladı. Darwin'in öne sürdüğü üç temel gereksinimi, yani replikasyon, varyasyon ve rekabetle gelen ödülleri içeren her şey, doğal seçilimin kudretini karşısında bulur.

Örneğin bedenlerimiz hastalıklarla doğal seçilimin immünolojik bir versiyonu yardımıyla savaşır. Bir virüs veya başka bir parazit vücudunuza girdiğinde savunma sisteminiz bir karşı saldırı geliştirmeye çalışır. Ancak işgalcilerle savaşabilmek için savunma sisteminin düşmanı tanıması gerekir. Aksi takdirde savunma sistemi kendi bedeni de dâhil, karşı karşıya geldiği her şeye saldırır. Savunma sistemi evrimin kudretini, yapacağı saldırılara ince ayarlar çekmekte kullanır.

Yabancı maddeler vücuda girdiğinde bir savunma hücresi tipi olan B hücreleriyle karşılaşır. B hücrelerinin, bakteriler tarafından üretilen toksinler ve virüslerin protein kılıflarının parçaları gibi yabancı maddeleri yakalamaya yarayan reseptörleri (alıcı uç) vardır. Bir B hücresi antijen olarak da bilinen bu maddelerden birisini yakaladığında iç kıs-



Beyaz kan hücreleri (burada bakterileri öldürürken gösteriliyorlar) işgalci patojenleri öldürmek için doğal seçilimin güçlerini kullanırlar.

mına bir uyarı gider. Bu uyarı B hücresinin milyonlarca yeni hücreye bölünmesini sağlar.

Bu yeni hücreler büyük bir hızla antikorlar üretmeye başlarlar. Bunlar antijenlere ilk bağlanan reseptörlerin, serbest şekilde dolaşan çeşitleridir. Tüm vücudu dolaşmaya başlayan antikorlar, karşılaştıkları antijenlere kilitlenirler. Antikorlar bir uçlarında yakaladıkları antijeni tutarken diğer uçlarını antijeni yok etmekte kullanırlar. Antikorlar, bir toksini etkisizleştirebilir, bakteri duvarında delikler açabilir veya savunma sisteminin bir paraziti bile yok edebilecek katil hücrelerinin dikkatini çekebilirler.

B hücreleri, parazitler, virüsler, mantarlar ve kancalı kurtlarca oluşturulmuş milyonlarca farklı antijene hassasiyetle uyum sağlayan antikorlar üretebilirler. Kendi hücrelerimizi yakalayıp yok etmelerini önleyen ve savunma sisteminin yalnızca yabancı işgalcilere odaklanmasını sağlayan, B hücrelerinin hassasiyetidir. Aslında DNA'mızda, B hücrelerinin karşılaştığı antijenlere özgü antikorlar üretmesini sağlayan bir yapım kılavuzu yoktur. Milyarlarca antijenin varlığına karşın, insan DNA'sında sadece 25 bin gen vardır. Savunma sistemimiz antikorları

yaratmak için çok daha etkili ve farklı bir yol kullanır: B hücrelerinin evrimi.

Bu evrim B hücreleri daha kemik iliğimizin derinliklerindeyken başlar. B hücreleri bölündükçe, bu hücrelerin antijen reseptörleri üreten genleri hızla mutasyona uğrar, böylece rastlantısal olarak milyarlarca farklı şekildeki reseptör elde edilmiş olur. Yani evrimsel sürecin ilk basamağını uygular ve varyasyonlar oluştururlar.

Genç B hücreleri kemik iliğinden, pek çok antijenin başıboş dolandığı lenf bezlerine yayılırlar. Aslında çoğu B hücresinin, antijenlerin kilitlerini açacak anahtarları yoktur; bir B hücresinin herhangi bir antijeni yakalamak için doğru reseptöre sahip olması, ender rastlanan bir durumdur. B hücresi ile antijen arasındaki uyumun mükemmel olmasına lüzum yoktur; B hücresi herhangi bir yabancı maddeyi yakalamayı başarabilirse, çılgınca çoğalmak üzere uyarılır. B hücresinin şansının yaver gidip gitmediğini, lenf bezine bakarak anlayabilirsiniz çünkü B hücreleri çoğalırken lenf bezi de bir yumru haline gelene dek şişer.

Başarılı B hücrelerinin soyundan gelenlerin bazıları, antijenleri yakalayan reseptörlerle aynı yapıya sahip antikorları hızla ortama salmaya başlarlar. Ancak, diğerleri antikor yapmadan bölünmeye devam ederler. Bu B hücreleri çoğalır ve normal insan hücrelerine göre milyon kez daha hızla mutasyona uğrarlar. Oluşan mutasyonlar sadece antijen reseptörü oluşturan genlerini ve antikorları değiştirebilir. Yaşayabilmek için bu aşırı mutasyona uğrayan B hücrelerinin antijen yakalaması gerekir. Eğer bir hücre bunu yapmakta başarısız olursa ölür. Birbirini izleyen başarılı dönemler ve rekabetten sonra evrim, antijenlere bağlanma hususunda çok daha hassas B hücreleri yaratır. Daha kötü uyum sağlayarak antijenlere bağlanmada başarısızlık gösterenlerse ölür. Günler içinde bu evrimsel süreç, B hücrelerinin antijen yakalama yeteneğini 10 ila 50 kat arasında artırabilir.

Paley'nin bir takım özel hastalıklarla savaşmak üzere geliştirilmiş antikorlardan haberdar olduğunu düşünün. Kendi antijeniyle bu kadar uyumlu biçimde yaratılmış bir hücrenin, bir tasarımcının işi olduğunu söyleyebilirdi. Yine de her hasta oluşumuzda bu görüşün yanlış olduğu tekrar ve tekrar kanıtlanır.

SİLİKONDAKİ EVRİM

Doğal seçilimin gücü yalnızca bedenlerimizde değil, bilgisayarlarda da görülür. Artık hepimizin bildiği gibi, yaşam tek bir dilde, DNA ve RNA'nın lisanında yazılmıştır. Fakat bazı bilim insanları, bilgisayar-

larda sanal yaşam formları üretmekte ve bu yeni yaşam biçiminin biyokimyaya gereksinim duymadığını ileri sürmektedirler. DNA tabanlı yaşam gibi, bu formlar da evrilebilirler. Kimi eleştiriler bu yaratıkların canlı sayılıp sayılamayacağını sorgulasa da, doğal seçilimle birleşen mutasyonların, rastlantısallığı nasıl karmaşıklığa çevirdiğini kanıtlaması bakımından bu formlar dikkate değerdir. Öyle ki, bu sanal yaşam formları doğal seçilimin yeni teknoloji biçimlerine önayak oluşunu bile ortaya koyabilirler.

Sanal yaşamın en karmaşık formalarından birisi California Institute of Technology'de [California Teknoloji Enstitüsü] varlığını sürdürmektedir. Christoph Adami, Charles Ofria ve diğer bilim insanları burada, Avida adını verdikleri bir vahşi yaşam sığınağı yarattılar (A harfi, sanal anlamına gelen "artifical" kelimesinin kısaltması olarak kullanılır, vida ise İspanyolca yaşam anlamındadır). Avida'nın içinde yaşayan organizmalar bir dizi emir içeren programlardan oluşur. Bu organizmalar, yaşamları boyunca bir "komut gösterici" programı takip ederler. Komut gösterici, önceden belirlenmiş komut satırlarında sona gelene dek, organizmalar göstericiyi takip ederler ve komutları uygularlar. Sona ulaşıldığında ise otomatik olarak başa dönülür ve böylece program kendisini tekrar edip durur.

Bir dijital organizmanın programı, aynı organizmanın kendini idame ettiren bir kopyasını üretebilir; programın çoğalarak yayılması, Avida'nın bulunduğu bellek dolana dek sürer. Adami dijital organizmaların programlarına, çoğalırken mutasyona uğrayabilme iznini verdiği için, bu sanal yaşam formları evrilebilirler de. Ender durumlarda dijital organizmaların programlarında bir satır kendiliğinden başka bir komutla yer değiştirebilir. Bazen de organizma kendini kopyalamaya çalıştığı sırada, kazayla bir komutu yanlış okuyup yerine yanlış bir komut koyabilir; ilgili satıra rastlantısal bir komut koyabilir veya eklemesi gereken komutu silebilir. Biyolojik yaratıklarda mutasyonların çoğu zaman zararlı olması gibi, Avida'daki programlarda meydana gelen değişimlerin çoğu da organizmaları yavaşlatır veya öldürür. Ama bazen bir mutasyon dijital organizmanın daha hızlı çoğalmasını da sağlayabilir.

Adami, Avida'yla biyolojik organizmaların evrimini taklit eden deneyler yaptı. İlk deneylerden birinde kendi kendini kopyalayabilen (replikasyon), aynı zamanda bazı yararsız (ama zararsız) komutları da içeren dijital bir organizma yarattı. Bu ilk ata milyonlarca birey yarattı ve mutasyona uğrayanlar yeni dallara ayrıldılar. Birkaç bin nesil sonra bazı soylar daha yaygın ve diğerlerinden daha başarılı hale geldi. Başarılı olan dijital organizmaların ortak özelliği, kısa programlar içerme-

leriydi. Her olguda, mutasyonlar programları hâlâ kendini kopyalama işlevine sahip, olabilecek en basit hale indirgemişti; başarılı yeni nesiller ortalama olarak 11 basamaklıydı.

Evrim bu deneyde dijital organizmaları basit genom yapısına doğru yönlendirmiştir çünkü basit bir çevrede yaşıyorlardı. Daha yakın bir zamanda yapılan deneylerde Adami Avida'yı gerçek dünyaya daha çok benzetti. Bunu da dijital organizmalar için beslenme gereksinimi oluşturarak elde etti. Avida'daki sayılar besin işlevi edindiler: Sonsuz sayıdaki 1 ve 0 dizileri, dijital organizmalar tarafından sindirilip yeni formlara dönüştürüldü. Aynen bakterilerin şekeri yiyip proteine çevirmesi gibi, Avida'daki dijital organizmaların da, Adami'nin sağladığı sayıları uygun komutlar çerçevesinde okuyup başka biçimlere çevirmeye ihtiyaçları vardı.

Doğal yaşamda evrim organizmaları, besinlerini proteinlere çevirmelerini kolaylaştırıp çoğalmalarını sağlayacak şekilde yönlendirir. Adami, Avida için de dijital organizmalara yönelik benzer bir ödül sistemi yarattı. Organizmaların yerine getirmeleri gereken bir görev listesi oluşturdu; bir sayıyı okumak ve onu karşıtına çevirmek, yani 10101'i 01010 haline getirmek gibi görevleri vardı. Eğer bir program bu işlemi yapabilir şekilde evrilirse, ödül olarak programın çalışma hızı artırılacaktı. Daha hızlı çalışan bir program sayesinde, dijital organizmalar daha hızlı kopyalanıp çoğalabilirlerdi. Ödülleri alanlar daha karmaşık işlemleri yapabilecek kadar büyüyorlardı. Bu ödül sistemi Avida'da evrimin yönünü radikal olarak değiştirdi. Virüs benzeri organizmalara indirgenmek yerine, organizmalar daha karmaşık bilgi işlemcilerine dönüştüler.

Avida, her ne kadar insan eliyle tasarlanmış hiçbir programa benzemiyor olsa da, temelde yeni yazılımların evrilmesini sağlıyordu. Avida programlarının alışılmışın dışındaki yapısı, Adami'nin bazı araştırmalarını finanse eden Microsoft'un da dikkatini çekti. DNA'mızın da bir anlamda sıra dışı bir bilgisayar programı olduğunu fakat trilyonlarca hücrede oluşan bir bedeni hata vermeksizin 70 yıl boyunca idare edebildiğini fark ettiler. Görünüşe göre, evrim tarafından şekillendirilen bilgi işlem yöntemleri, insan eliyle yaratılanlara göre çok daha sağlıklıydı. Microsoft, bu süreçte yazılımların kendiliğinden evrilip evrilemeyeceğini öğrenmek istiyordu. Avida'nın içinde evrimleşen programlar oldukça basitlerdi; bu programlarla basit bir elektronik hesap tablosu arasındaki fark, bir bakteriyle mavi balina arasındaki fark kadar engindi. Fakat mavi balinaları yaratan da evrimden başka bir şey değildi; dolayısıyla günün birinde Avida'nın da elektronik hesap tabloları yara-

tabilme ihtimali son derece akla yatkındı. Mesele, yapay yaşamı doğru yöne sevk edecek ortam koşullarını, tepe ve vadileri oluşturabilmekteydi. Doğru ortam sağlandığında elektronik hesap tablosunun tasarımı, uyumluluğun tepe noktasını teşkil edecekti.

Avida, daha emekleme sürecindeki evrimsel bilişim biliminin bir parçasıdır. Bu disiplinin mensupları, doğal seçilimin yalnızca yazılımları değil, donanımları da şekillendirebileceğini keşfetmişlerdir. Bir bilgisayar, bir cihaz binlerce farklı tasarım meydana getirmek üzere yapılandırılabilir ve ardından bu yapılandırma bir simülasyonla sınanabilir. Bu yöntemle, en iyi çalışan yapılandırmalar kaydedilir ve rastlantısal olarak küçük değişikliklerle yeni nesil tasarımlar ortaya çıkartılabilir. Yalnızca bu yöntem kullanılarak bile bilgisayarlarda sıra dışı keşifler yapılabilir.

1995'te mühendis John Koza, evrimsel bilişimi kullanarak belirli bir frekansın altındaki sesleri kesen düşük geçişli bir filtre cihazı tasarladı. Koza, saniyede 2 bin dalgayı limit olarak seçti. 10 nesil sonra bilgisayarı saniyede 500 dalga civarında sesi boğabiliyordu. Ancak bu 500 dalganın tamamen ortadan kaldırılabilmesi için cihaza 10 bin dalga gönderilmesi gerekiyordu. 49 nesil sonra sistem kesin olarak 2 bin dalgayı ortadan kaldırabilen bir devre oluşturdu. Doğal seçilim indüktör ve kapasitörlerden oluşan 7 kademeli bir tasarım yaratmıştı. Aynı tasarım 1917'de George Campbell tarafından da bulunmuştu. Bilgisayar, Koza'dan herhangi bir yönlendirme almadan bir patenti çiğnemişti.

O günden sonra Koza ve diğerleri büyük mucitlere ait termometreler, alçak ve yüksek frekanslı hoparlörler içeren amfiler, robotları kontrol eden devreler ve düzinelerce başka cihazı evrime uğrattılar. Çok geçmeden şunu tahmin etmekte zorlanmadılar: Evrimsel bilişimle, ileride kendilerine ait patentleri olan cihazlar yaratılabilirdi.

Ancak şu anda bu türden bir evrim insanların yarattığı programlara ve mühendislere dayanan bilgisayarların içinde kalmaya mahkûmdur. Fakat on yıllar sonra bağımsız robotlar kendilerini insanların hiçbir zaman hayal edemeyeceği yeni formlara dönüştürerek evrilebilirler. Hod Lipson ve Jordan Pollack'ın (Massachusetts'teki Brandeis Üniversitesinden iki mühendis) Ağustos 2000'de, evrimle yürüyen bir robot tasarlayabilen bir bilgisayarı programladıklarını açıklaması, gelecekte olabileceklere ilişkin bir işaret olarak değerlendirilebilir.

Lipson ve Pollack'ın geliştirdiği bilgisayar, bir çizimden başlayarak 200 farklı robot tasarımının evrimleşmesini sağlamıştı. Lipson ve Pollack, bir simülasyon programı kullanarak robotların düz bir zemin üzerindeki hareket hızlarını ölçtüler ve tasarımları buna göre puanlandır-

dılar. Düşük uyum gösterenleri, daha uyumlu modellerle değiştirdiler ve ellerinde kalan modelleri yeniden mutasyona uğrattılar. Birkaç yüz nesil sonra bilgisayar, kalıplanmış plastikten en başarılı robotları yaptı. Evrime uğramış robotlar tırtıllar, yengeçler ve diğer gerçek hayvanlar gibi yürüyorlardı ancak hiçbiri gerçek bir hayvana ya da insanların yarattığı hayvan benzeri robotlara benzemiyordu.

Sanal evrimin doğuşu Darwin'in bile hayal edemeyeceği bir zaferdir. 4 milyar yıl önce bu gezegende, bilgi saklayabilen ve kendini kopyalayabilen, bilgiler zamanla değiştikçe hayatta kalmaya devam edebilen yeni bir form oluşuyordu. Biz insanlar da, mutasyona uğrayabilen bu maddeden yapıldık ama şimdi bu süreci şekillendiren yasaları silikon, plastik ve farklı enerji türleri gibi yeni formlara taşıyoruz.



KISIM II

Yaratılış ve Yıkım



Bir sualtı bitkisi fotosentez yaparken oksijen balonlarını bırakıyor. Bakteri ortaklarının da yardımıyla, bitkiler nefes almamız için gerekli oksijeni sağlarlar.

Bölüm 5

YAŞAM AĞACININ KÖKLERİNE ULAŞMAK

Yaşamın Ortaya Çıkışından Mikropların Çağına Kadar

Doğal seçilim Trinidad'daki lepisteslere veya Galapagos Adalarındaki ispinozlara özgü değildir. Gezegendeki tüm canlılar için işleyen bu süreç yaşamın ortaya çıktığı ilk andan beri çalışmaktadır. Bilim insanları yaşamın izlerini 3,85 milyar yıl öncesine dek takip ettiler ve aradan geçen çağlarda ortaya çıkan ökaryotlar, hayvanlar, bitkiler, balıklar, sürüngenler ve memeliler gibi yaşam formlarının izlerini, fosil kayıtlarında buldular. Nesilden nesile süren evrim, ilk organizmaları daha sonra ortaya çıkan yeni canlı formlarına dönüştürdü.

Darwin bu büyük dönüşümlerin gerçekleşme mekanizmaları hakkında spekülasyonlarda bulunmak konusunda hiçbir zaman istekli olmadı. Kalıtımı tam anlamıyla kavrayamadığından, kendi döneminde gerçekleşen doğal seçilim onun için gerçek bir bilmeceydi. Günümüzde ise ortaya çıkan gen parçaları, fosiller ve dünya kimyasının en eski kanıtları gibi bulgular sayesinde, bilim insanları yaşamın evriminin sırlarını deşifre etmeye giriştiler. Süreç içinde günümüzün evrimsel biyologları, evrimin hükümdarlığının geçmiş nesillerin tahmin edemeyeceği kadar acayip ve çok daha dikkate değer olduğunu keşfederek modern sentezin sınırlarını aşmışlardır.

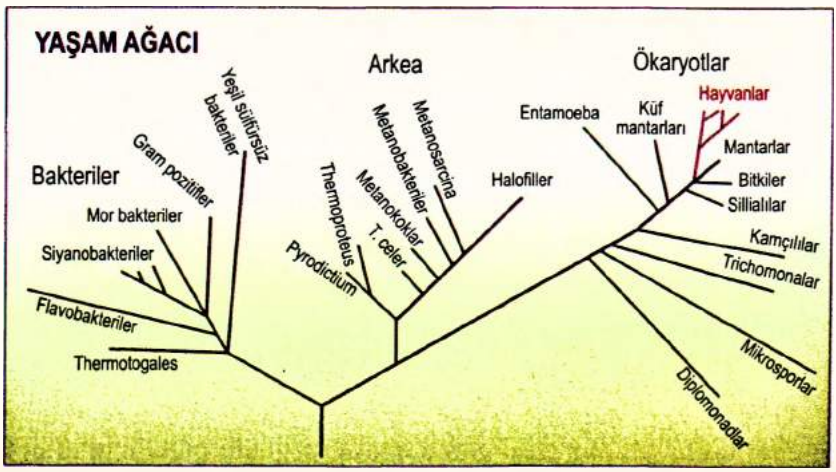
YAŞAM AĞACI

Yaşamın tarihi düz bir çizgi gibi doğrusal değildir. Darwin'in ortaya koyduğu gibi, zaman içinde eski türlerden ortaya çıkan yeni türlerin dallanmasıyla bir ağaç gibi büyümüştür. Bu dalların çoğu, ilgili canlıların türlerinin tükenmesi sonucu yok olur. Ancak bu yokoluş, bizim bugün etrafımızda görebildiğimiz yaşamın temelleri atıldıktan sonra gerçekleşir.

Bilim insanları onlarca yıldır yaşam ağacını tekrar ve tekrar çiziyorlar. İlk başta farklı türleri ancak anatomilerine bakarak karşılaştırabiliyorlardı; kafa kemiklerindeki birbirine geçiş hatları, rahimlerin kıvrımları gibi özellikleri değerlendiriyorlardı. Yaşama daha geniş bir açıdan bakmak isteyip geriye döndüklerinde bu yöntemin başarısız olduğu anlaşıldı. Karaağaç yapraklarını akağaç veya çam ağacı yapraklarıyla karşılaştırabilirsiniz ama insanların karşılaştıracak birer yaprağı yoktur. Neyse ki hem karaağaçların hem de insanların kökeninde DNA'lar yatar. Kurbağalardan maya mantarlarına ve siyanobakterilere dek yüzlerce türden genetik materyal parçacıkları yardımıyla bilim insanları, geçtiğimiz 25 yıl içinde yaşam ağacını oluşturdular.

Bu ağaç bir simge değil, bilimsel bir hipotezdir. Bilim insanlarının üzerinde çalıştığı gen dizilimlerinden elde edilen en temel çıkarımlar, genlerin nasıl mutasyona uğrayıp bir formdan bir diğerine geçtiği ağaçtan anlaşılır. Yeni türler keşfedildikçe yeni gen dizilimleri çalışmaya eklenir; böylece bazı dalların yeniden düzenlenmesi gerekir. Artık bilim insanları, yüzlerce türün genom yapılarını birbirleriyle karşılaştırma şansına sahiptir.

Bu ağaç görülmeye değer, çok tuhaf bir şeydir. 19. yüzyılın sonlarında evrimsel biyologlar yaşam ağacını ana bir gövdeden dalların çıktığı bir muazzam bir meşe ağacı gibi çizdiler. Bakteriler gibi en basit orga-



Bu evrim ağacı dünyada yaşayan tüm canlıları içerir. Ortak ata (ağacın tabanı) üç büyük dal verir: Bakteriler, arkea olarak bilinen mikroplar ve ökaryotlar (bizi de içeren bir grup tür). Dalların uzunlukları her dalın DNA'larının ortak atadan ne kadar ayrıldığını yansıtır. Bütün bunlar yaşamın genetik çeşitliliğinin büyük ölçüde mikrobiyal olduğunu gösterir; tüm hayvan krallığı (yukarıda sağ tarafta gösterilen) ağacın en ucundaki birkaç ince daldan oluşur.

nizmalar tabana yakın filizlenmişti ve insanlık bir taç gibi evrimin doruğunda yer alıyordu. Ancak şimdilerde bilim insanları, yaşamı yukarı doğru giden tek bir gövde olarak görmektense onu azgınca yayılan bir çalıya benzetiyorlar.

Ağaç üç ana dala ayrılır. Bizim de içinde olduğumuz ökaryotlar üst âlemi, bitkileri, mantarları, hayvanları, tek hücreli protozoaları, ormanların tabanında ve okyanuslarda yaşayan amipleri, sıtma, dizanteri ve giardiazis gibi hastalıklara neden olan parazitleri içerir. Ökaryotların hepsi farklı hücre yapılarına sahiptirler. DNA'larını paketlenmiş halde hücre çekirdeklerinde taşırlar ve hücreleri yeni proteinlerin üretildiği, enerjinin elde edildiği farklı parçalardan oluşur.

Biyologlar bir zamanlar ökaryotların dışındaki tüm türleri, prokaryotlar adındaki tek bir grupta sınıflandırıyorlardı. Nihayetinde hepsi birbirinin aynıymış gibi görünüyordu. Örneğin bu canlıların DNA'ları hücre zarının içinde yüzüyordu ve bir çekirdek içinde sarılı değildi. Fakat genlerin anlattığı hikâye farklıydı. Bakteriler kendi dallarını oluştururken, yaşam ağacının üçüncü ana dalı bakterilerden çok bizle akrabaydı. İlk defa 1970'lerde Illinois Üniversitesinden biyolog Carl Woese'un ortaya koyduğu gibi, görünüşte bakterilere benzeyen bu organizmaların hücresel işleyişleri bakterilerinkinden tamamen farklıydı. Bu mikropların bulunduğu dal, Woese'un onlara taktığı "ilk" anlamına gelen *arkea* ismiyle anılır.

Yeni hayat ağacındaki bir başka büyük sürpriz de, bizim de içinde bulunduğumuz çok hücreli ökaryotların evrim tarihinde kapladığı küçük alandır. Kendi türümüz ile karaağaçlar arasındaki farkı ortaya koymak neredeyse imkânsız gibidir. Buna karşın bakteriler, arkea ve tek hücreli ökaryotlar arasındaki çeşitlilikse çarpıcıdır. Mikrobiyologlar sürekli olarak dünya kabuğunun ulaşılabilen en derin yerlerinde, sıcak su akıntılarının kaynayan noktalarında ve insan bağırsağının asit dolu kısımlarında yeni türleri, yeni aileleri, mikropların yeni krallıklarını taramaktadırlar. Hem çeşitlilik hem de fiziksel kütle bakımından yaşamın en önde gelen aktörü mikroplardır.

Yaşam ağacının tabanı, yeryüzünde bugünkü yaşamın bilinen ilk ortak atasını temsil etmektedir. Tüm yaşayan türler belirli ortak şeyleri paylaşmaktadır. Örneğin hepsi genetik bilgilerini DNA olarak taşımakta ve bu bilgileri proteinlere çevirmek için de RNA'ları kullanmaktadır. Bu evrensel özelliklerin en basit açıklaması, tüm yaşayan canlıların ortak bir atadan köken almasıdır. Bu nedenle ortak ata göreceli olarak mutlaka karmaşık bir canlı olmalıdır. O halde bu ortak atanın da köken aldığı uzun bir soyu olmalıdır. Bildiğimiz şey, ağacın diplerinde türleri

yok olmuş olduğu için tespit edemediğimiz pek çok dal bulunduğudur. Tüm bu kaybolup gitmiş ataların ardında yaşamın kendi kökeni yatmaktadır.

YAŞAMIN KÖKLERİNİ ARAŞTIRIRKEN

Yaşam ağacının kendisi bile yaşamın başlangıcına ulaşamamıştır. Ancak ilk büyük biyolojik dönüşümü, yani cansızdan canlıya oluşumu yeni baştan yaratmak isteyen bilim insanlarına yardım edebilirdi. Jeolojik kayıtların yanı sıra, hayat ağacı da çeşitli ipuçları ve kısıtları ortaya koyuyordu. Yaşamın nasıl başladığına ilişkin açıklamalar, geride kalan bu bulgulara dayanmalıydı.

Her ne kadar bilim insanları yaşamın erken dönemdeki evrimini kavramaktan oldukça uzak olsalar da, ilerleyen dönemlerdeki değişimleri araştırmaya devam ettiler. Bölüm 6'da göreceğimiz gibi, yeni hayvan grupları dev bir sıçrama sonucunda oluşmamıştır. Bunun yerine küçük küçük parçalar yeni beden planına eklenmiş ve hayvanlar bugün bildiğimiz biçimleriyle ortaya çıkmışlardır. Bilim insanları, yaşamın bir dizi dönüşüm sonrasında DNA temelli bir mikroba evrildiğine dair ikna edici kanıtlar bulmuşlardır.



Kuyruklu yıldızlar dünyadaki yaşamın tohumlarını, daha sonra yapıtaşları haline gelecek pek çok hammadde bırakarak atmış olabilirler.

Yaşamın ortaya çıkışındaki ilk basamak, gerekli materyallerin bir araya getirilmesi sürecidir. Bu materyallerin pek çoğu uzaydan gelmiş olmalıdır. Astronomlar yaşamın temel içeriğinin belirli parçalarını meteoritlerde, kuyruklu yıldızlarda ve gezegenler arası toz içinde bulmuşlardır. Bu nesnelerin genç dünyaya düşmesiyle birlikte gezegene, bir hücrenin gereksinim duyduğu parçaların, yani DNA'nın iskeleti için ihtiyaç duyulan fosfat ile bilgi taşıyacak bazlar ve proteinleri oluşturacak amino asitlerin tohumları atılmış oldu.



Yellowstone'daki sıcak sular dünya üzerindeki en ilkel mikropların bir kısmına ev sahipliği yapar. Araştırmacılar yaşamın 4 milyar yıl önce neredeyse kaynamakta olan suyun içerisinde başladığını düşünmektedir.

Bu bileşikler birbirleriyle etkileşime girdikçe, gittikçe yaşama daha çok benzeyen formlar üretmeye başladılar. Kimyasal reaksiyonlar en iyi şekilde, reaksiyona giren moleküller birbirlerine yakın dururken, yani kalabalık halindeyken çalışır. Çünkü bu şekilde moleküller birbirleriyle daha sık çarpışabilirler. Genç dünyadaki biyolojik varlığın öncülleri, özellikle yağmur damlalarında veya okyanuslarda yoğunlaşmış olabilirdi. Bazı bilim insanları yaşamın okyanusların ortasındaki dağ sıralarında, sıcak magmanın manto tabakasından çıktığı yerlerde başladığını tahmin etmektedir. Yaşam ağacının tabanına en yakın olan dalları, kaynar sular ve asitler gibi çok uç koşullarda yaşayabilen bakteriler ve arkeadır. Dolayısıyla okyanuslardaki bu bölgeler, gezegendeki en eski ekosistemin harabeleri olabilirler.

Bilim insanları prebiyolojik moleküllerin kimyasal reaksiyon zincirleri içinde organize olduklarını ve kendilerini bağımsız olarak sürdürebilme şansı yakaladıklarını düşünmektedirler. Bir grup molekül, etrafını çevreleyen molekülleri yakalayarak kendini kopyalama olanağı bulmuş olmalıdır. Erken dünyada birbirinden bağımsız pek çok kimyasal reaksiyon gerçekleşiyor olmalıydı. Eğer kendi oluşum zincirlerini tamamlamak için aynı yapı taşlarını kullanıyorlardıysa birbirleriyle rekabet halinde olmalıydılar. En etkili zincir, daha az etkili olanlar üze-

rinde hâkimiyet kurmuş olmalıydı. Başka bir deyişle, biyolojik evrimden önce mutlaka bir kimyasal bir evrim gerçekleşmişti.

Nihayetinde bu moleküllerden DNA, RNA ve proteinler oluştu. Bilim insanları on yıllarca bu üçünden hangisinin önce ortaya çıktığını tartıştı durdu. DNA bir nesilden diğerine yapıyı oluşturmak için gerekli bilgileri aktarabilirdi ancak RNA ve proteinler olmadan yararsızdı; molekülleri bir araya getiremez veya onları enzimlerin yaptığı gibi parçalayamazdı. Proteinlerinse ters yönde bir eksikliği vardı: Hücreyi hayatta tutabilmek için gerekenleri yapabilirler ama bu bilgileri bir nesilden diğerine aktaramazlardı. Yalnızca RNA her iki işlemi de gerçekleştirebilirdi; genetik şifreyi taşıyabilir ve biyokimyasal işlemleri yapabilirdi. Bu iki beceriyi bünyesinde bulundurması hasebiyle, RNA yaşamın ilk molekülü olma noktasında en öne çıkan adaydır.

Bilim insanları 1960'larda RNA'nın hücredeki rolünü ilk defa açığa çıkardıklarında, onun yaşamın ilk maddesi olduğunu ancak birkaçı düşünmüştü. Bilgileri genlerden alıp, hücrenin protein üreten fabrikalarına getirmek çok düşük önemde bir işti. 1982'de, o dönemde Colorado Üniversitesinde çalışan Thomas Cech, RNA'nın aslında moleküler bir melez olduğunu keşfetti. Bir taraftan kendisindeki şifreyi taşıyabiliyor, diğer taraftan da Cech'in keşfettiği üzere, bir enzim gibi davranıp diğer moleküllere etki edip onları değişikliğe uğratıyordu. Örneğin enzimlerin görevlerinden birisi DNA'nın RNA'ya eşlenmesinden sonra ortaya çıkan yararsız parçaların düzeltilmesidir. Cech, bazı RNA türlerinin kendi kendilerine şekil alıp, şifrelerini enzimlerin yardımı olmaksızın düzeltebildiğini keşfetti.

1980'lerin sonlarında biyologlar, çok yönlü becerisine hayran kaldıkları RNA'yı kendi laboratuvarlarında evrime uğratabileceklerini fark ettiler. RNA'yı araştıran ekiplerin en başarılılarından birine, La Jolla California'daki Scripps Research Institute'ta [Scripps Araştırma Enstitüsü] görev yapan biyolog Gerald Joyce liderlik ediyordu. Joyce, Cech'in orijinal RNA molekülünü temel alarak, her biri çok az yapısal değişiklik içeren 10 trilyon farklı varyasyon oluşturdu. Ardından test tüplerine DNA'ları boşalttı ve RNA'ların DNA'lardan parça kopartıp kopartamayacağını gözlemeye başladı. Hiçbir RNA varyasyonunun DNA'lardan parça alamaması sürpriz olmadı çünkü Cech'in RNA'ları yalnızca RNA'ları kesmeye uyum göstermişlerdi. Gerçekte bir milyon varyasyonun içinden yalnızca biri DNA yakalayıp onu kesebilmişti. Bu birkaç başarılı molekül de işlerinde oldukça kötüydü, öyle ki bir DNA molekülünü kesebilmek için bir saate ihtiyaçları olmuştu.

Joyce bu beceriksiz RNA moleküllerini sakladı ve her birini kopyalayarak bir milyonluk yeni bir nesil oluşturdu. Bu yeni nesil mutasyonlarla güçlendi ve yeni varyasyonlardan bazıları, DNA'ları bir önceki nesilden daha hızlı kesebilir hale geldi. Joyce öncekinden daha kuvvetli olan bu RNA moleküllerini de sakladı ve onları bir daha çoğalttı. Tüm bu işlemleri 27 nesil boyunca tekrarladıktan sonra (tüm bu işlem 2 yıl sürdü) evrilen RNA artık DNA moleküllerini 5 dakika içinde kesebiliyordu. Nihayetinde DNA moleküllerini kesebilme yetenekleri, RNA moleküllerini kesebilme kabiliyetlerine denk hale gelmişti.

Joyce ve diğer biyologlar, artık RNA'nın ilk deneylere kıyasla daha hızlı evrim geçirmesini sağlayabilirdi. Deney tekrarlandığında, 27 nesil RNA'yı üretmek 2 yıl yerine 3 saatlerini aldı. Biyologlar doğru çevre koşulları oluşturulduğunda, RNA'nın daha önce rastlanmamış işlevler kazanmasının evrimle mümkün olduğunu gördüler. Evrime uğrayan RNA yalnızca DNA'yı değil, başka molekülleri de kesebiliyordu. Atomlara veya hücrelere bağlanabiliyor, birbirinden ayrı iki molekülü yeni bir molekül oluşturmak üzere birleştirebiliyordu. Yeterli evrimle amino asitleri bile birleştirebilir, protein oluşumunun en kritik kısmını gerçekleştirebilirdi. Fosfat omurgasına bir baz bağlayabiliyordu. Başka bir deyişle, hücrelerde DNA ve proteinler bulunmasaydı, RNA pek çok işi aynı anda yapacak biçimde evrim geçirebilirdi.

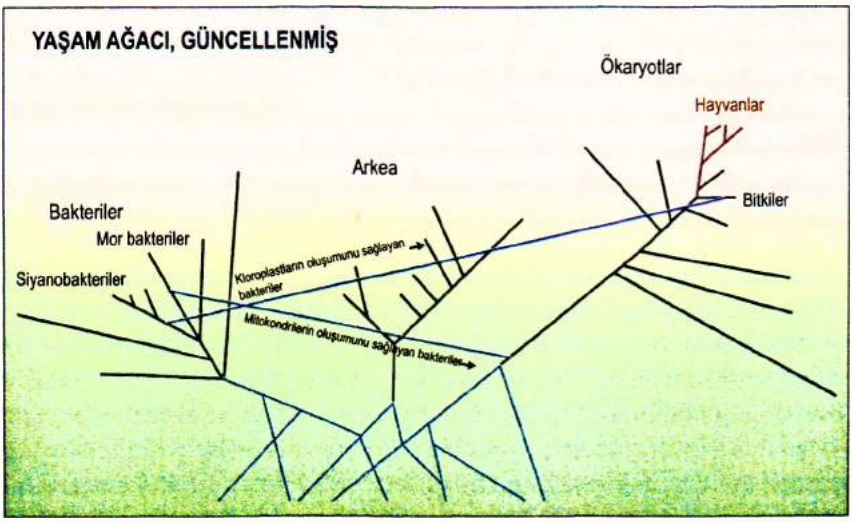
RNA, evrimleşmeye o kadar yatkındır ki, günümüzde biyoteknoloji şirketleri tarafından antikoagulan [pıhtılaşmayı engelleyen] ve diğer ilaçlara dönüştürülmeye çalışılmaktadır. Joyce ve diğerlerinin çalışması RNA'nın erken dünyada hem DNA'nın hem de proteinlerin rolünü üstlenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Artık pek çok biyolog yaşamın bu erken dönemini "RNA dünyası" olarak adlandırmaktadır.

RNA'nın evrimini, proteinlerin ortaya çıkışı izlemiş olmalıdır. RNA dünyasının tarihinin bir noktasında, ortaya çıkan yeni RNA formları evrimleşip amino asitleri bir araya getirme yeteneğini kazanmış olmalıdırlar. Oluşturdukları proteinler, kendi kendilerine çoğalabileceklerinden daha hızlı kopyalanmalarını sağlamış olmalıdır. Daha sonra tek iplikten oluşan bir RNA, karşısına bir eş alarak çift sarmallı DNA'yı oluşturmuş olmalıdır. Her ne kadar evrimleşmeye RNA kadar eğilimli olmasa da, DNA genetik bilgilerin saklanması açısından çok daha güvenilir bir sistem olduğunu bir şekilde kanıtlamış olmalıdır. Meydana gelen DNA ve proteinler, RNA'ya ait olan pek çok tatsız ve sıkıcı işi de üstlendiler. Bugün RNA hâlâ yaşamsal bir moleküldür ama öncül gücünden geriye oldukça az şey kalmıştır; bunlardan biri de kendini düzenleyebilme özelliğidir.

Bu noktada, bizim bildiğimiz yaşam gerçek anlamda başlamış oldu. Ancak RNA için yaşam bir daha asla eskisi gibi olmayacaktı. RNA dünyası kendi "kıyametiyle" tanışmıştı.

YAŞAMIN MEYVESİ

Modern sentezi ustalıkla şekillendiren bilim insanlarının çoğu, bitkiler ve hayvanlar konusunda derin bilgiye sahip zoologlar veya botanikçilerdi. Bitkiler ve hayvanlar genlerini genellikle, oluşturdukları DNA varyasyonunu çiftleşerek veya tohumlar oluşturarak aktarırlar. Evrimleri, mutasyonların oluşması ve sonraki nesillere yayılması yoluyla gerçekleşir. Ancak bitkiler ve hayvanlar, yaşamın tarihine göreceli olarak yeni katılmış canlılardır. Evrim esas olarak, mikroplara ait olmuş ve hâlâ devam etmekte olan bir öyküdür. Bakteri ve diğer tek hücreli organizmalar genlerini kopyalarken, bizi bağlayan kurallara uymazlar. Mikropların birbirlerinden ne kadar farklı olduğunu keşfeden evrimsel biyologlar haksız değillerdi; onlar aslında yaşam ağacını yeniden çiziyorlardı.



Yeni kanıtlar yaşam ağacının sayfa önceki yaşam ağacı grafiğine göre çok daha karmaşık olduğunu düşündürmektedir. Buradaki yaşam ağacında gösterildiği gibi, erken yaşam farklı türlerle ortaya çıkmamış, bunun yerine ilk organizmalar fark gözetmeksizin gen alışverişi yapmış olabilirlerdi. Yaşam tek bir ortak ata yerine ilkel bir hayvanat bahçesinden köken almış olabilir (ağacın alt kısmında çapraz gösterilen mavi çizgiler). Milyarlarca yıl önce bakteriler, arkealar ve ökaryotlar halinde üç ana dalın ayrılmasından sonra birbirinden farklılaşmış akraba türler bazen yeniden bir araya gelebilirler, tıpkı bakterilerin diğer organizmalar tarafından kullanılması gibi. Bu tür birleşmelere ait en önemli iki örnek burada gösterildiği gibi mitokondri ve kloroplastların oluşumudur.

Bakteriler ve diğer mikroplar, tıpkı bizim hücrelerimizde olduğu gibi, kendi DNA'larını taşıyan iki kopyaya bölünerek çoğalırlar. Eğer bir bakteri, genlerinden birini yanlış kopyalarsa yavrularından birisinde bir mutasyona neden olur ve bu mutasyona uğramış bireyin tüm yavruları da bu mutasyonu almış olur. Ancak mikroplar yeni genleri doğduktan sonra da edinebilirler.

Pek çok bakteri türü genlerini kromozomlarından ayrı olarak DNA'larındaki düğümlerde taşırlar. İster kendi türündeki bir canlıdan, isterse başka bir türden edinilmiş olsun, bir bakteri bu düğümleri (bunlara plazmid denir) diğer bakterilere aktarabilir. Virüsler de bakteriler arasında genetik materyal aktarabilir; ilk konaklarından aldıkları genetik materyali yeni konaklarına enjekte ederek bakteriler arasındaki aktarımı artırırlar. Bir bakterinin kromozomlarındaki genlerin, kendilerini dilimleyerek serbest bırakmaları ve farklı bir mikroba geçmeleri de mümkündür. Bir bakteri öldüğünde DNA'sı parçalanmış hücre duvarından dışarı taşar ve bir başka bakteri bu genleri toplayarak kendi genomuna katabilir.

1950'li yılların başında mikrobiyologlar bakterilerin değiş-tokuş genlerini izlediler fakat onların bu türden alışverişlerin yaşamın tarihini hangi yönde etkilemiş olabileceğine dair çok fazla fikirleri yoktu. Belki mikroplar o kadar ender gen değiş tokuşu yapıyordu ki, bu işlem geride iz bile bırakmıyordu. 1990'ların sonunda bilim insanları mikropların tüm genomunu tanımlamaya başladıklarında bu gizemle ilgili bir şeyler bulma şansını da yakaladılar. Sonuçlar çok şaşırtıcıydı. Bakterilere ait pek çok genin büyükçe parçaları uzaktan akraba türlere aitti. Geçtiğimiz 100 milyon yılda, örneğin *Escherichia coli*, diğer mikroplardan aldığı genlerle toplam 230 kez yeni bir DNA oluşturmuştu.

Genlerin bu şekilde taşınmasına ait kanıtlar yaşam ağacının en alttaki dallarında bulunabilir. *Archeoglobus fulgidus*, deniz tabanında petrolün sızdığı yerlerin etrafında yaşayan bir arkeadır. Bir arkeada bulunmasını beklediğiniz tüm özelliklere sahiptir: Özellikle hücre duvarını oluşturmak için kullandığı moleküller, genlerindeki bilgilerini kopyalama yolu ve bunları proteinlere çevirme yöntemi arkealara has özelliklerdir. İşin ilginci, arkeaların sahip olmadığı, yalnızca bakterilerde bulunan bir enzim yardımıyla petrolle beslenerek yaşamını sürdürür. Bizim kendi genlerimiz de, bu türle akrabalık taşır. DNA'nın kopyalanması gibi bilgi işlem etkinliklerinden sorumlu genlerimiz, arkea genleriyle yakından akrabadır. Bu genlerin çoğu iç düzenden sorumludur; hücrede besinlerin işlenmesi ve artıkların temizlenmesiyle ilgili işlemlere ait proteinlerin yapımını bu genler yürütürler. Bu bakımdan

bakterilerle benzerlik taşırlar. Bu yabancı genlerin keşfedilmesi, yaşamın erken dönemlerindeki evrimi çok daha karmaşık ve çok daha ilginç hale getirmektedir.

Bu sonuçlar dünyadaki yaşamın ortak atasıyla ilgili yeni bir tasavvur ortaya koyan ve yaşamın üç ana dalını tanımlayan ilk mikrobiyolog olan Carl Woese'a da ilham verdi. Yaşam RNA dünyasından DNA dünyasına doğru dönerken, kendini kopyalama biçimi düşünüldüğünde hâlâ son derece dağınıktı. Ne düzeltici enzimler ne de DNA'ların güvenilir kopyalarının oluşmasını güvence altına alacak diğer mekanizmalar ortadaydı. Bu türden muhafızlar olmadığından mutasyonlar doludizgin ilerliyorlardı. Birkaç nesil sonra mutasyonlar yüzünden ortadan kalkmamış olan proteinler sadece en basit yapıda olanlardı; üretimi için birçok genetik kılavuz gereken karmaşık proteinler son derece savunmasızlardı.

Kırılgan replikasyon (DNA'nın kendini kopyalaması) sistemi yüzünden, bu ilkel genler bir nesilden diğerine geçmek yerine bir mikroptan diğerine geçmeye daha meyilliydiler. Çünkü bu erken mikroplar çok basittiler ve bu göçmen genler besinleri parçalayıp, çöpleri boşaltıp, diğer tatsız işleri yaparak, yani ev işlerine yardım ederek yeni evlerine kolaylıkla uyum sağlayabiliyorlardı. Parazit genler mikropları işgal de ediyor, ardından diğer genleri yönlendirerek kendilerinin fazladan kopyalarını yapıp, bulundukları konaktan ayrılarak diğer mikropları işgal etmeyi sürdürüyorlardı.

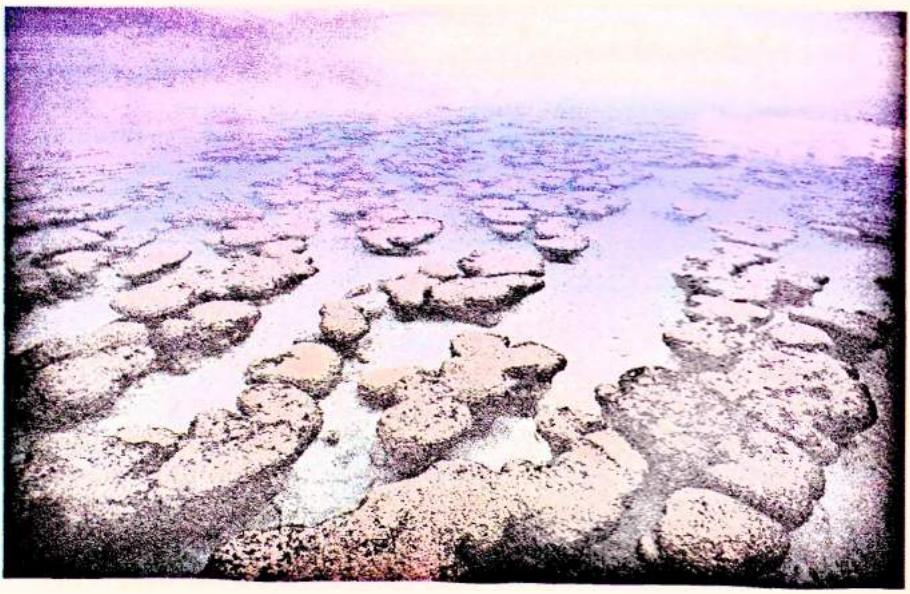
Woese'un iddia ettiği gibi, erken dünyada bir soybilimden bahsetmenin imkânı yoktu. Yaşam henüz belirgin farklara sahip dallara ayrılmamıştı ve yaşam ağacının tabanında henüz tek bir tür bile yer almıyordu. Ortak atamız erken dünyada yaşayan tüm mikroplar, yani gezegeni sıvı bir örgü gibi kaplayan genlerdi.

Ancak gün geldi, göçmen genler yeni konaklar bulmakta zorlanmaya başladılar. Geçmişte basit işleri yapan kümelere göre daha gelişmiş işlerin üstesinden gelebilen, çok daha karmaşık gen sistemleri evrimleşmişti. Gezici genler, işleri bilgisayar yardımıyla yapmayı öğrenmiş işçilerin bulunduğu çiftliklere gidip, meyve toplamayı, saman balyalamayı, gübre küremeyi teklif eden gezici tarım işçilerine benziyorlardı. Dolayısıyla artık istihdam edilmeye uygun değildiler. Gen sistemleri özelleştikçe daha iyi işler yapıyorlar, özellikle DNA replikasyonunda daha başarılı hale geliyorlardı. Genler nesilden nesile aktarılıyor, bu aktarımla birlikte soylar açıkça ortaya çıkıyordu. Evrimin erken dönemindeki bulanık gölden, yaşamın üç ana dalı doğdu: Ökaryotlar, arkea ve bakteriler. Her ne kadar ayrı birer dal haline gelmişlerse de, her biri gelişigüzel geçmişimizin karışık genlerini taşıyorlardı.

Eğer Woese haklıysa, yaşam ağacı hâlâ yeniden çizilebilir. Yaşam ağacı bir çalıdan ziyade, erken genlerin birbirleriyle karıştıkları bir sakız ağacının arapsaçına dönmüş köklerine benzer. Zamanla bu köklerden üç gövde oluşur ama bunların da dalları pek çok kez birbirine dolanır.

ÇİFT ZAMANLI EVRİM

Bir avuç gen taşıyan en erken organizmalardan, tamamen gelişmiş siyanobakteriler gibi 3 binden fazla gen taşıyan mikropların evrimine kadar geçen süre çok uzun değildir. Bilim insanlarının bu kronolojik gelişme için ellerinde hâlâ çok az ipucu vardır fakat hâlihazırda sahip oldukları birikim, erken evrimin hızlı bir tempoda gerçekleştiğini öne sürer. Örneğin Avustralya'dan gelen fosiller çok açık olarak dünyada 3,5 milyar yıl önce siyanobakteriler benzeri mikropların olduğunu gösteriyordu. Grönland'dan elde edilen ve Avustralya'dakilerden 350 milyon yıl öncesine ait moleküler fosiller, dünyada 3,85 milyar yıl önce bir tür hayat olduğunu söylemektedir. Bilim insanları Grönland'da izlerini bırakan şeyin tam olarak nasıl bir hayat biçimi olduğunu açıkça ifade edemezler. Ancak bu şey her ne idiyse, küresel bir düzlemde okyanusların ve atmosferin kimyasını değiştirmiştir. Belki de bu canlı, siyanobak-



Bakteriler stromatolit denilen halı benzeri devasa yapılar oluşturabilirler. Günümüzde bunlar oldukça enderdir fakat 3 milyar yıl önce kıyı sularında egemendiler.

teriler benzeri bir mikroptu veya sadece RNA tabanlı bir organizmaydı. Ya da bu ikisinin arasında bir şeydi.

Artık yaşamın tarihine ilişkin bilgilerimizi, dünyanın tarihine dair bildiklerimizle karşılaştırabiliriz. Dünya 4,55 milyar yıl yaşındadır ve oluşumundan sonraki ilk birkaç yüz milyon yıl boyunca cereyan eden olaylar, gezegenin tekrar tekrar erimesine yol açmıştır. Bu vahşi ve şiddet dolu ortamda ortaya çıkmayı becerebilen tüm hayat formları silinip gitmiştirler. Dünya şimdiki boyutlarına ulaştıktan ve okyanuslar şekillenmeye başladıktan sonra bile her birkaç milyon yılda bir milyonlarca ton ağırlığındaki kayalar uzaydan düşmeye devam ettiler. Bu olaylar yaşanırken dünyada hayat vardıysa, gizli sığınaklarda hayata tutunmuş olmalıydılar. Deniz altındaki volkanların çevreleri böyle bir sığınak işlevi görmüş olabilir. Yaşamın bir kısmıysa yok olmuş olabilir. Devasa fırtınaların sonuncusu 3,9 milyar yıl önce, yani yaşamın kendini göstermesinden 50 milyon yıl sonra yaşanmıştı. Bu tarihten 350 milyon yıl sonra, gelişmiş mikropların hayatta olduğuna ilişkin kuşku götürmez kanıtlar mevcuttur.

Peki, böylesine gelişkin bir genetik sistem nasıl bu kadar hızlı evrilebilmişti? Evrimin modern sentezini oluşturan biyologlar temel olarak küçük genetik değişikliklerin birbirine eklenmesiyle ortaya çıkan büyük evrimsel sonuçlar üzerine çalıştılar (örneğin bir gende bir pozisyonda A ile G'nin yer değiştirmesi gibi). Ancak en az bunun kadar önemli ve evrimi etkileyen bir başka unsur daha vardı: Tüm genlerin tesadüf eseri çoğalması.

Genlerin çoğalma ihtimali, tek bazla gerçekleşen mutasyonların oluşum oranına neredeyse eşittir. Bir kez genin yeni bir kopyası oluştuğunda bu genin kaderi farklı biçimler alabilir. Orijinal genin yaptığı proteinlerden daha fazlasını yaparak organizmanın uygunluğunu artırabilir. Örneğin bu protein besin işlenmesinde vazgeçilmez bir unsur olabilir ve bu proteinden daha fazla üretilmesi, organizmanın daha iyi ve etkin beslenmesini sağlayabilir. Bu durumda doğal seçilim orijinal gen formu yerine bu yeni çoğalmış formu tercih edecektir.

Ancak bu fazladan gen gereksiz de olabilir. Bu durumda kopya genin oluşmasını sağlayan mutasyon organizmanın uygunluğunu etkilemeyecektir çünkü orijinal gen hâlâ işini yapmaktadır. Çoğu zaman, ikilenmiş genlere tesir eden mutasyonlar, etki ettiği geni etkisiz kılarlar. Kendi DNA'mız da bu türden yalancı gen denilen genetik hayaletlerle ağzına kadar doludur. Ancak bazı mutasyonlar ikilenmiş genleri dönüştürür ve onu yeni proteinler üretir ve yeni işler yapar hale getirebilirler.

Bakterilerin, arkeaların ve ökaryotların genomları, tıpkı türlerin aileler biçiminde gruplanması gibi, yüzlerce ikilenmiş genden oluşan kümelere sahiptirler. Canlıların gruplandığı aileler de, kümelenen ikilenmiş genler de ortak bir ataya işaret ederler. Gen aileleri yaşamın erken dönemlerine kadar uzanan pek çok gen, çoğalmanın ürünüdür. Erken dünyada genler basitçe mutasyona uğramıyor, bunun yerine çoğalıyorlardı.

BİRLEŞME EVRİMİ

Yaşam ağacı üç ana dalına ayrıldıktan sonra bile evrim birbirinden ayrılmış bu uzak dalları yeniden birleştirmeye muktedirdi. Aslında buna teşekkür etmeliyiz çünkü bizler de böylesine bir birleşmenin ürünüyüz. Bitkiler ve algleri de oluşturan bu birleşmeler gerçekleşmemiş olsaydı, ne dünya üzerinde nefes almak için yeterli miktarda oksijen bulunurdu ne de oksijenli solunum yapma yeteneğine sahip olurduk.

Solunumumuz, hücrelerimizin içindeki sosis şekilli mitokondri denilen kabarcıklara dayanır. Hemen hemen tüm ökaryotların hücrelerinde, oksijen ve diğer kimyasalları kullanarak yakıt üreten mitokondriler vardır. Mitokondriler 1800'lerin sonunda ilk keşfedildiklerinde, pek çok bilim insanı bu hücre elementi ile bakteriler arasındaki benzerlik se-



Bitkiler güneş ışığını ve karbondioksiti kloroplast denilen yapıları içinde dönüştürebilirler. Bu yapılar ışığı toplayabilen bakterilerden köken almıştır.

bebiyle şaşkınlığa uğradılar. Hatta bazıları çok daha ileri gidip, bedenimizdeki tüm hücrelerin oksijen soluyan mikroplar tarafından işgal edildiğini söylediler. Bu mikroplar sığınak karşılığında ürettikleri yakıtı hücreye veriyor olmalılardı.

Bilim insanları bugün bakterilerin hayvanların ve bitkilerin içinde hastalık oluşturmadan yaşayabildiğini biliyorlar. Pek çok durumda karşılıklı yarar ilkesiyle gerçekleşen bu birlikteliğe ortakyaşam [simbiyoz] deniliyor. Bazı bakteriler ineklerin içinde yaşıyorlar ve konaklarının yedikleri otların sert dokularını sindiriyorlar ve sonra inekler de bazı bakterileri yiyorlar. Yine de bakterilerin bedenlerimizin içinde yaşadığını iddia etmek, hücrelerimizin içinde yaşadıklarını ortaya atmaktan tümüyle farklıdır. Pek çok bilim insanı da bu konuda tereddütte kalmıştır.

Ancak bu sırada, hücrelerin içinde ortaya çıkan bakteri benzeri cisimlerin sayısı artıyordu. Örneğin bitkilerin hücreleri içinde ikinci bir kabarcık takımı vardı ve bunlar fotosentez yapıyordu. Kloroplast olarak bilinen bu şeyler gelen güneş ışınlarını yakalıyor ve bu ışınlardaki enerjiyi kullanarak su ile karbondioksiti birleştirip organik madde üretiyorlardı. Mitokondriler gibi, kloroplastlar da bakterilerle dikkat çekici bir benzerlik taşıyorlardı. Bazı bilim insanları kloroplastların mitokondriler gibi bir ortakyaşar bakteri formu olduğuna, özellikle de okyanuslarda ve taze sularda ışığı kullanarak yaşayan siyanobakterilerin soyundan geldiklerine inanmışlardı.

Ortakyaşam kuramı, 1960'ların başına dek, ilgili dönemlerdeki bilimsel eğilimler çerçevesinde gündeme gelip durmuş ama bir saman alevi etkisinden fazlasını yaratamamıştı. Çoğu bilim insanı hücrelerimizin çekirdeğindeki DNA'nın genetik bilgileri depolama yöntemini araştırmaya o kadar dalmıştı ki, hücrelerimizin aslında birden fazla organizmadan oluştuğunu ileri süren ortakyaşam kuramı dinlemeye değer bulmamışlardı. Fakat 1960'larda mitokondri ve kloroplastların kendilerine ait genlere sahip oldukları keşfedildi. Kendi proteinlerini yapmak için kendi DNA'larını kullanıyor, aynen bakterilerde olduğu gibi ikiye bölündüklerinde DNA'larının da fazladan kopyalarını oluşturuyorlardı.

Bilim insanları 1960'larda mitokondri ve kloroplastların hangi türden DNA'lar taşıdıklarını bulmalarını sağlayacak araçlardan hâlâ yoksundular. Belki de bazılarının ileri sürdüğü gibi, bu genler çekirdeğin içerisinde oluşmuş, evrimin bir basamağı sırasında çevredeki sığınaklara çekilmişlerdi. 1970'lerin ortalarında Nova Scotia'daki Dalhousie Üniversitesinden, Carl Woese ve W. Ford Doolittle'ın önderlik ettiği, mikrobiyologlardan oluşan iki ekip durumun tahmin edildiği gibi ol-



Mitokondri (burada kırmızı ile gösterilen) ökaryot hücrelerinde oksijeni kullanarak enerji gereksinimlerini karşılamak üzere kullanır. DNA'ları, bunların serbest yaşayan oksijen soluyan bakterilerden köken aldığını göstermektedir.

madığını gösterdi. Bazı alg türlerindeki kloroplastların içindeki genler üzerinde incelemeler yaptılar ve bu genlerle, alglerin çekirdeklerindeki genler arasında dikkate değer benzerlikler bulunmadığını kanıtladılar. Öyle görünüyordu ki, kloroplastların DNA'ları, siyanobakterilerin DNA'larıyla aynıydı.

Mitokondrilerin genlerinin öyküsü ise çok daha şaşırtıcıydı. 1970'lerin sonunda Doolittle'ın takımı, bu genlerin aynı zamanda bakteri genleri olduğunu gösterdi. İzleyen yıllarda araştırmalarını bu noktada yoğunlaştıran diğer bilim insanları, mitokondri genlerinin hangi bakteriye ait olduğunu bulmayı başardılar. 1998'de, İsveç Upsalla Üniversitesinden Siv Andersson ve arkadaşları, mitokondrilerin yakın akrabalarını keşfettiler: Aranılan bakteri *Rickettsia prowazekii*'ydi, yani tifüse neden olan tehlikeli bir tür.

Rickettsia bitler tarafından taşınır ve normal koşullarda konak olarak sıçanları tercih eder fakat bu parazit insanlarda da yaşayabilir. İnsanlar pislik içinde ve sıkışık koşullarda yaşadıklarında (örneğin kenar mahallelerde veya ordu kamplarındaki koşullar) sıçanlar ve bitler daha rahat gelişebilirler ve bir tifüs salgını patlak verebilir. Bakteri bir bitin ısırığıyla insan bedenine bir kez girdiğinde, konağın hücrelerine kadar

girip beslenmeye ve kendi kopyalarını yapmaya başlarlar. Oluşan şiddetli ateş ve dayanılmaz ağrılar, insanı ölüme kadar götürebilir.

Tifüs, tarihin akışını değiştirebilen ölümcül bir hastalıktır. Napolyon Rusya'yı yenmek üzere yola çıktığında yarım milyon askerden oluşan bir ordu kurmuştu. 1812'de Polonya'nın doğusuna doğru yürüyüşe geçtiler. Rus ordusu hiçbir şekilde savaşa girmeden önlerinden çekildi ve Napolyon Litvanya'ya vardığında tek bir kurşun atmadan başkent Vilnius'u aldı. Ordusu şehre girdikten sonra 60 bin Fransız askeri tifüs nedeniyle öldü.

Rus ordusu, geçtiği bölgelerdeki tarlaları yakarak geri çekilmeyi sürdürdü. Yiyecek bulamayan Fransız güçleri giderek daha fazla zayıfladı ve tifüs salgını daha da güç kazandı. Napolyon, ölmekte olan askerlerini geçici bir çözüm olarak hastanelerde bırakarak yürüyüşe devam etti. Moskova'ya ulaştığında şehir boşaltılmış ve üçte ikisi Ruslar tarafından yakılmıştı. Napolyon anladı ki, ya kış gelmeden Rusya'dan çıkacak ya da ordusunun tamamen yokoluşuna şahitlik edecekti.

Ordu, Rusya'ya gelirken kullandığı yoldan geçerek, at eti ve erimiş karlarla beslenerek geri çekildi. Doğuya giderken arkalarında kurup bıraktıkları hastanelerin koridorları ölülerle doluydu. Ordunun başka bir seçeneği yoktu ve hastaları geride bıraktı; onlar da kısa zamanda öldüler. Batıya doğru Polonya ve Prusya üzerinden geçerken, ordu kendi içinde dağılarak küçük takımlara bölündü. Geçtikleri köylere insan biti kökenli hastalığı yayıyor ve yeni tifüs salgınlarına neden oluyorlardı. Bir Fransız askeri, "Nereye gitsek sakinler şiddetle bizi reddediyor ve karargâh kurmamızı engelliyorlardı" diye yazıyordu. Yalnızca 30 bin asker evine dönebildi. Evini Rusya için terk eden her 20 adamdan 19'u ölmüştü. Napolyon *Rickettsia* nedeniyle oluşan kayıplarının üstesinden gelemedi ve imparatorluğu hızla dağıldı.

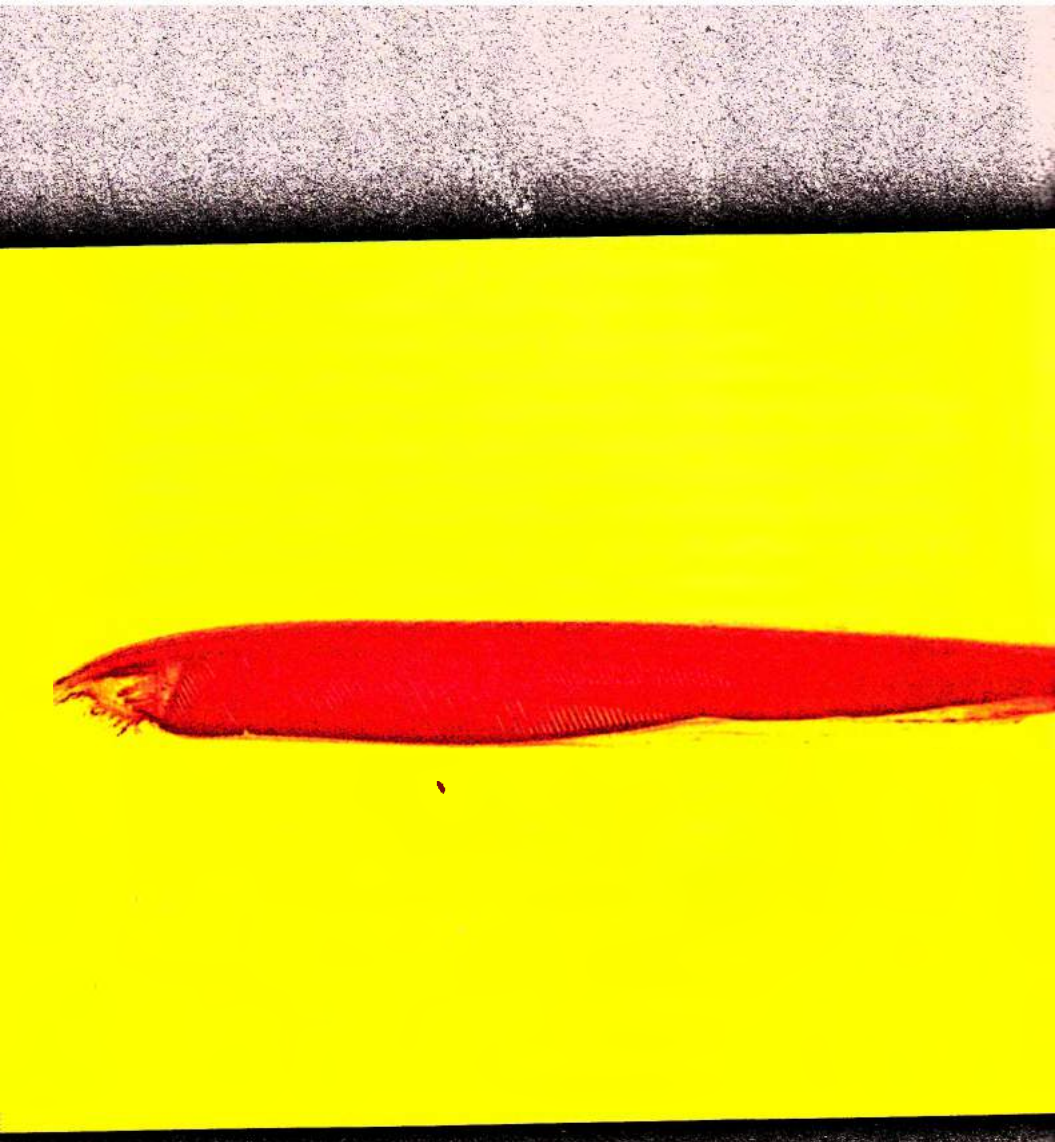
Napolyon'un ölen askerleri, kendi hücrelerinde onları öldüren bakterilerin en yakın akrabalarını taşıyordu.

Uzak geçmişin bir noktasında artık bilinmeyen oksijen soluyan kayıp bir bakteri, *Rickettsia* ve mitokondrilerin ortak atasının oluşmasını sağlamıştı. *Rickettsia* ve mitokondrilerin soyları, serbest yaşayan mikroplardı ve kendilerini çevreleyen besinlerle besleniyorlardı. Nihayetinde her iki soyun mensupları da diğer organizmaların içinde yaşamaya başladılar. *Rickettsia*, konağının içine girebilen ve onu tahrip eden acımasız bir parazite evrildi. Ancak atalarımız ve onları işgal eden diğer bakteri türü arasında karşılıklı bir ilişki gelişti. Rockefeller Üniversitesinden Miklos Müller, mitokondrilerin öncülleri olan protomitokondrilerin erken ökaryotların etrafında dolandığını ve onların

çöpleriyle beslendiklerini; metabolizmaları için oksijen kullanamayan ökaryotların, çöpleri arasında oksijenle soluyarak yaşayan protomitokondrilere itibar ederek onları içlerine aldığını öne sürdü. Sonunda bu iki tür birleşti ve aralarındaki alışveriş tek bir hücrede yaşam buldu.

Birleşmeyle gerçekleşen evrim modern sentezin bir parçası değildir. Bu, bir tür DNA'sında zaman içinde biriken mutasyonlar olmaksızın değişimin yollarından biridir. İki tür birleşir ve aniden yeni bir genom ortaya çıkar. Ortakyaşar evrim ne kadar garip görünse de hâlâ Darwin'in temel kurallarını izlemektedir. Bakteriler yeni konaklarına yerleştiklerinde, doğal seçilim genlerini şekillendirmeye devam eder. Mitokondriyal DNA da mutasyona uğrar ancak oluşan mutasyon hücrenin enerji yaratma işlevini olumsuz yönde etkiliyorsa, bu mutasyon doğal seçilim tarafından temizlenebilir. Diğer taraftan, eğer bir mutasyon mitokondriye işini daha iyi yapmak konusunda yardım ediyorsa ve bu yolla organizmanın uygunluğunu arttırıyorsa, doğal seçilim bu genin yayılmasını sağlar. Mitokondriler de doğada serbest yaşayan atalarına ait pek çok geni kaybetmişlerdir. Bu genler, mitokondriler bir kez konaklarının içine yerleşip ev işlerine yardım eder duruma geldiklerinde gereksiz hale gelmişlerdir. Sonuçta evrim gereksiz genleri temizlemiştir.

Yaşamın tarihindeki ilk 3 milyar yılda mikroplar dünyanın gerçek sakinleriydi. Bu dönem insan merkezci bir yaklaşımla ele alındığında, evrimsel bir can sıkıntısı çağıymış gibi değerlendirilebilir. Ancak durum bu şekilde değildi. Biyokimyasal açıdan ifade etmek gerekirse, mikropların çağı çok dikkat çekici bir değişimin gerçekleştiği dönemdir. Tüm dünya üzerindeki genlerin, enerjiyi sayısız yolla yaşama çevirmeyi başarmaları bu döneme karşılık gelir. Çok hücreli atalarımız olan ilk hayvanlar ancak mikroplar tüm bu evrim süreçlerini yaşadıktan sonra ortaya çıkabilmiştir.



Oktaraklar yaşayan omurgalıların yakın akrabalarıdır. Beyin benzeri bir çıkıntı ve bir sinir kordonuna sahip olmalarına rağmen bir omurları ve iskeletleri yoktur.

Bölüm 6

RASLANTISAL ALET ÇANTASI

Hayvan Evriminde Değişim ve Kısıtlamalar

Bizler ve bir milyar yıl önceki amip benzeri atalarımız arasındaki tüm farklılıklar içinde en muhteşemi, bizim bedenlere sahip olmamızdır. Tek bir hücre yerine bizler trilyonlarcasından yapıldık. Bu büyük kolektif yapı yalnızca birbirinin kopyası olanların bir bütünü değildir. Beden, düzinelerce çeşit hücrenin, dalaktan gözkapaklarına, iskeletten beyne kadar uzanan yüzlerce farklı parçada organize olduğu bir koleksiyon gibidir. Her şeyden daha dikkat çekici olan ise bedenimizin her parçasının tek bir orijinal hücreden yapılmış olmasıdır. Bu hücre embriyoda çoğalırken, genler de kendi gelişimlerini kontrol edecek proteinleri üretmeye başlarlar. Bazı proteinler diğer genleri çalıştırır veya bazılarının çalışmasını durdurur, bazıları yapıldığı hücreyi terk eder ve komşu hücrelerde bir sinyal görevi yerine getirmek için yayılır, yanıt olarak yeni kimlikler alırlar veya embriyoya doğru yeni bir yuva bulmak üzere emeklerler. Bazıları çılgınca bölünürken, bir kısmı da kendilerini yok ederler. Tüm bu dans bittiğinde bedenimiz şekillenmiş olur.

Yeryüzünde kamçılı mürekkep balıklarından ok dikenli kirpilere, ağızsız tenyalara kadar milyonlarca farklı beden bulunur. Kökenlerini algılamak için büyük mücadeleler verilecek, karşısında saygıyla eğilinecek muhteşemlikte bedenler vardır. Tüm hayvanlar tek hücreli ortak bir atadan köken almıştır fakat bilim insanları hâlâ bunların nasıl olup da pek çok farklı beden oluşturmak üzere değişik yönlere ilerlediğini öğrenmeye devam ediyor. Yanıt hem hayvanların içindeki genetik tarihçede hem de hayvanların içinde bulundukları, onları sarmalayan çevre koşullarında yatmaktadır.

Bilim insanları genlerin hayvanları oluşturmasına neden olan yolları açığa çıkarmaya henüz başlamışlardır. Ama daha şimdiden devrim

yaratacak sonuçlara ulaşmayı başardılar. Türümüz de dâhil olmak üzere pek çok hayvan bedenlerini oluştururken, bu işte özelleşmiş genlerin yarattığı standart bir alet çantasını kullanırlar. Bu çantada hayvan bedeninin koordinatlarını belirlemek; ön ve arka, sol ve sağ, baş ve kuyruk uzuvlarının yerlerini tespit etmek için işaretler bulunur. Uzuvlar ve gözler gibi organların gelişimini kontrol eden birtakım genler de bu çantanın içindedir. Alet çantası, bir türden diğerine belirgin bir değişiklikler göstermez; bir farede gözlerin büyümesini kontrol eden genler eğer bir sineğe verilirse yine gözlerin oluşumunu kontrol eder.

Fosil kayıtları üzerinden yapılacak değerlendirme, bu alet çantasının milyonlarca yıllık bir zaman içinde evrilerek Kambriyen Dönem Patlamasının öncülü olduğunu gösterir. Hayvanlara, yeni formlara evrilmek konusunda sıra dışı bir esneklik sağlamıştır. Genlerin aktif hale geldikleri yerler veya aktif hale gelme zamanları gibi değişkenler üzerinde yapılacak basit tadilatlarla, bu alet çantası yardımıyla çarpıcı farklılıklara sahip yeni bedenler planlanabilir. Öte yandan hayvanlar her ne kadar çok çeşitli farklılıklar gösterseler de, belli kaidelere uymayı sürdürürler. Doğada 6 gözlü balıklar veya 7 ayaklı atlar yoktur. Bu, alet çantasının evrim için belirli yolları kapattığı anlamına gelir.

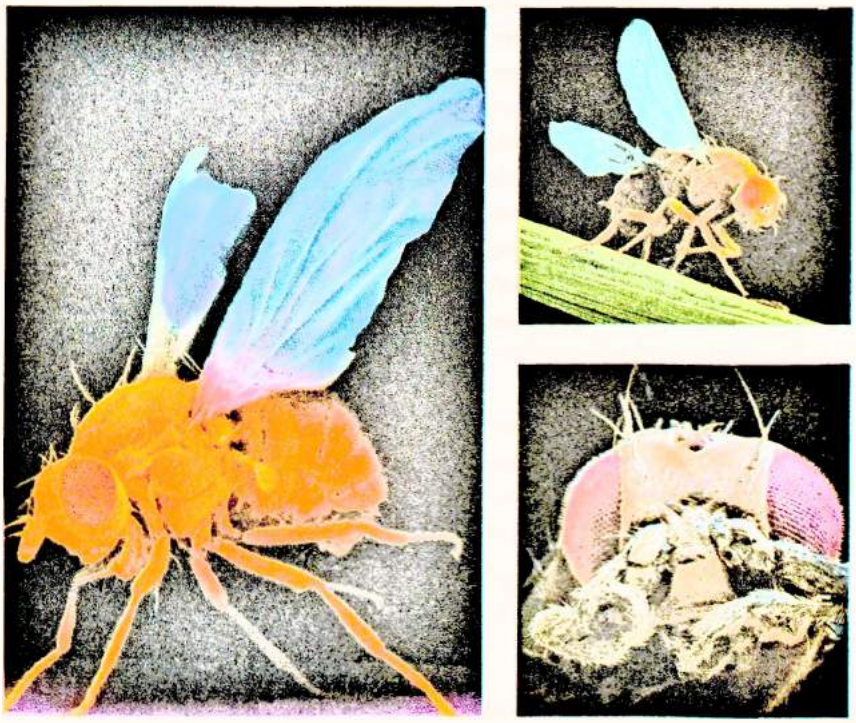
Hayvanların çeşitliliği üzerinde kontrolü olan bir başka unsur da, hayvanların evrildiği çevreydi. Her yeni türden hayvan kendine yaşamak için bir ekosistem bulmak zorundadır. Aksi halde basitçe yok olur gider. Yeni bir tür hayvanın kaderi önceden tahmin edilemez; talih kuşunun başına konması veya şans eseri bir şeylerin yolunda gitmesi, gelişimi için büyük önem taşır. Karada yaşayan omurgalıları düşünün. Hepsinin üzerlerinde parmaklar bulunan 4 uzvu vardır (veya yılanlar gibi daha önce uzvu olanlardan evrilmişlerdir). Ancak karada yürümenin en iyi yolu bu olduğundan evrimin bu yönde geliştiğini ileri süremeyiz. Gerçekte, balıkların bacak ve ayakları, sudan ayrılıp karaya çıkmalarından milyonlarca yıl önce evrimleşmiştir. Bu uzuvların omurgalıların karada yürümesine vesile olacağı daha sonra anlaşılmıştır. Tüm hayvanların deneyimlediği büyük dönüşüm aynı ana fikre sahiptir: Evrim, yaşamın tarihince hâlihazırda ortaya çıkartılmış olanları yalnızca tamir edebilir.

EVRİMİN CANAVARLARI

Hayvanların nasıl evrildiğini öğrenmek için biyologlar canavarlar yarattılar. Bacakları kafalarından çıkan sinekler oluşturdular, vücutlarını gözlerle kapladılar, bir fareye fazladan ayak parmakları eklediler ve bir kurbağanın karnına omurga yerleştirdiler.

Biyologların bu canavarları oluşturmak için cerrahiye ihtiyaçları yoktu. Her olguda yalnızca tek bir geni değiştirmeleri, bir geni işlevsiz bırakmaları ya da ilgili genin protein yapımı için belirlediği yeri veya zamanı değiştirmeleri yeterliydi. Biyologların keşfetmiş olduğu bu genler, hayvan bedenlerinin gelişimini kontrol ediyorlardı.

Bu canavarları yaratma macerasının tarihi, bir yüzyıl öncesine kadar gider. 1890'larda İngiliz bir biyolog olan William Bateson, bilim tarafından bilinen tüm kalıtımsal varyasyonları sınıflandırdı. Bateson özellikle vücudunun bir tarafı yanlış yerde olan hayvanlardan etkilenmişti. Dikenli bir ıstakozun gözlerinin olması gereken yerde bir anteni vardı. Bir güvenin ayaklarının olması gereken yerde kanatları büyüyordu. Testere sineğinin anten yerine bacakları oluşmuştu. Bu canavarların arasında bazı insanlar da vardı. Çok ender olarak, insanlar da boyunları çevresinde çıkan küçük kaburga kemikleriyle veya fazladan bir çift meme başıyla doğuyordu.

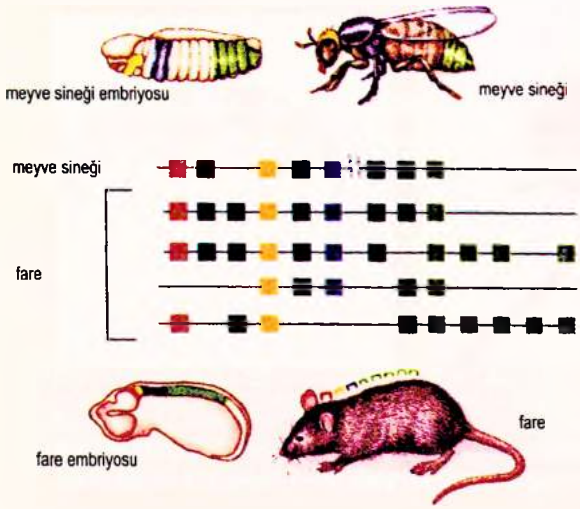


Normalde meyve sinekleri bir çift kanat ve halter adı verilen, onları uçarken dengede tutan bir çift tokmak benzeri yapı ile doğarlar (solda). Ancak bunların kontrolünü gerçekleştiren genlerdeki bir mutasyon bu halterleri birer kanada dönüştürür (sağda yukarıda). Başka bir mutasyon da bunları kafalarından çıkan bacaklara dönüştürebilir (sağ altta).

Her nasılsa, bu mutasyonlar tüm bir beden parçasının ait olmadığı bir yerde ortaya çıkmasına yol açabiliyordu. Bateson, hilkat garibeleri yaratan bu işlemleri "homeosis" olarak adlandırdı. Homeosisin nasıl çalıştığına dair ilk kanıt 1915'te, bir olgudaki özel bir mutasyonun izini süren Columbia Üniversitesinden Calvin Bridges'den geldi. Bir meyve sineğinde fazladan bir çift kanat olduğunu keşfetmişti. Bu çift kanatlı sinekler mutant genlerini çift kanatlı yavrularına geçirdi. Bridges'in keşfettiği mutantlar o zamandan beri genetikçiler tarafından hayatta tutuldu.

Biyologlar, Bridges'in keşfettiği mutatlardaki değişimden sorumlu olan genin nasıl izole edildiğini ancak 1980'lere gelindiğinde anlayabildiler. Bu işe sebep olan, günümüzde Hox genleri olarak adlandırılan, birbiriyle akraba olan tek bir gen ailesiydi. Biyologlar Hox genlerini değiştirerek kafalarından bacakları çıkan veya bacaklarının olması gereken yerde antenleri olan acayip sinekler yaratabildiler.

Biyologlar, bu türden mutantlar üzerinde incelemeler yaparak, Hox genlerinin çalışma prensiplerini ortaya koyma olanağı buldular. Hox genleri sinek henüz embriyo safhasındayken aktif hale gelir; bu evrede embriyo hâlâ şekillendirilmemiş bir futbol topuna benzer. Embriyo parçalara bölünür; her ne kadar parçalar birbirlerine eş görünse de, daha o andan her bir parçanın sineğin vücudunda oluşturacağı organ belirlenmiştir. Hücrelere her parçanın hangi organa dönüşmek için nasıl gelişeceğini söylemek Hox genlerinin görevidir. Hox genlerinden aldığı iletiye göre, hücreler bir bacak, kanat, anten veya karnın bir parçası olmak üzere bölünmeye başlarlar.



Hox genleri, pek çok hayvanın kafadan kuyruğa kadarki anatomik yapılarını belirler. Grafikte Hox genleri renkli karelerle, bu genlerin kontrol ettiği embriyolarda kontrol ettiği kısımlar da aynı renklerle temsil edilmektedir. Böcekler ve diğer omurgasızlar birer Hox geni setine sahipken omurgalılar ise dörder takım Hox genine sahiptir. Yine de omurgalılar ile böceklerin Hox genleri hemen hemen aynıdır.

Hox genleri güçlerini, diğer genlerin çeşitli işlevlerini etkisizleştirerek veya aktifleştirerek gösterirler. Tek bir Hox geni bile diğer pek çok geni de içine alan zincirleme bir reaksiyonu tetikleyip vücudun belirli bir bölgesinin oluşmasını sağlayabilir. Hox geni mutasyona uğradığı vakit, diğer genlerin işlevlerini uygun biçimde kontrol edemez hale gelir. Oluşan hata, bir beden parçasının vücudun yanlış yerinde meydana gelmesine yol açabilir. Calvin Bridges'in çift kanatlı sineklerinin sırrı işte buydu.

Hox genleri şaşırtıcı derecede zariftirler. Biyologlar bir meyve sineği larvasında hangi hücrelerin aktif Hox genleri olduğunu, onları parlatarak anlayabilirler. Bunu, Hox genleri tarafından üretilen proteinlere bağlanan ve ışık üreten öze proteinleri larvaya enjekte ederek gerçekleştirirler. Her Hox geni, aktif oldukları kısımda parlar. Bazı Hox genleri sineğin başının yakınındaki bölgelerde, bazılarıysa kuyruk kısmı yakınlarında aktiftirler. Hox genlerinin dağılımı, baştan kuyruğa dek uzanan dikkat çekici bir dağılımı işaret eder: Hox genleri meyve sineklerinin kromozomlarında da, larvalarda olduğu gibi başa ait genler önde, kuyruk genleri sonda gelecek şekilde yerleşmişlerdir.

Biyologlar 1980'lerde meyve sineklerindeki Hox genlerini keşfettiklerinde, genlerin embriyoların gelişimini nasıl kontrol ettiklerine dair hiçbir şey bilmiyorlardı. Bu işlemi tek bir tür üzerinde inceleyebilecekleri için çok sevinmişlerdi. Ancak meyve sineklerinin oluşumuna etki eden bu genlerin yalnızca bu türe özel olduğunu, böcekler ve diğer eklem bacaklılarda bu görevin farklı genlerce yürütülüyor olması gerektiğini varsayıyorlardı. Eklem bacaklılar gibi parçalı dış iskeleti olmayan diğer hayvanların çok farklı beden yapıları vardı ve vücutlarının inşa işlemini üstlenmiş çok farklı genler olmalıydı.

Biyologlar Hox genlerinin kurbağalar, fındık fareleri, kadife solucanlar, midyeler, denizyıldızları ve insanlar gibi diğer hayvanlarda da bulunduğunu fark edince, mutlulukları şaşkınlığa dönüştü. İncelenen olguların tümünde, Hox genini taşıyan hayvan ne olursa olsun, genler birbirleriyle tıpatıp aynıydı. Aynen sineklerde olduğu gibi, bu hayvanların kromozomlarındaki gen dizilişi ile genlerin vücuttaki dağılımı arasında kusursuz bir uyum vardı.

Biyologlar, Hox genlerinin tüm bu hayvanlarda aynı görevi yerine getirdiğini keşfettiler: Sineklerde yaptıkları gibi, baş-kuyruk düzeni içinde farklı bölgelerde özelleşmişlerdi. Birbirinden farklı hayvanlardaki bu Hox genleri öylesine benzerdiler ki, bilim insanları bir meyve sineğindeki hatalı Hox genini bir fareden aldıkları aynı Hox geniyle değiştirdiklerinde sinek hâlâ vücut parçalarını uygun şekilde büyütmeye

devam edebiliyordu. Her ne kadar fare ve meyve sineği 600 milyon yıl önce yaşamış bir ortak atadan ayrılmış olsalar da, gen hâlâ gücünü ortaya koyabiliyordu.

ANA KONTROL GENLERİ

Bilim insanları 1980 ve 1990'larda, en az hayvan larvalarında çalışan Hox genleri kadar güçlü başka ana kontrol genleri de keşfettiler. Hox genleri baştan kuyruğa sıralanmış halde çalışırken, bazı genler bedenin soldan sağa düzenini belirliyor ve diğerleriyse üst beden ile alt bedene etki ediyorlardı. Meyve sineklerinin bacaklarının üç boyutu da ana kontrol genleri tarafından haritalandırılıyordu. Ana kontrol genleri organların yapımını da kontrol ediyordu. Pax-6 geni olmaksızın bir sinek gözleri olmadan doğar. Tinman geni olmayan bir meyve sineğinin kalbi olmaz.

Aynen Hox genlerinde olduğu gibi, tüm bu ana kontrol genleri de bizim DNA'mızda bulunurlar ve sıklıkla sineklerde yaptıkları görevleri üstlenirler. Örneğin Pax-6'nın fare versiyonu bir sineğin bedenini fazladan gözlerle kaplayabilir. Biyologlar diğer hayvanların da genlerini inceledikçe, ister meşe palamudu kurtları, ister denizkestaneleri, isterse mürekkepbalığı veya örümcek olsun, tüm hayvanların aynı ana kontrol genlerine sahip olduğunu gördüler.

Ana kontrol genleri, çok farklı hayvanların bedenlerini aynı beden yapım yönergesiyle inşa etme yeteneğine sahiptir. Bir yengecin bacakları, içinden kasların geçtiği boş silindirlerden oluşur. Bizim bacaklarımız ise merkezde bir kemik kirişinin, dışta ise kasların yer aldığı bir yapıdır. Ancak bu farklılıklara karşın, yengeçler ve insanlar uzuvlarını oluşturmak için aynı ana kontrol genlerini paylaşırlar. Aynı şeyler gözler için de geçerlidir; insan gözleri ışığı geçiren jelle dolu bir top ve ayarlanabilen bir göz merceğinden oluşurken, sinek ise görüntü elde edebilmek için yüzlerce birleşik göze ihtiyaç duyar. Bir insanın kalbi, kanı akciğerlere ve oradan tekrar bedene gönderen odacıklardan oluşurken, bir sineğin kalbi ise tüp şeklinde iki yollu bir pompa gibidir. Bu olguların tümünde, ana kontrol genlerinin organların yapımına olan katkısı aynıdır.

Bu ortak genetik alet çantası öylesine karmaşıktır ki, onu kullanan her canlıda kendi kendine, bağımsız bir şekilde evrimleşmiş olamaz. Bu ortak genler, tüm bu hayvanların ortak atası olan bir canlıda evrimleşmiş olmalıdır. Ortak ata farklı hayvan dallarına ayrıldığına, ana kontrol genleri de farklı beden bölgelerini kontrol etmeye başlar. Hayvanlar çok

farklılaşmasına karşın, sahip oldukları alet çantaları yüzlerce milyon yılda çok az değişikliğe uğramıştır. Bir farenin ana kontrol genlerinin, bir sineğin gözlerini de inşa edebilmesinin nedeni budur.

KAMBRİYEN DÖNEM PATLAMASININ ARKASINDAKİ GENLER

Biyologlar genetik alet çantasını keşfettiklerinde, buluşlarının 535 milyon yıl önce Kambriyen Dönem Patlamasını gerçekleştirmiş şey olabileceğinin farkına vardılar. Fosil kayıtlarına göre, ilk ortaya çıkan ilkel hayvanlar arasında denizanaları ve embriyoları iki katmandan oluşan diploblastların da dâhil olduğu süngerler bulunuyordu. Biyologlar bu hayvanlarda da ana kontrol genlerini araştırdılar ancak hayal kırıklığına uğradılar. Diploblastlar bu genlerden ancak bir kısmına sahiptiler ve bunları triploblastların (embriyoları üç ana katmandan, endoderm, ektoderm ve mezodermden oluşan canlılar) kullandığı düzen içinde kullanmıyorlardı.

Bir denizanasının bedenini değerlendirdiğinizde basitliği şaşırtıcı olmaz. Bedeninin yukarıdan aşağıya veya sağdan sola belirli bir ekseni yoktur. Bunu yerine, bedeni bir zil veya bir küre gibi dairesel olarak simetriktir. Ağzı aynı zamanda anüs işlevi görür. Sinir sistemi merkezi bir kordondan çıkan dallar şeklinde değil, merkezi bulunmayan bir ağ örgüsü gibidir. Bir ıstakoz veya kılıç balığında olduğu gibi karmaşık bir organizasyona sahip değildir.

Tüm hayvanların ortak atasında bulunan genetik alet çantası, ilkel diploblastların dallara ayrılmasından sonra ortaya çıkmıştır. Böylece meydana gelen yeni hayvanlar daha gelişmiş vücutlara sahip olabilmişlerdir. Gelişen bir embriyoda koordinatlar sistemi kurmak, bedeni parçalara bölmek, daha fazla duyu organına sahip olmak, besinlerin sindirimi için veya hormon yapımı için daha fazla hücre bulundurmak, okyanuslarda hareket edebilmek için daha fazla kas elde etmek bu sayede mümkün olmuştur.

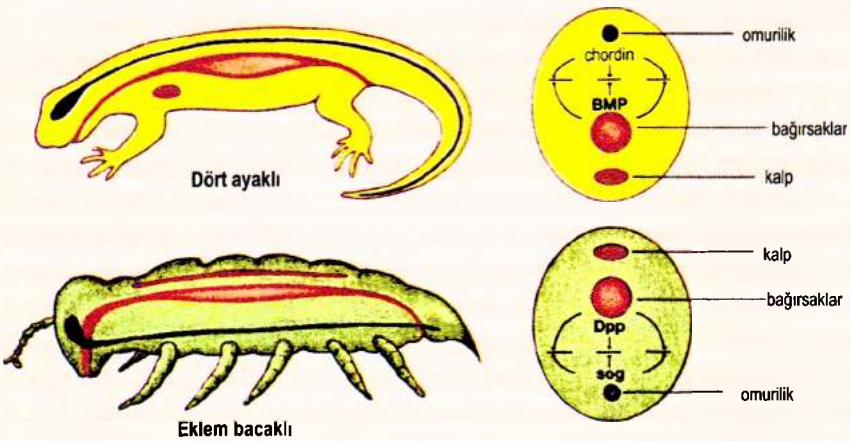
Ortak atanın ne türden bir bedeni olduğunu tam olarak söylemek zordur. Fakat paleontologlar araştırmaları sonunda, Kambriyen Dönem Patlamasından önce yaşamış, birkaç santim boyunda, solucan benzeri bir canlının ortaya çıkmasına şaşırmayacaklardır. Bu ortak atanın bir ağza, bir bağırsağa, bir anüse, kaslara ve kalbe, sinir kordonu etrafında organize olmuş bir sinir sistemi ve ışığa duyarlı bir organa ve son olarak bedeninden dışarıya doğru çıkıntı yapmış organlara (bu uzuvlar bacak veya anten değillerse, ağzın etrafında beslenmeyi kolaylaştıran

uzantılar olmalıdır) sahip olması hiç de şaşırtıcı olmayacaktır. Bu ortak ata, Ediakaraların arasında gelişmiş ve kime ait olduğu belirlenememiş izleri bırakan canlının ta kendisi de olabilir.

Paleontologlar artık, Kambriyen Dönem Patlamasının ancak genetik alet çantasının tamamlanmasından sonra gerçekleşebilmiş olduğuna inanıyorlar. Düzinelerce yeni hayvan beden planlarının ortaya çıkabilmesi ancak genetik alet çantasıyla mümkün oldu. Evrim, bu işlemler için rastgele yeni bir beden oluşturan gen ağları yaratmadı; orijinal genetik alet çantasının basit değişikliklere uğramasıyla farklı türden bacaklar, kalpler ve diğer beden parçaları ortaya çıktı. Bu hayvanlar görünüşte çarpıcı farklılıklara sahiptiler ama bedenlerinin oluşabilmesi hâlâ geri planda çalışan tek bir programa dayanıyordu.

Bu esnekliğe ilişkin en vurucu örnek, bizim sinir sistemimizin köklerinde saklıdır. Tüm omurgalılar sırtlarından (biyologların deyişiyle, dorsal taraf) aşağıya doğru ilerleyen bir sinir kordonuna sahiptir, kalp ve sindirim sistemi de ön (ventral) tarafta yer alır. Böceklerin ve diğer eklem bacaklılarsa tam tersi bir düzene sahiptirler: Sinir kordonu ön tarafta, kalp ile bağırsaklar sırt tarafında bulunur.

Bu ayna yansıması gibi taban tabana zıt beden yapıları, Georges Cuvier ve Geoffroy Saint-Hilaire arasında 1830'larda ateşli bir tartışmaya



Tüm omurgalıların (solda üstte) sırtlarında birer omurilik bulunur; kalpleri ile sindirim sistemleri ise ön taraflarındadır. Böcekler ve bunlarla akraba omurgasızlar (solda altta) bunun tersi bir yerleşime sahiptir. Oysa sağ tarafta gösterildiği gibi, gelişimlerini ve organların düzenini belirleyen mekanizmalar aynıdır. Sinir bloke edici bir protein (Omurgalılarda Bmp, böceklerde ise Dpp) vücutlarında ikinci bir protein (chordin veya sog adı verilen) tarafından baskılanana dek yayılır ve omuriliğin gelişmesini sağlar.

neden oldu. Cuvier bu anatomik yapıların temelden farklı olduğunu, dolayısıyla omurgalılarla eklem bacaklıların tamamen farklı iki gruba ait olduğunu ileri sürüyordu. Ancak Geoffroy eğer eklem bacaklıların beden planı yeterince ısrarcı biçimde dönüştürüldüğünde, omurgalıların beden yapısına ulaşılacağını iddia ediyordu. Nihayetinde haklı çıkan Geoffroy oldu ama gerçek hiç de hayal ettiği gibi değildi. Omurgalıların ve eklem bacaklıların sinir sistemleri gerçekten de çarpıcı şekilde farklıdır ancak bu farklı sinir sistemlerinin gelişimini aynı genler kontrol eder.

Bir omurgalıya ait embriyo şekillenmeye başladığında, ön ve arka taraflarındaki hücrelerin sinir hücrelerine, yani nöronlara dönüşme ihtimali bulunur. Karnımızdan aşağıya doğru uzanan bir sinir kordonu olmamasının nedeni, embriyomuzun ön tarafındaki hücrelerin Bmp-4 denilen bir protein salgılamalarıdır. Bu protein hücrelerin sinir hücresine dönüşümünü engeller. Zaman içinde ön taraftaki hücrelerden yayılan Bmp-4, embriyonun sırt tarafına da ulaşır ve oradaki sinir hücrelerinin gelişimini de sınırlar.

Eğer Bmp-4 diğer tarafa geçerken her tarafa yayılırsa, omurgalı embriyosunda hiçbir sinir hücresi oluşamaz. Embriyo gelişirken sırt tarafındaki hücreler Bmp-4'ü bloke eden bir protein salgılarlar. Chordin olarak bilinen bu protein, embriyonun sırt kısmını Bmp-4'ten korur; böylece sırttaki hücreler sinir hücrelerine dönüşebilir. Bu yolla, omurgalıların sırt kısmında yer alan sinir kordonu oluşumunu tamamlar.

Bu olaylar silsilesini meyve sineğinde gerçekleşenlerle kıyaslayın. Meyve sineği embriyosu ilk oluştuğunda, hem ön tarafında hem de sırt tarafında sinirler oluşturabilir. Omurgalılarda ön tarafta üretilen Bmp-4 yerine, meyve sineklerinin sırt tarafında sinir baskılayıcı bir protein olan Dpp oluşturulur. Dpp sineğin ön tarafına doğru yayılırken bir protein (sog) tarafından yolu kesilir. Dpp'den korunan sineğin ön tarafı, böylelikle bir sinir kordonu oluşturabilir.

Bu genler, sineklerde ve omurgalılarda benzer işleri yapmakla kalmazlar, dizilimleri de hemen hemen aynıdır. Sinirleri bloke eden genler Dpp ile Bmp-4, tıpkı birbirlerine antagonist (karşıt) olan sog ve chordin gibi uyumludurlar. Birbirlerine o kadar benzerlerdir ki, bir sinekten alınan sog geni bir kurbağa embriyosuna yerleştirildiğinde, kurbağanın karnında ikinci bir sinir kordonu oluşmaya başlar. Sineklerde ve kurbağalarda aynı genler aynı sorumlulukları üstlenirler, yalnızca etki ettikleri yer birbirinin zıttıdır.

Bu kadar benzer işlevleri üstlenmiş genlerin, ortak bir atası olması gerekir. Berkeley'deki California Üniversitesinden John Gerhart bu

dönüşümün nasıl olduğuna ilişkin bir kuram ortaya attı. Genetik alet çantasına sahip olan ilk hayvanlar, büyük bir sinir sistemi yerine, bedenlerinin farklı bölgelerinde konuşlanmış küçük sinir kordonları oluşturdular. Bu atalar, chordin ve sog'un öncülü olan bir gen taşıyorlardı ve bu gen, embriyonun sinir kordonu oluşturacağı her yerde sinir hücrelerinin gelişimini destekliyordu.

Bu ortak ata, Kambriyen Dönem Patlaması sırasında ortaya çıkan tüm dallarda öncülük etti. Eklem bacaklılar dalında sinir kordonları tek bir yapı halinde birleşip ön tarafta yer aldı. Omurgalılarda ise bu kordonlar sırt bölgesine göç etti. Ancak sinir kordonlarını oluşturan orijinal genler ortadan kaybolmadı, yalnızca aktif hale geldikleri yerler değişti. Nihayetinde zaman içerisinde Geoffroy'u oldukça etkileyen ayna yansıması haline geldiler.

GENLERİN ÇOĞALMASI VE OMURGALILARIN ORTAYA ÇIKIŞI

Omurgalılar, Kambriyen Dönem Patlaması sırasında yalnızca sırtları boyunca ilerleyen bir sinir kordonu elde etmediler. Genetik alet çantalarında evrimle oluşan ufak tadilatlar sayesinde gözlere, karmaşık beyinlere ve iskeletlere de kavuştular. Bu süreçte omurgalılar güçlü yüzücülere, mükemmel yırtıcılara dönüştüler ve böylece o tarihten bu yana karada ve okyanuslardaki en baskın yırtıcılar olarak hüküm sürer oldular.

Bilinen en eski omurgalı fosili Çin'de bulunan taşemen balığı benzeri bir yaratığa aittir ve tarihi Kambriyen Dönem Patlamasının ortalarına, 530 milyon yıl önceye kadar uzanır. Bu ilk omurgalıların, atalarından nasıl oluştuğunu anlamak için biyologlar yaşayan en yakın omurgasız akrabalarımız üzerinde çalıştılar. Basit bir deniz hayvanı olarak bilinen batrak, etkileyici bir kuzen değildir. Gerçekte konserve kutusundan çıkmış başsız bir sardalyeye benzer. Batraklar yaşamlarına ince bir larva olarak başlarlar ve sahillerin sığ sularında yüzerek akıntıların getirdiği besinleri yerler. Erişkin batrak boyu birkaç santime ulaştığında, kumda kazdığı bir oyuğa yerleşir ve başını suda tutarak filtreleme yoluyla beslenmeye devam eder.

Bir batrak her ne kadar son derece iddiasız görünse de, omurgalılarla bazı ortak özellikler taşır. Bedeninin ön tarafında balıkların solungaçlarına benzer ince yarıklar bulunur. Sırtında da "notokord" olarak adlandırılan, bir çubuğun desteğiyle sertleştirilmiş bir sinir kordonu yer alır. Omurgalıların da notokordları vardır ama omurgalılarda bu yapı embriyo dönemine özgüdür. Notokord zamanla, yerini gelişimini sürdüren omurgaya bırakarak ortadan kaybolur.

Başka bir deyişle, omurgalıların bazı belirli bedensel yapıları, batrakların ve omurgalıların ortak atasında evrimleşmişti bile. Ancak omurgalıları farklı kılan bu anatominin önemli bazı parçaları batraklarda eksiktir. Örneğin gözleri yoktur ve sinir kordonlarının sonunda, nöronların omurgalılarda oluşturduğu beyne benzemeyen, küçük bir kabarcık bulunur.

Ancak batraklarda da beyin ve gözlerin öncüllerini görmek mümkündür. Batraklar ışığı, ışığa duyarlı hücrelerin sıralandığı ufak bir oyuk sayesinde algılayabilirler. Bu hücreler aynen omurgalılarda olduğu gibi retina benzeri bir yapıyla birbirlerine bağlıdırlar ve tıpkı gözlerimizin beynimize bağlı olduğu gibi, sinir kordonunun ön kısmına iliştirilmiştirler. Batrakların sinir kordonlarının ön taraflarındaki küçük kabarcık yalnızca birkaç yüz sinir hücresi içerir (bizim beynimizde ise 100 milyar hücre vardır) ama beyinleri ne kadar basit olursa olsun, beynin işlevlerine göre bölünme biçimi, bizim omurgalı beyinlerimizin yapısına benzer.

Batrakların sinir kordonu ve omurgalıların beyinleri arasındaki benzerlik, onları oluşturan genlere dayanır. Omurgalı beyinlerini ve sinir kordonunu şekillendiren Hox genleri ve ana kontrol genleri batrak embriyosunda da bu işi aynı hassasiyetle, baş-kuyruk düzeni çerçevesinde yaparlar. Batrakların gelişen göz küreciklerindeki hücrelerin genleri ile bir omurgalının gözlerini oluşturan genler aynıdır. Batrakların ve omurgalıların ortak atalarının temel beyin yapısını geliştirmek için aynı genlere sahip olduklarını söylemek oldukça yerinde bir iddiadır.

Bir zamanlar omurgalılar ve batraklar aynı atadan dallara ayrılmış olsalar da, bizim atalarımız oldukça sıra dışı bir evrim deneyimi yaşamıştır. Batrakların 13 adet Hox geni varken, omurgalılarda her biri aynı baş-kuyruk doğrultusunda düzenlenmiş bu genlerin 4 farklı grubu bulunur. Mutasyonlar, orijinal Hox gen takımlarının ikilenmesine yol açmış olmalıdır. 4 takım haline evrildikten sonra, bu yeni genler farklı kaderlerle yüzleşmişlerdir. Bazıları orijinal Hox genlerinin görevlerini üstlenmiş, kimileriyse omurgalı embriyolarının şekillenmesine yardımcı olabilecek yeni görevler edinene dek evrimlerini sürdürmüşlerdir.

Genlerin çoğalmasıyla yaşanan bu artış sayesinde, atalarımız çok daha karmaşık bedensel yapılara doğru evrilmeye başladılar. Omurgalılar buruna, gözlere, iskelet sistemine ve güçlü kaslara sahip olabildiler. Omurgalıların evriminin hemen öncesinde, baş-kuyruk düzenini kontrol eden Hox genleri yüzgeçleri oluşturulması için ödünç verildi. Yüzgeçler omurgalılara, batrak şekilli atalarına göre yüzmelerini daha verimli biçimde kontrol etmede ve çok daha etkili manevralar yapmalarında yardımcı oldu.

Omurgalılar böylece pasif bir şekilde suyu filtre ederek beslenmek yerine avlanmaya başladılar. Büyük hayvanların peşine düşebildiler ve kendileri de gittikçe daha büyük bedenlere evrildiler. Bu genetik devrim sayesinde, erken dönem omurgalılar zaman içerisinde köpekbalıklarına, anakonda yılanlarına, insanlara ve balinalara dönüştüler. Yeni Kambriyen genler olmasaydı bizler hâlâ batraklar gibi küçük, beyinsiz kafalarımızla dalgalar arasında salınıyor olabilirdik.

KAMBRİYEN DÖNEM PATLAMASININ FİTİLİ ATEŞLENİRKEN

Genetik alet çantasının evrimi, Kambriyen Dönem Patlamasında kilit rol oynayan etkenlerden biridir. Ancak patlama, genetik alet çantasının evrimiyle aynı anda gerçekleşmedi. Genetik alet çantasına sahip olan bu ilk hayvanlar büyük bir olasılıkla, Kambriyen Dönem Patlamasının ilk bulguları 535 milyon yıl önce ortaya çıktığı sıralarda, yaşamlarını on milyonlarca yıldır sürdürüyorlardı. Eğer hayvanların patlama öncesinde böylesine büyük evrim bir geçirmek için yeterli potansiyelleri olmuş olsa bile bir şeyler onları bunu yapmaktan alıkoymuş olmalıdır.

Bu erken dönem hayvanların alet çantası, ateşlenmeyi bekleyen bir fitil gibiydi. Kambriyen Dönem öncesinde okyanuslar hayvan evrimi için uygun yerler değildi. Kambriyen Dönem Patlamasında ortaya çıkanlar gibi büyük aktif hayvanların çok fazla enerjiye gereksinimi vardır ve bunu üretebilmek için fazla miktarda oksijen almaları gerekir. Kambriyen Öncesi Dönemde deniz tabanında oluşan kayaların kimyasal yapısı, ortamda kullanmaya uygun yeterli oksijen bulunmadığını ortaya koyar. Okyanusların yüzeyindeki fotosentetik algler ve bakteriler bol miktarda oksijen salıyorlardı ama bu oksijenin çok küçük bir kısmı derinlere ulaşabiliyordu. Yüzeydeki oksijenle solunum yapan çöpçü bakteriler, yaşamını yitirmiş fotosentezcilerle besleniyor, okyanusun kalanını ise oksijensiz bırakıyorlardı.

Yaklaşık 700 milyon yıl önce oksijen düzeyleri yükselmeye başladı ve en sonunda bugünkü yoğunluğunun yarısına ulaştı. Oksijenin artışı, aynı dönemde süper kıtanın kırılmasıyla ilişkilidir. Kıtalar ayrılırken, okyanus tabanlarına daha fazla karbon ulaşabildi, böylece atmosfere salınan oksijen miktarı da arttı. Bu oksijenin bir miktarı da okyanuslarda tutuldu.

Okyanuslarda oksijen düzeyleri yükseldikten sonra tüm gezegen şiddet dolu bir dönemin içine girdi. Harvardlı jeolog Paul Hoffman'a göre, buzul çağları gezegeni ezip geçti ve buzullar ekvatora kadar ilerledi. Buzullar ancak volkanların yeterli karbondioksiti açığa çıkarıp

atmosferi ısıtmasıyla eridiler. Yaşam küresel buzul çağları boyunca sığınaklara çekilmişken, evrim yeni türler ve yeni adaptasyonlar yaratmak üzere daha hızlı adımlarla ilerlemeye başladı. Çünkü hayvanlar karmaşık genetik devrelerine artık sahiptiler ve evrimsel baskılara, Kambriyen Dönem Patlamasının tüm yeni formlarını kullanarak yanıt verebiliyorlardı.

Genler ve fiziksel koşullar Kambriyen Dönem Patlamasını başlatmış olabilir ancak bu patlamanın ne kadar büyük olacağını kontrol eden nihayetinde ekolojiydi. Erken Kambriyen Dönemde yeni ortaya çıkan hayvanların arasında, dünya tarihinde ilk kez algleri yiyen türler de bulunuyordu. Bu omurgasızlar tüylü uzantılarıyla besinlerini yakalıyorlardı ve çoğalma konusunda inanılmaz başarılı oluyorlardı (Günümüzde peri karidesleri, su pireleri ve diğer alg yiyiciler bu başarılarını devam ettirmektedirler). Alg yiyicilerin bir kez başarılı olup gelişmeye başlaması, geniş vücutlu ve hızlı yüzen yırtıcıların (bu yırtıcılar, kendilerinden büyük yırtıcılara yem olabilirlerdi de) ortaya çıkışını da kaçınılmaz hale getirdi. Okyanusun besin şebekesi kendini hızlı bir şekilde daha karmaşık bir yapıya dönüştürdü.

Hayvanların beslenmesi ve avlanmasıyla ortaya çıkan yeni baskılar yalnızca hayvanlar değil algler arasında da çeşitliliği teşvik etti. Erken fosil kayıtlarında en sık rastlanan alg türü, acritarch adı verilendir. Kambriyen Öncesi Dönemde acritarchlar küçük ve tanımlanamazlarken, Kambriyen Dönem Patlaması sırasında aniden dikenler ve başka aksesuarlar oluşturarak daha büyük formlara evrildiler. Muhtemelen otlayıcı hayvanlara karşı bir savunma sistemleri oluşturarak evrilmişler ve çiğnenmesi daha zor haline gelmişlerdi. Otlayıcılar ise etraflarında savunma çemberleri kurmuş, yırtıcılara karşı dikenler, kabuklar ve zırhlar oluşturmuşlardı. Yırtıcılar da boş durmamışlar, yeni saldırı biçimleri, pençeler, parçalayıcı dişler ve daha keskin duyular gibi donanımlar geliştirerek evrilmişlerdi. Kambriyen Dönem Patlaması artık kendini besleyen bir ateş haline gelmişti.

PARTİ SONA ERDİ

Ancak birkaç milyon yıl içinde ateş ortadan kayboldu. Paleontologlar, Kambriyen Dönem Patlaması sonrasında ortaya çıkmış yalnızca bir yeni filum tespit edebildiler (Bu yeni filum, okyanus tabanında bir hasır oluşturarak koloniler halinde yaşayan hayvanlar olan bryozoanlardı). Bu, hayvanların o günden beri değişmediği anlamına gelmez. İlk omurgalılar taşemen benzeri yaratıklar olsalar da, şaşırtıcı bir çeşitlilikle

evrimleşmişlerdir; kar balıkçılından, ağaç kangurusuna, çekiç başlı köpekbalığından vampir yarasaya ve deniz yılanına ulaşan farklı biçimler almışlardır. Ancak tüm bu hayvanlar iki göze, kafatası içine yerleşmiş bir beyne ve iskeletlerini çevreleyen kaslara sahiplerdi. Evrim yaratıcı bir güç olabilir ama sınırsız olanakları yoktur. İşin gerçeği, evrimi kısıtlayan pek çok faktör vardır ve yol da tuzaklarla doludur.

Yaşam evrimsel bir dönüşüm patlamasına doğru giderken yeni türler kendilerine ekolojik sığınaklar arıyorlardı. Viktorya Gölündeki ciklet balıkları kayalardaki algleri sıyıracak, böcekleri yiyecek ve göldeki diğer besinlere karşı avantaj elde edecek şekilde evrime uğruyorlardı. İlk alg kazıyıcıları işlerini belki çok iyi yapmıyorlardı ama etrafta başka alg kazıyıcılar olmadığından ötürü çabalarının karşılığı onlara yetiyordu. Ciklet balıkları evrilirken daha fazla tür için de yeni ekolojik sığınaklar yaratıyorlardı: Onları yiyen yırtıcılar, balık pulu tarayıcıları veya yumurta hırsızları ortaya çıkıyordu. Yaşam yeni sığınaklar yaratıyordu fakat muhtemelen bu sığınakların sayısı sınırsız da değildi. Er ya da geç, türler birbirleriyle yarışmaya başlayacaktı. Bazıları kazanacak, bazıları kaybedecekti. Malawi ve Tanganyika'nın eski göllerinde ciklet balıkları evrime uğrayabilmek için milyonlarca yıl daha uzun zamana sahip olmuşlardı ama hiçbiri de genç Viktorya Gölündeki gibi ekolojik sığınaklar yaratamamışlardı.

Viktorya Gölündeki ekosistemin sınırlarına ulaşması gibi, Kambriyen Dönem Patlaması da dünya böyle bir doygunluğa ulaştığında sona ermiş olabilir. Viktorya Gölünde ortaya çıkan çukur kazanlar ve alg tarayıcılarına benzer olarak, Kambriyen Dönem Patlaması sırasında dünya üzerindeki ilk büyük hareketli yırtıcılar ortaya çıktı. Büyük bir olasılıkla bu hayvanlar olası tüm ekolojik sığınakları doldurmuş ve yeni ortaya çıkacak türlere alan bırakmayacak kadar ustalaşmışlardı. Yeni tasarımların sınanabileceği fırsatların yokluğunda, yeni hayvan türleri kendilerini var edemezler.

Bazen evrimsel bir patlama yarattığı genetik karmaşıklık nedeniyle kendi yolunu tıkar. En erken hayvanlar son derece basittiler; az sayıda gelişimsel genle toparlanmış bir avuç farklı hücreden ibaretlerdi. Kambriyen Dönem Patlamasının sonlanmasıyla birlikte soyları pek çok farklı hücreye sahip, bedenlerini karmaşık etkileşimli gen ağlarıyla oluşturan canlılara evrildiler. Evrilip bir yapının inşasını sağlayan genler, sıklıkla başka yapılar için de kullanılırlar. Örneğin Hox genleri yalnızca beyin ve omurganın ana yapılarını yapmakla kalmaz aynı zamanda bacakları ve yüzgeçleri de oluşturur. Bir gen ne kadar çok farklı işten sorumlu hale gelirse, o genin değişmesi de bir o kadar zorlaşır.

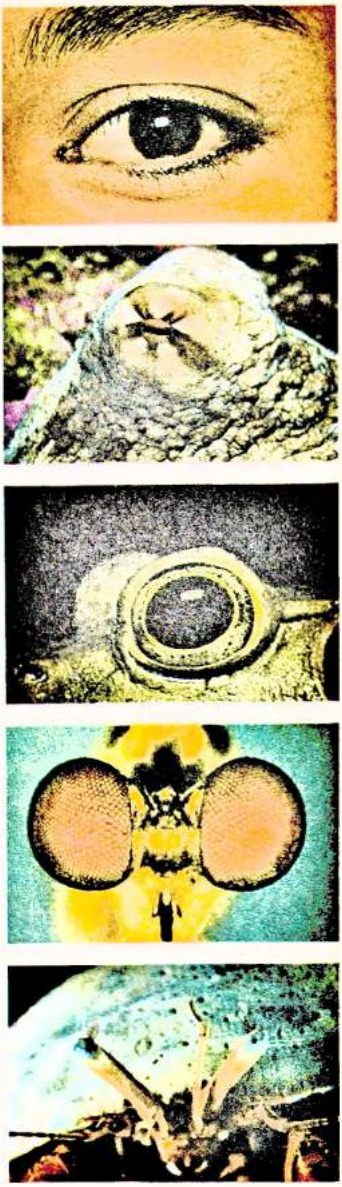
Bir mutasyon, genin yapım faaliyetlerinden birinde iyileşme sağlasa bile diğer işlevlerini tamamen ortadan kaldırabilir. Kambriyen Dönemin başı ile sonu arasında evrimde yaşananları karşılaştırırsak, basit bir ev ile bir gökdeleni mukayese etmiş gibi oluruz.

Çünkü evrim sadece olanı daha düzgün hale getirir; mümkün olan tüm tasarımlar arasından en iyisini seçmez. Her ne kadar mühendislerin gıptayla baktığı pek çok yapı oluşturmuşsa da, çoğunlukla kötü durumlardan en az zararı doğuracak tercihe yönelmek zorunda kalır. Örneğin gözlerimiz gerçekten etkileyici video kameralardır ancak bazı açılardan tamamen kusurludurlar.

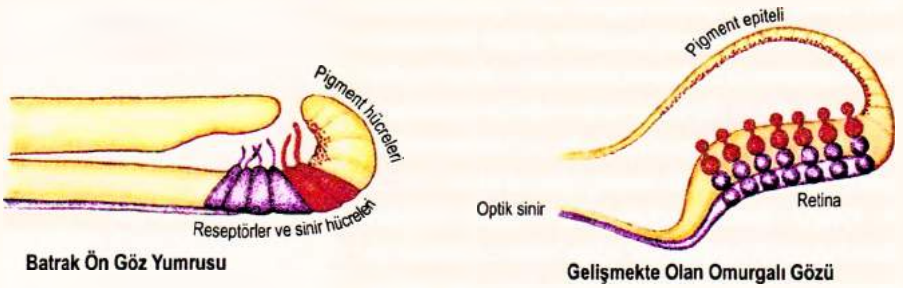
Bir omurgalının gözüne gelen ışık, bir jel katmanından geçerek retina tabakasındaki foto reseptörler üzerine düşer. Ancak retinadaki sinir hücreleri aslında geriye dönük biçimde pozisyon almışlardır. Öyle bir konuma sahiptirler ki, sanki bu sinir hücreleri dış dünya yerine kendi beynimize gözlerini dikmiştirler. Bu yüzden ışığın, kendisini algılayabilecek sinir uçlarına varabilmek için pek çok sinir katmanından ve kılcal ağdan geçmesi gerekir.

Işık retinada geriye bakar halde konumlanmış foto reseptörler üzerine düştüğünde, foto reseptörler aldıkları sinyali öncelikle retinanın gözün ön kısmında yer alan tabakalarına doğru aktarmaya çalışırlar. Bu işlem sırasında sinir hücreleri sinyalleri değerlendirerek görüntünün keskinleşmesini sağlar. Retina tabakasının üst kısmındaki sinir hücreleri optik sinir denilen büyük görme siniriyle ilişkiyi kurarlar. Sinir, önündeki tüm sinirsel ve kılcal yapıların içinden geçerek beynin arkasına ulaşır.

Bu yapı, evrimsel biyolog George Williams'ın açıkça belirttiği gibi, "aptalca



İnsanların (en üstte), ahtapotların, kurbağaların, böceklerin ve kabukluların gözleri, onları oluşturan genlerin çoğu aynı olsa da birbirinden çok farklıdır. Bu göz oluşturan genetik ağ muhtemelen 600 milyon yıl önce oluşmuştur ve bugüne kadar korunmuştur.



Bir batrağın ön-uç kısmının (solda) iki kesitli görüntüsü ile bir omurgalı embriyosunun gözünün (sağda) gelişimi çarpıcı bir benzerlik gösterir. Bir batrak ışığa duyarlı sinir hücrelerini ışığı yakalamak için kullanır (kırmızı ve mavi). Bir omurgalının gözündeki retinayı oluşturan sinir hücreleri de aynı düzene sahiptirler ve neredeyse birbirinin eşi genler tarafından oluşturulurlar. Bu benzerlik omurgalıların gözlerinin, batrağınkine benzer bir göz yumrusundan evrildiğini düşündürmektedir.

tasarlanmıştır." Sinir hücreleri ve kılcal damarlardan oluşan katman bir maske gibi davranır ve foto reseptörlere gelecek ışığı soğurur. Bunu en aza indirgemek için gözlerimiz sürekli olarak küçük hareketler yaparlar ve böylece gördüğümüz nesnelerin etrafındaki hafif gölgelenme ortaya çıkar. Beynimiz daha sonra elde edilen bu soğurulmuş ve gölgeli görüntüleri işleyerek temiz bir görüntü haline getirir.

Başka bir kusur da, retinanın tepesindeki retinal sinir hücrelerinin optik sinire bağlanmasında ortaya çıkar. Optik sinir kendisine gelen ışığın bir kısmını bloke eder ve kör bir alan yaratır. Bu kör noktanın görüşümüzü etkilemiyor oluşunun tek sebebi, beynimizin her iki gözden elde ettiği görüntüleri bu kör noktayı ortadan kaldıracak şekilde birleştirerek, kör noktanın bulunmadığı tam bir görüntü oluşturabilme becerisidir.

Göz tasarımındaki bir başka sıkıntılı unsur ise retinanın sabit oluşundan kaynaklanır. Foto reseptörleri tüylü, hassas sinir uçlarına sahip olmalarından ötürü, kendilerini herhangi bir yere sabitleyemezler. Bunun yerine, retinal pigment epiteli denilen göz duvarındaki bir hücre katmanına gevşek bir şekilde bağlanırlar. Retinal pigment epiteli göz için vazgeçilmezdir. Göze giren fazladan fotonu soğurarak, bu fotonların foto reseptörlerde tekrar toparlanmasını ve görüntünün bulanıklaşmasını engellerler. Aynı zamanda retinayı besleyen kan damarlarını da barındırırlar ve retina yaşlandıkça eski foto reseptörleri değiştirir ve oluşan atıkları gözün dışına taşırlar. Ancak retina ile epitelyum arasındaki bağlantı son derece kırılgandır ve gözlerimiz kötü kullanıma fazla karşı koyamaz. Kafaya isabet eden hızlı bir darbe retinayı ayırıp gözün içinde serbestçe salınmasına sebep olabilir.

Gözler bu şekli almış olmasalardı da mükemmel çalışabilirlerdi. Bir omurgalının gözü ile bir mürekkep balığının gözünü karşılaştırın. Mürekkep balıklarının gözleri avlarını neredeyse karanlıkta bile izleyebilecek kadar güçlüdür. Tıpkı omurgalıların gözleri gibi küreseldirler ve lensleri bulunur. Fakat mürekkep balığı, gelen ışınlar gözün içindeki duvara çarptığında geriye dönük sinir hücreleri yumağıyla savaşmak zorunda kalmaz. Göze gelen ışınlar doğrudan çok sayıda ışığa duyarlı sinir ucu üzerine düşer. Oluşan sinyal herhangi bir sinir katmanından geçmek zorunda kalmadan ve geriye doğru gitmeksizin, sinir uçları aracılığıyla beyne iletilir.

Omurgalıların gözlerindeki kusurları (ve kuvvetli yanlarını) anlayabilmek için evrimsel biyologlar geriye dönüp onların köklerine baktılar. Erken dönemdeki evrimle ilgili en iyi kanıtlar, omurgalıların en yakın yaşayan akrabaları olan batraklardan geldi. Bir batrağın sinir kordonu gerçekte bir tüp gibidir; tüpün üzerine yerleşmiş sinir hücrelerinin tüysü uzantılarına "cilia" denir. Bu cilialar tüpün içindeki boşluğa uzanırlar. Tüpün ön kısmındaki bazı sinir hücreleri ışığa duyarlı göz küreleri gibi hareket ederler. Batraklardaki diğer sinir hücreleri gibi, bu ışığa duyarlı sinirler de içe dönüktür. Yani kendi bulundukları tarafa geleni değil, batrağın şeffaf gövdesinin diğer tarafına düşen ışığı algılayabilir ve sonra da boş tüpe iletebilirler.

Işığa duyarlı sinir hücrelerinin bulunduğu kısmın hemen ardından sinirsel tüp sonlanır. Tüpün ön tarafında dizili hücrelerin içinde kara bir pigment (renk veren madde) vardır. Bilim insanları bunun batrağın ön tarafını ışıktan koruyan bir kalkan olduğunu düşünmektedirler. Göz küreciklerine tüm yönlerden ışık gelmesi engellenerek, batrak su içinde kendi yönünü tayin edebilir hale gelir.

Saskatchewan Üniversitesinden biyolog Thurston Lacalli batrakların küçük göz kürecikleri ile omurgalı embriyolarının gözleri arasında dikkat çekici benzerlikler olduğunu keşfetti. Batraklarınkine benzer biçimde, bir omurgalının beyni ilk ortaya çıktığında içi boş ve sinirleri iç tarafa doğru yönelmiş bir tüpe benziyordu. Bu tüpün başında, dışarıya doğru uzanan bir çift boynuz gibi duran gözler bulunur. Boynuza benzer yapıların ucunda kâse benzeri birer cisim vardır. Kâselerin iç yüzüne retinaya ait sinir hücreleri yerleşirler; bu sinirlerin uçları da iç tarafa dönüktür. Dış yüzde ise pigmentli hücreler yer alır.

Bu göz kâselerini dilimlere böler ve içinde yer alan hücrelerin düzenine bakarsanız, hücre dağılımının batrakların küçük göz kürelerindekiyle aynı olduğunu görürsünüz. Retinal hücreler hâlâ iç tarafa, yani aynı batraklarda bulunan ışığa duyarlı sinirler gibi, sinir tüpünün

merkezine dönüktür. Retinadaki çomaklar ve koniler, batraklardaki ciliaların yüksek düzeyde evrilmiş biçimleridirler. Omurgalılardaki tüp batrağınkinden farklı olsa da, sinir hücreleri yine göz duvarına dönük bir şekilde konumlanırlar. Dahası, tıpkı batrağın başında olduğu gibi, omurgalı embriyosundaki retinal sinir hücreleri de pigmentli hücreler ve optik sinirler arasında bulunurlar.

Bu benzerlikler omurgalının embriyo safhasında olduğu dönemde son derece berraktır. Ancak canlı geliştikçe benzerlikleri görmek zorlaşır. Gözü oluşturacak kabın duvarları giderek incelir ve iç yüzü ile dış yüzünü kaplayan hücreler birbirlerine baskı yapmaya başlarlar. Sonuçta retina ve pigmente epitel arasında özgün ve hassas bir bağlantı kurulur.

Omurgalı embriyolarının gözleri ile batrakların göz küreleri arasındaki benzerlikler, gözlerimizin bu acayip şekli nasıl kazandığı konusunda kanıtlar sağlar. Batrak benzeri atanın göz kürecikleri sinir tüpünden dallanan bir çift kâse benzeri ışık algılayıcısına evrilmiştir. Kâse biçimi, düz bir göz çıkıntısına göre daha fazla ışık yakalamalarını sağlamıştır. Zamanla bu şekil değişim göstererek, görüntüleri retina üzerinde oluşturabilen küresel bir göze dönüşmüştür. Ancak omurgalıların gözleri basit bir batrak göz tasarımı üzerine temellendiğinden, retinal sinirlerin içerden gelen ışığı gösterdiği düzene sıkışıp kalmıştır.

Omurgalıların atalarının göz küreciklerinin yapısı, daha sonra onlardan köken alarak oluşan yapıları sınırlamıştır. Evrim ancak batrak benzeri anatominin en iyisini, gelişimin kuralları çerçevesinde ortaya çıkartabilirdi. Bir göz küreciğini gerçek bir göze dönüştürürken; kör alanlara, ayrılmış retinalara ve soğrulmuş ışığa da katlanmak zorunda kaldık. Yine de dış dünyaya ait görüntüler oluşturabiliyor olmanın sağladığı avantajlar, göz tasarımımızdaki kaçınılmaz kusurları görmezden gelmemizi sağlar.

Omurgalıların gözleri; lensleri, jölesi ve arka taraftaki retinasıyla birlikte bir defa evrildikten sonra, pek çok dal kendi çevresinde çok daha iyi çalışabilecek yeni varyasyonlara evrim yoluyla sahip oldu. Örneğin üç farklı balık dalı çifter göze doğru evrildi. Gözlerinde bir yerine iki çift lens bulunan bu türlerde, suyun yüzeyine çıkıldığında bir çift göz havaya doğru bakarken, diğer çift ise suya dönük olur. Yukarı bakan gözler havadan gelen ışığa odaklanabilirken, öteki çift sudaki optik kurallara uyum sağlayabilir.

Balıklarda bu değişim yaşanırken, karada yaşayan omurgalıların bazıları da (özellikle kuşlar ve kuyruksuz maymunlar) sıra dışı güçlü görüş yetenekleri kazanacak biçimde evrim geçiriyorlardı. Retinala-

rının küçük bir bölgesinde fovea denilen foto reseptörlerden oluşan yoğun bir yama geliştirdiler; bu yama sayesinde buraya gelen ışınları normalde engelleyecek olan sinirler iki yana itildiler. Yine de tüm bu yeniliklere karşın geriye dönük retina hâlâ yerinde durmaktadır. 530 milyon yıllık evrimsel sınırlamalar sayesinde, çocuklarımız hiçbir zaman mürekkep balıkları gibi göremeyecekler.

BALIK PARMAKLARI VE KARADA YAŞAM

Bir rulet topu çark üzerinde dönerken, duracağı yerle ilgili kaderi mutlak biçimde rastlantısal değildir. Rulet çarkına çarpıp oradan tavana doğru gitmez. İki numara arasındaki sınıra tüneyip de oracıkta durmaz. Yer çekiminin gücü, topu fırlatan enerjinin miktarı ve çarkın topu kendisine çarptıkça itecek olan bordürlerinin esnekliği, topun herhangi bir numaranın üzerinde durmasını sağlayan unsurlardır. Her ne kadar önceden belirlenemez olsa da, rulet topunun kaderi belli sınırlara sahiptir.

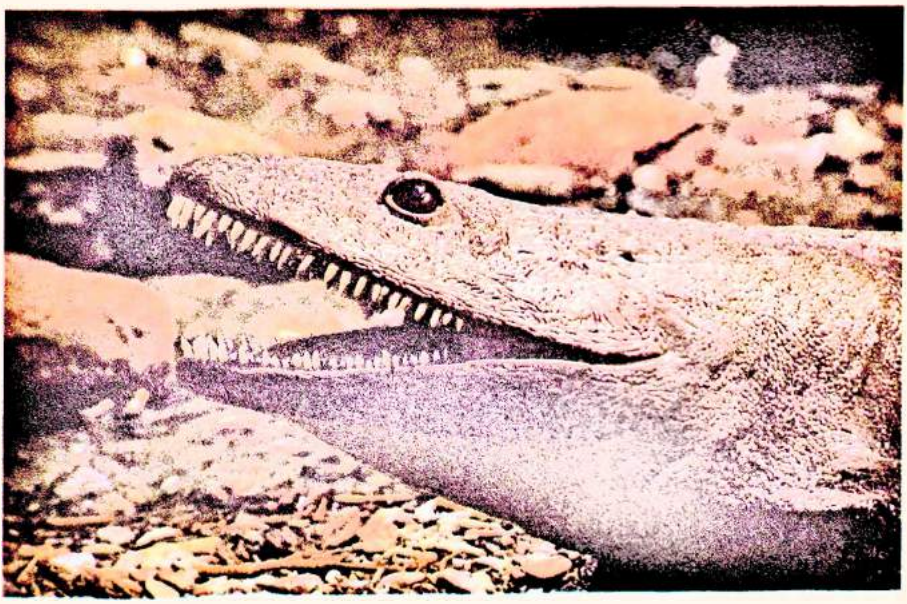
Benzer şeyler evrim için de geçerlidir. Belirli sınırlar tarafından yönlendirilir ama bu evrimin sağladığı dönüşüm ve gelişimin öngörülebilir bir biçimde işlediği anlamına gelmez. Evrimin, birbiriyle etkileşime geçerek bir organizmayı oluşturan genlere etki eden içsel güçleri, coğrafya ve değişken hava koşullarını da kapsayan ekolojik unsurlarla, yani dışsal güçlerle karşılaşır. Bu iki güç birbirleriyle karşılaştığında, evrimsel kasırgalar ve hortumlar oluştururlar. Netice itibarıyla, bilim insanları evrimsel dönüşümlerin oluşum süreçlerini yeniden canlandırmaya çalışırken oldukça tedbirli davranmalıdırlar çünkü mantığa aykırı bir gerçeklik üzerine basit bir hikâye kurgulamak oldukça kolaydır.

Eğer 530 milyon yıl öncesi, Kambriyen Dönem Patlaması sırasında omurgalıların doğuşuna şahitlik eden, bizim evrim sürecimizde bir kilometre taşı olan döneme karşılık geliyorsa, bunu izleyen ikinci kilometre taşı da omurgalıların 360 milyon yıl önce karaya çıkışı olmalıdır. Aradaki 180 milyon yılda balıklar çok geniş bir çeşitlilik içinde evrim geçirdiler; bunların arasında günümüz taşemenlerinin ataları, köpek balıkları, mersin balıkları ve akciğerli balık gibileri yer alırken, galeaspid ve palcoderm gibi çenesiz ancak zırhlı, kaybolmuş türler de vardı. Ancak tüm bu süre içinde bir adet bile karada yürüyen, sırtı kemikli bir yaratık ortaya çıkmadı. Omurgalıların okyanuslardan karaya çıkışı, bundan yalnızca 360 milyon yıl öncesine rastlar. Karaya çıkan bu omurgalılar, develerden iguanalara, tukanlardan bize, yani insana kadar tüm

karasal omurgalılara (tetrapotlar-dört ayaklılar olarak da bilinirler) köken oluşturdular.

Bu dönüşümün ilk açıklamaları, sanki bu gelişme insanlığın ortaya çıkması için önceden belirlenmiş bir adımmış gibi destansı ifadelere sahiptiler. Hikâyeye göre, denizlerin kıpır kıpır balıkları arasından öncü türler karaya çıkıp karada egemenlik kurmalarını sağlayan akciğerler ve bacaklar geliştirmiş, sonrasında ise daha da yükselip dik durmayı becermişlerdi. Yale Üniversitesinden paleontolog Richard Lull 1916'da şöyle yazıyordu: "Sınırları olan sulardan sınırları olmayan havaya geçiş, ilerideki gelişmeler için mutlaka gerekliydi."

Aslında, dört ayaklıların kökeni paleontologların 1980'lere kadar kendilerinin de tam olarak anlayamadıkları farklı bir hikâyedir. Bu tarihten önce ilk dört ayaklılarla ilgili kanıtların nereden geldiğini belirlemek zordu. Araştırmacılar, dört ayaklılarla ilişkili olabilecek tüm balık türlerinin, löp yüzgeçliler denilen bir dala ait olduğunu biliyorlardı. Günümüzde yaşayan löp yüzgeçliler akciğerli balıkları içerir; bu türler Brezilya, Afrika ve Avustralya'da yaşarlar. Bu tatlı su balıkları, yaşadıkları göller kurur veya sudaki oksijen düzeyi tehlikeli şekilde azalırsa hava soluyabilirler. Diğer bir löp yüzgeçli türü olan dev cüsseli ve geniş



Ichthyostega, bacaklara ve ayaklara sahip olan en erken omurgalılardan birisidir ve 360 milyon yıl önce yaşamıştır. Anatomik yapısına karşın suyun dışında çok az zaman geçirmiştir.

ağızlı *coelacanth* ise okyanus yüzeyinin yüzlerce metre altında, Güney Afrika ve Endonezya sahillerinde yaşar.

Löp yüzgeçlilerin iskeletleri, dört ayaklılarla bazı özel benzerlikler taşır. Örneğin güçlü ve kaslı yüzgeçleri, bacaklar ve kollar ile bazı benzer düzeneklere sahiptir. Yüzgeç, tıpkı kol ve bacaklar gibi, bedendeki uzun kemiklere bağlanır ve aynı zamanda kendisi de daha küçük kemikler taşır. Her ne kadar akciğerli balıklar ve *coelacanth*'lar günümüzde yaşayan yegâne löp yüzgeçliler olsalar da, 370 milyon yıl önce löp yüzgeçliler en fazla çeşitliliğe sahip balık türlerinden biriydi. Paleontologlar bu kaybolmuş löp yüzgeçlilerin dört ayaklılara, günümüzde yaşayanlar löp yüzgeçli türlerinden daha fazla benzediğini keşfetmekte geç kalmadılar.

Paleontologlar için en eski dört ayaklı türü, tartışmasız bir şekilde 360 milyon yaşındaki bir yaratık olan *Ichthyostega*'dır. Grönland'ın dağlarında 1921'de bulunan yaklaşık 90 santim uzunluğundaki bu canlının bir dört ayaklı olduğu su götürmez bir gerçektir ancak sahip olduğu tepesi yassı kafatası, onun öncülük edeceği dört ayaklılardan ziyade bir löp yüzgeçliye benzemesine yol açar.

Paleontologlar, *Ichthyostega*'nın karalara uyum için verilen bir mücadelenin ürünü olduğu sonucuna vardılar. Amerikalı paleontolog Alfred Romer, dört ayaklıların kökeni için olası senaryoyu şekillendirdi. Löp yüzgeçli ataları tatlı sularda ve göllerde yaşıyorlardı ama iklimdeki bir değişiklik mevsimlere bağlı bir kuraklığa, bu da yaşam alanlarının her geçen yıl giderek buharlaşmasına neden oldu. Kendini bir sonraki göle sürükleyebilen balıklar hayatta kalırken, karaya vuranlar öldüler. Daha hareketli löp yüzgeçliler hayatta kalmayı başardılar ve zaman içinde yüzgeçleri bacaklara evrildi. Sonuçta bu balıklar karada hareket etmekte çok iyi hale geldiler; yerde emekleyerek böcekleri ve diğer omurgasızları avladılar. Nihayetinde sudaki yaşamlarını tamamen terk ettiler.

Remer'in senaryosu yeterince mantıklı görünüyordu, ta ki ikinci bir dört ayaklı Grönland'da keşfedilene kadar. Cambridge Üniversitesinden paleontolog Jennifer Clack 1984'te Cambridgeli paleontologların 1970'lerde yaptıkları keşif gezisinin notlarını dikkatle inceliyordu. *Ichthyostega* benzeri fosiller bulmuş ve onları Clack'ın burnunun dibine saklayıvermişlerdi. Clack 1987'de kazı bölgesine gitti ve 360 milyon yıl yaşında, *Acanthostega* isimindeki dört ayaklının tüm iskeletini karşısında buldu.

Acanthostega, bir dört ayaklıya ait tüm belirleyici özelliklere (bacaklar ve ayak parmakları gibi) sahipti. Ancak yalnızca su altında yaşa-

yabilecek özelliklere sahip bir hayvandı. Clack ve arkadaşları, boyunlarında solungaçları destekleyen kemikler keşfettiler. Bu canlının suda yaşıyor olduğunu destekleyen bir diğer unsur ise bacakların, omuzların ve kalçanın hayvanın karadaki ağırlığını taşıyamayacak kadar zayıf olmasıydı.

Acanthostega, Romer'in senaryosunda hiçbir yere oturmuyordu ve paleontologlar Romer'in öngörülerinin bazılarının yanlış olduğunu anladılar. *Acanthostega* ve diğer ilk dört ayaklılar gerçekte sert, kuraklığa boğulmuş bir ortamda yaşamıyorlardı. Bunun yerine verimli sahillerde, sulak alanlarda, daha sonra dünyada ilk kez ortaya çıkacak olan geniş ağaçların büyüyeceği kıyılar ve nehir kenarlarında yaşıyorlardı. Bu, bir balığı dört ayaklı olmaya sevk edecek kuraklıkların yaşandığı bir çevre değildi.

Clack ve diğer paleontologlar şimdi balıkların bacakları ve ayakları karada yürümek için değil, su altında hareket etmek için geliştirdiğini tartışıyorlar. Birkaç küçük değişiklikle, yüzgeçleri oluşturan ana kontrol genlerini evrim yeniden düzenleyip, kemikleri ayak parmakları haline getiriyordu. Bu dört ayaklı benzeri balıklar yüzgeçlerini sazlık dolu bataklıklarda düşmüş kütüklerin ve diğer birikintilerin üzerinden sürünmek için kullanmıştır. Tırmandıkları kayaların üzerine yatıp kıpırtısız bekleyerek, önlerinden geçecek avlarına pusu kurabildiler. Böylesine bir hareket kabiliyeti bize garip gelse de, varlıklarını sürdüren balıklar bundan da fazlasını yapabilirler. Kurbağa balıklarının yüzgeçlerinin üzerinde de mercan resiflerinde yavaşça yürümelerini sağlayan parmak benzeri uzantılar bulunmaktadır.

Her ne amaçla ortaya çıkmış olurlarsa olsun, ayaklar ve ayak parmakları güncel kullanımı olan karada yürüme istemine bir yanıt olarak evrimleşmemişlerdir. Paleontologların ilk dört ayaklılara ait bulduğu yaklaşık bir düzine türün hepsi de suda yaşamışlardır (Clack ve arkadaşları *Ichthyostega*'ya tekrar bakmış ve karada bir fok balığı gibi sürünebildiğine karar vermişlerdir). Philadelphia'daki Academy of Natural Sciences'dan [Philadelphia Doğal Bilimler Akademisi] Ted Daeschler, birbirinden ayrı löp yüzgeçli dallarına ait fosillerin, parmak benzeri kemikleri atalarımızdan bağımsız olarak geliştirdiğini buldu. Bulgular incelendiğinde, bundan yaklaşık 370 ila 360 milyon yıl önce löp yüzgeçlilerin, ciklet balıklarının yaşadığına benzer bir evrimsel patlamayı tecrübeledikleri anlaşılıyor. Ancak bu aşamadan sonra bir dört ayaklı türü karaya doğru adım attı. Artık bacakları yeni bir işlev üstlenmişti.

Evrim çoğu zaman belli bir işlevi yerine getirmek üzere uyum gösteren şeyleri, yeni uyumlar göstermek üzere ödünç alır (bu işlem ön uyum

olarak da bilinir). Oldukça sık karşılaşılan bu sürece ilk dikkati çeken isim Darwin olmuştur. 1982'de şöyle yazmıştır: "Bu ya da o parçanın belirli bir amaç için uyum sağladığı söylendiğinde, akla bu parçanın özgün olarak belirli bir yegâne amaç için olduğu gelmemelidir." Darwin, "Olayların seyri, bir amaca hizmet eden bir parçanın küçük değişikliklerle geniş ve farklı amaçlar için de uyum gösterebildiğine işaret etmektedir" diye devam eder.

GEÇMİŞE BUGÜNDEN BAKMAK: BALİNALARIN KÖKENİ

Viktorya Dönemi tarih anlayışına uygun olarak, evrim kavramının da sabit bir gelişim hızlıyla ileriye doğru gittiği genel kabul görür. Bilim ve endüstri sayesinde 19. yüzyılın sonunda yaşayan insanlar, yüzyılın başındakilere oranla daha iyi şartlarda yaşıyorlardı ve yaşam standartları artmaya devam ediyordu. Bu istikrarlı gelişim, yaşamın tarihinin kendisinde de görülür.

Ancak gelişim için zorunluluk vardıysa da, Viktorya Dönemi biyologları çoğu hayvanın bunu reddettiğini biliyorlardı. Örneğin midyeler, serbest yüzen kabuklulardan köken almalarına karşın bağımsız bir yaşamı temel bir var oluş için terk edip bir kazığa veya bir geminin gövdesine yapışmışlardı. Eğer evrim kararlı bir yürüyüştüyse, herhangi bir noktada geriye doğru yürümeye başlayabilirdi. Viktorya Dönemi biyologları gelişime ilişkin fikirlerinden vazgeçmiyorlardı; süreci gelişli gidişli bir yol gibi görüyor ve ilerlemeyi yolun bir tarafı, yozlaşmayı da diğer tarafı olarak algılıyorlardı. Britanyalı biyolog Ray Lankester, dikkatli olunmadığı takdirde bu yozlaşmanın insan toplumunu da vurabileceğini söylüyordu: "Belki de hepimiz kendimizi entelektüel midyeler olarak bulabileceğimiz bir duruma doğru sürükleniyoruz" diye yazmıştı.

Ancak evrim ileriye doğru kararlı bir yürüyüş olmadığı gibi geriye doğru da gidemez. Evrim değişimdir; ne daha fazlası ne de daha azı. Dört ayaklılar sudan karaya doğru gerçekleştirdikleri destansı sürünmeyi 360 milyon yıl önce gerçekleştirdiler. Kendilerinden sonra gelen soylar pek çok kereler suya geri döndüler. Fakat suya tekrar girdiklerinde ne batraklara ne de löp yüzgeçlilere doğru yozlaşmadılar. Bunun yerine yepyeni türlere, örneğin balinalara dönüştüler.

Balinalar, bilim insanları için Linnaeus'un 1735'teki ilk modern sınıflandırmayı meydana getirişinden itibaren bir sorun teşkil etmiştir. Linnaeus sınıflandırmasıyla ilgili olarak fikirlerini, "En aşikâr karışıklıklara rağmen, bu kudretli düzen karşımızdadır" diye dile getirmiştir.

Lakin Linnaeus bu sınıflandırmaya balinaları dâhil ettiğinde, kafa karışıklığını da artırmış oldu. Balinalar balık mıydı yoksa memeli miydi? Linnaeus, "Yapıları ve yaşam çevreleri balıklara benzese de, memelilerle beraber tasnif edilmeleri gerekir" diye öneriyordu. Balinaların memeliler gibi kalpleri, kalplerinin büyük odacıkları ve kulakçıkları vardı. Sıcakkanlıydılar ve akciğerlere sahiplerdi. Hareket eden göz kapakları da vardı ve yavrularını aynen karada yaşayan memeliler gibi emziriyorlardı.

Linnaeus'un sınıflandırmasının toplumsal kabul görmesi oldukça zordu. Doğabilimci John Bigland 1806'da, "Balinanın bir balık olmadığının ileri sürülmesi, onun tüm insanların gözünde bir balık olduğu gerçeğini değiştirmez" diyordu. *Moby Dick*'te, İsmail muhtemelen 19. yüzyıldaki tüm insanlık adına şöyle söylüyordu: "Eski kafalı olabilirim ama balinanın bir balık olduğunu söylüyorum; Yunus da buna şahittir!"

Darwin, bu karmaşanın çözümü için bir yol buldu. Linnaeus, balinaları memeliler içinde sınıflandırarak anlamsız bir oyun oynamıyordu. Linnaeus'un bulduğu benzerlikler balinaların (domuz balıkları ve yunuslar dâhil) karada yaşayan memelilerden köken aldıklarının bulgularıydı. Evrim, Ovid'in çok sevebileceği metamorfozlardan birini yaratmıştı; ayaklarını dönüştürmüş ve onları balina kuyruğu haline getirmiş, burunlarını başlarının üzerine yerleştirmiş ve onları o kadar büyük yapmıştı ki 2 bin kişilik bir kasabayı taşıyabilirlerdi. Evrim, balık benzeri bir memeli yaratmış ama bu canlının atalarına ait kanıtları da ortadan kaldırmamıştı.

Darwin, evrimin bütün bunların üstesinden nasıl geldiğini söyleyemiyordu. Kara memelileri ve balinalar arasında yaşayan bir ara form hayal edemiyordu. Ancak henüz doğru yanıtı bulamamış olması onu çok da endişelendirmiyordu çünkü aklına gelen bazı yollar vardı. Ayıların bazen ağızları açık halde saatlerce böcek avlamak için yüzebildiklerine işaret ederek *Türlerin Kökeni*'nde şöyle yazdı: "Bunun gibi sıra dışı durumlarda bile eğer böceklerin miktarı sabitse ve bölgeye hâlihazırda daha iyi uyum sağlamış rakipler yoksa ayılar arasındaki rekabet, doğal seçilimin yardımıyla bazılarını yapısal ve davranışsal olarak gittikçe daha çok suda yaşar hale getirecektir. Giderek büyüyen ağızlarıyla balina benzeri devasa yaratıklar haline gelmelerinde büyük bir güçlük yoktur."

Darwin'in bu fikri hiç de olumlu tepkiler almadı. Gazetelerden birinde şu eleştiri yer aldı: "Bay Darwin en yeni ve bilimsel kitabında abuk sabuk kuramlar öne sürüyor; ona göre, eğer bir ayı yeterli zaman yüzerse bir balina haline gelebilir veya aynı etkiyi yaratan benzer bir

değişim gerçekleşebilir." Darwin, kitabın daha sonraki baskılarında bu örneğe yer vermedi.

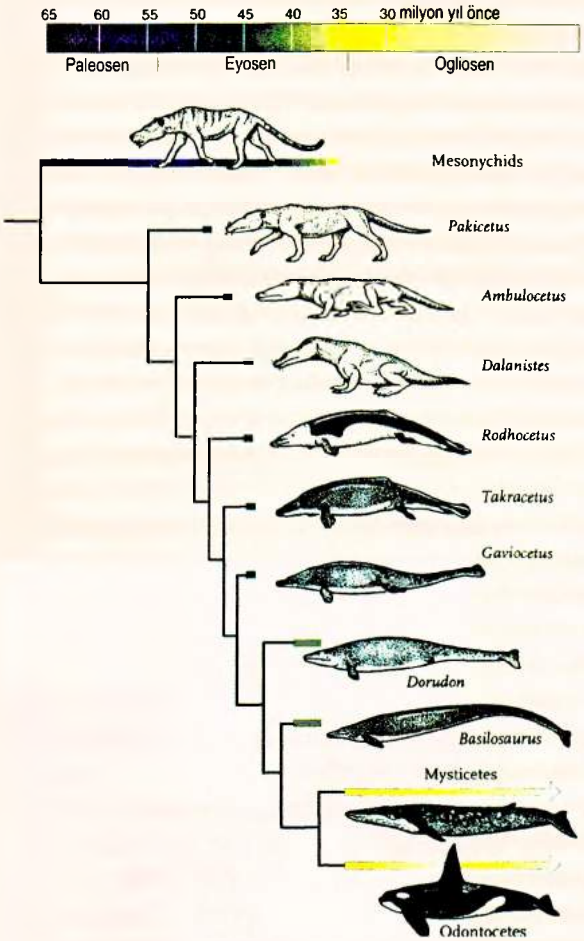
İzleyen 120 yılda paleontologlar devamlı olarak balinalara ait fosiller topladılar ancak 40 milyon yıldan daha eski olan en kadim örnekler bile tamamen bugünkü balinalara benziyordu. Uzun sırt kemikleri ve palet şeklinde elleri vardı ancak bacakları yoktu. Dişlere gelince durum değişiyordu. Yaşayan balinaların dişleri ya tamamen yoktur ya da basit kanca benzeri uzantılara sahiptirler. Oysa en eski balinaların, karadaki memelilerin sivri uçlu yumrularına benzer dişleri vardı. Özellikle yok olmuş bir memeli dalı olan mesonychid'in dişlerine benziyorlardı. Bu hayvanlar toynaklı memelilerdi, başka bir deyişle ineklerin ve atların akrabalarıydılar ama kuvvetli dişleri ve güçlü çeneleriyle et yemeye uyum sağlamışlardı ve leş yiyerek veya avlanarak besleniyorlardı.

En sonunda, 1979 yılında Michigan Üniversitesinden Philip Gingerich karada yaşamış bir balina keşfetti.

Gingerich ve ekibi, Pakistan'da 50 milyon yıllık bir memeli fosilini araştırıyordu. Günümüzün Pakistan'ı Asya içlerinde yer alır ancak Gingerich ve ekibinin aradığı fosiller hayattayken Pakistan bir adalar topluluğu ve sahillerden oluşuyordu. O zamanlar Hindistan ise kuzeye doğru Asya'nın güney kısmına doğru uzanan dev bir adaydı. Gingerich'in ekibi memelilere ait pek çok parçacık ve çeşitli öğeler buldular. Bunların çoğunun kimliği hızla belirlenebiliyordu. Ancak birkaçının açığa çıkarılması oldukça güçtü. Özellikle kafa karıştıransa, fosillerden birinin 50 milyon yıllık kafatasının arka kısmıydı. Kafatası, çakal büyüklüğünde bir hayvana aitti ve üst kısmında tıpkı Mohikanların saçlarına benzeyen, dikenli bir



Paleontolog Phil Gingerich (solda) ayakları bulunan ilkel balinaları Mısır'da (resimde gösterilen) ve Pakistan'da keşfetmiştir.



Balinaların evrim ağaçları, çakal benzeri memelilerin zaman içinde okyanuslardaki yaşama nasıl uyum sağladıklarına dair kanıtlar sunar.

kısım vardı. Bu kısma tutunan kaslar, hayvanın oldukça kuvvetli bir biçimde ısırabilmesine olanak sağlıyor olmalıydı. Gingerich, kafatasının içine baktığında kulak kemiklerini gördü. İki kabuktan oluşuyor, bir çift üzüme benziyor ve kafatasına "S" şeklindeki kemiklerle bağlanıyorlardı.

Gingerich gibi bir paleontolog için bu kulak kemikleri tam bir şoktu. Yalnızca balinaların kulak kemiklerinin sahip olduğu bu yapıya başka hiçbir omurgalıda rastlanmıyordu. Gingerich bulduğu yaratığa "Pakistan balinası" anlamına gelen *Pakicetus* ismini koydu. Bu keşfi izleyen yıllarda dişlerini ve çenesinin parçalarını da buldu. *Pakicetus*, balinaların atası olan mesonychid'ler ile yaşayan balinalar arasında bir yerde duruyordu; bu da *Pakicetus*'u 50 milyonluk yaşıyla bilinen en eski balina haline getiriyordu. Ne var ki, *Pakicetus* fosillerinin bulunduğu kayalık

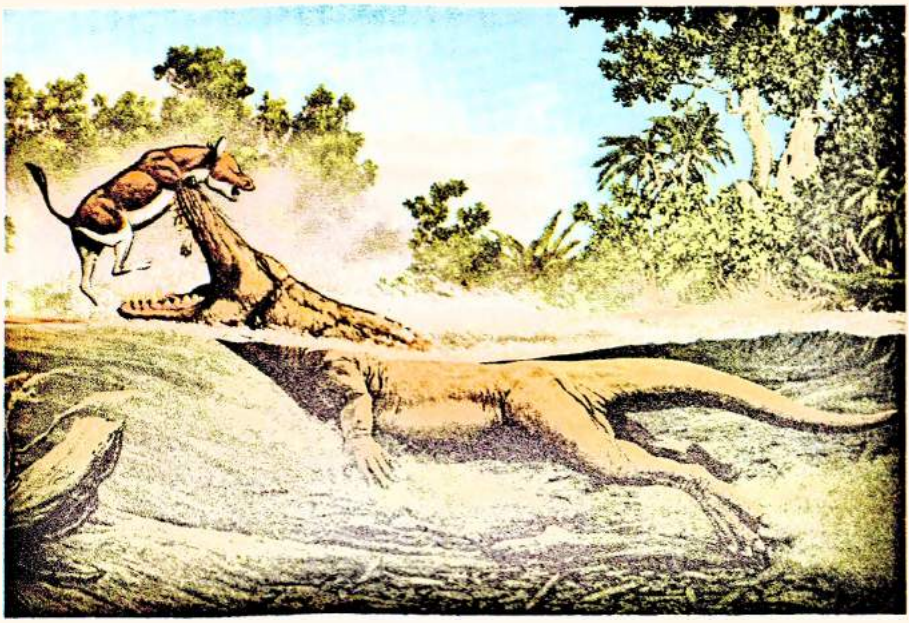
bölgenin topoğrafyası, bu çakal benzeri yaratığın kısa boylu, çalı benzeri bitkilerin arasında bulunan birkaç santim derinliğindeki sular üzerinde yaşayıp öldüğünü gösteriyordu. *Pakicetus* karasal bir balinaydı.

1994'te, yani ilk keşfin 15 yıl sonrasında Gingerich'in eski bir öğrencisi olan Hans Thewissen başka bir ilkel balina daha buldu. Thewissen'in bulduğu ufak tefek parçalar değil, tüm bir iskeletti. Bu 45 milyon yıllık balina dev ayaklara ve timsahınkini andıran yayvan bir kafatasına sahipti. Thewissen bu yaratığa "yürüyen balina" anlamına gelen *Ambulocetus* adını verdi. 20. yüzyılın sonunda Thewissen, Gingerich ve diğer paleontologlar, Pakistan, Hindistan ve ABD'de farklı türlerden bacaklı balinalar bulmuşlardı bile. Bir zamanlar imkânsız olarak görülen şey, kısa sürede sıradanlaşmıştı.

İlk balinaların nasıl denizlerde yaşayan canlılara evrildiklerini anlamak için paleontologlar buldukları fosilleri yaşayan balinalarla ve kaybolmuş türlerle karşılaştırdılar. Balinaların evrimlerinin nasıl olduğunu ortaya koyan, taslak niteliğinde bir evrim ağacı çizdiler. Tespitlerine göre Darwin, balinaların evrimi söz konusu olduğunda ayılar yerine inekler ve suaygırlarını düşünmeliydi. Bu toynaklı memeliler, balinaların yaşayan en yakın akrabaları arasındadır. Paleontologlar, balinaların yok olmuş bir grup toynaklı hayvan olan mesonychid'lerin en yakın akrabası olduklarını kabul eder. Mesonychid'ler çakal boyutlarındaki yaratıklardan, korkutucu bir canavar olan, 3 metre boyundaki bilinen en büyük etçil memeli olan *Andrewsarchus*'a kadar uzanan pek çok farklı forma bürünmüşlerdir. Bunca farklılık arasında karada yürüyen ilk balinalar çok dikkat çekmemiş olmalıdır.

50 milyon yıl önce yaşamış olan *Pakicetus* da ilk balinanın çok uzağındadır. Mesonychid'ler ve balinalar aynı ortak atayı paylaşırlar ve bu ortak ata bilinen en eski balinadan ve mesonychid'den mutlak surette daha önce yaşamış olmalıdır. Bilinen en eski balina fosili yaklaşık 50 milyon yıllık iken, 64 milyon yıllık mesonychid fosilleri bulunabilmektedir. Bu nedenle balinalar mesonychid'lerden en az 64 milyon yıl önce, yani *Pakicetus*'un yaşadığı zamandan 14 milyon yıl öncesinde ayrılmış olmalıdırlar.

İlk balinalar, önce omuzlarına ve kalçalarına, nihayetinde omurlara bağlanan bacaklara sahip olmayı sürdürüyorlardı. Kulakları, havadan gelen sesleri yakalayan kara memelilerinin kulaklarına benziyordu. Dişleri genel olarak mesonychid'lerin dişlerini andırıyordu ancak bu diş yapısı değişime uğramak üzereydi. Stony Brook'ta bulunan New York Eyalet Üniversitesinden paleontolog Maureen O'Leary ilk balinaların dişlerini yakından inceledi ve alttaki öğütücü dişlerin dış tarafla-



Ambulocetus 45 milyon yaşında bir balinadır ve hâlâ atalarının bacaklarını taşımaktadır. Bir timsah gibi yaşar, karaya doğru uzanır ve avını sulara çeker.

rında uzun iskarpela benzeri yapılar olduğunu keşfetti. Bu iskarpelalar ile öğütücü dişler üstteki dişleri sıyırabiliyordu. Balinalar dişlerini üst üste getirerek çiğneyemiyor, bunun yerine yandan ısırıklar alıyorlardı. Daha sonraki balıkla beslenen balina fosillerinde de iskarpelaların varlığına dair kanıtlar vardı. Bu bulgular O'Leary'nin Pakicetus ve çağdaşlarının, hâlihazırda balık veya diğer su hayvanlarını yiyerek beslendiğini düşünmesine yol açtı. İlk balinalar günümüzün modern balinalarının bedenlerine sahip olmaksızın, köpekleme diye tabir edilen biçimde olsa da yüzebiliyorlardı.

Pakicetus'un ortaya çıkışından hemen sonra, evrim balina anatomisinin diğer parçalarını da yüzmeye daha iyi uyum sağlayacak şekilde değiştirmeye başladı. Hans Thewissen'in yürüyen balinası *Ambulocetus*'un kısa bacakları, uzun bir burnu, büyük ayakları ve güçlü bir kuyruğu vardı. Bu türden bir anatomi, tıpkı bir su samuru gibi yüzebilmesine olanak sağlıyordu; arka ayaklarıyla kendini itiyor, kuyruğunu yukarı aşağıya hareket ettirerek daha fazla itiş gücü kazanıyordu. Ancak *Ambulocetus*'ların su samurlarındaki gibi, omurgalarına eklemlenen kalça eklemleri vardı. Başka bir deyişle, hâlâ yürüyebiliyorlardı. Muhtemelen güneşlenmek, uyumak, çiftleşmek ve doğum yapmak için suyun dışına çıkıyorlardı.

Denizle kara arasındaki sınır bölgesinde pek çok yürüyen balina doğdu. Bazıları çamurlar üzerinde yürümeye, bazılarıysa dalmaya uyum sağladı. Bunların büyük kısmı hiçbir zaman öğrenemeyeceğimiz nedenlerle yok oldular. Ancak balinaların dallarından biri denizlerin içindeki yaşama uyum sağladı. Bu daldan Gingerich'in Pakistan'da bulduğu güdük bacaklı ve kalçaları omurgasına açıkça bağlanan bir balina olan *Rodhocetus* gibi türler doğdu. Suda gövdesini ve kuyruğunu tıpkı yaşayan balinalar gibi birlikte alçaltıp yükseltebiliyordu. Modern balinalar yüzme performanslarını kuyruklarının sonunda bulunan, bağ dokusundan oluşmuş özel yapıyla büyük ölçüde geliştirdiler. Bu türden beden parçaları ender olarak fosilleşebildiği için hiç kimse *Rodhocetus*'un ona yardım eden bir balina kuyruğu olup olmadığını bilmiyor.

Bundan 40 milyon yıl önce balina evrimi tam donanımlı, denizde yaşayabilen balinaları ortaya çıkarttı. *Basilosaurus*'un boyu yaklaşık 15 metreydi; silindirik yılan benzeri bir bedeni ve uzun bir burnu vardı. Kollarıysa kuvvetli yüzgeçler haline gelmişti. Kıyılardan oldukça uzakta yaşıyordu ve karaya çıkmak ölmesine yol açabilirdi. Paleontologlar, *Basilosaurus* fosilinin midesinin olduğu yere baktıklarında bir köpek balığının kemiklerini buldular. Bu hayvanlar bizim bildiğimiz balinalara çok benziyorlardı. Ancak *Basilosaurus*, milyonlarca yıl boyunca kısmen suda yaşayan, fok balıklarıyla benzerlikler taşıyan ve hâlâ karasal geçmişlerinin izlerini taşıyan balinalarla aynı sularda yaşamlarını sürdürdü.

Tüm bunlara karşın, *Basilosaurus*'un hâlâ kendisine has özellikleri vardı. Burun delikleri bugünkü balinaların hava püskürtme deliklerinin olduğu yere henüz ulaşmamıştı. 1989'da Gingerich Mısır'da *Basilosaurus*'u çok daha güçlü bir şekilde geçmişe bağlayan bulgulara ulaştı. Gingerich'in bulduğu fosilde, devasa bir yılana benzeyen bedende kalçalar ve bu kalçalara bağlanmış arka ayaklar bulunuyordu. Bu bacaklar belki yalnızca birkaç santimetre uzunluğundaydı fakat üzerindeki narin parmakların beşi de açıkça görülebiliyordu.

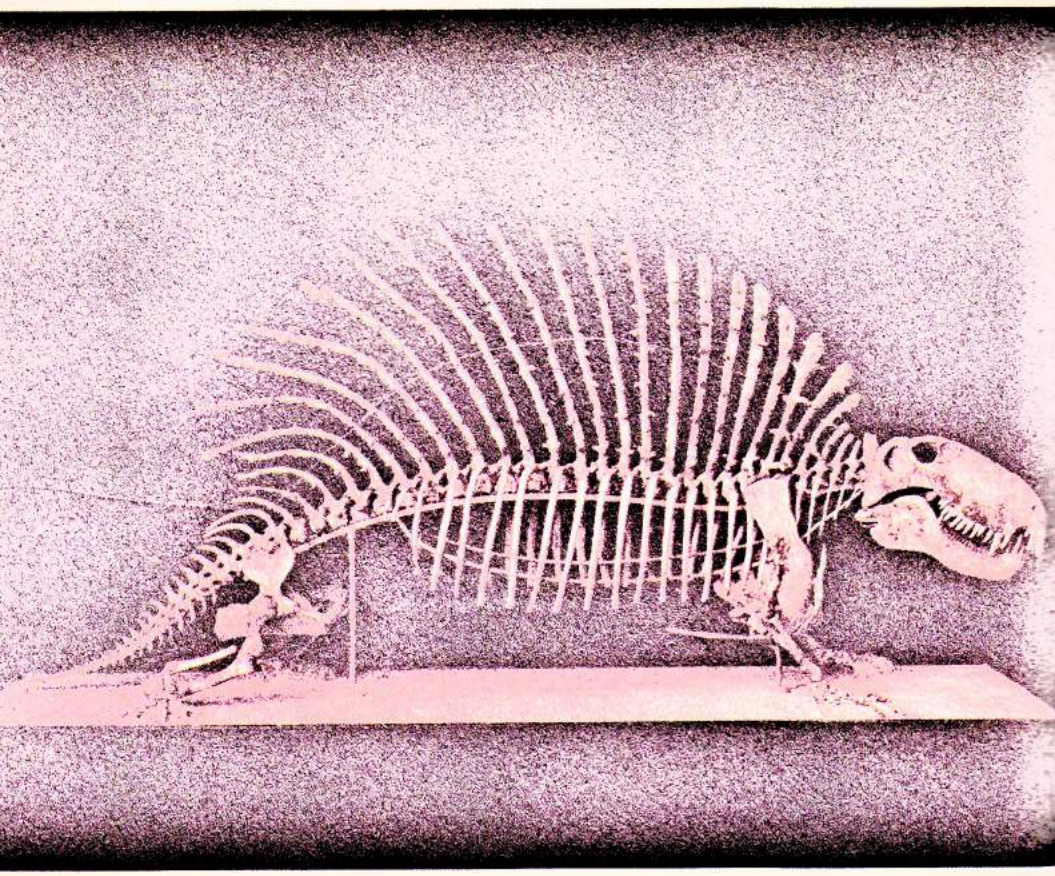
Tüm evrim ağaçları gibi, balinaların evrimini ortaya koyan ağaç da bir hipotezdir. Tüm hipotezler gibi, yeni kanıtlar ortaya çıktıkça ağaçta değişiklikler yaşanabilir. Bu mümkündür; örneğin *Basilosaurus* yaşayan balinaların en yakın akrabası değildir. Bu onur *Dorudon* adı verilen bir türe aittir. Bilim insanları bir taraftan da balinaların gelişimiyle ilgili etkileyici bilgileri açığa çıkarmayı sürdürüyorlar. Balina DNA'sı paleontologların da yıllar önce tespit ettiği gibi, bu canlıların boynuk-

lı memeliler olduğunu göstermektedir. Ancak genler üzerinde yapılan çalışmalar, balinaların en yakın toynaklı memeli akrabasının suaygırları olduğunu göstermektedir. Paleontologlar kuşkucudurlar. Suaygırları artiodactyl'ler denilen bir toynaklı grubunun üyesidir. Tüm artiodactyl'lerin iki dairesel sonu olan özel ayak bileği eklemleri bulunur. Mesonychid'lerin böyle bir eklemi yoktur. Balinaların, mesonychid'lerin yakın akrabası olduklarına inanıldığına göre, artiodactyl olmalarına imkân yoktur. O zaman DNA sonuçlarında bir hata olabilir. Ancak 2001 yılında Gingerich ve arkadaşları Pakistan'da bulduğu balina fosilinin ayak bileği de bulunuyordu. Bulunan balinanın ayak bileği eklemi, tıpkı suaygırlarınınki gibi daireseldi.

Henüz tam olarak yanıtlanmayan bu sorular oldukça önemli olsa da, balinaların evrim ağacından çıkartılabilecek temel dersler değişmez. Bir balina, bir yarasa kuş olmaktan ne denli uzaksa, o kadar balık değildir. İlk balinalar zaman içinde adım adım, belirgin bir şekilde balık benzeri formlara evrildiler. Fakat her balinanın palet benzeri yüzgecinin içinde hâlâ tüm parmakları ve bileğiyle birlikte bir el bulunur. Bir ton balığı kuyruğunu bir taraftan diğerine sallayarak yüzerken, balinalar kuyruklarını yukarıdan aşağıya hareket ettirerek yüzerler. İşte bu yüzden balinalar karalarda dörtnala koşan atalarından köken almışlardır. İlk balinalar bu dörtnala koşmayı su samuru benzeri yüzüşe benzettiler ve sırtlarını ayaklarını geriye doğru itebilmek için kavislendirdiler. Sonunda, evrim sırtlarını kavislendirerek kuyruklarını yükseltip alçaltarak hareket eden yeni balinalar ortaya çıkarttı.

Balinalar sıra dışı bir evrim yolculuğu yapmışlarsa da, tarihçeleri alabilecekleri biçimler konusunda somut sınırlar koymuştur. Ancak bu onların nasıl evrime uğrayacakları konusundaki tek kısıt değildir. Balinalar ve diğer memeliler şaşırtıcı yayılışlarını, o günün baskın omurgalıları olan dinozorlar ve devasa su sürüngenlerinin egemenliklerini sürdürdüğü dönemde gerçekleştirmemişlerdir. 225 milyon yıl önce evrimleşen ilk memeliler, takip eden 150 milyon yıl boyunca sincap boyutlarında kalmış, birbirlerinden güçlükle ayırt edilebilecek formlar almışlardır. 65 milyon yıl önce Kretase Döneminin sona ermesiyle, memelilerin bugünkü yaşayan formlarının atalarına ait en eski fosiller de ortaya çıkmaya başladı. İlk kuyruksuz maymunların ağaçlara çıktığı, balinaların toynaklı atalarından ayrılıp okyanuslara döndüğü vakit bu döneme karşılık gelir. Birkaç milyon yıl içinde memeliler uçan yarasalara, gergedanların ve fillerin dev akrabalarına,

aslan benzeri yırtıcılara dönüştüler. Memeliler kendi patlamalarını, Kambriyen Dönem Patlaması ile Viktorya Gölündeki ciklet balıklarının çoğalıp çeşitlendiği dönemin ortalarında bir yerde yaşadılar. Böylece memeliler karalara egemen oldular ve okyanuslarda geliştiler. Memeliler bu patlamayı, aralarında deniz sürüngenlerinin ve dinozorların da bulunduğu milyonlarca türün aniden ortadan kaybolması sayesinde gerçekleştirebildiler. Bu, memelerin yükselmesini sağlayan istikrarlı ve mükemmel bir gelişim süreci değildi. Aksine uzaydan gelen bir meteor eski düzeni silip yeni bir yaşama kapı araladı.



Synapsid'ler denilen ve yaşayan memelilerin de atalarını içeren dev sürüngen yaratıklar 250 milyon yıldan fazla bir süre karalara egemen oldular.

Bölüm 7

YOKOLUŞ

Yaşam Nasıl Yok Oldu ve Yeniden Başladı

Darwin, yokoluşlar üzerinde o kadar da çok durmamıştı. Cuvier gibi doğabilimcilerin felaketlerin yaşamın tarihini noktalaması ve dünyayı temizleyerek yeni yaratıkların ortaya çıkışıyla ilgili çalışmalarından kesinlikle haberdardı. Ancak Darwin Lyell'in zaman içinde gerçekleşen yavaş değişime ilişkin görüşlerinden, her ne kadar onları modası geçmiş buluyorduysa da, oldukça etkileniyordu. *Türlerin Kökeni*'nde, "Belirli dönemlerde, dünyanın tüm sakinlerinin birbirini izleyen felaketlerle ortadan kalktığı düşüncesi artık neredeyse terk edilmiştir" şeklinde yazmıştır.

Darwin için yokoluş basitçe, kaybedenlerin evrim arenasını terk ettiği bir süreçti. Bu türlerin evrim sahnesinden çekilişleri büyük bir tantanayla olmuyordu; kendilerine avantaj sağlayamayan türler farkında olmadan yarış dışı kalıyor, yavaşça yok oluyorlardı. Sayılamayacak kadar çok keşfedilmemiş fosil bulunduğunu göz önünde bulundurursak, pek çok türün bir anda yok olup gittiğini gösteren fosil kayıtlarının yanıltıcı olabileceğini anlarız. Gelecekte paleontologların daha çok fosil bulacağı tahmininden hareketle, Darwin bu yokoluş felaketlerinin daha yumuşak ve daha sakin bir süreç içinde gerçekleştiğinin anlaşılacağından emindi.

Paleontologlar Darwin'in tahminini yalancı çıkartmadılar ve onun ümit ettiğinden bile daha çok fosil buldular; üstelik fosillerin yaşlarını bile büyük bir isabet oranıyla belirleyebiliyorlardı. Tüm bu yeni bilgiler Darwin'in yokoluş konusunda yanıldığını ortaya koydu. Felaket dalgalarıyla oluşan yokoluşlar bir gerçekti. Tek bir jeolojik dönem içerisinde dünyadaki tüm türlerin yaklaşık yüzde 90'ı yok olmuş, sanki gezegeni saran yaşam örtüsü kökünden sökülmüştü. Bu kitlesel yokoluşların,

volkanlar, gök taşları, atmosferde ve okyanuslardaki ani değişiklikler gibi pek çok nedeni vardı. Tüm bu failler, yaşamı dünya genelinde baskı altına alıyorlar ve bu baskı belirli bir düzeyi aştığı anda ekosistemlerin tamamı, birbirlerine çatılmış iskambil kartlarının devrilmesi gibi yerle bir oluyorlardı. Kitlesel yokoluşlar bir kez başladığında, dünya üzerinde var olan çeşitliliğin eski halini alması milyonlarca yıl alıyordu. Kitlesel yokoluşlar sonrasında yaşamın yeniden uyanışı bazen daha iyiye doğru bir değişimi beraberinde getiriyordu. Bu yokoluşlar eski egemen formları gezegen üzerinden süpürüyor ve bu türlerin yerini yenilerinin almasına olanak sağlıyordu. Aslında türümüzün başarısını da, kaderin böyle bir cilvesine borçluyuz.

Görünüşe göre, şu sıralarda yeni bir kitlesel yokoluş dönemine girmekteyiz. Ancak ötekilerden farklı olarak, gezegenin tarihinde ilk kez tek bir tür –yani biz– bu yıkıma yol açan etmen olarak öne çıkmaktadır. Bu yokoluşun giriş kısmı, binlerce yıl önce insanların Avustralya ve diğer kıtalara ulaşması ve yerellere özgü en büyük hayvanların avlanmasıyla başlamıştır. Fakat geçtiğimiz birkaç yüzyıl içinde yokoluşun temposu, insanlığın gezegen üzerindeki egemenliğinin düzeyindeki artışla birlikte (tropikal ormanların yok edilmesi, vahşi hayatın içine sokulan yabancı işgalciler yoluyla) hızlanmıştır. Gelecek yüzyılda insanlar gezegenin ısısını daha da artıracak, türler üzerinde daha fazla baskı oluşturacak ve onları yok olmanın eşiğine getirecektir. Bazı tahminlere göre, gelecek yüzyılda dünya üzerindeki türlerin yarısından fazlası yok olacaktır.

Kitlesel yokoluşlar hâlâ evrimin en büyük gizemlerinden birisidir. Kuzey İtalya'nın dağlarından Güney Afrika'nın çöllerine kadar, paleontologlar yokoluşların izlerini sürmekte ve onların yaşamın tarihindeki rollerini anlamaya çalışmaktadırlar. Çalışmaları yalnız akademik değildir; bu çabalar insanlığın evrimin yolunu nasıl yönlendirdiğini gösterebilmesi açısından da önemlidir. Bu dönemi diğer yokoluş dönemlerinden farklı yapan bir başka şey de, bu yokoluşun tek bir tür tarafından gerçekleştirilmesi değil, kendi kaderini anlayan ve onu kontrol etmeye muktedir bir tür tarafından yapılıyor olmasıdır.

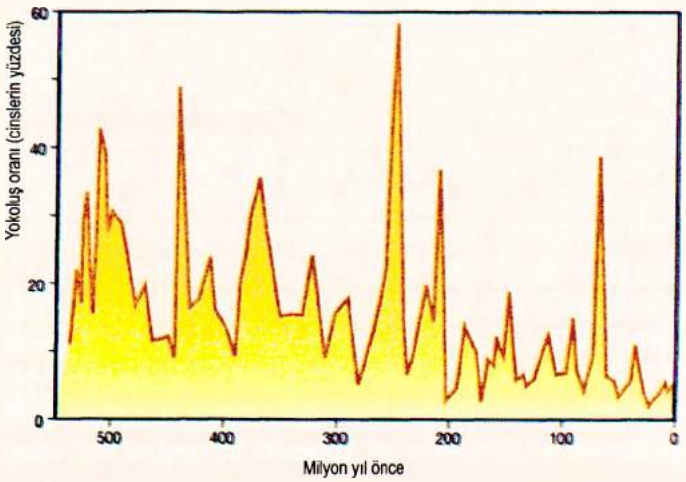
BÜYÜK EĞRİ

Yokoluşların tarihinin ana hatları, kabaca 1840'larla birlikte ortaya çıktı. Jeologlar yeryüzündeki oluşumları incelerken, belli bir türe ait fosillerin çoğunlukla aynı kaya katmanlarında yer aldığını fark ettiler. Aynı türe ait canlıların birbirinden yüzlerce kilometre uzakta bulunan

fosilleri, kayaların aynı derinlikteki tabakalarında ortaya çıkıyorlardı. Jeologlar nihayetinde dünyadaki kaya tabakalarını tek bir stratigrafi (katman bilgisi) haritası üzerinde ifade etmeye, yani yaşamın birleşik büyük tarihini yazmaya başladılar. İngiliz bir doğabilimci olan John Phillips kayıtlara geçen fosillerin üç temel döneme ait olduğunu fark etti. Bu dönemler sırasıyla Paleozoik Dönem (Antik Yaşam), Mezozoik Dönem (Orta Dönem) ve Senozoik Dönemdi (Erken Dönem). Phillips'e göre, bu üç büyük dönem büyük yokoluşlarla birbirinden ayrılmaktaydı. Tezini bir parça kâğıt üzerine çizdi. Paleozoik Dönemin başında yaşamın çeşitliliği bir hiçlikten başlamıştı; çeşitlilik bazen artıyor, bazense azalıyor, dönemin sonundaysa yaşam tamamen kayboluyordu. Mezozoik Dönemin başlamasıyla yaşam bir basamak daha yukarı tırmandı ancak Senozoik Dönemin sınırlarına erişmesiyle yeniden düşüşe geçti. Her dönemin baskın yaşam formları yokoluşlar sırasında önemsizleşiyor, bu türlerin baskın olmaktan çıkmasıyla yepyeni bir canlılar silsilesi ortaya çıkıyordu.

Phillips'in çizdiği eğri doğru olmasına doğruydu fakat sislerin ardına saklanmış bir dağın silueti kadar da belirsizdi. Phillips'in bu görüşleri ortaya atmasının 150 yıl sonrasında, bu sis tabakasının önemli kısmının ortadan kalktığını söyleyebiliriz. Paleontologlar bir dönemin kaya tabakalarının, izleyen dönemdeki yaşama ev sahipliği yapan kaya katmanlarına dokunduğu kısımlar içeren falezler ve kayaçlar keşfettiler. Falezlerin ve kayaçların içinde bulunan atomik saatlere bakarak, bu kayaların yaşlarını kesin olarak belirlediler. Gezegendeki fosillerin bilgilerini içeren bilgisayarlara edindikleri

KİTLESEL YOKOLUŞLARIN KISA TARİHİ



Grafik denizlerdeki omurgasızların son 600 milyon yıl içindeki beş büyük kitlesel yokoluşun etkisi ile yok olma oranlarını göstermektedir

verileri girdiklerinde, Phillips'in eğrisinin üç aşağı beş yukarı doğrulandığını gördüler.

Eğrinin son hali bir grup paleontologun ortak çabasının ürünüdür fakat eğriye son biçimini veren Chicago Üniversitesinden John Sepkoski'nin çalışmaları özellikle dikkate değerdir. Sepkoski, on yıllarını en iyi fosil kayıtlarını bırakan okyanus kökenli türlerin çetelesini tutarak geçirmişti. Eğri, yaklaşık 600 milyon yıl önce Kambriyen Dönemle başlamaktadır. Bu dönem, ilk defa yokoluşlarla ilgili anlamlı bir resim ortaya koyulabilecek kadar fosil kaydının meydana geldiği ilk zamandır. Kambriyen Dönemde başlayan eğri günümüze kadar uzanır. Grafiğin düşey ekseninde de, o anda dünya üzerindeki varlığını sürdüren deniz hayvanı cinslerinin sayısı yer alır.

Aradan geçen 600 milyon yıllık dönemin önemli kısmında, yaşam istikrarlı ve düşük düzeyde bir yokoluşa sahne olmuştur. Bu arka planda yer alan yokoluşlar Darwin'in türlerin zamanla yok olduğuna ilişkin önerisinin temelini teşkil eder. Türlerin büyük kısmı 1 ila 10 milyon yıl arasındaki bir dönem için yaşamlarını sürdürürler ve yeni türlerin ortaya çıkışı ile eski türlerin yokoluş hızları hemen hemen aynıdır. Normal zamanlarda yaşamın çeşitliliği, ateş böcekleriyle dolu bir tarlaya benzer; her ışık farklı bir türü temsil eder. Bazı ateş böcekleri ışıklarını yakarken, bazıları da söndürür. Ancak bu değişim sürerken, ışıkların sayısı neredeyse sabit kalır.

Şimdi, tarladaki ateş böceklerinin ışıklarının yarısının bir anda söndüğünü hayal edin. Alan kararır ve ışıklarını kaybeden ateş böcekleri onları bir saat kadar yeniden yakamaz. Kambriyen Dönemden beri buna benzer şeyler birkaç kez olmuştur. Arka planda yer alan yokoluşlar bir anda kitlesel yokoluşa dönüşmüştür. Böyle yokoluşlar her birkaç düzine milyon yılda bir okyanusları ve karaları etkilemiştir. Ancak bunlardan beşi özellikle felaket düzeyindedir. Bu beş kitlesel yokoluşta da tüm türlerin yarısından fazlası yok olmuştur.

Bu yokoluşların gazabının yarattığı etkiler, Darwin'in hayal edebileceğinin çok üzerindedir. Tıpkı yaşamın yeni formlarının Darwin'in hiçbir zaman kestiremeyeceği yöntemlerle ortaya çıkması gibi, yaşamın ortadan kayboluş biçimleri de şaşkınlık vericidir. Tükeniş, evrimin yaratıcılığının karanlık tarafıdır. Gezegen koşulları, bir türün doğal seçilim yoluyla uyum sağlama ve hayatta kalma imkânı bulmasına fırsat vermeyecek kadar hızlı değişebilir. Tükenişlerin oluşturduğu etki o kadar güçlüdür ki, yaşamın tarihini yeni bir çizgiye doğru yönlendirebilir bile.

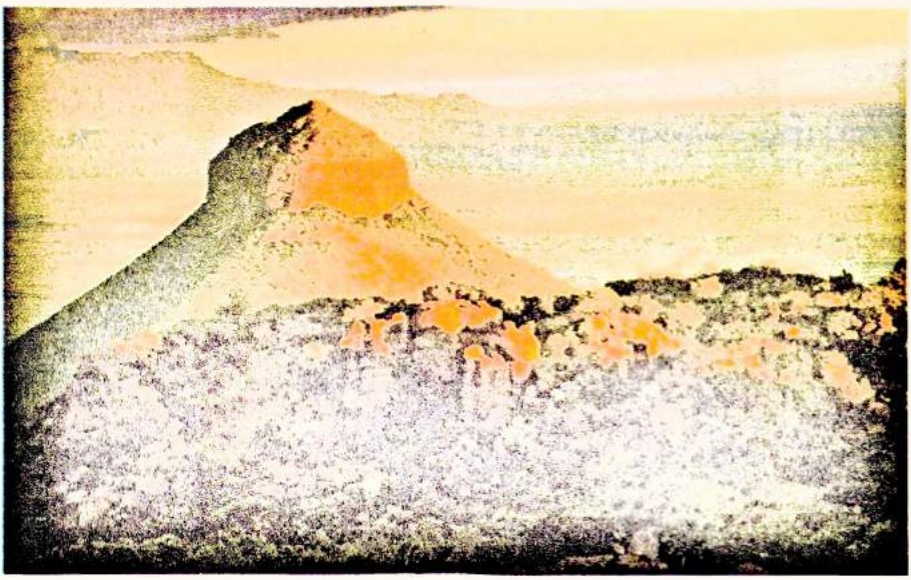
PERMİYAN-TRİASSİK TÜKENİŞ: YOKOLUŞUN GETİRDİĞİ DEĞİŞİM

Ölümler ister tek tek bireylere, isterse bir türün tamamına ait olsun, yokoluşların şifrelerini çözmek oldukça zor olgulardır. Güney Afrika'daki Karroo Çölünde terk edilmiş bir çiftlikte bir mezarlık bulunur. Yerel halk çiftliğin 1800'lerde anne-baba ve iki oğlandan oluşan Fouches Ailesine ait olduğunu bilmektedir. 1890'larda ailenin bütün bireyleri yaşamlarını yitirmişlerdir ancak bu ölümlerin nasıl gerçekleştiği kimse tarafından bilinmemektedir. Olayların üzerinden yüz yılı aşkın vakit geçmiş, Fouches Ailesinin akıbeti tamamen unutulmuştur.

Washington Üniversitesinden paleontolog Peter Ward'ın yolu, Fouches'lerin çiftliğinin yakınlarında yer alan dağlara düştü. Dağı oluşturan kayalar, tarihte kaydedilmiş en büyük kitlesel yokoluşun kanıtlarıyla doluydu. John Phillips, Paleozoik Dönemi sonlandıran ve Mezozoik Dönemi başlatan 250 milyon yıl önce gerçekleşen bu yokoluşu tanıyordu (Günümüzün paleontologları bu zamanı iki kısa dönemin, Permiyan ve Triyasik dönemlerin arasındaki sınır olarak değerlendiriyorlar). Dünyadaki türlerin yüzde 90'ı yok olmuştu fakat sırları Fouches Ailesininkinden daha derinlere gömülmüştü. Öyle ki, çoğu geride hiçbir kanıt bırakmadan ortadan kaybolmuşlardı. Ward, kanıtları incelemek için her yıl bu bölgeye geldi ve daha sonra şöyle yazdı: "Ne olduğunu anlamamız gerekiyor. Bu gizemi çözmek önemli çünkü yokoluşa sebep olan evrimin kuralları bizim içinde olduğumuz dönemde de işleyebilir. Bugün de hızla kitlesel bir yokoluşa doğru gidiyoruz ve geçmişte ne olduğunu anlamamız, dünyadaki yaşamın bu olaydan nasıl etkileneceğini anlamamıza yardımcı olabilir."

Bugün Karroo ıssız, dağlık bir bölgedir fakat 250 milyon yıl önce, yani kitlesel yokoluşun hemen evvelinde, çok farklı bir yer olmalıydı. "Muhtemelen büyük bir nehir vadisi olmalıydı" değerlendirmesini yapan Ward, şöyle devam ediyordu: "Devasa boyutlarda, Mississippi benzeri nehirler olmalıydı. Nehrin etrafına sıralanmış ormanlar bugünkülere benzemiyordu. Hiç çiçek yoktu. Ağaçların üstünde uçan kuşlar da bulunmuyordu. Bizim bildiğimiz dünyaya benzer hiçbir görüntü mevcut değildi. Tamamen yabancı, uzaylı bir dünyaydı."

Tarihöncesi Karroo'nun baskın hayvanları sürüngenimsi canlılar olan synapsid'lerdi. Bunlar, daha sonra tüm memelilerin köken alacağı hayvanlardı. 250 milyon yıl önce bazı synapsid'ler tıknaz suaygırı benzeri ot oburlara ve tuhaf et oburlara evrildiler; bunların bazıları kılıç dişli kaplumbağaların başlarını taşıyan kertenkelelere benziyorlardı. Daha 250 milyon yıl önceden, bu synapsid'ler memelilerin bazı temel



Güney Afrika'da Karroo Çölündeki kayalar 250 milyon yıl önce yaşayan türlerin yüzde 90'nından fazlasının yok olduğu, tüm zamanların en büyük kitlesel yokoluşuna ait fosilleri barındırır.

özelliklerini taşıyacak biçimde evrimleşmişlerdi bile. Çeneleri ve dişleri besinleri bir bütün halinde yutmak yerine, yediklerini çiğneyebilecekleri şekilde evrildi; bu değişiklik çok daha etkili bir sindirim sistemine sahip olmalarına ve böylelikle daha kuvvetli canlılara dönüşmelerini sağladı. Bacakları gövdelerinin iki yanından çıkmak yerine, alt tarafa yerleşti ve bu yolla hem koşu kuvvetleri arttı hem de metabolizmaları sıcakkanlı olmaya bir adım daha yaklaştı.

Tarihöncesi Karroo'nun tek sakinleri synapsid'ler değildi; amfibiyanlar, kaplumbağalar, timsahlar ve dinozorların öncülleri de onlarla beraber yaşıyordu ancak egemen canlı synapsid'lerdi. Karroo'nun fosilleri synapsid'lerin kozalaklı ağaçlardan oluşan ormanlarda ve eğrelti otlarından oluşan savanlarda çok fazla sayıda olduklarına işaret ediyordu. Sayıları Doğu Afrika'da bugün gezinen antilopların sayısıyla yarışacak düzeydeydi. Yaşam synapsid'ler için daha iyi olamazdı ancak tüm bunlar jeolojik bir an içerisinde değişecekti.

"Karroo, çok şaşırtıcı bir yerdir" diyordu Ward. Paleontolojide burası gerçekten de kutsal kabul edilen yerlerden birisidir. Dünyada başka hiçbir yerde memeli benzeri sürüngenlerin fosilleri bu kadar bol ve bu kadar kolay ulaşılabilir değildir; dolayısıyla Karroo bilimsel çalışmaların en yoğun yürütüldüğü bölgelerden biridir. Alan, gerçekten de Per-

miyan-Triyasik yokoluşta ne olduğunu anlamak için dünya üzerindeki en iyi merkezdir.

Lootsberg Geçidindeki bir dere yatağında Ward ve arkadaşları Permiyan Dönemin son yıllarına ilişkin izlere rastladılar. Bu bölgedeki yeşil ve zeytin rengi zemin, Karroo'nun zamanla sıcak ve kuru hale geldiğini gösterir şekilde kırmızı ve mora çalmıştı. Yaşlı kayalarda bulunması çok kolay olan dört ayaklılara ait fosiller gözden kaçmayacak biçimde seyrelmişti. Nihayetinde yalnızca 3 synapsid türü hayatta kalmıştı. Hayatta kalmayı başarabilenler, ilk zamanlardan beri varlığını devam ettiren bir tür, *Moschorhinus* denilen bir yırtıcı ile suaygırı benzeri çirkin bir otobur olan *Lystrosaurus* isimli öncüllerdi. Permiyan Dönemin sonundan kalma, yeşil renkli kaya katmanları ise hayat belirtisi taşımıyorlardı.

Ward, "Kitlesel yokoluş bu vadi yataklarında oluştu" diyordu ve şöyle devam ediyordu: "Artık hiçbir fosilimiz yoktu. Orada gördüğümüz tüm Permiyan yaratıkları tamamen ortadan kaybolmuşlardı. Birkaçının yaşadığını biliyoruz çünkü biraz üst tabakalarda bir veya iki türe ait fosilleri bulduk. Ama bu yataklarda hiçbir şey bulamadık. Fosiller olmadığı gibi, herhangi bir hayvan hareketini gösteren tünel veya oyuk benzeri kanıtlar da yoktu. Yalnızca hayvan hayatının yokluğunda üst üste oluşmuş kayalara rastladık. Felaket o kadar büyüktü ki kitlesel yokoluşta büyüklerle beraber tüm küçük yaratıklar da ölmüşlerdi. Yalnızca güçlü değil, en sessiz ve önemsizler de yaşamlarını yitirmişlerdi. Bu yer ölüydü."

Bu kayalar mutlak bir terk edilmişliğin resmini çiziyorlardı. Ward ve arkadaşları ağaçların kayboluşunun Karroo nehirlerinin dar kanallarında ortaya çıkan etkilerinin izini sürebilirlerdi. Bu nehirler çöl havzasında örgü gibi, erozyonlarla engellenmiş biçimde kaynaklarla geziniyorlardı. Yalnızca sel yataklarının en yüksekteki kayalarında Lystrosaurus yeniden ortaya çıkıyordu. Sağ kalmaya başarabilen bu cefakâr bireyin, memelilerle çok yakın ilişkideki synapsid'lerle ve dinozorların öncülleriyle birlikte yaşadığı anlaşılıyordu. Milyonlarca yıl sonra ağaçlar bu karaları yine kaplayacaktı.

Karalardaki yaşam yalnızca Karroo'da değil, tüm dünyada yara almıştı. Yeryüzündeki hemen hemen tüm ağaçlar yok olmuş, daha küçük bitkilerinse büyük kısmı ortadan kaybolmuştu. 500 milyon yıllık tarihlerinde yokoluşlara karşı koymuş böcekler bile büyük kayıplar vermişlerdi. Okyanuslardaki hasar belki de daha büyüktü. Tüm resifler ölmüştü. 300 milyon yıldan beri en sık görülen deniz hayvanları olan trilobitler ve kaburgalı eklem bacaklılar da Permiyan-Triyasik yokoluş-

tan paylarına düşeni almışlardı. Eurypterid olarak bilinen dev deniz akrepleri (bazıları 3 metre uzunluğa erişebilirdi) 500 milyon yıl önce ortaya çıkmışlardı ve 250 milyon yıldır gelişiyorlardı. Permiyan Dönemin sonunda onlar da yok oldular. Bütün bu bahsedilenler yeryüzündeki yaşamın yaklaşık yüzde 90'ına karşılık geliyordu ve tüm bu türler bir anda gezegen yüzeyinden silinmişlerdi.

Okyanuslardaki yokoluş da büyük bir hızla gerçekleşti. Güney Çin'de Meishan Köyü yakınlarındaki terk edilmiş kalker ocaklarında, Permiyan Dönemin sonunda denizlerde yok olan hayvanların kalıntılarına rastlanmıştır. Kalker oluşturan karbon atomları da küresel ölçekteki bir felaketin izlerini taşıyordu. Kalker, mikroskobik canlıların iskeletlerinden oluşmuştur. Deniz suyundaki karbondioksit ve kalsiyumun birleşmesiyle oluşan kalsiyum karbonat, kalkerin yapıtaşıdır. Yapıya katılan karbon, canlılardan da gelebilir; bu kaynak kimi zaman çürümekte olan bir yaprak olduğu gibi, ölü bir bakteri de olabilir. Kalkerin yapısına katılan karbon, zaman zaman volkanlardaki karbon gibi inorganik kaynaklardan da karşılanabilir. Fotosentez işlemi çok sayıda karbon 13'ü filtrelediği için organik karbon, inorganik karbona göre farklı bir orana sahiptir. Bilim insanları kalkerdeki karbon izotoplarını sayarak, yapıya katılmış olan canlıların hayatta oldukları sırada ne kadar organik karbon ürettiklerini hesaplayabilirler.

Permiyan-Triyasik yokoluş sırasında Meishan'daki kalkerlerde var olan izotoplar çılgın bir salınıma geçmiştir. Kalkerin yapısındaki bu dolanım, okyanuslardaki ekosistemin tamamen tıkandığını ve ölü organik yapıların denizin tabanını doldurduğuna işaret etmektedir. Jeologlar benzer bir izotopsal sendelemeyle Nepal'de, Ermenistan'da, Avusturya'da ve Grönland'da da karşılaştılar. Meishan kalker ocaklarını özel yapan, buradaki kalkerlerin yokoluştan önce ve sonraki volkanik küllerle karışıp katmanlar oluşturmasıdır. Bu kül katmanlarının içinde zamanı söyleyen kristaller olan zirkonlar bulunur. Meishan buluntuları, bu çöküşün ne kadar süre devam ettiğine ilişkin tahminlerin sınırlanmasını da sağlayabilir.

Massachusetts Teknoloji Enstitüsünden Samuel Bowring ve meslektaşları, 1998'de yokoluş tabakasının üstünde ve altında bulunan zirkonların içinde yer alan uranyum ve kurşun miktarı ile karbon izotoplarının salınımını ölçtüler. Yokoluşun 165 bin yıl, hatta muhtemelen bundan da az sürmüş olması gerektiği noktasında fikir birliğine vardılar. Çin'in başka yerlerinden alınan örneklerdeki volkanik küller de aynı sonucu verdi. Jeolojik zamanların boyutları düşünüldüğünde Permiyan-Triyasik yokoluş göz açıp kapayıncaya dek gerçekleşmişti.

Permiyan-Triyasik yokoluşa ilişkin getirilecek açıklamalar, bu dar zaman sınırı içerisinde olmak durumundadır. Çok popüler bir hipotez, Permiyan Dönemin sonunda yokoluş civarında deniz düzeylerinde yavaş fakat yoğun bir düşüş yaşandığını ileri sürer. Kıtaların yüzde 40'ı ve kıtaları çevreleyen sahanlıklar bundan 280 milyon yıl önce sularla kaplıydı. 250 milyon önce bu oran yüzde 10'a düştü.

Ancak yokoluşun sebebi okyanuslardaki bu çekilmeydiyse, bu değişimin milyonlarca yıl içinde değil, Bowring ve meslektaşlarının ortaya koyduğu gibi, jeolojik bağlamda bir nabız atımına denk düşen bir süre içinde gerçekleşmiş olması gerekirdi. Dünyanın ekosistemi bir tepenin erozyonla yavaş yavaş toprak kaybetmesi gibi değil, iskambil kâğıtlarından yapılmış bir kulenin tek hamleyle yıkıldığı gibi yok olmuştu. Bilim insanları suçluyu başka yerlerde aramaya başladı.

Volkanik patlamalar bu kadar kısa bir zaman zarfında böyle bir zarar vermeye muktedirlerdi. Yokoluştan birkaç yüzyıl öncesinde lavlar Sibirya'daki dev volkan ağızlarından akmaya başlamıştı. Yaklaşık 1 milyon yıllık zaman diliminde 11 adet çok büyük patlama oldu ve 3 milyon kilometreküp lav aktı (bu hacimdeki lav, tüm dünya yüzeyini 20 metre kalınlığında bir tabakayla kaplamaya yeter). Sibirya volkanları, iklime ve yaşamı mümkün kılan kimyaya büyük bir darbe vurarak böyle bir yokoluşa yol açmış olabilir. Volkanlar lavla birlikte çok büyük sülfat (SO_4) bulutları saldılar. Bu moleküller atmosferde damlacıklar için iyi bir tohum oluştururlar. Sülfat molekülleriyle etkileşime giren su damlacıkları güneş ışığını yansıtan bir pus oluşturdular. Oluşan tabakanın güneş ışınlarını yansıtmasıyla gezegen soğudu. Bu damlacıklar gökten düşmeye başladıklarında ise sülfürik asit biçiminde yağan yağmurlar tüm karaları zehirledi.

Bu yollarla volkanlar gezegendeki hemen hemen tüm ağaçları öldürdüler. Yaşamları onlara bağlı olan böcekler ve pek çok omurgalı da yok oldular. Asit yağmurları ve soğuk bulutlar birkaç yıl boyunca varlıklarını korumuş olmalıdırlar. Volkanlar söndüklerinde, gezegene zarar vermenin başka bir yolunu buldular. Sibirya volkanları trilyonlarca ton karbondioksiti de açığa çıkarmıştı; karbondioksit birikimi zaman içinde ısıyı hapsetti ve küresel ısınma başladı. Küresel iklim muhtemelen yalnızca birkaç on yıl içinde hızla ısındı. Bu sıcaklık dalgası daha önceden hasar görmüş olan biyosfer üzerinde ağır bir baskı oluşturdu.

Harvard Üniversitesinden Andrew Knoll ve çalışma arkadaşlarına göre, volkanik patlamalar okyanusların hassas kimyasal dengesini değiştirerek yaşama son vermiş olabilirler. Okyanusların derinliklerinde, 250 milyon yıl önce burada zararlı düzeyde karbondioksit biriktiğine

ilişkin kanıtlar mevcuttur. Deniz tabanına çöken organik karbon CO_2 gazı üretir ancak okyanustaki su akımlarının yavaşlığı sayesinde oluşan gaz derinlerde hapis kalır. Volkanik patlamalar CO_2 gazının serbest kalmasını sağlayarak iklimi değiştirirken, okyanusların yapısını da altüst etti. CO_2 sığ sulara ulaştığında oralardaki hayvanların kanlarını asitleştirdi ve çoğunu yokoluşa sürükledi.

Bilim insanları araştırmalarını tek bir fail üzerinde kısıtlamamışlardır. Permiyan-Triyasik yokoluşu pek çok farklı faktörün bir araya gelmesi yaratmış olabilir. Ward bu konudaki görüşünü, "Eğer Permiyan ve Triyasik Dönemler arasında kalan zaman zarfındaki kaya oluşumlarına bakacak olursak, işlerin pek çok konuda giderek kötüleştiğini gösteren pek çok kanıta rastlarız" diye ifade ediyor. Ward şöyle devam ediyor: "Büyük bir kuraklık ve sıcaklık artışı gerçekleştiğini görüyoruz. Nehirlerin akış sistematiği, tortuların deniz tabanında birikiş biçimi ve okyanusların düzeyleri değişiyordu. Her şey küresel ölçekte hızla ve değişik doğrultularda farklılaşıyordu. Bütün bunlar kitlesel bir yokoluşu getiren pek çok şeyin bir sepette hızla toplanmasıyla oldu."

YENİDEN DOĞUŞ

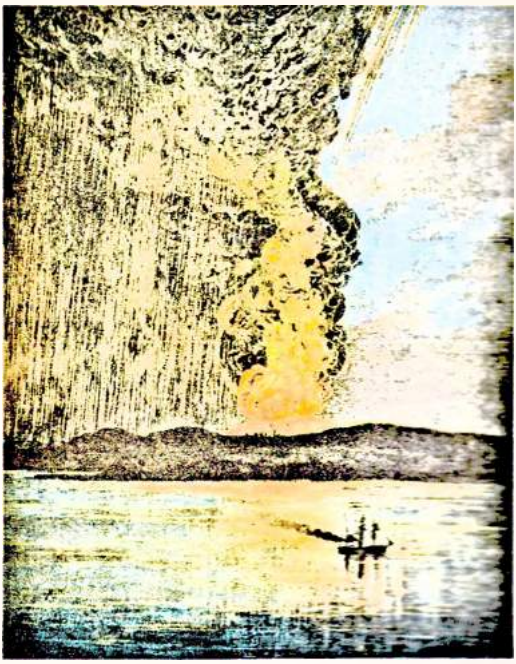
Kitlesel bir yokoluş sonrası dünyanın resmini tasavvur edebilmek, insan hayal gücü için oldukça güç bir iştir. Bunun sebebi, böylesi bir uğraşıyı mukayese edebileceğimiz ikinci bir deneyime sahip olmamamızdır. Ancak insanlık tarihi boyunca, volkanların patlamasından edindiğimiz izlenimler ve öğrendiklerimiz, 250 milyon yıl önce ölümler sona erdiğinde yaşamın neye benzediği konusunda bir fikir edinmemize yardımcı olabilir.

Java ve Sumatra arasındaki Sunda Boğazında, bir zamanlar Krakatau adlı bir ada bulunuyordu. 1883'ten önce yolu o bölgeden geçenler, sessiz bir volkanın sırtlarında yükselen ormanları görebilirlerdi. Hollandalılar 1600'lerde, bölgedeki kükürt madenlerini çıkartmak ve ormandan kereste sağlamak için Krakatau'da bir deniz üssü kurdular. Adadaki birkaç köyde yaşayan Endonezyalı aileler, 1800'lere kadar pirinç ve biber tarımı yaparak geçimlerini sağlıyorlardı. 1883'e gelindiğindeyse Krakatau tamamen insansızlaşmış haldeydi.

O yılın Mayıs ayında volkan gümbürdemeye başladı. Bir grup Hollandalı volkan seyircisi adaya geldi ve 980 metre çapındaki bir kraterin kenarlarına tırmandılar. Buhar, kül ve beysbol topu büyüklüğünde taş parçalarının havada uçuştuğunu gördüler. Sonraki 3 ay boyunca, yani volkanın doruk noktasına ulaşacağı ana kadar, Krakatau sessizliğini

korudu. Ağustosun 26'sında ada yüzlerce kilometre uzaktan duyulabilecek gümbürtülerle patladı. 30 kilometrelik bir kül sütunu göğe doğru yükseldi. Kapkara gökyüzünden çamur yağdı. Kayaların erimesiyle ortaya çıkan buharın yarattığı duman bulutları, saatte 450 kilometre hızla boğazın üzerinden uzaklara süzüldüler. Bu bulutlar karaya çarptıkları an yükseldiler ve binlerce insanı yakıp kül ettiler. Krakatau'dan yayılan tsunamiler, dünyanın diğer köşelerine doğru ilerlerken düzinelerce köyü haritadan sildiler. Dev dalgaların bazıları o kadar kuvvetliydi ki, aralarında Manş Tüneline ulaşanlar, hatta kıyılardaki toprakların bir kısmını yok edenler bile oldu. Ortaya çıkan kül bulutu, patlamadan aylar sonra bile havada asılı kalmayı sürdürdü ve tüm dünyada günbatımlarını kan kırmızı bir renge boyadı. Kasım 1883'te New York ve Connecticut'taki itfaiyelere gelen ihbarların asılsız olduğu sonradan anlaşılacaktı; kül bulutunun batıda yol açtığı kızıl parlaklık, pek çoklarına kasabaların alev alev yandığını düşündürtmüştü.

Patlamalardan sonraki gün Krakatau'dan geçmekte olan *Gouverneur-Général Loudon* isimli gemi, adaların üçte ikisinin kaybolmuş olduğunu bildirdi. Eskiden volkanın olduğu yerde, şimdi suyun altına doğru yüzlerce metre uzanan bir çukur vardı. Çukur kırılgan ama ıssız takımadalar ve yanmış bir dünyayla çevriliydi. Krakatau'da yaşayan hiçbir şey –bir sinek bile– hayatta kalamamıştı. 9 ay sonra adaları gezen bir doğabilimci şöyle yazıyordu: "Tüm araştırmalarıma rağmen karada bitki veya hayvan yaşamına ait bir iz bulamadım. Yalnız başına yaşayan küçücük bir örümcek dışında... Yenilenmenin bu garip öncüsü, ağ örmekle meşguldü."



Krakatau Volkanının 1883 yılında[illegible] neredeyse adadaki tüm bitkileri ve [illegible] etti. Bunu izleyen on yıllar içinde [illegible] mi kendisini yeniledi ve türler [illegible] yavaş geri döndü.

Birkaç yıl içinde ince bir yaşam tabakası adayı yeniden kapladı. Siyanobakteriler küllerin üzerini jelatinöz bir tabakayla kapladılar. Ardın-

dan eğreltiotları, karayosunları ve birkaç çiçekli sahil bitkisi filizlendi. 1890'larla birlikte, incir ve hindistan cevizi ağaçlarından oluşan gelişigüzel bir savan adada büyümeye başladı. Örümceklerle birlikte arılar, kelebekler ve dev bir kertenkele de adada yaşamaya başladı.

Volkanın gazabına uğramış ada ile anakara arasında kalan 44 kilometrelik mesafeyi aşabilmek için, bitkiler ve hayvanlar denizden veya havadan yol almak zorundaydılar. Bazı bitkilerin tohumları Sunda Boğazındaki akıntılar yoluyla adaya ulaştı. Dev kertenkele yüzerek, diğer hayvanlarsa ağaç parçalarının üzerinde veya bitkilerden oluşan sallara tutunarak bu mesafeyi kat ettiler. Örümcekler, kendilerini suyun üzerinde taşıyan ipek kozaların içinde Krakatau'ya vardılar. Kuşlar ve yarasalar (1 buçuk metrelik kanat açıklığıyla Malezya uçan tilkisi de) Krakatau'ya uçtular ve anakarada yedikleri meyvelerin midelerinde taşıdıkları tohumlarını da beraberlerinde getirdiler.

Tüm bunlara karşın Krakatau'daki yaşamın yeniden ortaya çıkışı rastlantısal olmadı. İlk gelen organizmalar bu tür felaketlere iyi uyum sağlayan öncüler, yani yabani otlardı. Zaman içinde diğer türler geldi ve kendilerini izleyecek diğerleri için başarılı bir ekosistem yarattılar. Otlardan oluşan bir ekosistem kendi kendine ortaya çıktı ve böylece adaya gelecek hayvanlar hayatta kalmalarını sağlayacak besin kaynağına kavuşmuş oldular. Zümrüt güvercinleri ve çobanaldatan kuşları adaya başarıyla yerleştiler. Kertenkeleler, pitonlar ve uzun ayaklı kırkayaklar da... Lakin pek çok başka tür adaya uyum sağlamayı başaramadı. Adadaki yaşam şartlarına elverişli olmayan türler, otluk arazinin ormanlara dönüşmesini beklemek zorundaydı.

Bazı ağaçlar çok hassas bir zamanlamaya ihtiyaç duyuyordu. Adaya uyum sağlama konusundaki en başarılı ağaçlardan olan incir ağacı bile polenlerini yayabilmek için tek bir yaban arısı türüne bağımlıdır. Eğer bir incir ağacı Krakatau'ya gelmiş olsaydı, adaya yayılabilmek için tek umudu polenlerini etrafa dağıtacak yaban arısının türünün de adaya gelmesi ihtimali olacaktı. Gerçekleşmesi ilk bakışta çok güç görünen bu olasılığın hayata geçmiş olduğunu, incir ağaçlarının adaya yayılmayı başarmış oluşundan anlıyoruz. İncir ağaçlarında ziyafet çeken hayvanlar ormanın çeşitliliğinin artmasını sağlarlar. Gölgeden hoşlanan, aralarında orkidelerin de olduğu yeni türler, ormanlar geliştikçe kendilerini gösterebildiler. Yıllar geçtikçe orman daha da olgunlaştı. Gelen türlere bir süre sonra ormana kök salan bambular da eklendi ve böylece bambu yılanları ve diğer hayvan türleri de yeni yaşama uyum sağlayıp adaya yerleşebildiler.

Otlakların yerini ormanlar aldıkça, Krakatau'daki yeni yaşama öncülük eden türlerin birçoğu yok oldu. Adadaki zebra güvercinleri 1950'lerde ortadan kayboldular. Diğerleri bir ağacın parçalanıp tohumlarını saçtığı bir alanda kolonileşip varlıklarını sürdürmeye çalıştılar. Bugün, adadaki felaketin 120 yıl sonrasında, göçmen akımı yavaşlamış ve makul bir düzeye ulaşmıştır. Krakatau'nun bir denge noktasına varmaya doğru gittiği söylenebilir.

Adaların çeşitlilik açısından bir denge içinde oldukları kuramı, 1960'larda iki çevrebilimci tarafından öne sürüldü. Robert MacArthur ve E. O. Wilson, bir adada yaşayan tür sayısının, adanın boyutlarından yola çıkılarak tahmin edilebileceğini iddia ettiler. Bir adaya gelen ilk türün yayılabileceği geniş bir alan bulunur. Adaya gelen türlerin sayısı arttıkça, besin veya güneş ışığı için bir rekabet başlar ve türlerin sayısı azalır. Yırtıcıların sayısındaki yükseliş, av niteliğindeki canlıların sayısını da azaltır. Eğer adadaki bir türün nüfusu çok düşük bir düzeye gelmişse, meydana gelebilecek bir kasırga veya hastalık bu türün geriye kalan üyelerini de ortadan kaldırabilir. Diğer bir deyişle, adaya gelen her yeni tür, diğer türlerin yok olma riskini artırır.

Yani bir adadaki türlerin sayısı artıran ve azaltan iki faktör mevcuttur. Bunların biri adaya eklenen yeni türlerken (adaya dışarıdan gelenler veya adada oluşanlar), diğeriyse rekabetin sonucu olarak çeşitli türlerin yok olmasıdır. Nihayetinde adadaki çeşitlilik, farklı yönlerdeki faktörlerin birbirini dengelediği bir noktaya erişir.

Denge noktası, adanın boyutlarıyla ilintilidir. Küçük bir adada düşük miktarda yaşam alanı ve az sayıda habitat bulunur; bu durum rekabetin şiddetli, yokoluşların yoğun, türlerinse gittikçe azalmaya mahkûm olduğunu gösterir. Daha büyük adalar daha çok türü barındırabilir. Patlamadan önce Krakatau muhtemelen daha sonra ortaya çıkan küçük adaların hepsinden daha fazla türe ev sahipliği yapıyordu.

Patlama öncesinde hiç kimse Krakatau'nun vahşi yaşamına ilişkin araştırma yapma zahmetine girmemişti. Yine de patlama öncesine ilişkin bilgi kırıntılarıyla, daha sonra yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında, adanın ekolojik olarak ciddi bir değişim yaşadığı görülür. Adaya yolu düşen ilk kâşiflerden biri, sahillerde 5 farklı türde kara midyesi olduğu tespitini yapmıştı. Bugün ise aynı sahillerde 19 farklı midye türü yaşamaktadır. Yeni adalarda ortaya çıkan ormanlar da öncekilerle aynı değildi; bu ormanlara hâkim ağaç türleri eskisinden farklıydı.

Bir ekosistem kendisini yeniden kurduğunda MacArthur ve Wilson'ın çeşitlilikle ilgili kurallarını izleyebilir fakat eski halini olduğu gibi kopyalayamaz. Farklı türler, doldurulmayı bekleyen yaşam alanları için

mücadele ederler. Krakatau'nun kaderi büyük ölçüde, adaya ilk gelen bitki ve hayvan türlerinin hangileri olduğuna ve rekabet etmek zorunda kalmadan önce kuvvetlenip yaygınlaşabilmek için sahip oldukları zamana bağlı olarak çizildi.

Triyasik Dönemin başlangıcında, yeryüzü Krakatau'lardan oluşan yamalı bir bohça gibiydi. Dünya yalnızca dehşet verici koşullar içinde hayatta kalmayı başarabilen türlere aitti ve bu türler binlerce kilometre boyunca yabani otlar gibi hızlıca yayıldılar. Bakteri katmanları sığ kıyı sularında, otlayıcı hayvanlar tarafından rahatsız edilmeden yaygınlaştılar. Bu arada, birkaç hayvan ve bitki türü de gelişebildi. Çift kabuklu bir yumuşakça türü olan *Claraia*, ABD'nin batısındaki sığ okyanus sularını tek başına kapladı. Bugün bu kıyılardaki sahillerde, yalnızca *Claraia* fosillerinin oluşturmuş olduğu kaldırımsı yapılar üzerinde kilometrelerce yürüyebilirsiniz. Karada ise yemyeşil balta girmemiş ormanlar, yerlerini botanik bilimi açısından en sıradan mısır tarlaları kadar sıkıcı olan dikenli çalılardan oluşan kamışlar ile yabani otlara bıraktılar. Bu dikenli çalılar bitki evriminin ilkel bir dalına aittiler ve 250 milyon yıl önce açık tohumlular (kozalaklı ağaçlıları da içerir) tarafından evrimsel açıdan geride bırakılmış bir türdü. Ancak dikenli çalılar tüm açık tohumluları öldürebilecek çok sert koşullarda hayatta kalabilirler; dolayısıyla diğer türlerin yokoluşu onların yeniden canlanmasına neden oldu.

7 milyon yıl boyunca dünyadaki yaşam otlarla örtülü kaldı. Araştırmacılar bu acımasız koşulların neden bu kadar uzun sürdüğünü bilmiyorlar; büyük olasılıkla bu süre boyunca okyanusların iklimi ve kimyası felaketleri seven türler dışındaki canlıların hayatta kalmasına izin vermeyecek kadar sertti. Fiziksel koşulların düzelmesinin ardından bile ekosistemlerin yeniden toparlanması çok uzun bir zaman aldı. Ormanlar ancak kendilerinden önce gelen bitkiler tarafından toprağın oluşturulmasının ardından büyüyebildiler.

Dünyanın ekosistemi yavaşça toparlandı ama asla eskisi gibi olmadı. Okyanuslardaki resifler bir zamanlar algler ve süngerlerden oluşurken şimdi dünyadaki resiflerin neredeyse tümü koloni oluşturan hayvanlardan olan taşsı (scleratinian) mercanlar tarafından oluşturulmaktadırlar. Yokoluşlardan önce tipik bir resifte yaşayan hayvan toplulukları, yavaş hareket edenlerin veya resifin kendisine kök salmış olan, deniz zambakları, yosun hayvancıkları ve ışıklı istiridyeler gibi hayvanların egemenliğindeydi. Günümüzde bu grupların ancak birkaç temsilcisi hayatta kalabilmiştir. Permiyan-Triyasik yokoluştan beri resiflerin egemenliği, balıklar, kabuklular ve denizkestanelerine geçmiştir.

Karada dikenli çalılar ve diğer otlar toprağı yeniden oluşturdular; kozalaklı ağaçlar ve diğer bitkiler ise onların oluşturdukları sığınaklar sayesinde var olabildiler. Yalnızca 500 bin yılda dikenli çalıları geri püskürttüler ve ormanlar ile fundalıkları yeniden oluşturdular. Hayat, kitlesel yokoluş sonrasında bir kez toparladığında daha iyiye doğru değişmeye de başlar. Yokoluşlardan önce böcekler arasında yusufçuklar ve kıvrımsız kanatlılar egemendi. Yokoluşlardan sonra ise kıvrımlı kanatlı böcekler en sık rastlanan form haline geldi.

Permiyan-Triyasik yokoluş öncesinde baskın omurgalılar olan ve pek çok çeşidi bulunan synapsid'ler kayboldular ve ekosistemin toparlanması sırasında eski baskın konumlarını geri kazanamadılar. Timsahlar ve kaplumbağalar gibi yeni formlara evrilen sürüngenler daha sık görülür hale geldiler. 230 milyon yıl önce ince iki ayaklı bir sürüngen, evrilerek dinozorlara açılan kapıyı araladı. Dinozorlar kısa zamanda karaların baskın omurgalıları haline geldiler ve egemenlikleri 150 milyon yıl sürdü.

Permiyan-Triyasik yokoluş her şeye rağmen Cuvier'in dünya üzerindeki devrimsel değişimlere ilişkin düşüncelerinde gerçeklik payı olduğunu gösterdi. Tek bir jeolojik an, milyonlarca türü bir çırpıda ortadan kaldırabiliyor, sonrasında ortaya çıkan yaşamsa öncekine kıyasla büyük farklılıklar içerebiliyordu.

Kitlesel yokoluşlar evrimin normal kurallarını askıya alır. Permiyan Dönemin sonunda koşullar hayatta kalmayı becerebilen her tür için bir anda ağırlaştı. Türler yok oldukça onları felaketten koruyan ekolojik ağlar ve sığınaklar tükendi, böylelikle diğer türler de yok oldular. Hayatta kalan bazı türleri yok olmaktan, sahip oldukları belirgin özellikler korumuş olabilir. Kıtalara ve okyanuslara yayılabilmiş türler, bir şekilde bir yerlerde felaketin etkilerinden korunaklı sığınaklar bularak az sayıdaki bireyi yokoluşun ötesine taşımayı başarmış olabilirlerdi. Belki kimi türler okyanuslardaki düşük oksijen düzeylerine veya karalarda ani sıcaklık artışlarına dayanabilmişti. Ancak tüm bu uyum yetenekleri dünyanın cehenneme döndüğü kısa zaman zarfında bir şey ifade ediyordu.

Kitlesel yokoluşlar sona erdiğinde evrim normal kurallarıyla çalışmaya devam eder. Bireyler ve türler arasındaki rekabet yeniden başlar ve doğal seçilim yeni özelleşmeler ortaya çıkartmaya başlar. Fakat bu oyunu normal kurallarına göre iyi oynayan bir canlı türü, eğer bir felaketle yok olmuşsa oyunu kazanma şansını da yitirir.

Yokoluşlar sona erdiklerinde, geride değişim rüzgârları bırakırlar. Yokoluşlar, normal koşullarda kendileriyle rekabet etme potansiyeline

sahip diğer türler üzerinde egemenlik kuran baskın formları ortadan kaldırabilir. Tek taraflı rekabet ortadan kalktığında, geride kalan türler yeni formları deneme özgürlüğüne kavuşurlar. Önceki baskın tür olan synapsid'lerin sahneden çekilmesinin, dinozorların ortaya çıkmasını sağlayan yegâne sebep olması mümkündür.

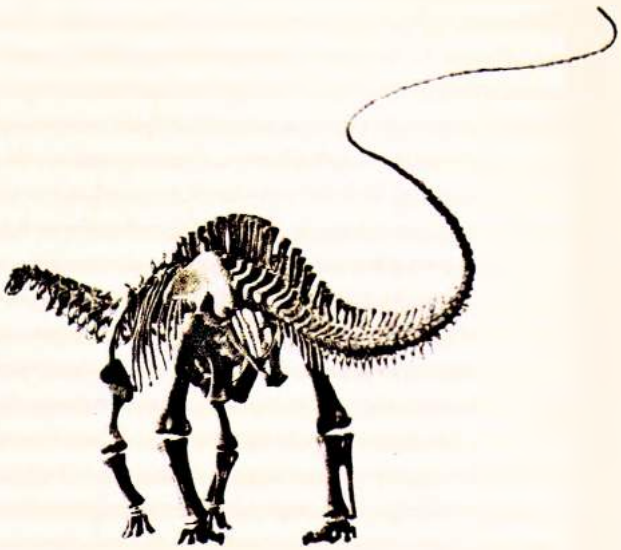
Ancak yokoluşların hayatta kalanlara sağladığı özgürlük sınırsız değildir. Permiyan-Triyasik yokoluş sonrasında rekabet neredeyse sıfır noktasına ulaştığında bile evrim yeni bir hayvan ailesi ortaya çıkartmadı. Hiçbir omurgalı ailesi 9 bacağa sahip olacak şekilde evrimleşmedi. Kambriyen Dönem Patlaması sonrasında hayvanlar evrim yoluyla radikal değişimler gösteremeyecek kadar karmaşık yapılara bürünmüşlerdi. Yokoluşlar sonrasındaki uyanış sürecinde meydana gelen evrimler, temel canlı yapılarının varyasyonları biçiminde ortaya çıkmıştır.

MEMELİLER: MİNİK BİR BAŞLANGIÇ

Eğer Permiyan-Triyasik yokoluş biraz daha ölümcül olsaydı, memeliler hiçbir zaman ortaya çıkamayabilirlerdi. Yalnızca birkaç synapsid dalı Triyasik Döneme adım atabildi; bu dalların pek çoğu ise dinozorların başarısından ötürü gelişecek ve yaygınlaşacak şans bulamadı. Ancak dalların biri evrim yoluyla yaşamını memeli olarak devam etmesini sağlayacak donanımları bir araya getirmeyi sürdürdü.

Sinodontlar olarak bilinen bu köpek benzeri synapsid'ler, evrim sayesinde yeni iskelet biçimleri geliştirmişlerdir. Evrim yoluyla, daha derin nefes alabilmelerini ve daha fazla dayanıklılık kazanmalarını sağlayan bir göğüs kafesine ve diyaframa sahip olmuşlardır. Muhtemelen yine bu noktada kılları da oluşmuş, aynı zamanda yavrularını da emzirmeye başlamışlardır. Ciltlerindeki bezlerden süt salgılamaya başlamış, yavrularını bu bezler yoluyla besleyebilmişlerdir. İlk başta bu süt, yavruların enfeksiyonlarla mücadelesini sağlayan bir antibiyotik olmaktan öteye gitmiyordu. Ancak zamanla evrim bu süte protein, yağ ve memelilerin hızla büyümesini sağlayacak maddeler de ekledi.

Tüm bu yenilikler memelilerin atalarına, metabolizma hızlarını yüksek ve vücut sıcaklıklarını sabit bir düzeyde tutabilme noktasında yardımcı oldu. Bu sayede soğukkanlı omurgalıların işgal edemediği yeni ekolojik sığınaklara yerleşebildiler ve geceleri avlanabilir hale geldiler. Yüksek metabolizma hızları bazı dalların daha küçük boyutlara evrilmesini sağladı (Küçük hayvanlar vücut ısısını muhafaza etmekte zorlanıyorlardı çünkü ısı kaybının hangi hızda olacağını belirleyen, vücut yüzeyinin vücut kütlesine oranıydı).



Burada gösterilen *Apatosaurus* gibi dinozorlar 150 milyon yıl dünya üzerinde hâkimiyet kurdular. *Apatosaurus* 30 ton iken, onlarla birlikte yaşayan memeliler 2-3 kiloyu geçmiyorlardı. Memeliler ancak dinozorların yokoluşundan sonra evrimsel bir patlama geçirebildiler.

Memelilerin küçük öncülleri, atalarına kıyasla çok keskin duyulara sahiplerdi ve gelişkin duyu akışlarını beyinlerinin etrafındaki kabuğa aktaracak şekilde evrim geçirdiler. Yeni kabuk (neokorteks) olarak bilinen bu alan, ses, görüntü ve koku gibi algıların çözümlenmesini ve bu verilerin çevrenin öğrenilmesine ilişkin deneyimlere dönüştürülmesini sağlıyordu. Sıcakkanlı memeliler bu yeni kabuğun hakkını verdiler. Yüksek hızlı metabolizmaları, sabit bir enerji akışına gereksinim duyuyordu. Soğukkanlı bir hayvan olan yılan, bir sıçan yedikten sonra haftalarca dinlenebilirdi fakat bir memeli besinsiz kalamazdı. Büyük bir beyin ve yeni bir beyin kabuğu sayesinde memeliler, yiyecek bulabilecekleri yerlerin haritasını çıkarıp bu haritayı hatırlayabilecek hale geldiler.

Görünüşe göre, biz insanların çok gurur duyduğu beyinlerimizin elde ettiği başarı, evrimin gidişatını belirgin şekilde değiştirmiştir. Ancak beyindeki bu değişim, büyük synapsid hanedanı üzerinde herhangi bir etki yapmadı. Permiyan-Triyasik yokoluştan zar zor kurtulan synapsid'ler, Triyasik Dönemin sonuna gelinirken büyük bir hızla tükenmenin eşiğine sürükleniyorlardı.

Ward şöyle söylüyordu: "Memelilerin olunabilecek en üstün biçim olduğunu düşünüyoruz. Ama durum böyle değildi. Dinozorlar kafa kafaya mücadeleyi kazandılar ve dünyayı ele geçirdiler. Dinozorların çağı olarak adlandırılan bir zaman diliminden söz ediyoruz; dinozorlar memelilerin elinden her şeyi çekip aldılar."

Yaklaşık 150 milyon yıllık bir dönem için dinozorlar en geniş çeşitliliğe sahip kara omurgalıları oldular. O güne dek karalarda yürümüş en büyük canlılar yine dinozorların arasındaydı. 1999'da Oklahoma'da uzun boyunlu bir dinozorun sırt kemiklerinden birini bulan araştırmacılar, bu kemiğin ait olduğu dinozora *Sauroposeidon* adını verdiler. Omurganın boyutlarından yola çıkarak yaptıkları değerlendirmeyle, bu dinozorun ayağa kalktığında 6 katlı bir bina yüksekliğine eriştiği yargısına vardılar. *Sauroposeidon*, Mezozoik Dönemin en büyük memelilerini, sanki ufacık çam kozalaklarıymışçasına kolayca ezebilirdi. İlk memeliler 2-3 kiloyu aşamayacak boyutlardaydılar; onları bulmaya çalışan paleontologlar iğne başı büyüklüğünde bir tek diş bulabilmek için bile tonlarca kayayı elekten geçirmek zorunda kalıyorlardı.

American Museum of Natural History'den [Amerikan Doğa Tarihi Müzesi] paleontolog Michael Novacek şöyle diyor: "Memelilerin tarihi çok öncelere dayanır; en az dinozorlar kadar eskidirler. Ancak tarihçelerinin ilk 160 milyon yıllarında çok da göz önünde bulunan hayvanlar değillerdi. Aslına bakarsanız dinozorların gölgesinde yaşadılar ve çoğunlukla geceleri ortaya çıkan, küçük hayvanlardı. Anlayacağınız çok da talihli değillerdi."

Tüm talihsizliklerine karşın, memeliler dinozorların çağı boyunca evrim geçirmeye devam ettiler. Farklı dallara ayrıldılar ve bazıları hayatta kalıp günümüze dek ulaşırken, bazılarıysa çok uzun süre önce





Memelilerin ana dalları son derece farklı üreme yöntemleri geliştirecek şekilde evrildiler. Ornitorenk, dünyada yaşayan en eski memeli dalı olan yumurtlayan memelilere (monotremler) aittir. Tıpkı memelilerin sürüngen ataları gibi, günümüzde de yumurtlayarak üremeye devam ederler. Kangurular ise çok küçük doğurdukları yavrularını bir kese içinde taşıyan ve orada büyüten keselilere dâhildir.

yok oldular. Ornitorenkler memelilerin bugün hâlâ yaşayan en eski dallarından birisi olan yumurtlayan memelilere mensupturlar. Yumurtlayan memeliler 160 milyon yıl önceki atalarımızın bazı özelliklerini hâlâ taşımaktadırlar. İlerleyen dönemde evrim geçiren memelilerle karşılaştırıldığında, bu dalın mensupları vücut sıcaklıklarını koruma konusunda daha az kontrole sahiplerdi. Dişiler doğum yapmak yerine karınlarındaki bir yarıkta taşıdıkları bezelye büyüklüğündeki yumurtalarını bırakırlar. Yumurtalar çatladığında bebekler meme bezlerinden sızan sütü içerler (Yumurtlayan memeliler kendi dallarını oluşturduğu sırada meme başları henüz gelişmemişti).

Yaklaşık 140 milyon yıl önce memeli evrimi, uyum konusunda en başarılıları olacakları sonradan anlaşılan iki dal yarattı. Bunların birincisi günümüzde de yaşayan kanguru, keseli sıçan ve koalayı da içeren keseliler dalıdır. Erkek keselilerin çatallı penisleri bulunur ve bu sayede dişilerin ikiz rahimlerindeki yumurtaları döllleyebilirler. Döllenmiş bir yumurta kabuk geliştirmez; embriyo birkaç haftada pirinç tanesi boyutuna erişir ve sürünerek rahimden çıkarak annesinin karnında yer alan kese içine geçer ve orada bulunan meme başına çenesiyle tutunur.

Bizim de içinde bulunduğumuz diğer memeli dalı plasentalılar olarak bilinir. Keselilerin aksine plasentalı memeliler yavrularını daha büyük hale gelene kadar rahimlerinin içinde tutarlar. Bunu embriyonun etrafında yer alan ve plasenta denilen bir doku sayesinde yaparlar. Bu özel doku, anneden bebeğe besin akışını sağlar. Plasentalı memeliler, keselilere göre çok daha gelişkin biçimde doğarlar. Bazı durumlarda –tavşanlarda olduğu gibi– doğduklarında görme yeteneklerini henüz kazanmamış olurlar ve bir süre karanlık bir kovukta saklanmak zorunda kalırlar. Atlar ve yunuslar gibi türlerde ise yavrular doğar doğmaz hareket etmeye hazırdırlar.

Plasentalı memelilerin yaşayan dallarına ait 65 milyon yıldan yaşlı pek çok kıymetli fosil bulunmaktadır ancak bu fosillerin pek azı 100 milyon yıl önce yaşayan türlere doğru gerçekleşen ayrışmaya ışık tutmaktadır. Ayrılan ilk daldan karıncayiyenler, tembel hayvanlar ve armadillolar oluşmuştur. Bu hayvanlar diğer plasentalı hayvanların sahip olduğu pek çok özelliği taşımazlar. Örneğin bir serviksleri (rahim ağzı) yoktur, metabolizmaları ornitorenklere göre daha hızlı olsa da, diğer plasentalılara göre metabolizma hızları hâlâ daha düşüktür. Bu memelilerin kendi dallarını oluşturmuş oldukları gerçeği, onların bizim evrimimizdeki kayıp halka olduğu anlamına gelmez (Tıpkı maymunların insan evriminin kayıp halkaları olmadığı gibi). Bu bizim armadillolardan, tembel hayvanlardan veya karıncayiyenlerden köken aldığımız

yönünde anlaşılmamalıdır. Atalarımızın armadillolar gibi zırhları, tembel hayvanlar gibi ağaçlarda yükseklere çıkmaya yarayan pençeleri ve karıncayiyenler gibi uzun dilleri yoktu. Bu dallar ağaçtan ayrıldıktan sonra, memeliler kendilerine ait yeni uyumlar geliştirerek yollarına devam ettiler.

Paleontologlar yaşamakta olan diğer memelilerin bundan 80 milyon yıl önce ortaya çıktığından şüphelenmektedirler. Böcek yiyenlerin ortaya çıkışı, köstebekleri, kır farelerini ve kirpileri de beraberinde getirdi. Etçillerle birlikte, köpekler, kediler, ayılar ve fok balıkları ortaya çıktı. Glires dalının ortaya çıkışıyla tavşanlar ve kemirgenlerin önü açıldı. Ungulata dalı atları, develeri, balinaları, gergedanları ve filleri oluşturdu. Archonata dalı ise yarasaları, ağaç farelerini ve bizim de içinde olduğumuz primatlar dalını ortaya çıkardı. Ancak tüm bu dallanma hâlâ onlarca milyon yıl uzaktadır. Yaşayan plasentalıların atalarını o dönemde birbirlerinden ayırt etmek çok ama çok zordu. Bu atalardan hangi memelerin ortaya çıkacağı ancak bir sonraki yokoluştan sonra belli olacaktı.

GÖKTEN GELEN ÖLÜM

Kuzey İtalya'da çok güzel pembe kireçtaşları bulabilirsiniz. Bunlara Scaglia rossa denir ve İtalyan yapı ustaları bunları evlerinin yapımında kullanırlar. Gubbio kasabasının hemen kuzeyinde bulunan 400 metrelik Bottaccione Boğazının iki kenarındaki duvarlar bu malzemeyle kaplıdır. Jeologlar boğazın tabanındaki kayaların 100 milyon yıllık olduğunu, yani bu oluşumun temellerinin plasentalı memelilerin bugün yaşayan formlarına doğru çeşitlenmeye başladığı zaman atıldığını belirlemişlerdir. Kayalar izleyen 50 milyon yıl boyunca oluşumlarını sürdürdüler. Dinozorlar ve dünya üzerindeki türlerin yüzde 70'i yok olduğunda, yani bundan 65 milyon yıl öncesine rastlayan Kretase Döneminin sonunda kaya oluşumu devam ediyordu. Kayalar, memelilerin karalardaki egemen omurgalılar olarak evrim geçirdikleri takip eden 15 milyon yılda da oluşageldiler. Kretase Dönemi ile Paleocene Dönemi sırasında oluşan kayalar arasında, yalnızca birkaç santim kalınlığında jölemsi bir kil tabakası oluştu. Bu tabakanın altındaki kayalar, planktonların iskeletlerinden geriye kalan kalsiyum karbonatı içeriyordu ve kaya tabakasının büyük kısmı plankton fosillerinden oluşuyordu. Kil tabakasında ise hiç plankton bulunmuyordu. Kil tabakasından sonra kireçtaşı yeniden başlıyor ama bu yeni kaya tabakası eski plankton türlerinin pek çoğunu içermiyordu. İşte tüm bu oluşum içerisindeki birkaç santimlik

kil tabakası, kaderimizi belirleyen gelişmeleri anlatıyordu. Bu küçük tabaka, dev dinozorların kaybolduğu ve atalarımızın hayatta kaldığı küresel bir felaketi işaret eder.

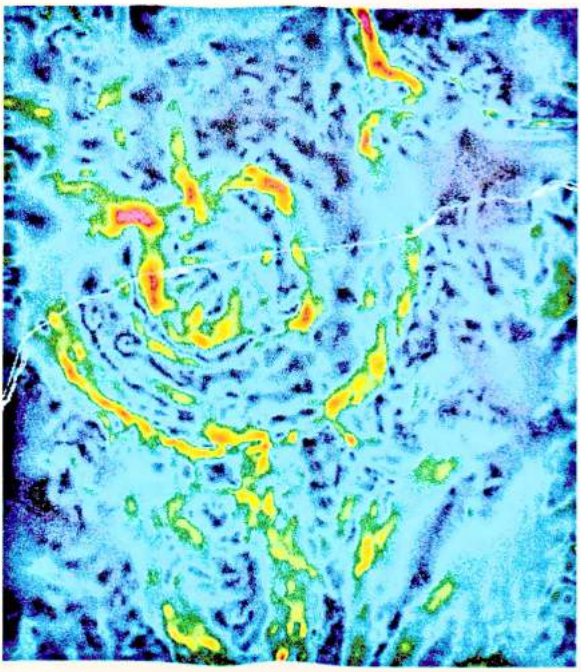
Amerikalı bir jeolog olan Walter Alvarez bu kil tabakasından çekiçle kırdığı parçaların bir kısmını üzerinde çalışmak üzere 1970'lerde ABD'ye götürdü. Alvarez, Scaglia rossa içerisinde Kretase ve Tersiyer Dönemler arasındaki belirgin sınırı bulmak ve bunu tarihlendirmek istiyordu. Her şey yolunda giderse, dünyanın başka yerlerindeki kayalar üzerinde de bu iki dönemin başlangıç ve bitiş tarihine ilişkin incelemeler yaparak bulgusunu destekleyecekti. Her birkaç milyon yılda bir dünyanın manyetik alanı çıldırır. Bu tür durumlarda, kuzeyi göstermesi gereken bir pusula güneyi gösterir. Böyle olaylar sırasında kayalardaki manyetik kristallerin alan çizgileri bir doğrultuda dizilirler ve jeologlar bu doğrultuları milyonlarca yıl sonra bile gözlemleyebilirler. Alvarez, dünyanın manyetik alanının çıldırdığı anın öncesindeki ve sonrasındaki kaya tabakalarını ve onların sınırlarını bulmak istiyordu. Böylece diğer kayalarda da bu çıldırma dönemine ait sekansları tespit edebilecek, dönemlerin sınırları arasında kalan katmanlara ilişkin yeni bir parantez açabilecekti.

Alvarez eve döndüğünde İtalya'dan getirdiği kayayı babası Luis'e gösterdi. Luis Alvarez bir jeolog değildi fakat ne de olsa meraklı bir bilim insanıydı. Atom altı parçacıkların keşfine olanak sağlayan baloncuk çemberinin bulunmasına yardımcı olmuş, Mısır Piramitlerindeki gizli mezarları bulmak için röntgen taramaları yapmış ve 1968'de Nobel Fizik Ödülünü kazanmıştı. Oğlunun getirdiği kayalar baba Alvarez'in ilgisini çekti. Kretase Döneminde okyanuslarda ne olmuştu da bu kireçtaşı fabrikası durmuş, sonra yeniden çalışmaya başlamıştı?

Oğlu, Kretase-Tersiyer sınırda çalışmayan bir paleomagnetik parantez bulmayı umuyordu. Kretase Döneminin sonunda kuzey ve güneyin yer değiştirmesi çok yavaş gerçekleşmişti; dolayısıyla bu olay üzerinden bir tarihlendirme yapmak çok da mümkün değildi. Fakat Luis'in başka bir fikri vardı; dünyaya ulaşan yıldızlararası tozu bir saat olarak kullanabilirlerdi. Küçük meteorlar ve uzayda gezinen diğer maddelerin dünyadaki kayalara göre çok farklı bir kimyasal bileşimi vardır. Örneğin çok ender bir element olan iridyumu çok fazla miktarda içerirler (Dünya üzerindeki iridyumun neredeyse tamamı, bundan 4 buçuk milyar yıl önce diğer metallerle birlikte, ergimiş durumdaki dünyanın çekirdeğini oluşturmak üzere battı). Gök cisimlerinden tonlarca mikroskobik artık, her yıl dünyanın atmosferine düşerek karaya ve denizlere serpilirler. Walter ve Luis, iridyumun dünya yüzeyine iniş oranını Gubbio kayalarındaki düzeylerini ölçerek belirlemeyi planladılar.

Diğer bilim insanları da aynı yöntemi kullanmaya çalışmışlar ve başarısız olmuşlardı fakat neyse ki Alvarez'ler bunu bilmiyorlardı. Kretase Döneminin sonunda oluşmuş kayalardaki iridyumu ölçtüler ve inanılmaz düzeylerde olduğunu buldular. Ölçümler, Walter'ın kil tabakasının altındaki ve üstündeki kireçtaşındaki iridyum düzeyinin 30 kat fazlasına işaret ediyordu. Düzenli uzay serpintisiyle bu kadar çok iridyum kalıntısı oluşamazdı. Ancak ölçümleri bir rastlantı değildi: Danimarkalı bilim insanları Kopenhag yakınlarındaki kayalarda Kretase Döneminin sonuna ait ölçümlerde çok daha yüksek düzeylerde iridyuma rastladılar.

Alvarez'ler Kretase Döneminin sonunda dünyanın uzaydan büyük miktarda iridyum aldığını düşünmeye başladılar. Bu olasılık, paleontolog Dale Russell'ın çılgın fikrini destekliyordu; Dinozorlar (en azından büyük olanları), tüm türlerin yüzde 70'i, dev deniz sürüngenleri ve gökyüzünü dolduran pterosaur'ların tamamı, Kretase Döneminin sonunda bir kitlesel yokoluşla gezegenden silinmişlerdi. Russell, yakınlardaki güneş sistemlerinden birisinde patlayan bir yıldızın bu yokoluşa yol açmış olabileceği düşüncesini ortaya attı. Bir süpernovadan kopmuş yüklü parçalar akını, uzaydan dünyanın atmosferine girmiş ve yeryüzüne düşerek mutasyonlara ve ölümlere yol açmış olabilirdi.



Jeologlar bu görüntüyü Doğu Meksika kıyılarında yerçekimsel alanların çeşitli varyasyonlarını kullanarak oluşturmuşlardır (kıyı şeridi beyaz çizgi ile belirtilmiştir). Yerçekimi varyasyonları, bundan 65 milyon yıl önce bir gök taşının etkisi ile oluşan kratere ilişkin dairesel sapmaları işaret etmektedir. Bu sapmalara yol açan darbe, tarihin en büyük yokoluşlarından birine sebep olmuştur.

Alvarez'ler, iridyumun süpernova oluşumu sırasında yoğunlaşmış elementlerden biri olduğunu biliyorlardı. Belki diğer ölümcül yüklü parçacıklarla birlikte, süpernova dünyaya ergimiş iridyumu da göndermiş olabilirdi. Ancak Alvarez'ler Russell'ın fikirlerine aşina olduktan sonra, iridyum yoğunluğuna bir süpernovanın yol açmış olamayacağını anladılar. Patlayan yıldızlar iridyuma ek olarak, plütonyum 244 de açığa çıkartıyorlardı ve açığa çıkmış plütonyumun mutlaka Gubbio'daki kile de tesir etmiş olması gerekirdi. Ancak Alvarez'ler kilde hiç plütonyum kalıntısına rastlamamışlardı.

Böylelikle bir kuyrukluyıldız veya meteorun dünyaya çarpmış olması ihtimali üzerine yoğunlaştılar. Luis, Krakatau'yla ilgili okumalarını hatırladı: Patlama atmosfere 18 kilometre küplük bir toz tabakasının yayılmasına neden olmuştu ve bu bulutun 4 kilometre küplük kısmı stratosferin üst katmanlarına kadar yükselmişti. Hızlı esen rüzgârlar 2 yıl boyunca kül bulutlarını dünyanın etrafında sürüklemiş ve güneşin perdelenmesine, kızıl günbatımlarının ortaya çıkmasına yol açmıştı. Luis, dev bir gök taşının Krakatau'daki felaketin katbekat fazlasını yaratabileceğini düşündü. Gök taşının yeryüzüne çarpmasından sonra, oluşan artıkların ve çarpma bölgesindeki kraterden kopan toprak parçalarının tekrar havalanabileceğini, böylelikle gezegenin atmosferinin kalın, koyu bir örtüyle kaplanabileceğini ileri sürdü. Güneş olmadan bitkiler kurur, okyanuslarda fotosentez yapan planktonlar ölürdü. Yiyecek bulamayan otoburların açlıktan ölmesi, kısa bir süre sonra etçillerin de sonunu getirirdi.

Alvarez'in ölçümlerine göre, böylesi etkiye sahip bir meteorun çapı 10 kilometre civarında olmalıydı. Bu büyüklükteki bir meteorun dünyaya çarpması, devasa bir tabancadan Everest Dağı büyüklüğünde bir kurşunun gezegene ateşlenmesi gibiydi. Dünya tarihinin ilk yıllarında bu boyuttaki olaylar sık sık görülüyordu ancak 3,9 milyar yıl önce bu türden gelişmeler gitgide azalmıştı. O tarihten beri dev meteorlar ve kuyrukluyıldızlar muhtemelen her 100 milyon yılda bir dün-



Bu kuvars parçasındaki çizgiler [illegible] yıl önce bir gök taşının gezegene [illegible] ile oluşan şok dalgaları yüzünden [illegible] na gelmiştir.

yaya düştüler. Kretase Döneminin sonundaki ender görülen bir olaydı fakat beklenmedik bir gelişme de değildi.

Alvarez'ler etki hipotezlerini 1980'de yayımladılar ve bunu izleyen 10 yıl boyunca diğer jeologlar Kretase Döneminin sonunda (K-T sınırı olarak bilinir) meydana gelen olaylar hakkında daha fazla kanıt aramaya koyuldular. 65 milyon yıl önce devasa bir şeyin gezegene çarptığını işaret eden kanıtların sayısı gittikçe arttı. 100'den fazla farklı bölgede jeologlar Kretase Döneminin sonunda oluşmuş ve iridyum içeren kil tabakaları tespit ettiler. Araştırmacılar kil içerisinde, yalnızca yoğun basınç altında oluşabilecek şoklanmış kuvars parçaları da buldular.

Alvarez'lerse, 10 yılı aşkın bir süre yılmadan böylesi bir etkiye yol açan meteorun oluşturması gereken krateri arayıp durdular. Meteorun şu anda okyanus olan bir alana düşmesi, deniz tabanının taşıdığı artıklarla çukurun kapanmış olması mümkündü. Dünya tabanındaki tektonik plakaların hareketiyle kraterin yer kabuğu tarafından yutulmuş olması veya bir volkanın kalıntıların üzerini kapatmış olması da ihtimaller dâhilindeydi. Fakat Alvarez'ler hâlâ dumanı tüten bir silah arıyorlardı. Hâlâ araştırmalarını sürdürüyor olmalarının nedeni, kuramlarını eleştirenlerin de diğer taraftan alternatif açıklamalar ortaya koyuyor olmasıydı. Bazı araştırmacılar, tıpkı 250 milyon önce Permiyan-Triyasik yokoluşta olduğu gibi, K-T sınırında da volkanların faaliyete geçmesinin felakete yol açmış olabileceğini söylüyorlardı. Aynı türden bir volkanik aktivite Permiyan Dönemin sonunda Sibirya'yı sarmış, hatta fışkıran lavlar Kretase Döneminin sonunda Hindistan'a kadar ulaşmıştı. Bu patlamalar dünyanın derinlerindeki iridyumu yeryüzüne çıkarmış ve şoklanmış kuvarsların oluşumu için gereken yoğun basıncı sağlamış olabilirdi.

Jeologlar bir krater arayışlarını sürdürdüler ve ilk kanıt 1985'te bulundu. Teksas'ta K-T sınırından kaldığı anlaşılan iri taneli kum ve çakıl taşlarından buluntular keşfedildi. Bu kalıntılar ancak güneyde bir yerlerde meydana gelmiş ve dev bir tsunamiyle bölgeye ulaşmış olabilirdi. Araştırmacılar bu dev dalgaların çarpışmanın etkisiyle oluşması ihtimalini değerlendirdiler. O sırada Haiti'de başka jeologlar yine K-T sınırı dönemine ait cam kürecikler içeren kayalar buldular. Bu cam kürelerin erimiş kayaların gökyüzüne savrulması ve hızla soğumasıyla oluştuğu tahmin ediliyordu. Toz ve toprak parçalarının aksine bu kürecikler çarpışmanın ardından bir yerden ötekine taşınamayacak kadar ağırdılar. Araştırmacılar, kraterin Haiti'den birkaç yüz kilometre uzakta olması gerektiğine kanaat getirdiler. Tüm veriler bir araya getirildiğinde, çarpışma bölgesinin Meksika Körfezi civarlarında olduğu anlaşılıyordu.

1950'lerde Meksikalı jeologlar Kretase Döneminin sonundan kalma dairesel bir oluşumun kalıntılarını keşfetmişlerdi. Bu oluşum Yucatan Yarımadasının sahillerinde gömülü haldeydi. Meksika'daki buluntu neredeyse unutulmuştu ancak Haiti ve Teksas'taki keşiflerden sonra yeniden önem kazandı. Jeologlar alanı (Alana aynı zamanda yakınlardaki bir kasabanın adı olan Chicxulub deniyordu) tekrar ziyarete geldiklerinde, oluşan küçük yerçekimsel alanlardan toprakta gömülü kayaları tespit etmeye yarayan ekipmanları da beraberlerinde getirdiler. Jeologlar sanki ilahi bir pergelle oluşturulmuş kadar düzgün gözüken, iç içe geçmiş iki adet daire tespit ettiler. Tüm işaretler, yer üstündeki toprak birikintisinin altında, 160 kilometre çaplı dev bir daire olduğunu gösteriyordu. Diğer araştırmacılar halkalardaki kayaları deldiler ve kayaların tarihlerini belirlediler. Tıpkı Alvarez'lerin iridyum sayacının gösterdiği ve Haiti'deki cam kürecikler gibi, bu kayalar da 65 milyon yaşındaydı.

Los Angeles'taki California Üniversitesinden jeolog Frank Kyte, 1998'de Yucatan'a düşen cisimden kopmuş olabileceğini tahmin ettiği bir parça buldu. Pasifik Okyanusunun tabanındaki kayalardan kesilip çıkartılmış silindir şeklindeki bir katmanı inceliyordu. Silindirik kaya yapısının içindeki koyu kahverengi kil, K-T sınırını belirtecek şekilde iridyum ve şoklanmış kuvars yüklüydü. Kyte, kili tam sona erdiği yerden kestiğinde 2 milimetrelik tek bir çakıl taşıyla karşılaştı. Taşın kimyasal bileşenleri dünya üzerindeki hiçbir şeye benzemiyor fakat diğer meteor parçalarıyla büyük benzerlikler taşıyordu. Kyte bu ufak cismin, dev meteordan kopan bir parça olabileceğini ileri sürdü. Meteor, Chicxulub'daki çarpışmada parçalanmış ve Yucatan'ın üzerine dağılan parçalar, okyanusa düşmeden önce stratosfere kadar ulaşmışlardı.

Jeologlar 65 milyon yıl önce gezegenimize çarpan gök taşıyla ilgili çok güçlü önsezilere sahiptilerse de, pek çok araştırmacı söz konusu gök taşının yaşama yaptığı etkiye ilişkin kanıtlar aramayı sürdürüyorlardı. Yucatan'ın Kretase Döneminin sonlarında, derinliği 100 metreden az olan sığ denizlerle kaplı olduğunu, deniz tabanındaysa kükürt ve karbon bakımından zengin kayaların bulunduğunu saptadılar. Gök taşı Yucatan'a çarpmadan önce denizin üzerine düşen gölgede, belki de dev deniz kertenkeleleri yüzüyordu. Meteor atmosferimize saniyede 20 ila 70 kilometrelik bir süratle girmiş, ardında alevler bırakarak dev bir şok dalgası yaratmıştı. Ateşli kuyruğu binlerce kilometrelik bölgede bulunan ağaçları dümdüz etti.

Bilgisayar modellemeleri meteorun suya çarptığında okyanuslara doğru boyu 300 metreye ulaşan bir tsunamiye yol açtığını ortaya koy-

maktadır. Kükreyerek sahillere vuran dalgalar geriye dönerken de tüm ormanları beraberlerinde sürükledi ve onları suyun 500 metre altına hapsetti. Meteorun suya çarpmasından bir an sonra deniz tabanına ulaşan darbeyle birlikte 100 kilometre küplük bir kaya kitlesi buharlaşıverdi. Darbe, kaya ve gök taşı parçalarının gökyüzüne doğru 100 kilometre kadar yükselip stratosfere kadar ulaşmasına yol açtı. Dünya tarihinde kaydedilen en şiddetli depremden bin kat daha güçlü bir deprem gezegeni titretti. Atlantik Okyanusunu kazan jeologlar, bu darbenin denizler altındaki kara katmanlarını tetikleyerek Kuzey Amerika'da, Nova Scotia'nın bin 200 kilometre içerisine kadar ulaşan kara hareketlilikleri yarattığını tespit ettiler. Çarpma sırasında kraterde oluşan bir ateş topu, kraterin yüzlerce kilometre ötesine kadar yayıldı. Kararan gökyüzü büyük olasılıkla binlerce kayan yıldızla dolmuştu ve eriyen kaya parçaları tüm gezegene yayılıp yerküre üzerinde konduğu her yeri tutuşturmaya başladı.

Dünya tutuşmuş, güneş ise duman bulutu tarafından saklanmıştı. Uzun süren karanlık sonucunda bitkiler ve bitkisel planktonlar öldüler ve onların varlığına dayanan ekosistemler çöktü. Birkaç ay sonra sis dağıldığında, dünya büyük ihtimalle hâlâ karanlık ve soğuktu. Çarpma muhtemelen Yucatan kayalarındaki kükürt birikintilerini buharlaştırmış ve kükürt oksijenle birleşip sülfürdioksit şeklinde yağmıştı. Oluşturdukları puslu bulutların güneş ışınlarını yansıtmış ve bir on yıl kadar etkisini göstermiş olması mümkündür. Puslu hava dağıldıktan sonra da çarpışma başka bir biçimde, gezegenin ısınmasına yol açarak tahribatını sürdürdü. Kireçtaşlarındaki karbon, atmosferde hızla yayıldı ve sera gazı olan karbondioksite dönüştü; asteroidin çarpmasıyla yüksek oranda su buharı da gökyüzüne yükselince sera gazı daha da güçlü hale geldi.

Çarpışmayla oluşan sıcak, soğuk, yangınlar ve diğer felaketler dünya üzerindeki tüm türlerin üçte ikisini yok etti. Alvarez'ler, K-T yokoluşunun tek failini bulmuşlardı fakat tıpkı Permiyan-Triyasik yokoluşta olduğu gibi, ortada pek çok silah vardı.

MEMELİLER SAHAYA ÇIKIYOR

Çarpışma sonrasında gökyüzü temizlendiğinde Kretase Dönemi artık sona ermiş, devler gitmişti. Ormanlarda hüküm süren sauropodlar, *Tyrannosaurus rex* ve diğer büyük et yiyen dinozorlarla beraber yok olmuşlardı. Dev deniz sürüngenleri ve spiral kabuklu ammonitler artık denizleri doldurmuyorlardı. Birkaç bin yıl sonra okyanuslardaki plank-

tonlar geri döndü, aynı şekilde karalardaki bitkiler de yeniden oluştu. Ancak Tersiyer Dönemin ilk zamanlarında ekosistem genç ve güçsüzdü.

Bir kez daha kitlesel bir yokoluş, yeni bir evrim patlamasının yolunu açmıştı: Dinozorların çağını memelilerin çağı izliyordu. Ward bu dönüşümü şöyle değerlendiriyordu: "Dinozorların ölümü, memelilerin daha önce onlara kapalı olan pek çok ekolojik sığınağa girebilmelerini sağlayarak evrimlerinin önünü açtı. Kitlesel yokoluş sonrasında dinozorların ortadan kalkması pek çok memeli türünün evrimsel sürece girmelerine imkân tanıdı. Bu açıdan çok iyi bir şeydi. Bu kitlesel yokoluş olmasaydı insanlar bugün var olamazlardı."

K-T yokoluşu sırasında memeliler, yaşamın geri kalan kısmıyla birlikte, çok zarar gördüler; bu zorlu dönemde tüm memeli türlerinin üçte ikisi ortadan kayboldu. Ancak hayatta kalanlar dünyayı miras olarak aldı. K-T yokoluşundan 15 milyon yıl sonra 20 farklı düzende plasentalı memeliler olarak evrim geçirdiler ve türleri tükenmiş olsa da pek çok farklı memeli türü daha ortaya çıktı. Başlangıçta bu yeni memeliler küçüklerdi. Toynaklı memeliler bir rakun kadardılar; alçak dallar arasında geziniyor ve sansar boyutlarındaki yırtıcılar tarafından avlanıyorlardı. Birkaç milyon yıl içinde evrimle beraber eski sığınaklarını terk edip bir zamanlar dinozorların egemenliğinde olan bölgelere taşındılar. Gergedanların ve fillerin dev akrabaları bodur çalılar ve ağaçların arasında gezinmeye başladılar. Bugünkü kedilerin ve köpeklerin ataları otoburların peşine düşerken, bazı memeliler leş yiyicilere dönüştüler ve cesetleri sıyırıp kemiklerini öğütmeye başladılar. Primatlar ağaçlara çıktılar, renkli görüşleri sayesinde en olgun meyveleri seçebildiler. Yarasalar ağaçlarda yaşayan sıçan benzeri yaratıklardan, uçabilen yüzlerce farklı türe evrildiler; bazıları meyveleri ararken bazıları da ses dalgaları ve yer belirleme sistemlerinden yararlanarak böcekleri ve kurbağaları avladılar. Balinalar ve bugünkü dugonlar ile denizayılarının ataları okyanuslarda koloniler kurdular.

Her ne kadar memeliler geçtiğimiz 65 milyon yılda egemen kara omurgalıları olarak kalmışlarsa da, kendi evrimsel şoklarını yaşamaktan da kurtulamadılar. Bu dönem başladığındaki iklim koşullarıyla günümüzün atmosfer hareketleri çok az benzerlik taşıyordu. Bundan 65 ila 55 milyon yıl öncesinde volkanlar atmosfere çok miktarda karbondioksit püskürtüyordu. Zaman içinde gezegen öylesine ısındı ki palmiye ağaçları Kutup Çizgisinin kuzeyinde yetişebiliyor, bugün Kanada'nın bulunduğu topraklardaki bitki örtüsü günümüzün Kosta Rika'sına benziyordu. Öyle ki, ABD'nin kuzeyindeki Wyoming o dönemde, cangıllarda ağaçtan ağaca atlayan lemur benzeri primatların evi haline gelmişti.

Dünya bir daha hiçbir zaman bu kadar sıcak olmayacaktı. Son 50 milyon yıldır dünyanın ortalama sıcaklığı arada görülen sıcaklık artışları dışında düşmektedir. Bu durumun sebebi kısmen de olsa Himalayalardır. Hindistan ile Asya kıtası birleştiğinde, çarpışmaya bağlı olarak dik, kayalık ve dağlık bir bölge oluştu. Yeni oluşan bu zirvelere yağan yağmurlar çözünmüş karbondioksiti tepelere taşıdılar; gaz kayalarla tepkimeye girdi ve oluşan bileşikler akıntılar ve nehirler yoluyla denizlere ulaştı. Himalayalar atmosferden o kadar çok karbondioksit çekti ki, atmosfer yavaşça soğumaya başladı. Karaların çarpışması aynı zamanda Himalayaların kuzeyinde yer alan Tibet Platosunu da yukarı kaldırmıştı. Oluşan bu dev çatı Güney Asya'daki hava akımı yollarını yeniden şekillendirdi. Platodan geçen hava ısınarak yerden yükselir ve bu işlem sırasında okyanusların üstündeki nemli havayı da boşalttığı yeri doldurmak üzere çeker. Bu hava akımı şekli Hindistan ve Bangladeş'teki musonları yaratır ve Himalayalara daha çok yağmur düşer. Böylece karbondioksitin ortamı terk edişi hızlanır ve gezegen üzerindeki sera etkisi daha da azalmış olur.

Değişiklikler okyanuslarda da gerçekleşmekteydi. Kretase Döneminde Antarktika bugünkünden daha kuzeydeydi. Öylesine sıcaktı ki, sahillerinde ağaçlar yer almakta ve dinozorlar gezinmekteydi. Nihayetinde kıta, Avustralya'dan daha da ayrıldı ve Güney Kutbu'na varana kadar güneye doğru hareket ederek iyice izole hale geldi. Antarktika üzerinde kalıcı bir buz tabakası oluşmaya başladı. Bu tabaka güneş ışığını uzaya geri yansıtıyor ve atmosferi serinletiyordu.

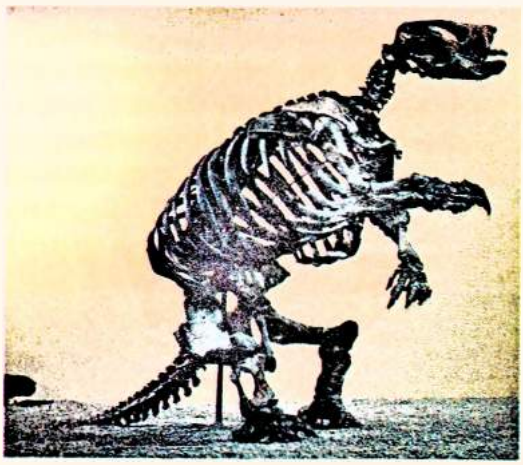
Kışlar soğudukça, Kuzey Amerika'nın tropikal ormanları yok olmaya başladı. Memelilerin bir kısmı, özellikle de primatlar, bu ormanlar olmadan hayatta kalamazlardı ve onlar da yok olan ormanların kaderini paylaştılar. Ormanlar yerlerini bugün yaşayanlara benzer geniş yapraklı ağaçlara ve çalılıklar ile bodur bitkilere bıraktılar. Karbondioksit düzeyleri düşmeye devam ettiği sırada, gazları çok daha etkin absorbe edebilen yeni bitki çeşitleri ortaya çıktı. Bu yeni bitkiler içinde çimenler de bulunuyordu; ilk büyük otlaklar günümüzden 8 milyon yıl önce oluştu.

Otlar, sert selülozla ve cam benzeri silis parçalarıyla dolu oldukları için yenmeleri meyvelere ve gezegen daha sıcakken bol miktarda bulunan yapraklara göre daha zordu. Atlar gibi bazı memeliler, yüksek kuronlu dişleri sayesinde bu diyete ayak uydurup hayatta kalabildiler. İneklerin ve develerin ataları da sert otlar için hazırlıklılardı; sindirim sistemlerini bu sert otları öğütmek için bakterilerden yardım alacak şekilde değiştirmişlerdi. Ancak pek çok dal serinleyen iklime ve değişen bitki örtüsüne uyum sağlayamayarak yok oldu.



Bazı memelileri tükenmeye sürükleyen ise coğrafya oldu. Bundan 7 milyon yıl önce Kuzey ve Güney Amerika okyanusla ayrılmıştı ancak kıtaların hareketi zamanla onları tekrar birleştirdi. Önce aralarında adalar oluştu ve 3 milyon yıl önce Panama Boğazı meydana geldi ve kıtalar birleşti. Her iki anakaradaki memeliler, daha önce hiç karşılaşmadıkları türlerle rekabet edecekleri yeni topraklara yayıldılar.

Güney Amerika'nın diğer kıtalardan izole olduğu 60 milyon yıl boyunca, kıtada dünyanın hiçbir yerinde var olmayan bir ekosistem gelişmişti. En önde gelen yırtıcılar çakal büyüklüğündeki keseli sıçanlar ve devasa büyüklükte, hızlı koşan ama uçamayan kuşlardı. Kıtalar bağlandığında Güney Amerika'dan keseli sıçanlar, tembel hayvanlar, maymunlar ve armadillolar kuzeye doğru hareket ettiler. Ancak kuzeyden güneye göç eden memeliler çok daha başarılı oldular. Güney Amerika'nın çakal boyutlarındaki keseli sıçanları diğer keseli etoburlarla birlikte yokoluşa doğru gittiler ve yerlerini kediler ile köpekler



Dev tembel hayvan (üstte ve altta) Buzul Çağının sonunda Yeni Dünya'da büyük ihtimalle insanların aşırı avlanması sonucunda hızla yok olmuş pek çok büyük memeliden biridir.

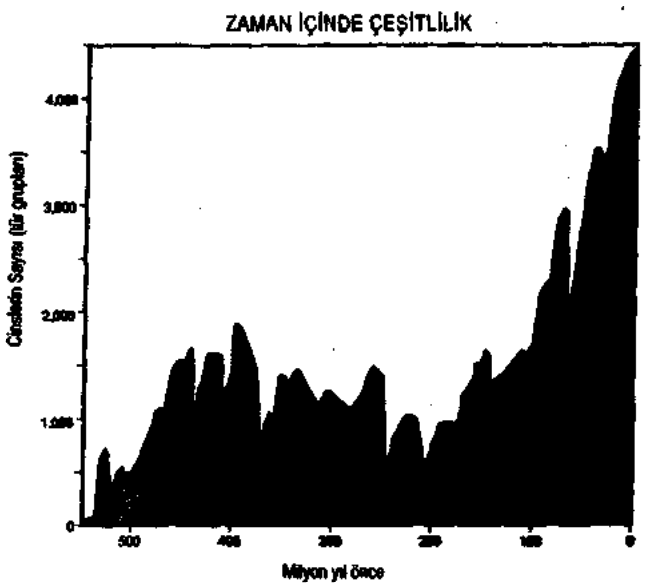
aldı. Güney Amerika'nın toynaklı memelileri ise atlar ve geyiklerle yer değiştirdiler.

"K-T yokoluşundan sonraki 65 milyon yıllık memeli tarihi işgallerle bezelidir" demektedir Novacek. "Bir kıtadan diğerine hareket eden çok sayıda memeli vardır. Bunları bir kıtadan diğerine yürüyen ordular olarak da görmeniz de mümkündür. Bu memelilerden bazıları işgal ettikleri kıtalarda kısa zamanda egemenlik sağlamak konusunda yüksek düzeyde başarı sağladılar. Fakat işgallerin neden bu yolla gerçekleştiğini anlamak gerçekten güçtür. Bunu gerçekten bilmiyoruz. Muhtemelen çevresel değişikliklerle pek çok hayvan farklı yerlere göç konusunda çok daha hareketli ve çok daha esnek hale gelmiştir ve bu da onlara rekabet açısından bazı avantajlar sağlamış olabilir."

Büyük Amerika Değişimi yaşanırken küresel iklim de yeni bir yola sapmaktaydı. Kutuplardaki buzullar ekvatora kadar yayılmış ve gezegen buzul çağları döngüsüne girmişti. Bu döngü büyük olasılıkla dünyanın güneş etrafındaki ekseninin değişimine bağlıydı. Dünya, her 100 bin yılda bir güneşe yaklaşıyor ve uzaklaşıyordu. Aynı zamanda eğik ekseni her 26 bin yılda bir çıkrık makinesi gibi eğri çiziyordu. Ayrıca her 41 bin yılda bir eksenin açısı da 21 ila 25 derece arasında gidip geliyordu (günümüzde 23 derecededir). Bu döngüler nedeniyle gezegenin yıl boyunca aldığı güneş ışığı miktarı da değişim gösteriyordu.

Cambridge Üniversitesinden paleooşinograf Nicholas Shackleton bu salınımların antik Antarktika buzları ve deniz tabanındaki çamur üzerindeki etkisini çalışıyordu. Salınımlar sonucunda dünyaya daha az güneş ışığı geldiğinde atmosferdeki karbondioksit düzeylerinin düştüğünü buldu. Araştırmacılar bu türden bir oluşumun geleceği nasıl yönlendireceği bilgisinden yoksundular; güneş ışığındaki bir düşüş bitkilerin ve planktonların büyümesini değiştirebilirdi. Her yaz daha az kutup buzulu erimekte ve buzullar giderek genişlemekteydi. En sonunda tropik kuşaklara ulaşana kadar binlerce kilometre ilerlediler ve ta ki bir şeyler onları geri çekilmeye zorlayana kadar durmadılar (belki atmosferdeki karbondioksit artmıştı). Buzulların geri çekilmesiyle ormanlar yeniden genişlediler. Bizler şu anda 11 bin yıl önce sona ermiş ve birkaç bin yıl sonra tekrar başlayacak buzul çağları arasındaki keyifli dönemde yaşıyoruz.

Tam da insanların son buzul çağının sonunda ortaya çıktıkları anda Kuzey Amerika'nın fotoğrafı çekilmiş olsaydı, ortaya çıkan görüntü devasa memelilerle dolu bir kara parçasına ait olurdu. Kılıç dişli kediler, jaguarlar, çitalar, kısa yüzlü ayılar, gri kurtlar ve diğer etoburlar otlayıcı ve toplayıcı memelileri avlıyorlardı. Bu memelilerin içinde ot-



Bilinen fosil kayıtları yaşamın çeşitliliğinin son 250 milyon yılda artış gösterdiğini düşündürmektedir. Günümüzde dünyada, herhangi bir zamanda olduğu kadar veya daha fazla tür yaşamaktadır ancak bu türler yeni kitlesel yokoluşların tehdidi altındadır.

laklarda otlayan mamutlar ve develer, atlar, gergedanlar, tembel hayvanlar ile ormanlar ve çayırlarda gezinen mastodonlar da vardı. Kuzey Amerika memelileri küresel bir biyoçeşitlilik patlamasının parçasıydılar. Fosil kayıtlarında yapılan çalışmalar, geçtiğimiz 100 milyon yıl içinde türlerin sayısının arttığını göstermektedir. Araştırmacıların bu artışta payı olduğuna ilişkin şüphelerinin yoğunlaştığı sebeplerden birisi Pangea'nın (tüm kıtaların bir bütün olduğu tek kıta) giderek küçük, daha küçük parçalara ayrılmasıdır. Tek ve birleşik bir süper kıtada hayvanlar ve bitkiler arasında çok az engel varken becerikli tüm türler özelleşmiş türlerin yaşadığı alanlara girip işgal etmekte ve orada yaşayanları devre dışı bırakmaktaydı. Pangea'nın parçalara ayrılmasıyla birlikte daha fazla türün yaşamlarını sürdürebilecekleri izole yaşam alanları oluştu ve daha fazla deniz kıyısının oluşmasıyla birlikte deniz yaşamı da hızla evrilmeye başladı. Bundan 100 bin yıl önce modern insanların evrimiyle birlikte dünya kendi tarihindeki belki de en büyük çeşitliliği içeren döneme girdi. Geriye kalan bu birikim, zengin ve aynı zamanda israf edilen bir mirastır.

İNSAN YOKOLUŞLARI: İLK DALGALAR

En son kitlesel yokoluşun ilk gümbürtüleri yaklaşık 50 bin yıl önce başladı. O zamana kadar Avustralya bir devler koleksiyonuna ev sahipliği yapıyordu. Bir tonluk wombatlar, ayakta duran 3 metrelik kangurular,

keseli aslanlar ve 10 metrelik kertenkeleler kıtanın sakinleriydiler. Avustralya fosilleri nadirdir, bu nedenle çoğu türün ne zaman kaybolduğunu hassasiyetle belirlemek zordur. Ancak tek bir tür, 70 kiloluk uçamayan bir kuş olan *Genyornis* arkasında binlerce yumurta kabuğu kalıntısı bırakmıştır. Yumurta kabukları tam olarak 50 bin yıl önce ortadan kaybolmuştur. Tam o sırada Avustralya kıyılarına yeni bir tür ulaşmıştı: İnsanlar.

Bu benzer olaylar serisi (insanların gelişi ve büyük memelilerin yokoluşu) daha sonra pek çok kereler dünyanın çeşitli yerlerinde tekrarlandı. İnsanların Yeni Dünyadaki varlığını gösteren en eski olay, Şili'de Monte Verde'de 14 bin 700 yıl önce gerçekleşti. Arkeologlar insanların bu kıtadaki varlığını birkaç bin yıl daha önceye çekebileceği düşünülen alanlardaki kazılarını sürdürmektedirler. Bu ilk yerleşimciler Kuzey ve Güney Amerika'ya botlarla gitmiş olmalıdırlar. 12 bin yıldan daha önce yürüyerek Alaska'dan göç etmek imkânsızdı çünkü karalar hâlâ buzullarla kaplıydı. Buzullar geri çekildikten sonra Kuzey Amerika'da mızraklarıyla bir mastodonu yere yıkabilen bir kültür ortaya çıktı. 11 bin yıl önce Yeni Dünyanın mastodonları, dev tembel hayvanları ve 40 kilonun üzerindeki diğer tüm memeliler gibi ortadan kayboldular.

Yaklaşık 2 bin yıl önce Güneydoğu Asya'dan çıkan gezginler Madagaskar sahillerine vardılar. Burada 350 kilodan ağır olan uçamayan fil kuşları ve goril boyutlarındaki lemurlarla karşılaştılar. Bunların hiçbirisi insanlarla birlikte birkaç yüzyıldan fazla yaşayamadı. 1300 yıllarına kadar Yeni Zelanda bir başka uçamayan kuş olan moa'nın 11 ayrı türüne ev sahipliği yapıyordu. Fil kuşları kadar ağır olmasalar da, onları 4 metrelik boylarıyla gölgede bırakıyorlardı. Tıpkı fil kuşları gibi, onlar da insanların gelişinden birkaç yüzyıl sonra yok oldular.

Kuzey Amerika'daki ani yokoluş keşfedilecek olanların ilkiydi ve başlangıçta pek çok paleontolog bu yokoluşların Buzul Çağının sonu nedeniyle gerçekleştiğini düşündüler. Bu görüşe göre, iklim ısındıkça Kuzey Amerika ağaçları ve otları sınırlarını aşmış ve onlara bağımlı olan memeliler bu yeni düzene ayak uyduramamışlardı. Ancak derinleşen araştırmalar sonucunda iklim ve yokoluş arasındaki ilişkinin bir rastlantıdan öte olamayacağı anlaşıldı. Eğer son Buzul Çağının bitişi Kuzey Amerika için bu kadar yıkıcı olmuşsa, daha önceki buzul çağlarının sonunda da aynı etkilerin görülmüş olması gerekirdi. Son milyon yıllar içinde Kuzey Amerika'daki memeliler gerçekten birkaç yokoluş deneyimi yaşadılar. Her 100 bin yılda bir buzulların birkaç kilometre gelişmesi ve geri çekilişine karşın memeliler bu duruma ağaçların ve otların yer değiştirmesini izleyerek katlanmışlardı. İklim açısından

konuşacak olursak, Kuzey Amerika'da son Buzul Çağının nihayete erişinde diğer buzul çağlarıyla karşılaştırıldığında anormal olan hiçbir şey yoktu. İklime bağlı yokoluş düşüncesine daha fazla rol yüklesek de, işin gerçeği Kuzey Amerika'da 12 bin yıl önce ortaya çıkan memelilerin ani yokoluşu sırasında Avrupa'da, Afrika'da veya Asya'daki şiddetli iklim değişikliklerine karşın bu nedenle ortaya çıkmış belirgin bir yokoluş olmadığıdır. Kuzey Amerika'daki son Buzul Çağının bitişindeki tek anormal şey, insanların oraya varmış olmasıdır. Bilim insanları Avustralya, Madagaskar ve Yeni Zelanda gibi yerlerin tarihlerinin üzerindeki örtüyü kaldırdığında görülecektir ki, büyük memeliler ve kuşlar insanların gelişinden hemen sonra ortadan kaybolmuşlardır. Bazı durumlarda son Buzul Çağının bitişinden çok önce, bazı durumlardaysa çok sonrasında...

İnsanlar bu tür yokoluşları mızraklar ve oklardan biraz fazlasıyla getirmiş olabilirler. İnsanların ataları Afrika'da avcı oldular ve zaman içinde Avrupa ve Asya'ya yayıldılar. Yüzbinlerce yıl içinde avladıkları hayvanlar bu yeni tehdide uyum sağladılar. Ama 50 bin yıl önce modern insan, insanların daha önce hiç görmediği kıtalara ve adalara doğru çok daha hızlı hareket etmeye başladı. Deneyimli avcılar Avustralya, Kuzey Amerika ve diğer yerlere ulaştıklarında kendilerinden haberdar olmayan hayvanlarla karşılaştılar. En çok hasar görenler büyük, yavaş ve hızlı çoğalamayan hayvanlardı.

Büyük otçulların yokoluşu tüm kıtaların yüzeylerinde de değişikliklere neden olmuş olabilir. Harvard Üniversitesindeki Avustralyalı zoolog Tim Flannery'ye göre otlayıcı Avustralya wombatlarının ve kanguruların ortadan kayboluşu orman tabanlarında yenilmemiş bitki örtüsünün birikimine neden olmuştur. Yıldırımlar bu yanıcı katmanı tutuşturduğunda daha önce hiç olmamış büyüklükte yangınlar çıkmıştır. İnsanlar gelmeden önce Avustralya'da egemen olan güney ananası ve eğreltiotu ağacı gibi bitkiler kendilerini yangınlara karşı koruyamamış ve yerlerini okaliptüs gibi ateşe dayanıklı türlere bırakmışlardır. Şimdilerde Avustralya ve Yeni Zelanda'da bunları ancak ücra köşelerdeki ender ceplerde görmek mümkündür.

Eski Avustralya yağmur ormanları bir sünger gibi su buharını çekerken Avustralya'nın iklimini de bugünkünden çok daha rutubetli hale getiriyorlardı. Bu sayede büklümlü nehirler ve taşan göller de pelikanlar, karabataklar ve diğer kuşları besleyebiliyordu. Ormanların değişimiyle diğerlerinin yerine geçen okaliptüs ağaçları çok fazla su çekiyordu; böylece göller ve nehirler kurudu. İlk avlanma dalgasında yapraklarla beslenen memeliler silinmedi ama yaşam ortamlarında beslenebilmek

için düşük besin değerli okaliptüs ağaçları ve çalılardan oluşan çarpıcı bir değişiklikle karşılaştılar. Hayatta kalabilen keseliler kırmızı kanguru gibi hızlı, koalalar gibi okaliptüs ağaçlarında yaşayanlar veya wombatlar gibi tünellere saklanabilenler olmuştur. Flannery'ye göre insanlarla yaşama uyum sağlayamayan türler ölüme mahkûm olmuştur.

BİR ÇUKURDAKİ TARİH

Milyonlarca yıl önce gerçeklemiş yokoluşlar üzerinde çalışan paleontologlar, bir tükenişin birkaç bin yıldan daha kısa sürüdüğünü kanıtladıklarında mutlu olurlar. Ancak halen devam eden yokoluşlar üzerinde çalışanlar için ise çözülmenin on yıllar hatta yıllar içinde geldiğini görmek kimi zaman mümkündür. Bilim insanlarının yapması gereken şey, doğru yeri kazmaktır.

Bu doğru yerlerden birisi de Hawaii'deki bir mağaradır. New York, Fordham Üniversitesinden bir paleontolog olan David Burney bir mağaradaki tünellerden birini 1997'den beri kazmaktadır. Bu tarihten birkaç yıl önce Burney bir bilim insanı ekibiyle birlikte Hawaii Takımadalarının en batıdakilerden birisi olan Kauai'nin güney sahillerinde dolaşıyordu. Yerel olarak Mahaulepu diye bilinen kireçtaşı mağarasının dar ağzına geldiklerinde yokoluşun kanıtlarını ve fosilleri arıyorlardı. Sarkıtlar ve dikitlerden oluşan bir koridorda sıkışıp kaldılar. 15 metre sonra güneş ışığı ve ağaçlardan oluşan bir meydana çıktılar. Mağarada, tavanı binlerce yıl önce tıkanmış yüksek bir galeri içindeydiler. 15 metre yüksekliğindeki duvarlardan tohumlar dökülmüş ve filizlenerek gömülmüş bir bahçe ortaya çıkmıştı. Burney durdu ve yanında taşıdığı metal bir tüpü alüvyonlu toprağa daldırdı. Tüpü geri çektiğinde içinde bir fosil olduğunu gördü. Bulduğu, yerli bir Hawaiili kuş türü olan sutavuğunun kafatasıydı. Burney, daha derin bir çukur kazmaya karar verdi.

Değerli ve hassas fosillerin bir kürek darbesiyle zarar görmesini engellemek için çoğu zaman kazmak için ellerini kullandı. Alüvyonlu toprağın biraz altında bataklık kömürüne ve onun da altında su tabakasına ulaştı. O noktadan itibaren emme basma tulumbalar kullanarak çukuru kuru hale getirdiler. Ancak tulumbalar günün sonunda kapatıldığında çukur birkaç dakika içinde yeniden suyla doluyordu. Çıkan toprağı yanında getirdiği kovalarla yüzeye götürüyordu. Burada gönüllüler kovaları bir çocuk havuzunda yıkıyordu. Uzmanlardan oluşan bir ekip de çamurdan arta kalan fosilleri sınıflandırıyor, paketliyor ve daha yakından incelenecekleri müzelere ve laboratuvarlara gönderiyorlardı.



Paleoekolog David Burney Hawaii'deki bir mağaranın çamurlu tabanında 10 bin yıl önce gerçekleşen yokoluşları belgelemiştir.

Burney, mağara etrafında hangi tür bitkilerin büyüdüğünü anlamak için sporlar ve polenler açısından inceleyeceği toprak örnekleri de alıyordu.

Çukur artık 7 metre derinliğinde ve 14 metre genişliğindeydi. Çukurun dibindeki bitki parçalarındaki karbon izotopları, bitkilerin 10 bin yaşında olduğunu gösteriyordu. 3 bin yıl boyunca bir yeraltı akıntısı mağaranın tabanında yavaş yavaş ince bir kum tabakası oluşturmuştu. Deniz düzeyinde 7 bin yıl önce gerçekleşen yükselme okyanusun mağarayı işgaline neden olmuş ve bu nedenle tavan çökmüştü. Tabanı tuza doyuran tuzlu suyun tepesinde sığ bir taze su kaynağı oluşmuştu. Hayvanlar ve bitkiler mağaranın duvarlarından kaynağa düşmüş ve tabandaki çamurun içine gömülmüşlerdi. Göller bitkilerden gelen polenleri korumak için iyi iken, mağaralarsa kemiklerin korunumu için idealdirler. Ancak bir mağaradaki göl, Mahaulepu'da olduğu gibi en iyisidir. Burney'in çukuru daha önce hiç kimsenin bulamadığı Hawaii'ye ait 10 bin yıllık tarihle ilgili her şeyi sağlıyordu. Burney burasını "benim zavallı zaman makinem" olarak adlandırıyordu. Burası aynı zamanda insanlığın bir yokoluşu nasıl gerçekleştirdiğinin en çıplak örneklerinden birisiydi.

Burney'in çukurun tabanında bulduğu pek çok hayvan ve bitki yalnızca Hawaii'ye özgüydü. Canlı yaşamının Hawaii'ye ulaşması, en yakın kıtanın adaya 3 bin 700 kilometre mesafede olduğu düşünüldüğünde çok kolay değildi. Kalın kabuklu tohumlar okyanus girdaplarını aşıp Hawaii sahillerine varabilirdi. Kuşlar ve yarasalar bu mesafeyi uçabilir ve bazen de adaya yerleşebilir, göçmen kuşlarsa kuzeye veya güneye giderken adayı yolları üstünde bir konaklama noktası olarak kullanmış

olabilirlerdi. Bazen çamurlu ayaklarında sümüklüböcek yumurtaları veya eğreltiotu sporları taşıyabilirler, tüm bunlar daha sonra adada kendilerini gösterebilirlerdi.

Burney'in çukurun tabanında bulduğu polenler ve tohumlar palmiye, mimoza benzeri fundalıklar ve eğrelti otlarından oluşan ormanlardan geliyordu. Hayvanlar bu ormanlara ulaştığında henüz memeli yırtıcılarla karşılaşmamışlardı ve bu verimli besin ortamında rekabet etmek zorunda oldukları canlılar yoktu. Hawaii'deki hayat da tıpkı Galapagos'taki ispinozlar ve Viktorya Gölündeki ciklet balıklarının yaşadığı patlama gibi çeşitlendi. Bir veya iki meyve sineği adalara 30 milyon yıl önce gelmişti ve bu zaman içinde binden fazla türe evrilmişlerdi. Üstelik bu türleri başka herhangi bir yerde de bulmak mümkün değildi. İki veya daha fazla düzine kıtasal kökenli salyangoz Hawaii'ye ulaşmış ve 700'den fazla türe evrilmişlerdi. Salyangozlar muhtemelen devasa ormanın tabanını harmanlayan yengeç topluluğunu besliyordu. Bu yengeçlerin cesetlerini Burney mağarada buldu.

Hayvanlar, özellikle de kuşlar, adalardaki olası her yaşam sığınağında avantaj sağlamaya yönelik evrimler geçirdiler. Dünyadaki hemen hemen tüm baykuşlar yerdeki sürüngenleri ve diğer küçük hayvanları avlarken, Burney daha çok şahinlere benzeyen baykuşların iskeletlerini buldu. Bunlar uçan kuşları yakalıyorlardı. 3 milyon yıl önce tek bir ispinoz Kuzey Amerika'dan Hawaii'ye uçtu ve yüzden fazla balkuşu türünü yaratacak şekilde evrildi. Burney fındıkkıran benzeri gagaları olan balkuşlarına ait kafataslarını buldu. Bu gagalar Hawaii'deki diğer hayvanların açamayacağı sertlikteki tohumları açabiliyordu. Başka bir kuş türü olan iiwi'ler bir göz damlası kadar hassas ve eğik gagasıyla çiçeklerin nektarlarını topluyorlardı.

Kauai Adası volkanlar tarafından yalnızca 5 milyon yıl önce oluşturulmuştu. O zamanın kuşlarından bazıları domuzların ve keçilerin uçan versiyonlarına evrilmişlerdi. "Hawaii Adalarındaki ördekler ve kazlar gerçekten de tamamen kıtasal hayvanlardan köken alma şansına sahipti" şeklinde açıklama yapar Burney: "Her zaman olduklarından daha büyük hale gelmelerinin nedeni uçmaya ihtiyaçlarının olmamasıydı çünkü otlamaya ve bunun için gezinmeye başladılar. Adaların soyu tükenmiş ördekleri ve kazları arasında kuşlar domuzları ve keçileri yeniden yaratma niteliğine sahip görünüyorlardı." Ördekler kanatlarını kaybettiler ve bir hindi boyutuna ulaştılar, kaplumbağalarınkilere benzeyen gagalarıyla da otları biçmeye başladılar. Kazlar da kanatlarını kaybettiler ve bugünkü Kanada kazlarının iki katı büyüklüğe ulaştılar. Bazı sukuşları, gagalarının üstünde eğrelti otlarını soyabilecek diş benzeri çıkıntılar oluşturdular.

Bu çukurun tabanında Burney 45 kuş türü, 14 sümüklüböcek türü ve diğer türlere ek olarak yarasalar ile yengeçler buldu. Burney çukurun duvarlarını ilerlettikçe zamanda da geriye gidiyordu. Doğal bir karmaşanın, okyanusun işgalini gösteren bir kefalin kemiklerini bulması gibi nadir görülen bulgularla karşılaştı. Diğer taraftan kuşlar, salyangozlar, yengeçler, palmiye ağaçları, mimozalar ve Kauai'nin yerli türleri fosillerini bırakmaya devam ediyorlardı. Kara salyangozları özellikle çok verimliydi ve her bir litre çamurda binlerce kabuk bırakmışlardı. Binlerce yıl boyunca fosil kayıtları fazlasıyla benzerdi.

Sonra, çukurdan yaklaşık 900 yıl öncesini işaret eden yeni bir fosil çıktı: Bir sıçan.

Sıçanlar Hawaii'ye ilk Polinezyalı yerleşimcilerle beraber bin yıl önce gelmişlerdi. Bundan sonraki birkaç yüzyıl Burney'in çukurunda bir bulanıklık içindedir çünkü MS 1500'lerde gelen bir tsunami bir metreden daha az kalınlıktaki çamuru yıkamıştır. Her ne kadar bu su baskını Burney'den bir miktar tarih çalmış olsa da, suçunu insan yapımı nesneler getirmekle affettirebilir. Burney, kemikten yapılma balık oltaları ve bunları keskinleştirmek için Hawaiililerin kullandıkları denizkestanesi iğneleri bulmuştur. Islakken bir ayna görevi gören cam gibi pürüzsüz bir bazalt taşı da buldukları arasındaydı. Ayrıca dövme iğneleri, kano küreklerinin parçaları ve boyalı desenli sukabağı şişeleri bulmuştur. Yeni bitkilere ait izler, acı yerelması, hindistancevizi gibi Polinezyalıların Hawaii'ye getirdiği şeyler ilk defa bu katmanda bulunmuştur. İlk Hawaiililerin getirdiği tavukların, köpeklerin ve domuzların kemikleri de buradadır.

Tam bu nokta, Burney'in çukurunda yerel türlerin yok olmaya başladığı yerdir. Yerel kara salyangozları bir zamanlar bolca bulunurken artık seyrekleşmişti. Palmiyeler ve diğer orman ağaçları artık polenlerini bırakmıyorlardı. Kara yengeçleri azalmıştı. Büyük otlayıcı ve gezinen kuşlar ise kaybolmuşlardı. Uzun bacaklı baykuş yok olmuş, yerine kısa bacaklı olanı geçmişti; bunlar adaya yeni gelen sıçanlarla besleniyorlardı.

Kaptan Cook 1778'de Hawaii Adalarını ilk ziyaret eden Avrupalı oldu ve karaya ilk ayak bastığı yer Mahaulepu'dan birkaç kilometre uzaktaydı. Adanın kralına hediye olarak bir çift keçi sundu. Burney bu keçilerin torunlarının kemiklerini at ve koyun gibi diğer Avrupalı göçmen hayvanlarla ve Jawa eriği ve karaağacıyla birlikte çukurunda bulabildi. 1800'lerde mağaranın etrafındaki karada dolaşan inekler de kemiklerini gerilerinde bıraktılar. Dev bambu kurbağaları ve gülkurdu salyangozları Hawaii'ye bu yüzyılda haşereleri kontrol için getirilmişlerdi ve bolca fosil bırakmışlardı.

Burney, çukurda Cook'un gelişinden sonraya ait yalnızca birkaç yerli türün fosilini bulabilmişti. Çukurun üst katmanlarında 14 yerli salyangoz türüne ait binlerce fosil bulabilirken artık hiç bulamıyordu. Kuşlar söz konusu olduğundaysa mağaranın etrafındaki doğada hayatta kalabilenler yalnızca sahil kuşları ve deniz kuşları olmuştu. Çukurda fosili bulunabilen birkaç diğer tür kuş ise hâlâ hayattaydılar fakat ancak dağlık ormanlarda yaşayabiliyorlardı. Aynı şekilde ormanları oluşturan bitkiler kaybolmuş veya sığınaklara saklanmışlardı. Burney'in çukurunda binlerce yıl çok rahat bulunabilen egemen bitkilerden birisi olan mimoza benzeri eğreltiotları ise bugün Kahoolawe Adasındaki tek bir kayalıkta bulunabiliyordu. Yalnızca iki demet sağ kalabilmişti.

Burney'in çukurundaki resim acı verici ama açıktı. İnsanlar gelmiş ve yerli yaşam kaybolmuştu.

YOKOLUŞ HIZLANIYOR

Mahaulepu'daki yokoluşun tek nedeni vardı: İnsanlar. Ancak geçmişteki kitlesel yokoluşlarda tek bir neden pek çok farklı yıkıcı etki yaratabiliyordu. Burney, çukurunda bunların hepsini çalışırken görebiliyordu. İnsanların, Mahaulepu ve çevresindeki türler üzerinde yarattıkları yokoluşun iki önemli yolu vardı; onları avlamak ve yaşam ortamlarını yok etmek.

Bu farklı yok etme türleri bir birbirini izleyen basamaklar biçiminde ortaya çıktılar. Önce Kauai üzerindeki avlanmadan en kolay etkilenen hayvanlar yok oldular. "Onlar yavaş türlerdi, özellikle besin için çok yararlıydılar, uçamayan dev bir ördek mangal için idealdi" diyordu Burney: "Bunların bu kadar çok zarar görmesinin en basit nedeni her zaman kara üzerinde olmak zorunda kalmalarıydı. Yumurtalarını da toprak üzerine bırakıyorlardı ve daha önce hiç karada yaşayan yırtıcılarla karşılaşmamışlardı, bir sıçanla bile. Böylece kendilerinin yanı sıra yumurtaları da sıçanlar, domuzlar ve diğerleri tarafından mideye indirildi.

Kauai'nin uçamayan ördekleri, Madagaskar'ın fil kuşları ve Kuzey Amerika'nın mamutlarıyla büyük olasılıkla aynı kaderi paylaştılar. Bu türlerin hepsi insanlar tarafından hızlı bir yıkıma uğratıldılar. Kauai halkı en kolay avların peşinden gidip köklerini kuruturken, kara yengeçleri gibi çok küçük türler de onlara av olmaktan kurtulamadılar. Burney çukurunda bu trajedinin nasıl sahnelendiğini seyredebiliyordu; insanlar geldikten sonra kara yengeçlerinin fosilleri küçülmüş ve seyrekleşmişlerdi, muhtemelen avcıların giderek daha genç yengeçleri av-

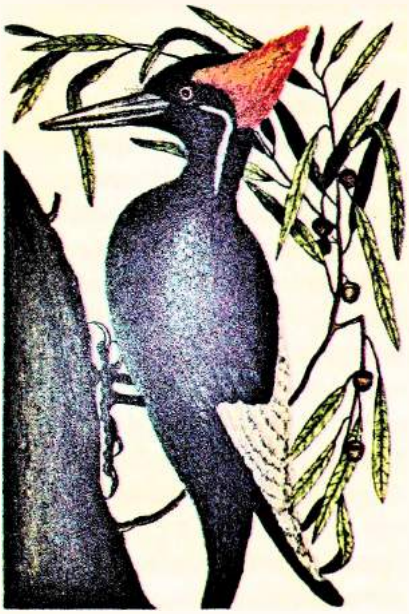
laması buna yol açmıştı. Üremek için yeterince genç yengeç olmayınca yengeç topluluğu bir çıkmaza girmiş ve çökmüştü.

Mahaulepu'daki yokoluşun evreleri tüm dünyadaki yokoluş evreleriyle uyum içindeydi. Günümüzde aşırı avlanma hâlâ vahşi yaşamı tehdit eden küresel bir tehlikedir. Orta Afrika'nın yağmur ormanlarının derinliklerinde avcılar şempanzeleri ve diğer primatları ormanları kesen ormancıları beslemek için avlamaktadırlar. Bu sırada Myanmar'ın (eskiden Burma olarak bilinirdi) uzak bir köşesinde yalnızca birkaç yıl önce keşfedilmiş ender bulunan geyik türleri sürdürülemez oranlarda öldürülmeye başlandı. Avcılar onları yemek için öldürmüyorlar, Çinli tacirlerle tuz karşılığı takas etmek için avlıyorlardı.

Mahaulepu'daki yokoluşların ikinci evresi (eski yaşam alanlarının ortadan kaybolmasıyla oluşan) daha yavaş gelişti. Kauai'deki insan topluluğu büyüdü ve kendilerini beslemek için toprağı ekmek ve hayvan üretmek amacıyla arazileri temizlediler. Metal baltaları olmadan öncüler ağaçları yeterince hızlı kesemiyorlardı; bunun yerine ağaçları gövdelerini delerek veya köklerini zehirleyerek öldürdüler. Ormanların yerine kulkas ve patates ektiler. Avrupalılar Kauai'ye vardıklarında yıkım büyük oranda arttı. 1840'larla birlikte ekim alanı sahipleri devasa ağaçlık arazileri temizlemeye başladılar. Sandalağaçları tütsü için ve geri kalanları da ineklerin otlayabileceği alanlar ve ananas ile şeker kamışı ekim sahaları oluşturulmak üzere kesildiler.

Yaşam alanlarının yükselen bir hızla yıkımı benzer şekilde dünyanın başka yerlerinde de gerçekleşti. Meksika, Çin, Afrika ve Yakın Doğuda daha 10 bin yıl öncesinden, medeniyetler bitkileri ve hayvanları kontrolleri altına almaya başladılar. Tarım, avcıların bir araya getirebileceğinden çok daha fazla ve yoğun insanı çiftçiler ve çobanlar sayesinde besleyebilecek olanakları sağladı. Daha fazla boğazı besleyebilmek için daha fazla toprağa ihtiyaç vardı. İnsanlar inekleri, koyunları ve keçileri otlaklarda otlatmaya başladılar. Topraklara mısır, pirinç ve buğday ekebilmek için ormanları ve yeşil alanları ortadan kaldırdılar. Darwin'in de bir zamanlar büyüdüğü İngiliz tarım arazileri bir zamanlar tarım alanı değillerdi. Buraları kaplayan ormanlar zaman içinde kesilmiş ve yüzyıllar içinde orman alanları adalar gibi kalmıştı. Ancak bu adalarda yaşayabilen hayvanlar da buralarda sıkışıp kalmışlardı. İneklerin en yakın vahşi akrabaları olan yaban öküzleri onları avlanmaktan koruyan Polonya ormanlarında yaşıyorlardı ancak 1600'lerde onlar da yok oldular.

Son birkaç yüzyıl içinde patlayan insan nüfusu ve daha iyi pulluklar ile testerelerin bulunmasıyla birlikte, el değmemiş doğa parçası kalma-



Fildişi gagalı ağaçkakan ABD'nin doğusunda yaşam alanlarının bozulması sonucunda yok olan 4 ötücü kuş türünden birisidir.

dı. Daha fazla insan daha fazla çiftlik ve şehri beraberinde getirdi. Daha çok insan daha çok yakacak oduna ve keresteye gereksinim duydu fakat bu gereksinimleri ormanlar sürdürülebilir biçimde karşılayamıyordu. Teknolojiyle bu ormanların içine yollar yapmak kolaylaştı ve odunlar tüketildi. Sonuç olarak tüm yaşayan türlerin üçte ikisinin hayatlarını sürdürdüğü tropikal ormanlarının yarısı 2000'lere gelindiğinde kesilmiş veya yakılmıştı.

İnsanların bakir, el değmemiş alanları ele geçirmesiyle bitkiler ve hayvanlar yokoluşa gittiler. Bazı durumlarda, bir baraj bir tür balığın yaşadığı bir nehri kuruttuğunda bu yokoluş görünür hale geldi. Ancak bir türün tamamen yok olması için bir yaşam alanının tamamen yok edilmesi gerekmez. Bir yaşam alanını parçalara ayırmak da yokoluşlara neden olabilir. Bu parçalar adalar gibidir ve Krakatau'da kaç türün yaşayabileceğine ilişkin kurallar bu parçalar için de geçerlidir.

Her orman parçası boyutlarıyla doğru orantılı bir şekilde yalnızca belli sayıda türü besleyebilir. Eğer bir orman payına düşenden fazla türü barındırmaya başlarsa ve diğer ormanlarla ilişkisi kesilirse bu fazla türler yok olurlar. Eğer bir tür tüm bu parçalarda yok olacak kadar şanssızsa tamamen kaybolmuş olur.

Bu parçalanmayla en çok zarar gören türler az bir alana yayılmış olanlardır. Bir dağlık bölgede oduncuların tüm ağaçları kestiğini düşünün. Tek bir dağ yamacında yaşayan bir salamander türü eğer yalnızca üç orman parçası içinde yaşıyorsa bu durumda tamamen yok olur. Ancak bu dağ yamaçlarında yüzden fazla parça içinde yaşayan bir türün yaşamı daha uzun sürecektir. Geniş bir alana yayılmış salamander türünün sınırlı bir alanda yaşayan salamander türüne göre yokoluşa en azından bazı sığınaklarında direneceği açıktır. Ne yazık ki tek bir dağ yamacında yaşayan salamanderler artık yok olmuşlardır.

ABD'nin doğusundaki çoğu ötücü kuş, orman parçalanmalarına yaygınlıkları sayesinde direnebilmiş ve hayatta kalmışlardır. Avrupa-

ların ABD'nin içlerine ulaşmasından önce, ABD'nin doğu bölgesine yayılmış ormanlarda yaşayan 200 ötücü kuş türü vardı. 20. yüzyılda ABD'nin doğu bölgesindeki ormanların yüzde 95'i kesilmiştir. Ancak hepsi bir anda kesilmemiş, kesim kuzeydoğudan bir dalga gibi yayılmıştır. Ohio'daki ormanlar yok olurken New England ormanları yeniden toparlanmaya başlamıştır. Bu süreçteki herhangi bir anda kuşlar kendilerine yaşamlarını sürdürebilecekleri sığınaklar bulabilmişlerdir. Bu yüzyıl içinde ABD'nin doğusunda yaşayan insanlar çiftçiliği ve tarımı terk etmiş ve ormanlar ötücü kuşların yeniden yayılabilecekleri kadar çoğalmıştır.

Ancak yalnızca bu bölgede yaşayan 28 tür o kadar talihli değildi. Sağ kalma ihtimalleri daha düşüktü çünkü diğer kuşlara göre daha sınırlı yaşam alanları vardı. Yaşam alanları orman adalarına parçalandıkça daha az sayıda parça içinde yaşamaya başlamışlar ve yaşam kavgaları yokoluşla sonuçlanmıştı. Bu kuşlar arasındaki 4 tür (haber güvercinleri, Bachman çalıbülbülü, fildişi gagalı ağaçkakan ve Carolina muhabbetkuşu) artık yoktur.

Dünyanın farklı yerlerindeki pek çok hayvan ve bitki türü de Carolina muhabbetkuşunun yolundan gitmektedir. Küçük sınırları çiftçilik veya odunculuk nedeniyle zarar görmekte veya parçalanmaktadır. Henüz yok olmamış olanların pek çoğu kesinlikle yok olacaktır. Columbia Üniversitesinden biyolog Stuart Pimm ve arkadaşlarının çalışması bu küçülmeyle ilgili bir zaman çizelgesi sunmaktadır. Pimm bir çalışmasında Kenya'nın orman kuşlarının çeşitliliğiyle tanınan batı bölgesinde araştırmalar yapmıştır. Geçtiğimiz yüzyıldaki ağır tarım ve odun kesimi bölgedeki ormanları küçük parselle bölmüştü. Pimm'in ekibi, 50 yıl öncesine ait hava fotoğrafları üzerinde orman parçalarının birbirlerinden ayrıldıkları ilk zamanları çalıştı. Ardından orada kaç tür yaşadığını anlamak için müzedeki koleksiyonlara baktılar (Böceklerde toplam türlerin ancak küçük bir bölümü bilinebilirken kuşları belirlemek çok kolaydı. Ornitologlar tüm dünya üzerindeki 10 bin kuş türünün hemen tamamını belirlemişlerdi). Pimm ardından her bir orman parçasındaki türleri saymak için sahaya indi.

Pimm, daha yaşlı parçalarda tahmin edilebilen çeşitliliğe en yakın tür sayısı barındığını buldu. Daha genç parçalarda hâlâ olması gerekenden daha fazla sayıda tür vardı çünkü devam eden yokoluş onları henüz denge düzeyine getirmemişti. Pimm'in ekibi yaşlı ve genç orman parçalarını karşılaştırdıklarında yokoluşun ilerlemesinin radyoaktif elementlerin parçalanmasına benzediğini düşündüler: Türün bireylerinin yüzde 50'sinin yok olduğu bir yarılanma ömrü

vardı. Geride kalan bireylerin yarısı da bir sonraki yarılanma ömrü içinde yok olacak ve bu böyle sürüp gidecekti. Pimm'in Kenya'da çalıştığı kuşların yarılanma ömrü kabaca 50 yıldı. Pimm'in bir arkadaşı olan Thomas Brooks da Güneydoğu Asya kuşları için savunma mevzileri buldu. Başka bir deyişle, dünya ormanlarına verilen zararın tam olarak gün yüzüne çıkması için birkaç on yıl daha geçmesi gerekmektedir.

YABANCI İŞGALİ

Ormanları yok etmek ve hayvanları avlamanın dışında insanlar, Mahaulepu'daki yokoluşa üçüncü bir yolla da neden oldular. Sıçanlar, tavuklar, köpekler ve keçiler gibi yeni türleri beraberlerinde getirerek buralardaki dengeye etki ettiler. Bu biyolojik işgalciler günümüzde küresel yokoluşun en güçlü etkenlerine dönüşmektedirler. Tıpkı avlanma veya ormansızlaştırma gibi, biyolojik işgal de geri dönüşümsüzdür. Eğer insanlar ağaçları kesmeyi bırakırlarsa ağaçlar tekrar büyüyüp gelişebilir. Ancak biyolojik işgalciler bir kez yeni evlerine yerleştiklerinde onları oradan söküp atmak neredeyse imkânsızdır.

Yaşamın tarihinde biyolojik işgal yeni bir şey değildir. 3 milyon yıl önce Kuzey Amerika'dan Güney Amerika'ya doğru yürüyen memeliler de biyolojik işgalcilerdi. Aniden bir grup izole edilmiş hayvanla karşılaşmış ve onları yokoluşa sürüklemişlerdi. Darwin'in gösterdiği gibi, biyolojik işgaller yumurta ve tohumların kuşların ayaklarına yapışmasıyla binlerce kilometre ötelerde de gerçekleşebilir. Ama insanlardan önce biyolojik işgaller ender görülen olaylardı. Kıtaların çarpışması için milyonlarca yıl geçmişti. Bir okyanusu geçmek veya bir kuşun ayağında seyahat etmek kolay bir şey değildi. Paleontologlar insanlar Hawaii'ye gelmeden önce yeni türlerin buraya ancak 35 bin yılda bir gelebildiğini ortaya koydular. Bu yeni yerleşimciler arasında kuşlar, yarasalar ve çeşitli küçük omurgasızlar bulunuyordu. Bir köpeğin, bir kuşun ayaklarına tutunup Hawaii'ye gitmesi imkânsızdı.

Polinezyalı yerleşimciler Kauai'ye geldiklerinde yeni türlerden bir konuk da onlarla birlikte geldi. Sıçanlar kendilerini adada gösterdiler; kuş yumurtalarını ve kara salyangozlarını yalayıp yuttular. Polinezyalı yerleşimcilerin çiftlik hayvanı olarak getirdiği tavuklar ve domuzlar ise fidanları ve tohumları yediler ve vahşi ormanlar üzerinde yerleşimcilerin yarattığı hasardan daha fazlasına yol açtılar. Bu ormanlarda yaşayan kuşlar ve kara salyangozları ise yerleşim yerlerinden uzaklara doğru çekildiler.

Avrupalıların gelişiyle, yeni türlerin adaya geliş hızı da çok büyük bir oranda arttı. İlk gerçek küresel tacirler olan Avrupalılar pek çok türü gemileriyle birlikte tüm dünyaya taşıdılar. Bu alışverişlerin bazıları Kaptan Cook'un hediye keçileri gibi maksatlı ve bilinçli, geri kalanlarınsa çoğu rastlantısaldı. 1826'da balina avcı gemileri Hawaiili kuşlar için ölümcül olan ve sivrisineklerin taşıdığı bir sıtma formunu adalara getirdiler. Yabani domuzlar sivrisineklerin beslenebildiği durgun su havuzları kazdılar ve sinekler vahşi kuşları ısırmaya başladı. Sıtma muhtemelen onların çoğunu öldürdü. Günümüzde artık adadaki pek çok kuş türü soğuk havanın sivrisinekleri öldürdüğü yüksek rakımlarda yaşamaktadır.

Biyolojik işgaller yalnızca Kauai'de değil, geçtiğimiz 200 yıl içinde tüm dünya genelinde hızlanmıştır. Yelkenlilerin yerini yük gemilerinin ve uçakların almasıyla bitkiler, hayvanlar ve mikropların seyahatleri çok daha kolay hale gelmiştir. Chesapeake Körfezine gelen gemilerle ilgili bir çalışmada bilim insanları gemilerin atık sularında yengeçler, kefaller ve diğer türlerden yüzlerce hayvan buldular. Her metreküp atık suda 2 bin hayvan vardı. Her yıl ABD'ye 100 milyon metreküp atık su gelmektedir. Bu sırada böcekler ve tohumlar ülkeye tahıl ve kerestey-le de giriş yapmaktadırlar. Yalnızca ABD'ye gelen yabancı tür sayısı 50 bindir ve daha fazlası da hızla giriş yapmayı sürdürmektedir. 1850 ve 1960 yılları arasında San Francisco Körfezine gelen işgalci sayısı yılda 1 iken, o zamandan beri bu trafik, her 3 ayda bir yeni bir işgalci türün tespitine varacak kadar yükselmiştir. Hawaii'de bir düzine yeni böcek türü ve diğer omurgalılar her yıl kendilerini gösterir.

Yalnızca birkaç yabancı tür başarılı işgalciler haline gelebilir. Yabani otlar ve hayvanlar insanların egemen olduğu yaşam alanlarında başarılı olurlar çünkü belirsiz ekosistemlerde hayatta kalabilir ve hızla yayılabilirler. Bazı yabancı yırtıcılar da başarılı olabilirler çünkü diyetleri pek çok farklı türden avı içerir. Örneğin II. Dünya Savaşından önce Guam'da yılan bulunmuyordu. ABD adaya askeri malzeme getirmeye başladıktan sonra beraberlerinde uçaklarda saklanabilen kahverengi ağaç yılanlarını da getirdiler. Yılanlar Guam'a geldiklerinde bulabildikleri tüm küçük hayvanları yemeye başladılar. Adadaki 13 yerli kuş türünden bugün ancak 3'ü hâlâ yaşamını sürdürebilmektedir, 12 yerli kertenkele türündense yalnızca 3'ü hayatta kalabilmiştir.

İşgalcilerin başarılı olabilecekleri bir diğer yol da, onları kontrol altında tutan alanlardan rahatça evrilebilecekleri yerlere kaçmış olmalarıdır. 1935'te devasa şekerkamışı kurbağaları olan *Bufo marinus'lar* Avustralya'ya şekerkamışı yiyen arıları yemeleri için getirildiler. O za-

mandan beri tüm Kuzey Avustralya'ya yayıldılar ve her yıl alanlarını 30 kilometre genişlettiler. Kendi yerel yaşam alanlarındakinden 10 kat daha fazla yoğunluğa ulaşarak tüm kırsal alanları kapladılar. Şekerkamışı kurbağaları Avustralya'da Güney Amerika'dakinden çok daha başarılı oldular çünkü onları dizginleyen güçlerden azade oldular. Kurbağaları yemeye çalışan Avustralyalı yırtıcılar kurbağaların sırtlarındaki salgı bezlerinde üretilen zehre karşı koyamayıp yaşamlarını yitirdiler. Kurbağaların Yeni Dünyadaki yırtıcıları bu zehre karşı bir panzehir geliştirmişlerdi. Bununla birlikte, Latin Amerika'da kurbağaların sayısını kontrol altında tutan virüsler ve diğer patojenler de Avustralya'da yoktu. Şekerkamışı kurbağalarının patlaması eğer arıları yok etmiş olsalar bir ölçüde kabul edilebilirdi ama kurbağalar arılara hiç ilgi göstermediler. Bunun yerine ağızlarına alabildikleri her şeyi, hatta ender görülen keseliler ve kertenkeleleri dahi yemeye başladılar.

Yabancılar vardıkları yerlerdeki ekosistemlerin kurallarını değiştirerek de başarılı oldular. Örneğin Hawaii sıra dışı bir yerdi çünkü fazla yangın deneyimi yoktu. Yangın için aleve ihtiyacınız vardır; alev içinse yıldırımlara gereksinimin duyulur. Bunun için büyük kara kütlelerinin ısınması ve üzerlerindeki atmosferin karışması gerekir. Hemen tüm kıtalarda ateş yaşamın bir parçasıdır ve bitkilerle hayvanlar evrilebilmek için ona karşı savunma yöntemleri geliştirmek zorundadır. Ancak Hawaii geniş bir okyanus parçası içinde sicim gibi adalardan oluştuğu için buraya çok ender olarak yıldırımlar düşer, yani üzerindeki hayvanlar ve bitkiler ateşe alışkın değildirler.

1960'larda ateşe uyum sağlamış 2 bitki, Orta Amerika'nın çalı sakallı otu (*Schizachyrium condensatum*) ve Afrika'dan melas otu (*Melinis minutiflora*) Hawaii'ye ulaştı. Bu bitkiler kuru kökleri ve yapraklarıyla bir kıvılcım bekleyen bir kav örtüsü oluşturdular. İnsanlar bunu sigaralar ve kamp ateşleriyle zorladılar ve yangınlar oluşmaya başladı. Yangınlar yerli bitkileri ortadan kaldırdı ve yabancılar yanıp kül olmuş yerleri ele geçirdiler. İşgalciler yayıldıkça yangınlar daha da yoğunlaştı. Hawaii'nin bazı yerlerinde işgalin öncesine göre bin kat daha büyük alanlar her yıl kül olmaktadır. Böylesi bir cehennemin içinde yerli otların eski egemenlik bölgelerini tekrar ele geçirmelerine imkân yoktur.

Diğer ekosistemlerde, çok sayıda yabancının bir anda gelişi sağlıklı savunma sistemlerini kırabilir. Büyük Göller bu türden bir işgalin kurbanı olmuştur. 1900'lerden önce Büyük Gölleri ziyaret eden hemen tüm gemiler safra olarak kayaları, kumu veya çamuru kullanırlardı. Bunlarla birlikte ancak birkaç hayvan ve tohum taşınabilirdi. 20. yüzyılın başlarında gemiler safra olarak su kullanmaya başladılar ve 1959'da

Saint Lawrence Denizyolları sonunda derin sualtı kısmı genişliği başlatınca yabancı gemiler göllere düzenli olarak yabancı türleri getirmeye başladı.

Her ne kadar Büyük Göllere dünyanın pek çok yerinden gemiler gelse de, başarılı yabancı türlerin büyük çoğunluğu tek bir bölgeden, Karadeniz ve Hazar Denizinden geliyorlardı. Bu sularda yaşayan hayvanlar beklenmedik taşınmalara uyum sağlamışlardı. Karadeniz ve Hazar Denizinin su yüksekliği geçmiş birkaç bin yılda 2 bin metreye yakın yükselmiş veya alçalmıştır ve suları tuzlu ile tatlı arasında gidip gelmiştir. Burada yaşayan hayvanlar bu türden ani oynamalara uyum sağlamışlar ve bu geniş sınırlar içinde hayatta kalabilmişlerdir. Bu hayvanlar Avrupa'dan Kuzey Amerika'ya safra suyu içinde süren bu uzun yolculukla baş edebilecek kadar dayanıklıdırlar. Büyük Göllerin taze sularında da hızla çoğaldılar.

1980'lerin ortalarında küçük bir deniz kabuklusu olan zebra midyesi Güney Rusya'dan Saint Clair Gölüne bir yolculuk yaptı. Zebra midyesi yapışkan diş benzeri çıkıntılar oluşturabiliyordu ve bu sayede sert yüzeylere tutunabiliyor, vücuduna doğru pompaladığı sudaki planktonlarla besleniyordu. Barajlarda, su borularında ve nehir yataklarında çoğalabiliyordu. Göl tabanlarına yerleştikçe, kabuklarının keskin kısımları yüzücülerin ayakların kesilmesine yol açıyordu.

Zebra midyeleri Büyük Göllere, etrafındaki nehir yataklarına ve gidebildiği her yere yayılarak bölgesel ekolojiyi alt üst etti. Tükenmekte olan yerel midyelerin üzerlerini örttüler ve onları mühürleyerek öldürdüler. Bir kural olarak yerli midye türlerinin kayboluşu, zebra midyeleri bir nehre veya göle gelişinden itibaren 4 ila 8 yıl arasında bir zaman alır. Bulundukları suyu filtrelemekte ve içindeki planktonları emmekte çok iyidirler. Göllerde yaşayan ve bu planktonlarla beslenen kabuklular ile kabukluları yiyerek yaşayan balıklar, zebra midyeleri yüzünden aç kalırlar.

Öncü zebra midyeleri yüzünden Karadeniz ile Hazar Denizinden gelen diğer işgalciler Kuzey Amerika'da kendilerini kolaylıkla gösterebilmektedirler. Avrupa'da zebra midyelerinin önemli yırtıcılarından biri olan yuvarlak kaya balığı Büyük Göllerde 1990'larda görülmeye başlandı. *Echinogammarus* adı verilen bir kabuklu Büyük Göllerde büyük oranda yerleşmiş olan zebra midyeleriyle beslenir, bu süreçte sayıları 20 kat artmış ve yerel kabukluların yerine geçmişlerdi. *Echinogammarus* eski yurdunda genç yuvarlak kaya balıklarının tercih ettiği bir besindi; bu türdeki artış yabancı balıkların da sayısal olarak artmasını sağladı. Zebra midyeleri gelmeden önce hidroid adı verilen küçük, top-

luluklar halinde göçmen bir hayvan olarak Büyük Göllerde birkaç on yıldır bulunmaktaydı ancak yeni evinde az görülen bir türdü. Avrupa'da hidroidler zebra midyelerinin larvalarıyla beslenirlerdi. Zebra midyelerinin Büyük Göllere gelmesi hidroid sayısında bir patlama oluşturdu. Zebra midyeleri göllerdeki suyu filtre ederken bir yandan da onu temizlemiş olur ve daha fazla güneş ışığı suları aşıp derinlere ulaşabilir. Su altındaki bitkiler böylece daha fazla büyüyebilirler. Bu bitkiler de zebra midyelerine yapışabilecekleri yeni yüzeyler sağlarlar. Başka bir deyişle, bitkilerin büyümesini sağlayarak zebra midyeleri kendi sayılarını da arttırmış olurlar. Sonuç olarak birkaç yabancı tür Büyük Göllerde kendilerine ait tamamen yabancı bir ekosistem oluşturmuştur.

Günümüzde gerçekleşen biyolojik işgallerin hızından yola çıkarak, bilim insanları dünya genelinde biyoçeşitlilik açısından çok önemli bir tehlikenin yaklaşmakta olduğundan kuşkulanmaktadırlar. Öyle ki, bu işgaller gerçekleştiklerinde yaşam alanlarının yıkımına sebep olabilmektedirler. Bazı adalar tüm yerli yaşamlarını kaybetme riskiyle karşı karşıyadır. Mauritius Adasında yerli türlerin sayısı 765'ten 685'e düşmüşken, ada artık 730 yabancı türe ev sahipliği yapmaktadır. ABD'deki tehlike altındaki türlerin yarısı biyolojik işgalciler yüzünden bu durumdadır.

Yaşamın tarihinde biyolojik işgallerin bu şiddetli saldırısı tamamen yeni bir deneyimdir. Birden ortaya çıkan felaketler geçmişte tropikal ormanları veya mercan resiflerini insanlar ortaya çıkmadan önce silip süpürmüş olabilir ancak hiçbir zaman bu kadar çok tür dünyada bir yerden bir yere sıçramamıştı. Biyolojik işgaller bir kitlesel yokoluşun yaratılmasına yardım etmenin daha fazlasını yapabilir, bizler ortadan kaybolduktan çok sonra da doğayı değiştirebilirler.

YOKOLUŞLARIN GELECEĞİ

İnsanlar, avlanmayla, yaşam ortamlarının harap edilmesiyle ve biyolojik işgallerle pek çok türü yokoluşa sürükledi ve pek çoğunu da onun kıyısına kadar getirdi. Ama sorun bugün içinde olduğumuz yokoluş krizinin ne kadar kötü olduğu ve ne kadar kötüleşebileceğidir. Bunlar fevkalade zor sorulardır. Mahaulepu, bir yer üzerinde insanlığın etkisini gözlemlemek açısından benzersizdir. Son 50 bin yıl içinde gerçekleşen yokoluşların ciddiyetini küresel düzeyde ölçebilmek gerçekten kolay bir iş değildir. İşleri kötü hale getiren şeylerden birisi de bilim insanlarının kaç türün var olduğunu bilememeleridir. Fakat tahminler korkunçtur. Öyle görülüyor ki, geçtiğimiz 600 milyon yıldaki ölümlere eşdeğer bir kitlesel yokoluş dönemine giriyoruz.

Her yıl yaklaşık 10 bin yeni tür küçük bir grup zoolog ve botanikçi kadrosu tarafından rapor edilir. Bilim insanları şimdiye kadar yaklaşık 1 buçuk milyon tür belirlediler ve kaçının keşfedilmeyi beklediğini ancak tahmin edebiliyorlar. Yeni türlerin bulunma hızı göz önüne alındığında, her ne kadar bazıları bunun 14 milyon olacağını iddia etse de, toplam türler için 7 milyon civarında bir sayı belirlenmiştir. Bu, dünyadaki her 5 türden 4'ünün henüz keşfedilmemiş olduğu anlamına gelir ve bu hızla giderse hepsini belirlemek için 500 yıl daha gereklidir. Pek çoğu için bu keşif zamanında gerçekleşmeyecektir. Eğer bir türün varlığından haberdar değilseniz, o türün son bireyinin ne zaman ortadan kaybolduğunu da bilemezsiniz.

Stuart Pimm devam etmekte olan yokoluş kriziyle ilgili türlerin toplam sayısına ait cehaletimizi ortadan kaldıracak yeni bir ölçüm yoluyla ortaya çıktı ve yokoluşların sayısal niteliklerindense oranlarını belirledi. Kayıt altına alınmış yokoluşlarla uyum içinde olacak şekilde en iyi çalışılan grup olan hayvanları ele aldı. Kuşları, midyeleri, kelebekleri ve memelileri içine alan tüm gruplar arasından aynı yokoluş oranını buldu. Her yıl dünya üzerindeki her bir milyon türün 100'ü yok oluyordu. Birbirinden oldukça farklı grupların aynı yokoluş oranından mustarip olduğunu gören Pimm, bu oranın hem hayvanlar hem de bitkiler için ortalama bir değer olduğuna karar verdi.

Bu oran fosil kayıtlarında izlenebilen arka plandaki yokoluş oranlarının üzerindedir. Kitlesel yokoluşlar hariç, arka planda devam eden yokoluş oranı, her yıl gezegendeki her bir milyon türün 0,1 ila 1'inin ortadan kaybolduğunu gösteriyordu. Başka bir deyişle, türler günümüzde insanların ortaya çıkışından önceye göre yüz ila bin kat daha hızlı bir biçimde yok olmaktadırlar.

Pimm'in hesaplamalarına göre bu oran önümüzdeki yıllarda daha da hızlanacaktır. Tropikal ormanlarda yaşayan türlerin üçte ikisi yok olacaktır. Dünyadaki tropikal ormanların yarısı şimdiye dek yok olmuş durumdadır ve bir milyon kilometre karelik bir bölümü daha her on yılda bir yok olacaktır. Var olan ormanların büyük kısmı da yangınlar ve ağaç kesimleri nedeniyle parçalara ayrılmış durumdadır. Etkileyici bazı koruma önlemleri alınmazsa tropikal ormanlar orijinal varlıklarının ancak yüzde 5'i geriye kalacak şekilde yok olmaya devam edecek ve yalnızca koruma alanlarındaki rezervler sağ kalacaktır. Üstelik bu süreç sadece 50 yılda gerçekleşecektir. Bu senaryoya yarılanma ömrünü uygulayacak olursak, Pimm yokoluş oranının en az 10 kat artacağını hesaplamaktadır. Pimm, bir yüzyıldan az bir zaman içinde dünyadaki tüm türlerin yarısının kaybolacağını hesaplamaktadır.

Her ne kadar Pimm'in hesaplamaları karamsar gözükse de, işin aslı bu hesap gelmekte olan yokoluşu azımsıyor olabilir bile. Pimm hesaplamalarında yalnızca ormansızlaştırmayı dikkate almaktadır. Örneğin kıtalar arasında gidip gelmekte olan uçak ve kargo gemilerinin sayısındaki artış sayesinde biyolojik işgaller hızlanacak ve çok daha fazla yokoluş yaşanacaktır. Buna ek olarak, bizler atmosferi daha çok değiştirdikçe daha fazla tür kaybolacaktır.

Geçtiğimiz iki yüzyıl boyunca insanlar atmosfere kararlı bir şekilde karbondioksit ve diğer sera gazlarını kattılar. Bu gazlar oluşan ısının gezegenden uzaklaşmasını engelledi ve sıcaklık artışına neden oldu. Bugün dünya 1860'ta olduğundan yarım derece daha sıcaktır. Bazı değişiklikler güneşte olanlarla açıklanabilir ve bazıları da okyanuslarla atmosferdeki doğal dolaşıma bağlı doğal dalgalanmalar olarak değerlendirilebilir. Ancak çoğu iklimbilimci artık insan kaynaklı sera gazlarının bu sıcaklık artışının önemli kısmından sorumlu olduğu hususunda fikir birliği etmektedirler.

Bilim insanları şimdi iklimin önümüzdeki birkaç on yılda nasıl olacağını hesaplamaya çalışıyorlar. Bunun yanıtı insanların gelecekte ne kadar petrol yakacağına bağlıdır. Çin ekonomisi büyümesini sürdürürken hâlâ kömür mü kullanacak? Elektrikli arabalar hâlâ birer gösteri dekoru olmaya devam edecekler mi? Bu belirsizliklere ek olarak, dünya sıcaklık artışına nasıl yanıt verecek? Okyanus akıntıları saklı sıcaklıklarını serbest bırakacak şekilde birden değişebilir. Kuzey ormanları eklenen fazla karbondioksiti emebilir, sera gazlarını odunun içine saklayabilirler veya Amazonlar bir savana dönüşebilir. Kutuplardaki donmuş toprağın çözülmesi, donmuş metan gazını serbest hale getirebilir. Bu türden olasılıklarla bir kitap doldurulabilir. Ancak araştırmacıların en iyi hesaplarına göre, gezegen 2100 yılında 1,4 ila 5,8 santigrat derece arasında daha fazla ısınmış olacaktır. En büyük ısınma da Kuzey ve Güney kutuplarında gerçekleşecektir.

Yaşamın küresel ısınmanın bir sonucu olarak değiştiğine dair belirtiler halen izlenebilir. Kuzey Yarımkürede büyüme mevsimi 1981'dekinden bir hafta önce başlamaktadır artık. Havadaki daha fazla karbondioksit nedeniyle ağaçlar daha hızlı büyümektedir. Kuzey Amerika ve Avrupa'da ormanlar dağ sırtlarına doğru yükselmektedir. 1999'da yapılan bir çalışmada Kuzey Amerika ve Avrupa'daki 35 göç etmeyen kelebek türünün yüzde 63'ünün 20. Yüzyıl içinde bölgelerini kuzeye doğru değiştirdikleri belirlendi. Keneler bile daha sıcak kışlara tepki olarak kuzey bölgelere ilerlemektedirler.

Bu türden göçler, Kuzey Amerika'nın Buzul Çağı tarihine bakacak olursanız hiç de şaşırtıcı değildirler. Buzulların geri çekilmesi veya yayılması ekolojik mücadeleyi de kuzeye veya güneye doğru sürüklemektedir. Eğer ısınma bu şekilde devam ederse tüm ormanlar harekete geçecektir. ABD Tarım Bakanlığı iklim yumuşadıkça ABD'deki hayvan ve bitkilere ne olacağına dair bilgisayar modelleri oluşturmaktadır. Orta Batıdaki meşe ve ceviz ormanları azalıp yerlerini güneye ilerleyen ananas ormanlarına bırakırken, New England'daki kozalaklı ağaçlar ve sert ağaçlar Kanada'ya doğru ilerlemektedir. Batı'da ise Meksika dev kaktüsü güneybatı çöllerini terk edip rotasını Washington eyaletine doğru kuzeye çevirmiştir.

Küresel ısınma yalnızca doğanın yapısını yeniden düzenlemekle kalmayacaktır. Soğuk iklimlerde yaşayan hayvan ve bitkiler –uzak kuzey ve yüksek dağlarda yaşayanlar da dâhil olmak üzere– bölgelerini değiştirmek durumundadır. Okyanuslardaki mercan resiflerinin ısınmaya karşı aşırı duyarlılıkları kanıtlanmıştır ve kendilerini soğuk sulara doğru yönlendiremezler. Sonuçta küresel ısınma gelecek 20 yıl içinde dünyadaki hemen tüm mercan resiflerinin yok olmasına sebebiyet verecektir.

Harita üzerinde kuzeye veya güneye alanlarını değiştirerek kendilerine yeni yerler bulması olası olan türler bile hayatta kalmakta gerçekten zorluk çekeceklerdir. Bunların çoğu halen çiftlik, banliyö ve şehirler olarak ayrılmış olan karalarda yerleşmeye çalışacaktır. Nesilleri tehlike altında olan halen yaşamakta olan hayvan ve bitkiler için yeterli miktarda boş doğal rezerv alanı bulmak çok zor olacaktır; gelecek on yıllar içinde onları yeni yerlere yerleştirmek daha da zorlaşacaktır. Eğer bunları yapmazsak kendilerini basitçe evrimsel bir uçuruma atacaklardır.

İNSANLIK KENDİ İZİNİ BIRAKIYOR

Eğer bu tahminler gerçekleşirse önümüzdeki birkaç yüzyılda tüm türlerin yarısından fazlasının kaybolduğu başka bir kitlesel yokoluş dönemi göreceğiz. Çeşitliliğinin en üst noktasına ulaşmış bir gezegeni miras aldığımız düşünüldüğünde, kaybımızın ne kadar büyük olacağı anlaşılacaktır.

Bu yokoluş etkisi geçmiştekilerden birkaç yolla farklı olacaktır. Bir gök taşı kendi rotasını değiştiremez ancak insanlar bunu yapabilir. Gelecek birkaç yüzyılda oluşacak yokoluşların büyüklüğü insanların neler yapacağına bağlıdır. Çok hızlı gelişen parçalara ayırma ve yaşam alanlarının kaybolması karşısında korumacı biyologlar dikkatlerini en az çabayla en çok türün çeşitliliği korumaya odaklamışlardır. Çeşitlilik

dünyaya veya tropikal bölgelere düzenli bir şekilde yayılmamıştır. Madagaskar, Filipinler ve Brezilya'nın Atlantik Ormanları gibi birkaç yer biyoçeşitlilik açısından sıcak bölgeler olarak belirlenmiştir. En önemli 25 sıcak bölge, bitki çeşitliliğinin yüzde 44'üne ve omurgalıların yüzde 35'ine sahiptir. Üstelik bu bölgeler dünyadaki karasal alanların ancak yüzde 1,4'ünü kaplamaktadır. Eğer korunmazlarsa hızla kaybolup gideceklerdir. Ortalama olarak sıcak bölgelerin yüzde 88'lik kısmı yok edilmiş durumdadır ve üzerlerindeki insan nüfusu hızla artmaktadır. Çeşitliliğin yatağı olan bu yerlerin acil olarak dikkatimize ve korumamıza gereksinimleri vardır.

Eğer yokoluşlar hızlanmaya devam ederse dünya birkaç yüzyıl içinde homojen bir yere dönüşecektir. Türlerin büyük kısmı belirli sınırlar içine hapsolup yok olmayı sürdürecek ve birkaç dayanıklı tür gelişecektir. Dünyadaki tarımın yüzde 90'ı yalnızca 20 tür bitki ve 6 tür hayvana dayanmaktadır. İnsan nüfusu artmaya devam ettikçe bu türler de gelecekte insanlarla birlikte artmaya devam edecektir. Bu sırada işgalciler de yayılmalarını sürdüreceklerdir. Örneğin zebra midyeleri gelecek yıllarda bir suyolundan diğerine hareket ederek ABD'nin hemen her yerine yerleşmiş olacaklardır. Ormanların ve diğer yaşam alanlarının yıkılması çoğu yerel türe zarar verecek ve ancak birkaçı başarılı olacaktır. Güney Amerika ormanlarında kurt örümcekleri ağlarını otlar üzerine örerken ağaç kurbağaları çukurlara veya geçici kaynaklara yumurtalarını



Dünyada karalardaki yaşamın çeşitliliğinin büyük kısmı yeryüzündeki karaların yüzde 1,4'ünde yoğunlaşmaktadır. Çeşitlilik için sıcak noktalar oluşturan bu yerler aynı zamanda insan topluluklarının da yüksek hızlarda büyüdükleri alanlardır.

bırakabilirler. Günümüzde bir zamanlar yağmur ormanlarının olduğu yerlerde artık ayrık otları ve lycopsidler büyüyorlar, tıpkı 250 milyon yıl önce yaptıkları gibi.

Ward şöyle diyor: "İnsanlar burada olmaya devam ettikleri ve yok olmadıkları sürece kitlesel yokoluş sonrasında açtıkları evrimsel musluk yeni türler yaratacak ve bu musluk tekrar kapatılamayacak. İnsanlar gelecekte var olmaya devam ettikçe biyoçeşitliliğin çok azalacağı bir dünya görüyorum. Bu bana göre bir trajedi."

Muhtemeldir ki, bizler de bu kitlesel yokoluştan kaçamayacağız. Bizler suyumuzu filtrelemek için sulak alanlara, tohumlarımızı döllemesi için arılara ve bitkiler üretmesi için toprağa ihtiyaç duyuyoruz. Bu bitkiler ve hayvanlar da, hayatta kalabilmek için sağlıklı ekosistemlere ihtiyaç duyuyorlar. Biyologlar basit ekosistemlerde, örneğin otlaklarda çeşitliliği değiştirme üstüne deneyler yapıyorlar. Birkaç türe sahip ekosistemler kuraklık, kıtlık ve diğer felaketlere daha duyarlı oluyorlar. Eğer insanların dayandıkları bu fakirleşmiş ekosistemler herhangi bir nedenle çökerse, insanlar da hayatta kalamazlar. Elbette insanlar bu gezegen üstünde yaşayan türler arasında çözümler üretme konusundaki en beceriklisidir, dolayısıyla bu açıdan bu türden bir felaketten sonra bile hayatta kalmanın yollarını bulabiliriz.

Geçmiş kitlesel yokoluşlardan sonra yaşam yeniledi ve geri geldi. Peki, yaşam kısmi olarak insanlığın kaderine bağlı iken önümüzdeki yokoluştan sonra nasıl yeniden toparlayacak? İnsanlık, yokoluşun en derin nedenlerinden birisi olan küresel ısınmaya neden oldu ancak bu sonsuza kadar devam edemez. Geride yalnız bir miktar –11 trilyon ton– petrol ve kömür kaldı. Penn State Üniversitesinde bir iklimbilimci olan James Kasting, fosil yakıtlarının bu şekilde yakılmaya devam etmesi durumunda atmosferdeki karbondioksit bugünkünün 3 katına kadar çıkacağını ve sıcaklığın 3 ila 10 santigrat derece daha artacağını belirtmektedir. Bu rezervleri tüketmek birkaç yüzyılımızı alacaktır. Ne yazık ki dünyanın endüstri devriminden önceki karbondioksit düzeylerine geri dönebilmesi içinse yüzbinlerce yıl gerekmektedir.

Fakat atmosfer bu karbondioksit cümbüşünden kurtulup geri toparlanmasından çok sonra ve *Homo sapiens*'ler ortadan kalkınca, yol verdiğimiz biyolojik işgalciler tüm dünyada kendilerini çevreleyen ekosistemleri kontrol ederek toparlanmaya ve gelişmeye devam edecekler. Tüm diğer hayvan ve bitkilerin evrimini hayal kırıklığına uğratmayı sürdürecekler.

Burney şöyle söylüyor: "Evrim artık yeni bir yola girdi. Tümden yeni olan bazı şeyler oluyor ve bunlar insanların evrimsel sürece ne

şekilde müdahil olacaklarıyla yakından ilgili. Bu çok korkutucu bir şeydir çünkü bu bizim evrimi kör noktalı bir kavşaktan geçirmemiz gibi bir şeydir çünkü doğa daha önce böyle bir deneyim yaşamamıştır. Türler bir uçağa atlayıp, dünyanın diğer tarafında kendilerini bulmakta, daha önce hiç birleşmedikleri türlerle birleşmektedirler. Bu tamamen yeni bir oyunudur ve bu oyunun nerede biteceği hakkında hiçbir fikrimiz yok."



KISIM III

Evrimin Dansı



Çiçekler polenlerini yayabilmek için yabanarıları gibi böceklere ihtiyaç duyarlar. Karşılığında çiçekler böceklere nektar yap- rarlı ve bazen yalnızca polenlerin kendisini verir.

Bölüm 8

EŞ EVRİM

Yaşamın Ağını Örerken

Soyu tükenmekte olan türleri yok olmaktan korumamız gerekliliğinin nedenlerinden biri, bu türlere bakarak evrimin nasıl işlediğine dair öğreneceklerimiz olabileceği gerçeğidir. Madagaskar'ın hızla azalan ormanlarında soyu tükenmekte olan bu türlerden biri, *Angraecum sesquipedale* adındaki sıra dışı bir orkide cinsi hayatta kalma mücadelesi vermektedir. Soluk beyaz çiçeğinin üstündeki taç yapraklarından birisi yaklaşık 40 santimetre derinliğinde bir gövde oluşturmaktadır ve bu gövdenin alt kısmında birkaç damla tatlı nektar bulunur.

Derindeki bu nektarın işlevi ne olabilir? Hangi evrimsel güç onu yaratmıştır? Yeterince beklersek yanıt kendiliğinden karşımıza çıkacaktır. Bir güve türü orkideyi ziyaret eder, çiçeğin üzerinde süzülür ve yavaşça tepesine konar. Saatin zembereğine benzer kıvrık dili kanla dolmaya başlar ve basınç arttıkça dil düzleşir. Yaklaşık 40 santimetrelik bir uzunluğa ulaşır ki bu ölçü güvenin gövdesinden kat kat daha fazladır. Güve, dilini bir yılan edasıyla tatlı nektara ulaşana kadar çiçeğin gövdesinden aşağıya doğru sokar. Nektarı içip bitirirken yüzünü de çiçeğe gömer ve çiçeğin polenleri yüzüne bulaşır. Nektarı bitirdikten sonra dilini toplar ve yüzündeki polenlerle birlikte nektarını içebileceği yeni bir orkide aramaya başlar. Yüzündeki polenler bulduğu yeni orkidede dökülür ve orkidenin çiçeğindeki yumurtaları döller.

İki farklı türün birbirine bu denli bağlı olduğuna ve hatta doğanın bu tür samimi ortaklıklarla dolu olduğuna inanmak oldukça zor olabilir. Bu ortaklıklar içerisinde, çiçekler ve onların polenleri taşıyan canlılar gibi yararlı ortaklıklar da vardır; yırtıcılar ve avladıkları türler gibi düşmanca olanlar da. Yaşam böylesine birbirini etkileyen türlerin ilişkilerinin ördüğü ağlardan oluşur, bu türler bir kilit ve anahtar gibi uyum içerisindedirler.

Orkide ve güve gibi ortaklar, bu ilişkileriyle beraber ortaya çıkmış değillerdir. Zaman içinde ortaklıları giderek daha da derinleşmiştir ve bugün bu ilişkileri evrilmeye devam etmektedir. Örneğin her bitki nesli böceklere karşı savunmalarını adapte etmektedir ama aynı zamanda böcekler de onların savunmasını yenecek yolları geliştirmeye devam etmektedirler.

Bilim insanları bir türün evriminin bir başkasının evrimine yol açtığını, eş evrim denilen bu sürecin yaşamı şekillendiren güçlü etkenlerden birisi olduğunu keşfettiler. Eş evrim, bir güvenin yaklaşık 40 santimetrelik dili gibi, oldukça çarpıcı anatomiler yaratabilir. Bu aynı zamanda yaşamın çeşitliliğinde de büyük bir rol oynamaktadır. Birbirine sarmal gibi dolanmış ortakların eş evrimiyle milyonlarca yeni tür oluşmaktadır. Eş evrim, aslında kendimizi riske atmak pahasına yadsıdığımız bir gerçektir. Yediğimiz tahıllar, üzerinde bu kelimelerin yazdığı kâğıt, yani hayatımızın bağlı olduğu her bitki, hem yaşamını sürdüren hem de yaşamını sonlandıran ortaklarıyla ortaklaşa evrilmektedir. Bizler onların eş evrim danslarını değişikliğe uğratacak olursak bunun bedelini de ödemek durumunda kalabiliriz.

CİNSEL ARACILAR

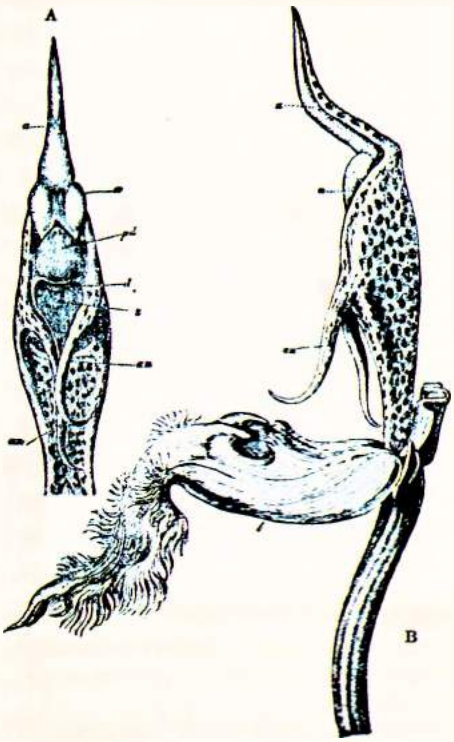
Eş evrim kavramı Darwin'in aklına 1830'da bitkilerin nasıl cinsiyet kazandıkları üzerine kafa yorarken gelmişti. Tipik bir çiçek, hem erkek hem de dişi cinsel organları birlikte büyütür. Erkek cinsel organları polen tozlarını taşır ve dişi cinsel organlarındaki tohumları döllerler. Bitkiler, köklerinden ayrılıp kendilerine eş arayamazlar. Bu yüzden bir bitkinin bir başka bitkiyle çiftleşebilmesi için, polenlerinin diğer bitkiye taşınması gerekir. Dahası, bu polenlerin sadece başka bir bitkiye değil, aynı türün üyesi olan bir bitkiye taşınması lazımdır.

Bazı bitkiler için polenlerini rüzgâra bırakmak ihtiyaçları olan tek şeydir. Ancak Darwin, bazı bitkilerin polenlerini taşımak için böcekleri kullandığını keşfetmiştir. Kırmızı fasulyelere gelip yaptıkları tatlı nektarı içen arıları seyretmiştir. Fasulye çiçeğinin taç yapraklarına tırmanan arı, sırtını hızlı bir şekilde bitkinin erkek üreme organlarına sürter ve polenlerini alır. Arı, bir başka bitkiyi ziyaret ettiğinde de taşıdığı polenleri dişi üreme organlarına bırakır. Darwin, bitkilerin üremek için arıları kullandığını ve bu hizmetleri karşılığında da onlara tatlı nektar verdiklerini fark etmiştir.

Başka bir bilim insanı böylesine çarpıcı bir keşif yapmış olsa, keşfinden çok hoşnut olurdu. Ancak Darwin iş doğayı olduğu gibi anlama-

ya geldiğinde hiçbir zaman tatmin olmazdı; tarihin üzerindeki gizem örtüsünü kaldıracak kanıtları arıyordu. Çiçekler ve onları dölleyen böceklerin olgusunda olduğu gibi, evrimin daha karmaşık bir yolu olması gerektiğini fark etti. Burada Darwin kütleçekim veya suyun akışkanlığı gibi fiziksel koşullara uyum sağlamaya çalışan türlerle ilgilenmiyordu. İlgisinin odağında birbirlerine uyum sağlayan iki ayrı tür bulunuyordu. Yer çekimi kuvveti değişmezken; türler her yeni nesille birlikte değişim göstermekteydi.

Türlerin Kökeni'nde Darwin eş evrimin iki tür tarafından nasıl şekillendirildiğini kısaca anlatmıştır. Yoncalar genellikle yabanarıları tarafından döllenir. Ancak günün birinde yabanarıları neslinin aniden tükendiğini düşünün. Eğer kırmızı yonca kendine polenlerini yayacak yeni bir ortak bulamazsa, üremesi imkânsız hale gelecek ve nesli kolaylıkla tükenecektir.



Darwin'in çiçekler üzerine kaleme aldığı 1862 tarihli kitabından, *Catasetum saccatum* isimli orkideye ait bir çizim. Darwin, polen yayan böceklerin çiçeğin taçyaprağından nektarına doğru yürürken anten benzeri bir oluşumu geçtiklerini fark etti. Bu anten paket halindeki polenlerin böceğin sırtına dökülmesini sağlayan bir tetik gibi davranıyordu.

Balarıları bu boşluğu doldurabilir. Normalde balarıları sadece incarnate adındaki farklı bir tür yoncanın polenlerini taşımaktadır. Ancak bazı balarıları, artık yaban arıları olmadığı için boşa gidecek olan kırmızı yonca nektarlarının hepsini içebilme olanağından yararlanmaya başlayabilir. İlk başta dillerinin yaban arılarının dilleri kadar uzun olmaması ve bu nedenle yeteri kadar nektar içememeleri sebebiyle balarıları zor zamanlar geçirebilir. Nadir olarak uzun bir dille doğmuş olan herhangi bir balarısı çok miktarda kırmızı yonca nektarıyla ödüllendirilecektir, böylece de doğal seçilim zamanla balarılarının dillerini uzatacaktır.

Bu sırada kırmızı yonca, polenlerini taşıyan yeni dölleyicisi olan balarısına uyum sağlayacaktır. Balarısının çabalarını biraz daha kolay-



Bazı polen yayan böceklerin sıra dışı uzunlukta dilleri vardır. Böylece çiçeklerin uzun tüpler şeklindeki anatomileri içinden nektarlarını içebilirler. Bu tüp ve dil şekilleri birlikte eş evrim geçirmişlerdir.

laştıracak şekilde bir şekle sahip olan kırmızı yonca ise polenlerinin yayılmasıyla ödüllendirilecektir. Zaman içinde kırmızı yonca ve balarıları, birbirlerine daha iyi uyum sağlayacak şekilde evrileceklerdir.

Darwin, şöyle demiştir: "Böylece bir çiçek ve bir arının yavaş yavaş, eş zamanlı veya birbiri ardına, bireysel varlıklarını korurken karşılıklı olarak yapısal ayrımlara yönelip birbirlerine karşı uyum sağladıklarını ve en uygun biçimi aldıklarını anladım."

Darwin, *Türlerin Kökeni*'ni bitirdikten hemen sonra çiçeklerin ve böceklerin birbirlerini nasıl önemli ölçüde etkilediklerini keşfetti. Down House'un etrafında yerlere çömelerek orkideler üzerinde çalışmaya ve kendi serasında tropikal bölgelerden gönderilmiş egzotik türleri incelemeye başladı. Darwin'in zamanında çoğu insan, orkide şekillerinin tamamen insan gözüne güzel görünecek biçimde yaratılmış olduğuna inanıyordu. Ancak Darwin şekillerinin ilahi bir güzelliğin hatırına olmadığını, güzel görünümlerinin türlerinin devamını sağlamak üzere böcekleri cezbetmek için özenle hazırlanmış mekanizmalar olduğunu anladı.

Bir tamircinin bir arabayı sökmesi gibi, Darwin de bir orkideye ait parçalarının nasıl birlikte çalıştığını anladı. Onu en çok etkileyen türlerden birisi bir Güney Amerika orkidesi olan *Catasetum saccatum*'du. Polenlerini, çiçek içerisinde kalacak şekilde geriye doğru eğilmiş esnek bir fidana iliştirilmiş olan disk üzerinde saklamaktaydı. Yani disk tıpkı bir yaylı tüfek şeklindeydi. Disk, yaydaki gerilmiş bir ok gibi dururken bir böcek orkideye nektarını içmek üzere gelir. Herhangi bir böcek nektarını içmek için yaklaştığında, bir kap şeklinde ve yatay olarak uzanan taç yapraklar üzerine konar. Gizli nektarı içmek için taç yapraklarından geçer ve bu sırada sırtını başının üstünde duran antene çarpar. Bu anten esnek gövdeye tutturulmuştur ve bir tetik işlevi görmektedir. Tetik mekanizmasının çalışmasıyla birlikte, polenler arının sırtına dökülür.

Darwin, antenin hareket ettirilmesinin polenleri serbest bırakmanın tek yolu olduğunu fark eder. Üzerinde çalıştığı *C. Saccatum* örnekleri kendisine trenle getirilmişti fakat yolculuğun sarsıntısı bile orkidelerin polenlerinin saçılmasına yol açmamıştı. Orkideleri bir dikenle defalarca dürtmesine rağmen hiçbir şey olmadığını gördü. "3 türe ait 15 çiçekle yaptığım denemelerden sonra bitkinin anteni dışında diğer parçalarına uyguladığım farklı düzeydeki tüm darbe girişimlerinin hiçbir etki yaratmadığını gördüm" demişti. Darwin, orkidenin böcek ziyaretçileriyle birlikte evrildiğini fark etmişti.

Darwin, bu orkideleri ve diğerlerini upuzun başlığı olan bir kitapta anlattı: *Böcekler Tarafından Döllenen İngiliz ve Yabancı Orkidelerin Farklı Düzenekleri ve Melezlemenin Faydalı Etkileri*. Tıpkı *Türlerin Kökeni*'nde olduğu gibi, bu kitap da bir evrimi savunuyordu ancak bu defaki savlar öncekilere göre daha üstü kapalıydı. Darwin, okuru bir orkideden diğerine yönlendiriyor ve her çiçeğin üremek için nasıl özenle uygun bir şekil aldığını gösteriyordu. Daha önce midyelerin kabuklulara evrildiğini nasıl ortaya koyduysa, şimdi de orkidelerin nasıl yüksek düzeyde evrim geçirdiklerini gösteriyordu. Evrim, sıradan çiçekleri ok-yay ve diğer araçlara sahip kılarak polenlerinin yayılmasını sağlamak için eğip bükmüş ve garip şekillere sokmuştu.

Darwin, eş evrimin orkidelerin şekillerini belirlediğinden o kadar emindi ki, kitabında oldukça kuvvetli bir tahminde bulundu. Araştırmacılar, Madagaskar'da 40 santimetrelik nektar tüpü olan *Angraecum sesquipedale* adlı orkideyi henüz bulmuşlardı. Darwin, Madagaskar'da uygun uzunlukta bir dili olan bir böceğin de olması gerektiğini tahmin etti. Tahminine göre, *"nektarın son damlasını bile içmeye çalışan harika bir hortumsu dile sahip olan dev bir güve"* olmadan orkidenin polenleri dağılamazdı.

Darwin, yıllarca hiç kimse bulamasa da bu harika dev güvenin var olduğuna dair umudunu yitirmedi. 1903'te entomologlar böyle bir böceğin var olduğu haberini verdiler ve Darwin'in öngörüsünün anısına adını *Xanthopan morgani praedicta – praedicta* koydular. Biyologlar, artık dillerini nektarlarını derinlerde saklayan çiçeklerde kullanan uzun dilli pek çok sinek ve güve türü hakkında bilgi sahibi. Bunlar yalnızca Madagaskar'da değil, Brezilya ve Güney Afrika'da da bulunabiliyor. Bir bilim insanı için böylesine garip bir öngörünün günün birinde doğrulanması ne kadar büyük bir şans.

EŞ EVRİM AĞI

Eş evrim, aslında Darwin'i heyecanlandıran bitkilerin çok daha ötesinde bir güce ve yaygınlığa sahiptir. Artık bilim insanları, çiçekli bitkilerin (290 bin tür) polenlerini yaymak için hayvanlara gereksin duyduklarını biliyorlar (yalnızca 20 bin tür polenlerini rüzgâr veya suyla yayabilmektedir). Bazıları, polenlerini dağıtması için böceklere nektar yerine kovanlarını inşa etmekte kullanacakları reçine ve yağ sunmaktadır. Domates gibi bazı bitkiler ise polenlerinin bir kısmını bu iş için onlara vermektedir. Bu bitkiler, polenlerini tipik olarak tuzluk şeklindeki koruyucularda saklar. Böcek çiçeğin üstüne konduğunda belli bir frekansta kanatlarını çırpar ve bu saklama kabındaki polenleri boşaltmış olur. Böcekler, polenlerle ziyafet çekerken aynı zamanda polenlere bulanırlar.

Her ne kadar çiçekleri polenleyen hayvanların çoğu böcekler gibi görünse de, kuş ve yarasa benzeri bin 200 omurgalı türü de aynı işi yapar. Bunlar da aynı böcekler gibi, polenlerini dağıttıkları bitkilerin evrimini şekillendirir. Kuşlar tarafından polenlenen çiçekler, onları parlak kırmızı taç yapraklarıyla cezbederler (böcekler renk körüdür). Çok hoş kokulu orkidelerin haricinde, kuşların polenlediği çiçekler kokusuzdur çünkü kuşların koku alma duyuları fazla gelişmemiştir. Bitkiler nektarlarını ince, uzun kuş gagalarına uygun, uzun ve dar tüpler içinde saklarlar. Diğer taraftan polenlerini yaymak için yarasalara gereksinim duyan bitkilerse çiçeklerini geceleri, yarasaların yiyecek bulmak için inlerini terk ettiği zamanlarda açarlar. Yarasalara bağımlı bazı bitkiler kendilerini kolaylıkla bulsunlar diye, yarasaların yaydıkları ses dalgalarını daha iyi yansıtan ve odaklayan kaplar şeklini almışlardır. Bu akustik aynalar, yarasaların dikkatini çeker ve onları yemeklerine doğru yönlendirir.

Evcilleştirilmiş bitkiler de, aynı vahşi akrabaları gibi, polenlerini yayacak hayvanlara ihtiyaç duyarlar. Onlar olmazsa bir elma bahçesi meyvesiz, bir mısır tarlası ise koçansız kalabilir. Ancak hem vahşi hem de evcil bitkilerin, eş evrim yolunda onları açlıktan ölmekten kurtaracak başka ortaklara ihtiyacı vardır. Bitkiler karbondioksit ve suyu fotosentezle organik karbona çevirir ama topraktan nitrojen, fosfor ve diğer besleyici unsurları almaları nispeten daha zordur. Neyse ki çoğu bitki türünün kökleri onların ihtiyaç duydukları besinleri almalarını sağlayan ince bir mantar tabakasıyla kaplanmıştır.

Mantarlar toprağın yapısını değiştiren enzimler üretir ve toprağın fosfor ile diğer kimyasalları almasına yardımcı olur. Mantarlar bunları bitkilere iletir ve karşılığında bitkilerin fotosentezle ürettiği

organik karbonun bir miktarını alır. Mantarların bu hizmetinin bedeli, bitkilerin ürettiği yıllık organik karbon miktarının yaklaşık yüzde 15'ine karşılık gelir. Ancak bu, karşılığını vermeye değer bir alışveriştir; mantarlar olmasa çoğu bitki bodur ve cılız kalır. Bazı mantar türleri, toprak nematodlarını ve diğer bitki düşmanlarını da öldürür ve bitkileri kuraklık ile diğer felaketlere karşı çok daha dirençli hale getirir. Ağaçlardan aldıkları karbonu depolayabilir ve onu kendi ağları içinde dolaşıma dâhil edebilirler. Eğer bu ağa bağlı bir ağaç karbon eksikliğine düşerse, mantarlar onun köklerine karbon pompalayabilir. Ormanlar, çayırlar ve soya fasulyesi tarlaları, yalnız bireylerden oluşmaz; onlar devasa bir eş evrim ağının görünür uç noktalarıdır aslında.

BİYOKİMYASAL SAVAŞ

Eş evrim karşılıklı ödüllendirmeye dayanan bir arkadaşlık geliştirir fakat çok kolaylıkla türleri birbirlerine düşman hale de getirebilir. Bir yırtıcının sürekli tehdidi hayvanları daha hızlı koşan bacaklara sahip olmaya veya daha sağlam kabuklu olmaya ya da daha iyi bir kamuflaja sahip olmaya yönlendirebilir. Buna yanıt olarak yırtıcılar da daha hızlı bacaklara, daha güçlü çenelere ve daha keskin gözlere sahip olabilirler. Yırtıcı ve avı, bir çeşit biyolojik silahlanma yarışına girmişlerdir; her biri ancak düşmanının kendisini saf dışı bırakacak evrimiyle sonlanacak yeni uyumlar geliştirir.

Bu silahlanma yarışı, vahşi bir güç veya hız yaratabilir ama bu yarış aynı zamanda oldukça karmaşık bir kimyasal savaşı da doğurabilir. Bunu en iyi görebileceğimiz yerlerden birisi, sulak ve ormanlık alanların olduğu Kuzeydoğu Pasifik'tir. Orada kalın derili, 20 santimetre uzunluğunda bir amfibiyan olan, parlak turuncu karınlı bir semender bulabilirsiniz. Bu semenderlerden biri saldırıya uğradığında, yırtıcıya uyarı olarak karnını gösterir. Eğer yırtıcı semenderi yerse büyük olasılıkla ölür çünkü semender, 17 erişkin insanı ya da 25 bin fındık faresini öldürebilecek güçte bir zehir üretir.

Semenderin ürettiği zehrin bir parçası bile peşindeki yırtıcıların neredeyse tümünü öldürebilir, bu öldürmeye bir düşkünlük olarak görülebilir. Ancak en zehirli semenderler için bile hâlâ tehdit oluşturan bir yırtıcı vardır. Utah Üniversitesinden Edmund Brodie Jr. ve oğlu Indiana Üniversitesinden biyolog Edmund III, genetik direnç sayesinde semenderlerin zehrine karşı durabilen kırmızı kenarlı küçük yılanın, hayatını kaybetmeksizin kalın derili semenderleri yiyebildiğini keşfettiler.



Baba ve oğul biyologlar Edmund Brodie Jr ve Edmund III (altta) ölümcül zehre sahip kalın derili semenderi (sağda) incelemektedirler. Bu semenderi bir katile dönüştüren eş evrimsel baskılar üzerinde çalışmaktadırlar.



Diğer yırtıcılarda (küçük yılan türleri de dâhil) zehir, sinir hücrelerinin yüzeyindeki belirli kanalları bloke eder, birbirleriyle iletişimini bozar ve ölümcül bir felce neden olur. Ama kırmızı kenarlı küçük yılan zehirle tamamen bloke olmayan sinir kanallarını geliştirmiştir. Bu yılanlar bir semenderi yedikten sonra birkaç saat hareketsiz kalırlar ama sonunda iyileşirler. Küçük yılanların tehdidi semenderlerde daha fazla zehir oluşması yönünde evrime yol açarken, aynı evrim yılanları da zehir dirençlerinin artırmaları yönünde teşvik eder.

Yılanlar ve semenderler arasındaki bu güç savaşı, türler arası bir basitlikte ilerlemez. Evrim bu şekilde işlemez. Bunun yerine, yırtıcı ve av arasındaki mücadele yüzlerce yerel topluluk içinde devam eder. San Francisco Körfezi ve Oregon'un kuzey kıyıları gibi yerlerde, eş evrim en yüksek hızıyla, yüksek düzeyde zehirli semenderler ve yüksek düzeyde dirençli yılanlar yaratarak sürmektedir. Ancak aynı bölgelerde evrim açısından sıcak yerler olduğu gibi çok soğuk yerler de vardır. Örneğin Olympic Yarımadasında bazı semender toplulukları neredeyse hiç zehir üretmemekte ve onları yiyen yılanlar da herhangi bir direnç geliştirmemektedir.

Brodie'ler her bölgenin kendine has koşullarının kendi eş evrim sürecini belirlediğini düşündüler. Kalın derili semenderlere karşı geliştirilen direnç, herhangi bir karşılık olmadan elde edilmiyordu. Bir yılan ne kadar dirençli olursa o kadar yavaş sürünebiliyordu. Burada direnç ve hız arasında Brodie'lerin henüz anlayamadığı bir alışveriş vardı ama dirençli yılanlar bu defa da kuşlar ve diğer yırtıcılar tarafından kolaylıkla saldırılabilir hale geliyorlardı. Eş evrimin soğuk olduğu yerler, muhtemelen küçük yılanların ağır saldırı altında olduğu yerlerdir. Diğer taraftan, sıcak alanlar da küçük yılanların semenderlere bağımlı olduğu yerlerdir çünkü diğer avlar nispeten daha azdır. Sıcak veya soğuk yerlerin oluşma nedeni ne olursa olsun, her birinde evrilen genler ulaşabildikleri semender ve yılanlar arasında yayılıyordu. Bazen soğuk alanlardaki güç savaşı duraklarken, başka durumlarda da eş evrim hızlanıp ölümcül noktalara ulaşabiliyordu.

KINKANATLILAR BİTKİLERE KARŞI: 300 MİLYON YILLIK SAVAŞ

Düşmanlar arasındaki eş evrim mücadelesi kuvvetli zehirler ve karmaşık antidotlardan daha fazlasını üretebilmektedir. Bu mücadele, yaşam çeşitliliğinin arkasındaki itici güçlerden birisi olabilir.

Eş evrimin bu olası derin etkisi ilk kez 1964'te Paul Ehrlich ve Peter Raven isimli iki çevrebilimci tarafından dile getirildi. Ehrlich ve Raven,

polenlenen bitkilerin böceklerle olan dostça ilişkisinin pek çok savaşa da yol açabileceğine değindiler. Böcekler yaşamlarını yaprakları çiğneyerek, gövdelerinde oyuklar açarak, meyvelerle ziyafet çekerek, başka bir deyişle bitkileri kırıp geçirerek sürdürüyorlardı. Böcekler bitkilerin yapraklarını yiyerek onları fotosentezden mahrum ediyordu. Köklerini kemirerek onların su ve besin kaynaklarını kesiyordu. Eğer işi abartırlarsa bitkileri öldürebiliyorlardı bile. Yalnızca tohumlarıyla yetinecek olsalar dahi, bu kez de onları genetik miraslarından mahrum etmiş oluyorlardı.

Bitkiler, kendilerini bu aç böceklerden korumak için fiziksel ve kimyasal savunma sistemleri geliştirmiştir. Püsküllü bitkiler, kendilerini böceklerin ısırıklarına karşı koruyan keskin dişli yapraklar oluşturmuştur (bu dişleri kırarsanız böcekler yaprakları hızla soyabilir). Bazı bitkiler böcek ısırıklarına, dokularında zehir yaratarak yanıt verir. Bazıları da yapraklarının içindeki tüpler ve yapışkan reçine veya bitki özü dolu köklerden oluşan bir sistem aracılığıyla kendilerini korur. Bir böcek bu tüplerden birini çiğnerken kırarsa üzerine reçine veya bitki özü boşalır. Bu akım böceği içine çeker ve belki de onu bir amber damlası haline getirir veya kauçuk bir tıpanın içine hapseder. Diğer bitkiler kendilerini yardım isteyerek korur. Bir tırtılın ısırığına tepki olarak asalak eşekarılarını çeken kimyasallar salgılar. Eşekarıları larvalarını bu saldırganların üzerine bırakır ve saldırganlar larvalar tarafından yenilip yutulur.

Ehrlich ve Raven, zararlılarından kurtulabilecek şekilde evrilen herhangi bir bitki neslinin saldırganca gelişim göstereceğini ve çeşitliliğini artıracağını düşünüyorlardı. Böylece bir türün neslinin tükenme-



Kınkanatlılar (burada fosili gösterilen) şimdiye dek belirlenebilen 330 bin adet tür ile tüm böcekler içinde en çok çeşitlenenlerdir. Onların bu büyük başarısı, 100 milyon yıl önce çiçekli bitkileri koloni haline getirmiş olmalarına dayanır.

si yerine yeni türlere doğru evrilmesi daha muhtemel olabilmekteydi. Zaman içinde kökenleri, zararlılarından kurtulamayan diğer bitkilere göre çok daha fazla çeşitlenecekti.

Böcekler içinse bu yeni bitkiler, keşfetmeleri gereken okyanusun ortasında yükselen birer kıta gibidir. Ancak ona ulaşabilmeleri için, bu bitkilerin savunmalarını aşabilecekleri şekilde evrilmeleri gerekecektir. Bu savunmaları aşabilecek bir yol bulan herhangi bir böcek türü de bitkileri sömürebilecek ve diğer böcek türleriyle herhangi bir rekabete girmeden gelişip çeşitlenebilecektir. İşte bu kaçışlar, yakalamalar ve yeniden kaçışlarla süregelen eş evrim, bitkiler ve böcekler arasında farklı düzeylerde de olsa çeşitliliğe neden olur.

Ehrlich ve Raven'ın hipotezi çok dikkat çekicidir ancak bu hipotezi sınamak çok zordur. Bilim insanları geçmiş 300 milyon yılı yeniden oynatamaz ya da bitkilerle onların düşmanları olan böceklerin eş evrimini yeniden izleyemezler. Ancak 1990'ların başında Harvardlı entomolog Brian Farrell, Ehrlich ve Raven'ın hipotezinin doğru olup olmadığını anlayabilmek için yaşayan bitki ve böcek çeşitliliğinin nasıl kullanılabileceğini çözmüştür.

İlk denemesinde, yeni savunma sistemlerindeki evrimin bitkilerin çeşitliliğinde bir patlamayı tetikleyip tetiklemediğini araştırdı. Denemesinde, böcekleri beslenmek için kendine çeken reçine ve kauçuk kanallarının evrimini seçti. Farell, bu savunma sisteminin birbirinden bağımsız 16 ayrı bitki türünde oluştuğunu buldu. Önce bu türleri saymış ve bunu da kanalları olmayan türlerin sayılarıyla karşılaştırmıştır. 16 türün 13'ünde, kanalları olan türler kanalları olmayanlara göre çok daha fazla çeşitlenmişti. Örneğin gingko ağaçları ve kozalaklı ağaçlar çok yakın bir ortak atayı paylaşıyordu ama kanalları olmayan gingko ağaçları tek bir türden oluşuyordu. Buna karşın kanalları evrimleşmiş kozalaklı ağaçlar ise 559 türle çeşitlenmişlerdi (ananastan porsuk ağacına kadar). Papatyalar ve karahindiba çiçekleri, kanal taşıyan bitkilerden içinde 22 bin türü barındıran Asteral grubuna aittir. Bu grubun yakın akrabası olan Cayceraceae grubu ise kanallardan yoksundur ve yalnızca 60 türe sahiptir. Savunma amacıyla kanallar geliştirmiş bu bitkiler, Ehrlich ve Raven'ın tahminleri doğrultusunda yaşamışlardır; düşmanlarını alt edip gelişip yayılmışlardır.

Farrell, daha sonra Ehrlich ve Raven'ın hipotezinin ikinci kısmını inceledi; hipoteze göre, böcekler bitkilerin bu yeni dallarında yerleşmeyi başardıktan sonra kendi çeşitliliklerinde patlama yaşamışlardı. Farrell bu inceleme için böceklerin özel bir grubu olan kınkanatlıları ele aldı. Biyolog J.S.B. Haldane şöyle söylüyor: "Eğer biyoloji yaratıcıya

yarattığı doğa hakkında bir şey öğretmişse bu, onun böceklere karşı orantısız bir düşkünlüğe sahip olduğudur." Böcekler hayvanlar içinde en çok çeşitlenmiş grupken, kınkanatlılar ise 330 bin türle böcekler içinde bilinen en çeşitli gruptur. Farrell, onların nasıl olup da bu kadar çok çeşitlendiğini incelemeye başladı.

Önce, kınkanatlıların evrim ağacını oluşturdu. Böceklerin bitki yiyiciler olarak ortaya çıkmadıklarını fark etti. En ilkel kınkanatlılar, mantarlar ve daha küçük böceklerden oluşan bir yemek menüsüne sahipti. Buğdaybitleri gibi birkaç kınkanatlı türü günümüzde de bu ilkel yaşamı sürdürmektedir. Ama 230 milyon yıl önce yeni bir kınkanatlı türü yemek menüsünü bitkilerle değiştirdi. Bizlerin bildiği pek çok bitki türü henüz evrilmemişti. Örneğin çiçekli bitkiler yoktu. Bu ilkel bitki yiyen kınkanatlılar zaten var olan ve *gymnosperm* (Açık tohumlu bitkiler. Kozalaklı ağaçlar, gingkolar ve hintirmiği palmiyesi de dâhil) olarak bilinen bitkiler üzerinde uzmanlaşmıştı. *Gymnosperm*'le beslenme, kınkanatlıların bu yeni türünün mantar ve böcek yiyen kuzenlerine göre çok daha fazla tür içerisinde çeşitlenmesine neden olmuştur.

Yaklaşık 120 milyon yıl önce çiçekli bitkiler ortaya çıkmaya başladı ve *gymnosperm*'lerden çok daha çeşitli oldukları anlaşıldı. Onlar çeşitlenirken, 5 ayrı kınkanatlı türü *gymnosperm*'lerden bu yeni çiçekli bitkilere sıçramayı başardı. Farrell, çiçekli bitkileri seçen kınkanatlıların, bu 5 ayrı türde ayrı ayrı ele alındığında, arkalarında bıraktıkları *gymnosperm* üzerinde yaşamaya devam eden kuzenlerine göre tutarlı bir şekilde daha çok çeşitlendiklerini gördü. Bazı olgularda yeni kınkanatlıların çeşitliliği bin kattan daha fazla artmıştı. Ehrlich ve Raven'ın da tahmin ettiği gibi, yeni kınkanatlılar bu bitkilerde yaşayabilmenin yeni yollarını keşfetti. *Gymnosperm* üzerinde beslenen kınkanatlılar, çam kozalağı veya benzer tohumları taşıyan yapılar üzerinde uzmanlaşmıştır. Çiçekli bitkilere yönelen kınkanatlılar ise kabuk, yaprak ve kök gibi farklı yiyeceklerde uzmanlaşmaya başlamıştır.

Her ne kadar henüz hiç kimse diğer böcekler üzerine titiz çalışmalar yapmamış olsa da, aynı süreç onlarda da vardır. Başarıya giden sırları, çiçekli bitkilerle birlikte eş evrimleridir. Tüm faydalı çalışmalarda olduğu gibi, Farrell'ın çalışması da hâlâ çözülmeyi bekleyen yeni bir bulmacayı su yüzüne çıkarır: Neden bu kadar çok çiçekli bitki var? Yine, yanıtın en azından bir kısmı eş evrimle ilgilidir. Böcekler, çiçekli bitkileri yemenin yeni yollarını bulurken, bitkiler de onları uzakta tutmanın yollarını bulma baskısı altındaydı. Aynı zamanda, arılar gibi bazı böcekler çok daha zararsız ortaklıklar geliştirdiler. Çiçekli bitkilerin polenlerini yayarak onların yokoluşa karşı verdikleri mücadeleye yar-

dım ettiler ve çeşitlenmelerini sağladılar. Bilim insanları da, çeşitliliğin daha fazla çeşitliliğe sebep olduğunu keşfettiler.

İNSANLAR BÖCEKLERE KARŞI

Kınkanatlılar ve böcekler yedikleri bitkilerle yüz milyonlarca yıldır ortak bir evrim içindedir. Geçtiğimiz birkaç bin yılda biz insanlar bitkileri evcilleştirerek ve böceklerin onları yemesini engellemeye çalışarak onların eş evrimini değiştirdik. Bunun çoğunda, eş evrim gerçeğini görmezden gelerek böcekleri engellemeye çalıştık. Zararlılara karşı geliştirilen direnç, eş evrim sürecindeki en önemli olgulardan biri oldu.

İnsanlar bundan yaklaşık 10 bin yıl öncesinde bitkileri evcilleştirmeye başladılar. İlk çiftçiler tarlalarına mercimek ve buğday ekti ve böcekler de aynen onların vahşi atalarına yaptıkları gibi, bu bitkilerle beslenmeye başladılar. İlk başta, insanların tanrılara yalvarmaktan başka yapacak bir şeyleri yoktu. Bazen böcekleri mahkemeye bile çıkarttılar. 1478'de kınkanatlılar bir İsviçre şehri olan Bern'in etrafındaki tahılları tahrip ettiler, buna tepki olarak belediye başkanı bir avukatı görevlendirdi ve kilise mahkemesine gidip böceklerin cezalandırılmasını istedi. "Çok büyük bir yanlış yapıyorlar, onlar her şeyin yaratıcısı Tanrı'ya zarar veriyorlar" diye şikâyet ediyordu. Bir avukat kınkanatlıları savunmak üzere atanırken, davacı da gerekçelerini mahkemeye sundu. Piskopos tarafları dinledikten sonra çiftçilerin lehine karar verdi ve kınkanatlıların şeytanın vücut bulmuş halleri olduğunu açıkladı: "Onları suçluyor, lanetliyor ve onları itaatkâr kullar olmaya çağırıyoruz; eğer tarlaları, arazilerimizi, tohumlarımızı, meyvelerimizi ve diğer ürünlerimizi terk etmezlerse onları Tanrı, Oğul ve Kutsal Ruh adına lanetliyoruz."

Kınkanatlılar ayrılmadı. Daha önce olduğu gibi tahılları yemeye devam ettiler. Sonradan kınkanatlıların şeytan olmadıklarına ama tanrının çiftçilerin günahları nedeniyle onlara verdiği bir ceza olduğuna karar verildi. Eğer çiftçiler kiliseye hasatlarından az da olsa vergi verirlerse kınkanatlılar kaybolacaklardı. Veya belki de kınkanatlılar besinlerini yiyip bitirince doğal olarak ortadan kaybolacaklardı.

Mahkemeler ve tanrıya yakarışlar başarısızlığa uğradığında, çiftçiler zehirlere başvurmaya başladılar. Sümerler, 4 bin 500 yıl önce tahıllara kükürt koymayı akıl ettiler; zift ve yağ ise Antik Roma'da yaygın olan zehirlerdi. Eski çiftçiler, bazı bitkilerin taşıdığı maddelerin böcekleri tahıllardan uzak tuttuğunu fark etmişti. Yunanlar tohumlarını ekmeden önce salatalık özüyle yıkıyorlardı. 1600'lerde Avrupalılar bit-

kilerden tütün gibi kimyasallar elde etmeye başladılar; bu kimyasallar eski zehirlerden çok daha güçlüydü. 1807'den kalma bir Ermeni papatyası olan pire otu bugün hâlâ çiftçiler tarafından kullanılmaktadır.

Avrupalılar daha iyi tarım ilaçları keşfederken bir yandan da hem evlerinde hem de yeni kolonilerinde devasa çiftlikler kuruyorlardı. Böcekler için sanki birileri ziyafet sofrası kurmuş gibiydi. Böcek salgınları ülkeler arasında neredeyse yarışıyordu. Çiftçiler siyanür, arsenik, sürme taşı ve çinko gibi daha ağır tarım ilaçlarına başvurmaya başladı; bakır ve kireci karıştırıp Paris yeşili diye bilinen yeni bir karışım bile buldular. Uçakların ve sprey püskürtücülerin keşfiyle birlikte çiftçiler tarlaları tarım ilaçlarına bezemeye başladılar. 1934'te Amerikalı çiftçiler 13 bin 600 ton kükürt, 3 bin 200 ton arsenik bazlı ilaç ve bin 800 ton Paris yeşili kullanıyorlardı.

1870 civarında California San Jose'ye fidan yüklü bir gemiyle Çin'den meyve yiyen küçük bir böcek geldi. Daha sonra *San Jose pulu* olarak bilinen bu zararlı, çabucak ABD ve Kanada'ya yayıldı. Bu zararlı, gittiği yerdeki meyve bahçelerini öldürüyordu. Çiftçiler bu zararlıyı kontrol etmenin en iyi yolunun meyve ağaçlarını kükürt ve kireçten oluşan bir karışımla ilaçlamak olduğunu buldular. Bir ağacı birkaç hafta ilaçladıktan sonra böcek tamamen ortadan kayboluyordu.

Yüzyıl biterken çiftçiler kükürt-kireç karışımının artık çok da işe yaramadığını fark ettiler. Bir avuç zararlı ilaçlamaya rağmen hayatta kalıyor ve çok daha fazla sayıda üreyordu. Washington eyaletinde Clarkston Vadisindeki meyve yetiştiricileri, ilaç üreticilerinin ilaçların saflığını bozduğunu düşündü. Saf zehir elde etmek amacıyla kendi fabrikalarını kurdular. Ancak ağaçları ilaçla yıkamalarına rağmen zararlı hâlâ kontrol edilemez biçimde yayılıyordu. A. L. Melander isimli bir böcek bilimci ağaçları inceledi ve zararlının kurumuş ve katman oluşturmuş spreyin altında mutlu bir şekilde yaşadığını keşfetti.

Melander, sorunun ilacın seyreltilmesinden kaynaklanmadığını düşünmeye başladı. 1912'de Washington'un farklı yerlerinde spreyin ne kadar etkili olduğunu inceledi. Yakima ve Sunnyside'da kükürt-kireç karışımının ağaçlardaki son zararlıyı bile ortadan kaldırdığını, Clarkston'da ise zararlının yüzde 4 ila 13 oranları arasında sağ kaldığını gördü. Diğer taraftan Clarkston'daki zararlılar, akaryakıttan yapılma başka bir ilaçla aynen Washington'un başka yerlerinde olduğu gibi yok edilebiliyordu. Başka bir deyişle, Clarkston'daki zararlılarının kükürt-kireç karışımına karşı özel bir direnci vardı.

Melander bunun nedenini merak ediyordu. Bir böceğin az miktarda arsenik gibi bir zehir yediğinde, bu zehre karşı bağışıklık geliştirebile-

ceğini biliyordu. Ancak San Jose zararlıları çok hızlı ürüyorlardı, yani kükürt-kireç karışımından oluşan sprey onları üzerinde birden fazla defa uygulanıyordu, bu da onların bağışıklık kazanmasına fırsat vermiyordu.

Melander'in aklına radikal bir fikir geldi. Belki de mutasyonlar kükürt-kireç karışımına dirençli birkaç zararlının oluşmasına neden olmuştu. Bir çiftçi ağacını ilaçladığında oluşan bu dirençli zararlılar, öldürücü dozda ilaç almayıp hayatta kalan birkaç zararlı gibi sağ kaldı. Hayatta kalan bu zararlılar üredi ve dirençli genler daha sonraki nesillerde iyice yaygınlaştı. Hayatta kalanlarının oranına bağlı olarak, ağaçlar dirençli ve dirençli olmayan zararlılarla kaplandılar. Clarkston Vadisi bölgesinin çiftçileri kuzeybatıdaki yerlerden çok daha uzun süredir kükürt-kireç karışımını kullanıyorlardı ve ağaçlarını umutsuzca bu karışımla yıkıyorlardı. Böylece daha dirençli zararlıların evrimine sebep oldular.

Melander fikrini 1914'te ortaya attı ama kimse ona kulak vermedi. Herkes çok daha güçlü böcek ilaçları geliştirmekle meşguldü. 1939'da İsviçreli kimyager Paul Muller klor ve hidrokarbonlardan oluşan bir bileşimin zararlıları daha önceki ilaçlardan çok daha etkili biçimde öldürdüğünü keşfetti. DDT adı verilen bu ilaç her derde deva olarak görülüyordu. Ucuzdu ve yapılışı basitti; pek çok böcek türünü öldürebiliyor ve uzun yıllar bozulmadan saklanabiliyordu. Küçük dozlarda kullanılabiliyordu ve insanlar için herhangi bir sağlık problemine neden olduğu düşünülmüyordu. 1941 ve 1976 yılları arasında 4 buçuk milyon ton DDT üretildi (bugün hayatta olan her erkek, kadın ve çocuk başına yarım kilodan fazla düşecek kadar). DDT o kadar güçlü ve ucuzdu ki çiftçiler durgun suyu drene etmek veya dirençli tahıl türleri üretmek gibi eski model yöntemlerden vazgeçtiler.

DDT ve benzer tarım ilaçları, zararlıların kontrol altına alınamayacağı ancak yok edilebilecekleri yanılgısını oluşturdu. Çiftçiler, salgınları kontrol etmek yerine bu ilaçları tahıllarına rutin bir işlem olarak sıkmaya başladılar. Bu sırada halk sağlığı çalışanlarıysa DDT'nin sıtmanın yayılmasını sağlayan sivrisinekleri de kontrol ettiğini gördüler. 1955'de yazdığı *İnsanlığın Sıtmaya Üstünlüğü* kitabında Rockefeller Üniversitesinden Paul Russell şöyle diyordu: "İlk kez gelişmişlik düzeyi ya da iklimi ne olursa olsun, tüm uluslar için sıtmayı sınırlarından uzaklaştırmak ekonomik olarak uygulanabilir hale gelmiştir."

DDT gerçekten büyük bir kitlenin ve tahılların hayatını kurtarmıştı ancak ilk günlerinde bile bazı bilim insanları felakete dair belirtiler görmüşlerdi. 1946'da İsveçli bilim insanları, ev sineklerinin DDT ta-

rafından öldürülemediğini keşfettiler. Evsinekleri başka ülkelerde de ilerleyen yıllarda dirençli hale geldi ve sonunda diğer türler de bu ilaca karşı koyacaklardı. Melander'in uyarısı gerçeğe dönüşüyordu.1992'ye gelindiğinde 500'den fazla tür DDT'ye direnç kazanmıştı ve bu sayı giderek artıyordu. DDT'nin düşüşe geçmesiyle birlikte çiftçiler ilk başta daha fazla DDT kullanmaya başladılar, ta ki daha fazlası işe yaramayıncaya kadar ve sonrasında *malation* gibi yeni tarım ilaçlarına geçtiler. Bunlar da başarısız olmaya başlayınca, yenilerini arar oldular.

Zararlı böceklerin DDT ve benzer zehirlerle ortadan kaldırılması yönündeki talep inanılmaz bir başarısızlıkla sonuçlandı. Her yıl yalnızca ABD'de 2 milyon tondan fazla tarım ilacı kullanılmaktadır. Bugün kullanılan yeni tarım ilaçları 100 kat daha toksik olmasına rağmen, Amerikalılar bugün 1945'te kullandıklarından 20 kat daha fazla tarım ilacı kullanmaktadır. Buna rağmen böcekler nedeniyle kaybedilen tahıl miktarı yüzde 7'den yüzde 13'e çıkmıştır, bunun büyük oranda nedeni de dirençli böceklerin evrilmiş olmasıdır.

DDT'nin başarısızlığı Darwin'in ispinozları veya Trinidad'daki lepistesler gibi evrim açısından planlanmamış ve son derece zorlayıcı bir deneyimdi. Ehrlich ve Raven'ın 1964'te belirttiği gibi, bitkiler yüz milyonlarca yıldır böcekler için doğal ilaçlar salgılıyorlardı ve böcekler bunlarla birlikte eş evrimle onlara direnç geliştiriyordu. Son birkaç bin yılda böcekler yedikleri bitkilerin üzerinde insan eliyle yapılmış ilaçlarla karşılaştı ve her zaman yaptıkları şeyi yapmaya devam ettiler; bu yeni koşullar çerçevesinde evrildiler. Eş evrim insanlık çağına da adım atmıştı.

Bir tarım ilacı ilk kez tarlaya sıkıldığında hemen hemen tüm böcekleri öldürür. Birkaç böcek canlı kalır çünkü ölümcül dozda ilaç almamışlardır. Hayatta kalan diğerlerinin de onları ilaçlardan koruyan az da olsa mutasyona uğramış genleri vardır. Bu tür mutasyonlar türlerin yaşamları içinde zaman zaman ortaya çıksalar da, normalde böcekler için avantaj oluşturmazlar. Mutasyona uğramış bireyler yarış dışı kaldıkça mutasyonları da ortadan kaybolur. Yeni mutasyonlar ve bunların gen havuzundan tamamen uzaklaşmaları arasındaki denge, bir tür topluluğu içinde herhangi bir zamanda mutasyona uğramış bireylerin sürekli olarak var olmalarını sağlar. Tarım ilaçları ortaya çıktığında da bu mutasyona uğramış bireyler, diğerlerine göre hayatta kalmak adına daha şanslı hale gelirler.

Mutasyona uğramış böceklerin tarım ilaçlarına karşı direnç geliştirmek için pek çok olanağı vardır. Bedenlerini kaplayan kalın kütikülle doğmuş olabilir ve kendilerini kimyasallara karşı koruyabilirler. Tarım

ilaçlarını parçalayan mutant bir protein üretebilirler. Tarım ilacıyla temas ettiklerinde rahatsız olup ölümcül dozla temas etmeden uçup ortamdan ayrılabilirler.

İlaçlama sonrasında hayatta kalan böcekler artık rakiplerinden ayrılmış olur. Eğer tarım ilacı başarılı olmuşsa kendi parazitlerinden ve yırtıcılarından bile kurtulmuş olabilirler. Kendi besinlerini yiyebilecek az sayıda rakip olması ve sayılarını azaltabilecek düşmanların yok olması sayesinde bir patlama yaşarlar. Kendi aralarında veya hayatta kalabilmiş ama direnç geliştirememiş birkaç türdeşleriyle çiftleşirler ve mutant genleri hızla yayılır. Eğer çiftçiler ilaçlamaya ara vermeden devam ederse direnç geliştirememiş formlar tamamen ortadan kaybolabilir.

Tarım ilaçları aslında eş evrimin biçimsiz bir ikamesi rolüne bürünmüşlerdir. Bitki ve böcekler birbirlerine karşı evrilerek nesiller içinde yeni saldırılar geliştirebilmektedir. Ancak kimyagerlerin yeni ilaçlar geliştirebilmeleri için yıllara ihtiyacı vardır. Onlar araştırmaya devam ederken böceklerin geliştirdikleri direncin evrimi, yüksek bir bedel ödenmesini gerektirir. Dirençli böceklere karşı çiftçilerin yeni ilaçlara çok daha fazla para yatırması gerekir. Bitkilerin geliştirdiği doğal savunma sistemlerinin tersine tarım ilaçları solucanları ve toprağın altında yaşayan, toprağı yenilemek, organik maddeleri oluşturmak için gerekli olan canlıları da yok edebilmektedir. Bazı ilaçlar arıları ve diğer polen yayıcı böcekleri de öldürür. Çevrede yıllarca varlıklarını sürdürürler ve binlerce kilometre seyahat ederler. Tarım ilaçları insanları da öldürebilir; ilaçlama yapan kişilerin ellerine bulaşır ve bazı tarım ilaçlarının temasıyla bazı kanser türlerinin gelişebileceğine dair rahatsız edici kanıtlar vardır.



Böcekler ve bitkiler yüz milyonlarca yıl boyunca beraber eş evrim geçirerek, birbirlerinin kimyasal savunmalarına karşı dirençler geliştirmişlerdir. Geçtiğimiz yüzyılda çiftçiler tarafından kullanılan tarım ilaçlarına karşı da hızla direnç geliştirdiler.

Tarımsal endüstri yakın bir zamanda genetiği değiştirilmiş tahılları, tarım ilacı krizini ortadan kaldıracak çözüm olarak piyasaya sürdü. Günümüzde 8 milyon hektarlık tarım arazisine bakterilerden alınmış genler sayesin-

de kendi ilacını kendisi yapan tahıllar ekilmektedir. Genler, toprakta yaşayan, kelebeklere ve güvelere saldıran bir bakteri olan *Bacillus thuringiensis*'den gelmektedir. Yuvalarında beslenebilmek için *B. thuringiensis* bu genleri, böceklerin bağırsak hücrelerini parçalayacak proteini üretmekte kullanır. Bakterinin kültürleri (Bt olarak bilinir) 1960'lardan beri saklanmaktadır ve protein, organik çiftliklerden ormanlara kadar her yere sıkılmaktadır. Memelilere zarar vermeyen bu protein, güneş ışığında hızla parçalanır. Günümüzde biyokimyagerler Bt genlerini pamuk, mısır ve patates gibi bitkilere yerleştirebilmektedir ve bu bitkiler kendi bedenlerinde Bt proteini oluşturmaktadır. Bu transgenik bitkilere saldıran böcekler Bt'yi yer ve ölürler.

Environmental Protection Agency [Çevre Koruma Örgütü, EPA] Bt oluşturan tahılların eş evrimin başka bir kurbanı olmayacağını umuyor. Bir pamuk çiftçisi tüm çiftliğine Bt oluşturan tohumları ektiğinde orada yaşayan böcekler aynı zehri üreten geniş bir bitki yığınıyla karşılaşacak ve direnç geliştirecektir. EPA, çiftçilerin tarlalarının yüzde 20'sine veya daha fazlasına normal tohum ekmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu kısımlar dirençli olmayan böceklerin yaşayabilecekleri sığınaklar olacaktır. Buradaki böcekler dirençli olanlarla çiftleşecektir, bunun sonunda da dirençli genlerin tüm topluluğu ele geçirmesi önlenecektir.

Bu yaklaşım ürünlerinin bir kısmını sığınaklarda böceklere feda edecek çiftçilerin işbirliğine dayanmaktadır. Ancak çiftçilerin tarım ilaçlarıyla ilgili kötü deneyimleri yalnızca Bt'li tahılları ekmelerine engel olacaktır. Eğer bu tohumlar uzun vadede başarılı olursa bu, eş evrimi uygun şekilde anlamanın başarısı olacaktır. Ancak direnç başarılı olursa çiftçiler modifiye edilmiş yeni tür toksinler salgılayan bitkileri satın almak zorunda kalacaktır. Başka bir deyişle, tarım ilacından vazgeçip transgenik bitkilere yöneleceklerdir.

Eş evrim zararlılarla mücadele etmenin farklı yollarına dair ipuçları sunabilir. Eğer çiftçiler tek bir kültür ekmekten, yani monokültürden vazgeçerlerse böcekler çok daha az zararlı olabilir. Farklı tahıllardan oluşan bir karışımı ekmek, uzmanlaşmış zararlıların kırılma oluşturmak için ihtiyaç duydukları üreme motivasyonunu ortadan kaldırır. Bu noktada tüketiciler de yardımcı olabilir. Meyve almaya gittiğinizde herkesin lekeli bulduğu meyveyi siz de almazsınız. Meyve üreticileri de bunu gayet iyi bilir ve süpermarketler için lekesiz tertemiz üretim yapmaya yönelirler. Bu noktada tüm bu böcekleri öldürmek için fazla miktarda tarım ilacına ihtiyaç duyulur. Aslında az bir lekesi olan meyve güvenle yenilebilir. Tüketiciler lekesiz yerine daha az lekeli meyveler satın almak isterse, çiftçiler daha az tarım ilacı kullanma şansını bula-

bilir. Sonuçta böceklerin üzerindeki tarım ilaçlarına karşı geliştirmeleri gereken evrimsel baskıyı bir nebze de olsa azaltmış olurlar.

TARİHİN İLK ÇİFTÇİLERİ, KARINCALAR

Biz insanlar tarımı keşfettiğimiz için kendimizle gurur duyabiliriz fakat bu keşfe ilk defa imza atanlar bizler değiliz. Eş evrimin en sıra dışı bölümlerinden birisinde, bir grup karınca bundan 50 milyon yıl önce mantar çiftçileri haline gelmiştir. Onlar bugün de hâlâ büyük çiftçiler olarak yaşamaktadırlar ve bizim zararlılarla yaşadığımız mücadeleleri tecrübe etmeksizin bunu başarmışlardır. Onlardan öğrenebileceğimiz bir şeyler olabilir.

Mantar yetiştiren karıncalar tüm dünyada tropikal ormanlarda yaşarlar. Pek çok türde büyük bir karınca ordusu her gün yuvalarından dışarı çıkar ve ağaç ve çalıları arar. Bitkilerin üzerine tırmanırlar ve küçük yeşil bir geçit töreniyle eve getirecekleri yaprak parçalarını çiğnerler. Bu büyük karıncalar yaprakları, onları küçük parçalara ayıran daha küçük bir orduya iletir. Bu iş yapraklar hamur haline gelene kadar devam eder. Karıncalar yaprak hamurunu yuvalarındaki mantar bahçesinin üzerine serer. Mantarlar bu kalın yaprak dokusunu kırar ve büyür; karıncalar bundan sonra mantarların besin yönünden zengin kısımlarını hasat ederler (tüm mantar yetiştiren karıncalar mantarlarını yapraklarla döllemezler, pek çok tür de orman tabanında düşen çiçekler ve tohumlar gibi organik artıkları arar).

Yaprak kesen karıncaların bahçelerinde büyüyen mantarlar giderek yetiştiricilerine bağımlı hale gelir. Özgür büyüyen mantarlar bunları rüzgârla taşınan sporlar aracılığıyla mantar tarlaları oluşturarak çoğaltır. Karıncalar kendi yuvalarında tuzağa düşer ancak genç bir kraliçe ağzına bir miktar mantar alıp yeni bir koloni kurduğunda kurtulurlar.

Yaprak kesen karıncalar mantarlarına bakarak onlardan devasa bir yarar elde eder. Karıncalar, bitkilerin dokusunu sindiremez, yani aslında çoğu tür etraflarındaki geniş besin yığınlarından yararlanamaz. Yaprak kesen karıncalarının yerine bu işi geniş mantar bahçeleri yapar. Bu ortaklık sayesinde karıncalar tropikal ormanlardaki en güçlü oyunculardan birisi haline gelir ve her yıl tropikal ormanlarda büyüyen yaprakların beşte birlik kısmını tüketebilirler.

Böylesine dikkat çekici bir ortaklığın nasıl evrildiğini anlamak için bilim insanları karıncalar ve mantarlar arasındaki evrimsel ilişkiyi derinlemesine incelediler. Mantar yetiştirdikleri bilinen en az 200 karınca türü çok yakın akrabadır (aralarında çiftçi olmayan yoktur). Biyologlar

uzun bir süre bu destanın çiftçiliği keşfeden tek bir öncü karınca türü tarafından başlatıldığını kabul ettiler. Karıncalar bu sırrı daha sonra her kraliçeyle torunlarına aktardı. Yeni karınca türleri ortaya çıktıkça mantarlar da yeni türlere evrildi. Eğer gerçek buysa mantarların evrim ağacı, karıncaların evrim ağacını da mükemmel bir şekilde yansıtacaktır.

Ancak gerçek durumun, bu varsayımın tam tersi olduğu anlaşıldı. 1990'ların başında Texas Üniversitesinden Ulrich Mueller ve Smithsonian Enstitüsünden Ted Schultz dünya etrafındaki vahşi ormanlarda geziyor ve yaprak kesen karıncalar ile bu karıncaların yetiştirdikleri mantarları topluyorlardı. Laboratuvarlarına döndüklerinde meslektaşlarıyla birlikte karınca ve mantar genlerini parçalara ayırarak evrimsel ilişkileri üzerinde çalışmaya başladılar. Karıncalar tek bir orijinal mantar türünü evcilleştirmemişti. Mueller ve Schultz, karıncaların en az 6 kez mantarları evcilleştirdiklerini keşfetti. Bu 6 farklı tür mantar evcilleştirildikten sonra, aynen çiftçi karıncalar gibi, yeni türlere evrildi. Ama birçok durumda mantar türleri karınca kolonileri arasında değiş tokuş edildi.

Bu değiş tokuşun nasıl yapıldığı üzerine çalışan Mueller şöyle söylüyor: "Muhtemel bir senaryo, bir patojenin tüm mantar bahçesini yok



Biyologlar Ulrich Mueller ve Ted Schultz Brezilya'da yaprak kesen karıncaların yeni türlerini araştırmaktadır. Karıncaların farklı mantar cinslerini nasıl evcilleştirdiklerini ve bu mantarları diğer karınca türlerinden nasıl ödünç aldıklarını keşfettiler.



Yaprak kesen karınca, bir mantar bahçesinin gübrelenmesinde kullanılacak yaprak parçasını yuvasına taşıyor. Karıncalar ve mantarlar arasındaki bu ilişki 50 milyon yıldan beri evrilmektedir.

etmesi üzerine kurulu. Dana sonra karıncalar komşu kolonilerine gider ve kendilerininkini ikame edebilecek bir mantar çalar ya da geçici olarak bu mutlu koloniye katılırlar. Ama arada sırada komşu yuvaları işgal ettikleri ve oradaki karıncaları dışarı sürüp bahçelerine el koydukları da olur."

Mueller'in çalışmaları sayesinde, karıncalar hiç olmadığı kadar insan çiftçiler gibi görünmeye başladılar. Tıpkı karıncaların binlerce mantar türü içinden ancak birkaç yüzünü evcilleştirebildikleri gibi, Çin, Afrika ve Meksika'daki atalarımız da bir avuç hayvan ve bitkiyi (yeryüzündeki milyonlarca vahşi türden yalnızca çok küçük bir bölümünü) evcilleştirdiler. İnsan kültürleri diğerleriyle ilişki kurdukça, tahıllar da tıpkı mantar sporları gibi topluluklar arasında gidip gelmeye başladı. İnsanlar ve karıncalar arasındaki tek önemli fark; karıncaların çiftçiliği tesadüfen insanlardan 50 milyon yıl önce bulmalarıdır.

Yaprak kesen karıncalar da aynen insan çiftçiler gibi zararlılarla mücadele etmek zorundaydı. Karıncaların durumunda, mantar bahçelerinde çeşitli mantarlar bir parazit gibi yaşıyordu. Bir parazit mantar sporunun mantar bahçesine girip tüm bahçeyi birkaç gün içinde yıkması olasıydı.

Ancak Texas Üniversitesinde Mueller'le birlikte çalışan Cameron Currie, karıncaların parazit mantarları kontrol etmek için bir mantar zehri kullandıklarını keşfetti. Karıncaların bedeni ince bir *Streptomyces* bakteri tabakasıyla kaplıydı. Bu bakteri bir yandan parazit mantar-

ları öldüren bir yandan da bahçedeki mantarların büyümesini tetikleyen bir bileşik üretiyordu. Currie'nin incelediği 22 yaprak kesen karınca türünün hepsinin de kendisine ait bir *Streptomyces* biçimi vardı.

Currie'nin çalıştığı tüm mantar yetiştiren karınca türlerinin *Streptomyces* taşıdıkları gerçeğinden yola çıkarak bir yargıya varacak olursak, milyonlarca yıl önceki ilk karıncaların da onları kullandığını düşünebiliriz. Buna karşın tüm bu zaman içerisinde parazit mantarlar, mantar zehrine karşı belirgin bir direnç geliştirmemişlerdi. Peki, nasıl oluyor da biz insanlar kazara da olsa dirençli zararlıları birkaç yıl içinde üretebiliyoruz? Currie ve arkadaşları bu soruya cevap aramaya henüz başlamışlardı fakat işe yarar bir hipotezleri vardı. Biz tarım ilacı kullandığımızda tek bir molekülü izole ediyor ve onu böceklere veriyorduk. Ancak *Streptomyces*'ler ise tamamen yaşayan bir organizma gibi davranıyor ve parazit mantarların herhangi bir direncine karşı kolaylıkla yeni mantar zehirleri geliştirebiliyordu. Başka bir deyişle, bizler eş evrimin kurallarını sonlandırıp kendi aleyhimize dönmelerine neden olurken karıncalar bu kuralları kendi çıkarları doğrultusunda kullanıyordu.

EVRİMİN "DULLARI"

Eş evrim, türleri birbirleriyle evlendirebilir fakat nesillerin tükenmeleri onları "dul" da bırakabilir. Eğer bir tür yok olursa, ortağı hayatta kalkmak için kendi başına mücadele etmek zorunda kalır. Bazen bu mücadele çok ağır gelir ve türler kendi kendilerini yok edebilir.

Kosta Rika ormanlarında çalışan Pennsylvania Üniversitesinden ekolog Daniel Janzen'e göre, Yeni Dünyadaki belirli sayıda ağaç buz çağının sonundan beri evrimsel "dul" kategorisine girmektedir. Pek çok bitki türü tohumlarını meyveler oluşturarak yayar. Bu meyveler tatlı içerikleriyle hayvanları cezbeder ve tohumlar bu hayvanların sindirim sistemlerinden hayatta kalarak geçmek üzere evrim geçirirler. Bu tohumlar hayvanların dışkılarıyla, ağaçların uzağında bir yerlerde zarar görmeden yaşar.

Tohumlar, ailelerinden ayrılarak daha fazla yaşama şansı bulur. Yere düşen tohumların ağaçların altında gezinen kınkanatlılar tarafından yenilme şansı daha fazladır. Ağaçların altına düşen tohumların sürgün olma ihtimali olsa da, ailelerinin gölgeleriyle mücadele etmek zorundadır. Yayılan bu tohumların yok olmaya karşı da iyi bir direnci vardır. Eğer bir kasırga yüksek ağaçları silip süpürse bile birkaç kilometre ötedeki tohumları her ihtimale karşı oradadırlar.

Tıpkı orkidelerin kendilerini özel bazı polen yayıcılara göre uydurması gibi, pek çok bitki de meyvelerini belirli hayvan türlerini cezbedecek şekilde geliştirir. Bazı meyveler parlak yüzeyleriyle kuşların ilgisini çeker, yarasalar ve diğer gece hayvanlarına bağlı meyveler ise zayıf bir görselliğe ama güçlü ve zengin bir aromaya sahiptir. Ancak Janzen'in belirttiği gibi, bazı meyveler yaşayan herhangi bir hayvanın tohumlarını yaymasına izin vermeyecek şekilde evrilir. Janzen'in çalıştığı Kosta Rika'da tohumları yayan hayvanlar olarak bilinen yarasa, sincap, kuş ve tapirlerin hiçbiri *Cassia grandis* ağacının meyvelerini yiyemez. *Cassia* bir buçuk ayak uzunluğunda bir meyve ve vişne büyüklüğünde tohumlar üretir. Bu tohumların etli, fibröz bir dış doku ile örtülü odunsu bir kovuğu vardır. Hiçbir Kosta Rikalı hayvan bu tohumları yiyemediği için, kınkanatlılar kalın kabuklarını delip neredeyse tohumların tümünü parçalayana kadar meyveler ağaçlarda asılı kalmayı sürdürür.

Cassia ve diğer pek çok Yeni Dünya bitkisinde olgunlaşan meyveler, hayvanların yiyebilmesi için çok büyük, sert veya kabuklu yapıya sahiptir. Ancak bunlar tembel hayvanlar, develer, atlar ve 12 bin yıl önce yok olup giden pek çok büyük memeli için mükemmel yiyecekler olabilirler. Bu hayvanların bu büyük meyveleri sığdırabilecek yeterli genişlikte ağızları ve güçlü dişleri vardır. Janzen, bu kocaman meyvelerin dev memelilerle birlikte milyonlarca yıl içinde ortak olarak evrildiklerini öne sürüyordu. Diğer bitkiler meyvelerini kuşlar ve yarasalara uyumlu hale getirirken, bu bitkiler ise bu devasa canlı topluluğuna dayanıyordu.

Eski Dünyadaki büyük memelilerin bazı bitkilerle hâlâ ilişkileri vardır. Örneğin Sumatra gergedanları mangolarla ziyafet çeker ve onları gübrelerine aktarır. Sert kabuklar ve etli dokulara sahip Kosta Rika meyveleri, kuşlar gibi küçük hayvanlar için en büyük engeldir ama büyük bir kara memelisi için bu meyveleri yemek kolaydır. Tembel hayvanlar ağaçların altında otlar ve ağaçlardan düşecek olgun meyveleri arar dururlar. Önlerine biri düştüğünde tüm meyveyi büyük ağızlarına atar ve kabuklarını iri azı dişleriyle kırarlar. Yağla kaplı bu büyük tohumları çiğnerler ve tohumlar kayarak bu dev memelilerin bağırsaklarına düşer. Bir süre sonra bu dev memeli birkaç kilometreyi paytak paytak gezinirken bitkinin tohumlarını gübreler şeklinde yeniden serbest bırakır ve böylece genç sürgünler fidan olma şansı bulurlar.

Kosta Rika ormanları Pleistosen Dönemde günümüzdeki gibi değildi. Yeni Dünyadaki meyveler büyük olasılıkla büyük memelilerle birlikte eş evrime uğradı. Janzen, avokado ve papaya gibi pek çok bitkinin bu şekilde "dul" kaldığını tahmin ediyor. Dev memeliler yok olduklarında bu bitkiler de çok yıkıcı bir kaybın acısını duydular. Bazı durumlar-

da bu bitkilerin tohumları, hayatta kalan tapir veya tohum biriktiren kemirgenler gibi daha küçük hayvanlar aracılığıyla yayılabilir. Ancak bu hayvanlar aracılığıyla yayılma yolu, fareler ve böceklerle yayılma yoluna göre daha az güvenilirdir. Pek çok tür bu yüzden seyrekleşir ve ağaçlar, yerlerini yenilerinin almasına olanak bulamadan ölür gider.

İspanyollar Yeni Dünyaya atları ve inekleriyle geldiler ve Yeni Dünyanın Pleistosen ekolojisini düzeltme yolunda az da olsa bir mesafe kat ettiler. Bu büyük memeliler "dul" kalmış meyveleri yemeyi çok sevdi. *Jicaro* denilen bir Kosta Rica meyvesi öyle sert bir kabuğa sahiptir ki insanlar onları kepçe olarak kullanmıştır, Janzen atların Kosta Rika'da dişleriyle onları bir ısırıkta kırabilen yaşayan tek hayvanlar olduğunu fark etmiştir. Atlar bu eylemi büyük bir mutlulukla yapmaktaydı. Sonrasında yedikleri meyvelerin tohumları, atların bağırsaklarından geçerek yaşayan *jicaro* tohumları şeklinde gübre yoluyla doğaya karıştı. İspanyollar atlarıyla birlikte Kosta Rika'ya gelmeden önce, *jicaro*'lar kendi sert kabuklu "hapishanelerinde" tuzağa düşmüştü. Atlar ve inekler Yeni Dünyanın el değmemişliğini başka yollarla da yıkabilirdi; kırılgan toprakları ezerek ve otlakları tüketerek *jicaro* gibi bitkileri buzul çağında muzaffer günlerine geri götürebilirlerdi.

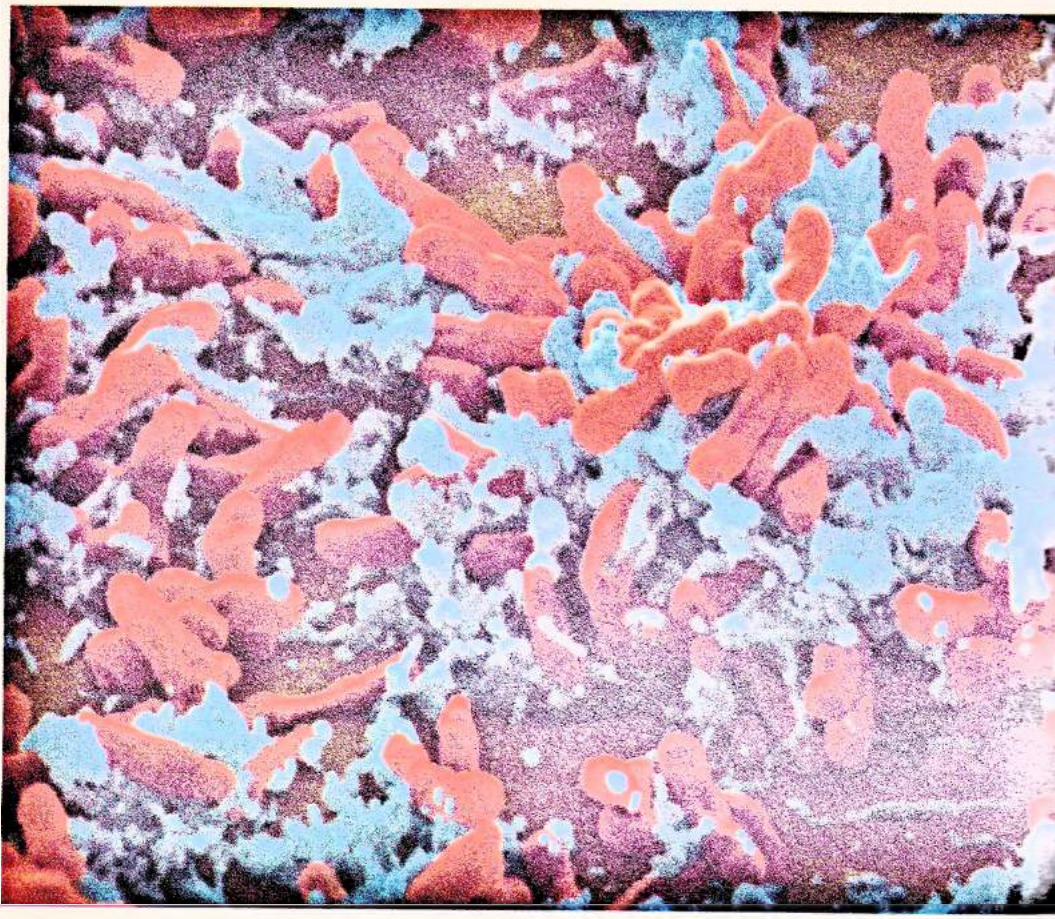
Yeni Dünyada büyük memeli nesilleri tükenince, tohumlarını yaymak için uzun süredir onlara bağımlı yaşayan ağaçlar geride kaldı. Janzen, çiftlik hayvanlarından aldıkları küçük yardım dışında bu "dul" bitkilerin geçtiğimiz 12 bin yılda yaşam alanlarının küçüldüğünü iddia etmiştir. Günümüzde, nesil tükenme hızı artmışken yeni nesil "evrim dulları" yaratıyor bile olabiliriz.

Bu "dullar" gelecekte bizim kendi tahıllarımızı da kapsayabilir. Tarım var olabilmek için polenlerini yayan böceklere gereksinim duyar ancak biz insanlar bu polen yayan varlıkları geçtiğimiz birkaç yüzyılda kuşatmış durumdayız. Avrupalılar Kuzey Amerika'ya gelmeden önce arılar, eşek arıları ve sinekler de dâhil olmak üzere on binlerce polen yayan tür vardı. Koloniciler beraberlerinde Avrupa'dan kovanlarını kurmalarını için balarıları da getirdiler. Balarıları, sınırlı miktardaki nektar ve hazırlanmış kovanları için yerli arılarla rekabet içerisine girdi. Hatırı sayılır miktarlarda bal ürettiler ve bu mücadele onlara yarışlarında avantaj kazandırdı. Vermont Üniversitesinden Bernd Heinrich, tek bir balarısı kolonisinin 100 yerel arı kolonisini ortadan kaldırabildiğini hesapladı. Pek çok yerel polen yayıcı hayvan yok oldu ve sağ kalanlar da yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kaldı.

Günümüzde balarılarının sayısı da giderek azalmaktadır. Tarım ilaçları bu sayıyı azaltmaktadır ve parazit akarların son zamanlarda

ABD'de pek çok koloniyi ortadan kaldırdığı anlaşılmıştır. 1947'de yaklaşık 5,9 milyon koloni varken, 1995'te bu sayı yarıdan da aza, 2,6 milyona kadar düşmüştür. Vahşi balarılarının nesli neredeyse tamamen tükenmiştir. Eğer balarıları ortadan kalkarsa çiftçiler tahıllarını polenlemek için diğer yerli türlere güvenmek zorunda kalacaktır ama ortada ne yazık ki artık yerli tür de yoktur.

İnsanları sanki evrimsel yarışın şampiyonları gibi kabul etmek çok kolaydır, bazı türlerden üstün olmamız nedeniyle dünyayı kendi lehimizde kazandık. Ama aslında başardığımız için mutlu olduğumuz bu mücadele, birlikte ortak evrildiğimiz bitki, hayvan, mantar, protozoalar ve bakterilerle aramızdaki dengeye dayanmaktadır. Hiçbir şey olmasa bile biz insanlar şimdiye kadar var olmuş en iyi eş evrime uğrayan türüz ve aynı zamanda yaşamın bu örgüsüne en çok bağımlı olan tür de yine biz insanlarız.



Tüberküloz hastalığı, kurbanlarının akciğerlerine hasar veren *Mycobacterium tuberculosis* bakterisiyle oluşur.

Bölüm 9

DOKTOR DARWIN

Evrimsel Tıp Çağında Hastalıklar

Alexander Bivelich, Rusya'nın merkezinde yer alan Tomsk Hapishanesine ilk kez 1993'te geldi. Hırsızlıkla suçlanarak 3 yıla mahkûm edildi. Mahkûmiyetinin bitişine 2 yıl kala balgam çıkarmaya başladı ve ateşi yükseldi. Hapishane doktoru sol akciğerinde küçük bir enfeksiyon olduğunu saptadı ve *Mycobacterium tuberculosis*'in neden olduğu tüberkülozun bu enfeksiyona yol açtığını belirtti. Bivelich bu enfeksiyonu, muhtemelen daha önce hastalanmış bir mahkûmun balgamının temas etmiş olduğu havayı soluyarak kapmış, bakteri ciğerlerine yerleşmişti. Bivelich, "Hasta olacağımı hiç düşünmezdim. Doktorlar bana ilk söylediklerinde inanmadım" diyordu. Ancak hastalık vücudunu ele geçirmişti ve artık bu duruma kendisi de ikna olmuştu.

Tüberkülozun kolaylıkla tedavi edilebilen bir hastalık olduğu düşünülür. Rutgers Üniversitesinden Selman Waksmann yaklaşık 60 yıl önce bakterilerin oluşturduğu proteinlerin Mycobacterium'u öldürdüğünü keşfetmişti. Waksmann'ın ilacı o sırada bakterileri öldürdüğü keşfedilen bir grup antibiyotiğe dâhil edildi. Bu bileşim, bakteriler için o kadar ölümcüldü ki, araştırmacılar tüberküloz gibi enfeksiyon sebepli hastalıkların yalnızca birkaç yıl içinde ortadan kaldırılacağını düşünmüşlerdi.

Ancak *Mycobacterium* Bivelich'in bedenini kolay kolay terk etmedi. Hapishane doktorları 1996'da serbest bırakılmasından birkaç ay öncesine kadar onu antibiyotiklerle tedavi ettiler. 1998'de Bivelich Tomsk Hapishanesine yine hırsızlık yaptığı için geri döndü. Dışarıdayken tüberkülozu için herhangi bir tedavi görmemişti ve hapishane doktorları Bivelich'e akciğer filmi çektirdiklerinde serbestken hastalığının yayıldığını fark ettiler. Şimdi sol akciğeri tamamen, sağ akciğeri ise kısmen

hastalıkla kaplanmıştı. Tekrar antibiyotik vermeye başladılar ancak çok geçmeden testler, verilen ilaçların bakterinin yayılmasını engellemediğini gösterdi. Bu mükemmel ilaçlar nasıl olmuştu da şimdi faydasız hale gelmişti?

Hapishane doktorları Bivelich'in ilaçlarını daha yeni, çok güçlü, Rusya'ya getirilmesi oldukça zor ve pahalı antibiyotiklerle değiştirmeye karar verdiler. Birkaç ayda hastalığı sabitlemeyi başardılar. Ama zaman içinde bu ilaçların da yarasız olduğu ortaya çıktı. Temmuz 2000'de Bivelich'in doktorları hastalıklı akciğer kısımlarını kesip almaya karar verdi. Cerrahi ve ilaçlar tüberkülozu durdurmakta başarılı olamazsa, Bivelich büyük olasılıkla ölecekti.

Bivelich'in kaderi Rusya'da alışıldık bir durumdu. İlaçlara dirençli tüberküloz türleri Rusya'nın kalabalık kesimlerinde, pis hapishanelerde ortaya çıktı ve bugün 100 binin üzerinde mahkûm en az bir antibiyotiğe dirençli tüberküloz türü taşımaktadır. Bivelich gibi bu mahkûmların çoğu kısa dönemli küçük suçlulardır. Tüberküloz nedeniyle bu kısa süreli mahkûmiyetler ne yazık ki ölümle sonuçlanmaktadır.

Bivelich, parazitlerin konaklarına korkunç bir hızla uyum sağladığı eş evrimin karanlık yüzünün bir kurbanıydı. Orkidelerin arılara veya meyve ağaçlarının tohumlarını yayan memelilere adapte olması gibi, patojenler de ezelden beri bulaştıkları hücrelerin dirençlerini yenebilmek için yeni formlara evriliyordu. Pek çok tarım ilacının böcekleri öldürme gücünü kaybetmesi gibi, ilaçlar da mutasyona uğrayan patojenler karşısında etkisiz kalıyordu. İlaca dirençli tüberküloz ve diğer hastalıklar tüm dünyada binlerce insanı öldürmek üzere evrime uğramaktadır. Gelecekte bu yetenekleriyle milyonları öldürebileceklerdir.



Tüberkülozun dirençli formları Rus mahkûmlar arasında evrilmekte ve küresel bir tehdit haline gelmektedir.

Tıp araştırmacıları evrimi anlayarak hastalıklarla savaşmanın yeni yollarını bulabilirler. Bazı durumlarda bir hastalığın evrimsel tarihini incelemek, tedavinin bulunmasına yardımcı olabilir. Bir parazit insanları ilk defa nasıl konak olarak kullanmış ve insanlar buna nasıl tepki vermiştir? Eğer bu soruya yanıt bulmayı başarabilirlerse, araştırmacılar eş evrimi dizginleyebilir ve hastalık etkenlerini kontrol altına alabilirler.

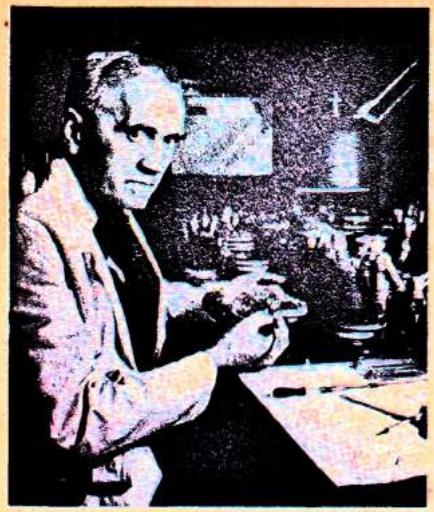
PARAZİTLERİN ZAFERİ

Parazitler, yaşam belirtilerinin olduğu her yerde var olabilirler. Deniz suyunun her bir litresinde yaklaşık 10 milyar kadar virüs vardır. Çöllerde yaşayan ve yılın 11 ayını toprağın altında geçiren kara kurbağalarının mesanelerinde yassıkurtlar bulunur. Yalnızca Grönland köpekbalığının gözlerinde yaşayan parazit kabuklular vardır ve bunlar Kuzey Kutup Okyanusunun buzlu karanlıklarında yaşamaktadırlar.

Bizler parazitleri reddetmeye çalışsak da, onlar evrimin en büyük başarı hikâyeleri arasındadırlar. Büyük olasılıkla milyarlarca yıldır bir formdan başka bir forma dönüşmüş ve bu şekilde hayatta kalmışlardır. Biyologlar, RNA hücrelerinden oluşan bazı virüslerin DNA temelli yaşamdan önce var olmuş RNA dünyasının kalıntıları olduklarından bile şüphelenmektedirler. Bugünkü çeşitliliklerinden yola çıkarak, parazitlerin bir zamanlar dünyada mutlu bir egemenlikleri olduğu sonucuna varabiliriz. Virüslere ek olarak pek çok bakteri dalı, protozoalar, mantarlar, bitkiler ve hayvanların da bu parazit yaşamı benimsediği görülmüştür. Bazı tahminlere göre her 5 türden 4'ü parazittir.

Parazitler ve konakları esasen bir ağacın yapraklarını yemeye çalışan kınkanatlılardan hiç de farklı değildir. Parazitler, konaklarının hayatta kalmasını sağlamalıdır ve konakları de kendini savunmaya devam etmelidir. Bu zorunlu süreç, zor bir eş evrim mücadelesi yaratır. Konağı hastalıksız tutmaya yarayan tüm değişimler doğal seçilim tarafından tercih edilir. Örneğin yaprak yiyen tırtıllar dışkılarını anal yoldan sanki bir topmuş gibi fırlatırlar. Bu hoş kokulu dışkılar da eşekarılarını oraya çeker. Şempanzeler, bağırsak kurtları onları rahatsız ettiğinde bu parazitlerin ölümüne neden olan bitkileri yer. Bazı konaklar karşı gelinemez bir parazitle karşılaştıklarında ise yapabileceklerinin en kötüsünü yapar. Sonora Çölünde, erkek meyve sinekleri kan emen kenelerin saldırısına uğrar ve ölmeden önce genlerini ellerinden geldiği kadar çok defa aktarabilmek için için çılgınca çiftleşmeye başlar.

Parazitler, konaklarının savunmalarını alt edebilmek için farklı yollar bulur ve evrim geçirirler. Bir parazit konağın içine girdiğinde





Sir Alexander Fleming (1881-1955) 1928'de laboratuvarındaki petri kaplarında bir küf mantarının penisilin adı verilen bir bileşik üreterek bakterileri öldürdüğünü keşfetti (altta). Fleming haklı olarak, ilaçlar uygun olarak kullanılmazlarsa bakterilerin bunlara karşı direnç geliştirebileceğini ifade etti.

savunma hücrelerinin saldırısından kaçmalıdır. Bu hücreler, onu zehriyle tahrip eder, hücre zarı kanallarını tıkayarak boğar veya tamamen yutar. Parazitik işgalciler hayatta kalmak için kamuflaja yönelir ve hileye başvurur. Kendi ürettiğimiz vücut proteinlerimizi muhteşem bir şekilde taklit eden yüzey proteinleri taşırlar. Bazıları korunaklı geçiş yollarından benzeşme yeteneğini kullanarak sıvışır ve hücrelerin içine girer. Bazı parazitler savunma sisteminde enfeksiyonları haber vermek için kullandığı iletişim sistemini etkisizleştirir. Bazıları ise savunma sistemi hücrelerine, kendi kendilerini öldürmeye zorlayan emirler veren sinyaller gönderir. Ancak parazitler savunma sistemini atlatmak için yeni yollar keşfederken, konakları de parazitleri öldürmek için farklı yöntemler geliştirir ve bu mücadele sürer gider.

HER DERDE DEVA İLAÇLARIN SONU

Parazitler ve konakları arasındaki eş evrim, tarihin bilinmezliklerinde yok olup gitmez. Bu her daim devam eden bir süreçtir ve biz insanlar parazit-konak eş evriminin en yeni deneylerinin birer öznesiyizdir. Antibiyotiklerle bakterilere karşı savunma sistemimizi yapay olarak geliştirmeye çalışırız ve açıkça bu silahlanma yarışını kaybetme tehlikesiyle karşı karşıyayız.

Selman Waksmann ve meslektaşı bilim insanları antibiyotikleri ilk bulduklarında pek çokları enfeksiyon kaynaklı hastalıklara karşı verilen savaşın neredeyse kazanılmakta olduğunu düşündü. Ancak bazı araştırmacılar en baştan beri bu mucizelerin bir gün sona ereceği konusunda endişeliydiler. 1928'de penisilini keşfeden Britanyalı mikro-

biyolog Sör Alexander Fleming, bunlardan birisiydi. Bakterilere düşük dozda penisilin verdiği ve bu dozu zaman içinde artırdığı bir deney yapmıştı. Her başarılı nesilde daha fazla miktarda bakteri ilacın etkilerine karşı hayatta kalmayı başardı ve bir süre sonra petri kapları bakterilerle dolup taşmaya başladı, yani penisilin dozları bile bakterilere zarar veremiyordu.

II. Dünya Savaşı sırasında Amerikan ordusu penisilin depolarını çok sıkı korudu, çok ağır hastalar için sivil doktorlara sadece birkaç doz penisilin verildi. Ama savaştan sonra ilaç şirketleri ilacı satmaya başladı, hatta enjeksiyon halindeki formunun yerine ağızdan alınan haplar üretmeye başladılar. Fleming, doktorların ilacı gelişi güzel reçete etmelerinden ve daha kötüsü, penisilini satın alan insanların onun "sahibi" olmasından endişe ediyordu:

> En kötü olasılık da çok küçük dozların insanların kendi kendilerini tedavi etmek için kullanılmasıdır. Bu şekilde, enfeksiyonu ortadan kaldırmak yerine mikroplar penisiline direnç geliştirmeyi öğrenir. Penisiline dirençli organizmaları taşıyan bireyler enfeksiyonu başka bireylere aktarırlar ve sonunda bu durum öyle bir hal alır ki, bir bireyde penisilinin başarılı olamadığı bir septisemi veya pnömoni gelişir. Böyle bir duruma bakıldığında, bazı insanların penisiline dirençli organizmalara yenik düşerek ölen hastaların ölümünden sorumlu olduğu sonucu çıkarılabilir. Umarım bu kötü durumun önüne geçilebilir.

Bu organizmalar mikrobiyologların daha sonraları keşfettikleri eş evrime böceklerden çok daha iyi uyum sağlamıştı ve genetik yapılarını şaşırtıcı bir hızda değiştirebiliyorlardı. Bir saat içinde birçok kez bölünebiliyorlardı, çok kolay mutasyona uğruyorlar ve antibiyotiklere dirençli formüllere rastlayabiliyorlardı. Bu mutasyonlar ilaçları yıkan proteinler yaratabiliyordu; bazı dirençli bakteriler zarlarında antibiyotikleri hücre içine girdikleri gibi hızla dışarı püskürtebilen pompalarla donanmıştı. Normalde doğal seçilim tarafından kabul edilmeyecek bu tür mutantlar antibiyotiklerle karşılaştıklarında soylarının devamı açısından direnç geliştiriyordu.

Böceklerden farklı olarak, bakteriler direnç genlerini yalnızca ebeveynlerinden değil kendilerini çevreleyen diğer bakterilerden de sağlayabilir. Bağımsız DNA parçaları bakteriler arasında değiş tokuş edilebilir; ölü bakterilerin genlerini alıp kendi DNA'larına entegre edebilirler. Bu anlamda, antibiyotik dirençli bakteriler direnç genlerini yalnızca kendi çocuklarına değil farklı bakteri türlerine de aktarabilirler.

21. yüzyılda bir Rus hapishanesi, mikrobiyal evrim açısından mükemmel bir laboratuvar görevini görmüştür. Sovyetler Birliğinin dağılışından beri suç oranı aşırı ölçüde artmış ve Rus mahkemeleri çok daha fazla insanı hapishanelere göndermeye başlamıştır. Tahminen 1 milyon insan yargılanmış ve ceza almıştır. Ancak hapishaneler tüm bu mahkûmları sığdırabilecek yapıda değildi. Mahkûmlar her gün birkaç kuruşluk besin alabilmekte ve besin yetmezliğinden enfeksiyonlara açık hale gelmekteydi. Bunların düzinelercesi de hücrelerde tutulmaktaydı. Bunlardan tüberkülozlu olanlar kolaylıkla mahkûm arkadaşlarına öksürük ve balgam yoluyla enfeksiyon bulaştırabiliyordu. Böylelikle mikroplar kolaylıkla konaktan konağa geçiyor, ilerledikçe de çoğalıp mutasyona uğruyordu.

Mycobacterium inatçı bir mikroptur ve sadece aylarca süren bir antibiyotik tedavisiyle öldürülebilir. Eğer hasta kendisine verilen tedaviyi eksiksiz almazsa bakteriler dirençli türler oluşturmak ve çoğalmak için yeterli zamanı bulur ve hayatta kalabilir. Rus mahkûmlar çok ender olarak tedavilerini gerektiği şekilde görebildi. Açlık çeken ve tedavi edilmeyen bedenlerinde dirençli bakteriler kolaylıkla yayılma imkânı buldu.

Ne zaman bir mahkûm dirençli tüberküloza yakalansa, doktorlar binlerce dolara mal olan daha pahalı ilaçlara yönelmek zorunda kaldı. Tıbba ayrılan çok küçük bütçeler nedeniyle, Rus mahkûmların başka seçeneği olmadığından, yeni formlar bedenlerine bulaşma ve orada hayatta kalma imkânı buldu. Hapishane doktorlarının ise ellerinde hastalarını tedavi edebilecekleri mucize yöntemler yoktu. Hastalarının çoğunun serbest kaldıklarında enfeksiyon kapacaklarını gayet iyi biliyorlardı. Mahkûmlar evlerine döndüklerinde dirençli tüberküloz mikroorganizmalarını daha çok insana bulaştıracaklardı. Hasta mahkûmların tekrar toplum içine gönderilmesi nedeniyle 1990 ila 1996 yılları arasında tüberküloz oranlarının 5'e katlandığı gerçeği yönetim tarafından açıklanmıştır. Bu durum, Rus erkekleri arasında artan ölüm oranının baş sorumlusudur.

New York Public Health Research Institute [New York Kamu Sağlığı Araştırma Enstitüsü] görevlisi epidemiyolog Barry Kreisworth şöyle demiştir: "Rus hapishanelerindeki tüm bu türler, zaman içinde burnumuzun dibine kadar geldi." Gerçekten de Kreisworth Tomsk Hapishanesinden gelen göçmenlerde bu dirençli türlerin var olduğunu saptamıştı.

New York Kamu Sağlığı Araştırma Enstitüsü ve benzer işlevi olan kuruluşlar şimdi Rusya'da ve başka yerlerde söz konusu olan, çok güçlü antibiyotiklerle ciddi bir tedaviye gereksinim duyan dirençli tüberkü-

lozun yayılmasını önleyebilmek için çalışıyorlar. Dirençli türleri yeni formlara evrilmeden önce yok etmeyi umuyorlar. Bu durumda çok büyük riskler alınmıştır. Eğer bakteri evrimine devam ederse bilinen tüm antibiyotiklere karşı dirençli, durdurulamayan bir tüberküloz formu ortaya çıkabilir.

Antibiyotik krizi yalnızca Rusya'da değil tüm dünyada yaşanmaktadır. *E. coli*, *Streptococcus* ve diğer bakterilerin neredeyse tüm antibiyotiklere karşı dirençli türleri ortaya çıkmaktadır. Bir zamanlar zararsız olan *Gonorrhea* evrim sonucunda Güneydoğu Asya'da hayatı tehdit eden bir hastalık haline gelmiştir. Araştırmalar, *gonorrhea* olgularının yüzde 98'inin şu an penisiline karşı direnç kazandığını göstermektedir. Londra'da doktorlar dikkat çekici bir *Enterococcus* bakterisine ait türü izole etmeyi başardılar. Bu tür yaşamak için onlara karşı etkili olan tek antibiyotiğe; *vancomycine*'e gereksinim duyuyordu.

20 yıllık bir duraklamadan sonra ilaç şirketleri şimdilerde sadece yeni antibiyotikler üzerinde çalışıyor. Bu yeni nesil antibiyotiklerin ortaya çıkışı yıllar alacaktır; piyasaya sürüldükten sonra bu antibiyotiklerin bakterilere karşı ne kadar süre etkili olacağını kimse bilmiyor. Bu süre içerisinde tıp tarihi içinde korkutucu bir geri dönüşle yüzleşebiliriz. Durdurulamayan süper mikroplar nedeniyle oluşacak enfeksiyon riski, ameliyatları en az Amerikan İç Savaşındaki kadar tehlikeli bir hale getirebilir.

Antibiyotik direnci konusunda uzman olanlar küresel bir eylem çağrısı yapıyor. Dirençli bakteri tehdidini ortadan kaldırmanın muhtemel bir yolu, evrilmelerini teşvik etmekten vazgeçmek olabilir. Antibiyotikler 1940'larda dünyaya "her derde deva" olarak sunuldu ve biz bugün hâlâ antibiyotiklerin her şeyi tedavi ettiklerine inanıyoruz. Sonuçta gereksinim duyulandan daha fazla antibiyotik reçete ediliyor (örneğin pek çok insan antibiyotiklerin virüsleri öldürdüğünü düşünüyor, hâlbuki antibiyotikler yalnızca bakterilere karşı savaşabilir). Yalnızca ABD'de her yıl yaklaşık 22 milyon kilogramlık antibiyotik reçete ediliyor ve bu miktarında üçte biri ila yarısı doğru olmayan veya gereksiz şekilde kullanılıyor.

Doktorların reçetelerini yazarken işlerini daha doğru ve özenle yapması, hastaların da tedavilerini enfeksiyona neden olan bakterilerin direnç geliştirmelerini önleyecek şekilde tam olarak sürdürmeleri gerekiyor. Tüketiciler antibiyotikli sabun ve köpüklerinin cazibesine kapılmamalıdır çünkü bu ürünler bakteri direncin artışı yönündeki evrimi tetiklemektedir. Bunun yanı sıra gelişmekte olan ülkelerde de ucuz yoldan üretilen antibiyotiklerin satışı engellenmelidir.

Bir grup bilim insanı da Amerikalı çiftçilerin hayvanlarına her yıl yedirdikleri yaklaşık 9 milyon kilogram antibiyotik hakkında endişe duymaktadır. Antibiyotikler; inekler, tavuklar ve diğer hayvanlara belirli bir hastalığı tedavi etmek için değil, onları hastalıklardan korumak amacıyla veriliyor. Çiftçiler ayrıca –nedenleri hâlâ bilinmese de– antibiyotiklerin hayvanların hızlı büyümelerini sağladığını da fark etmişler. Çiftçiler aslında hayvanlara antibiyotik pompalayarak insanlara saldırabilecek *Salmonella* ve diğer bakterilerin dirençli türlerini beslemektedir. 1994'te Food and Drug Administration (FDA) [Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi] bağırsaklarda bulunan bir bakteri olan *Campylobacter jejuni* enfeksiyonlarının engellenmesi amacıyla tavuklarda *quinolones* isimli antibiyotiğin kullanımını onayladı. O günden beri *quinolones* antibiyotiklerine karşı dirençli *Campylobacter* kültürlerinin insanlarda görülme sıklığı yüzde 17 arttı.

Bakteriler bu yeni ve tuhaf çağın tadını çıkarıyor. Uzun tarihlerinde hiçbir zaman onlara karşı bu tür moleküllerin karışımı ve bu karışımların sıra dışı miktarları kullanılmadı. Antibiyotik direncini oluşturan genler bir zamanlar gereksiz olarak kabul ediliyordu ama artık başarının sırrı onlarda. Hayatta kalabilmek için bu son derece özel çağı artık sonlandırmamız gerekiyor.

AIDS: GÜNDEN GÜNE EVRİM

Bakteriler, evrimin kendilerini dünya çapında bir tehdide dönüştürdüğü tek parazit türü değildir. Geçtiğimiz birkaç yıl içinde AIDS'e (Acquired immunodeficiency syndrome) [Edinilmiş immün yetmezlik sendromu] yol açan HIV virüsü [İnsan bağışıklık yetmezliği virüsü] bir bilinmezlikten çıkıp küresel bir salgın haline geldi.

HIV gibi virüsler de en az parazitler kadar olağandışıdır. Aslında insanlar ya da bakteriler gibi canlı değillerdir. Besinlerden enerji elde edecek veya atık üretecek bir metabolizmaları yoktur. Sadece bir protein kabuğu içindeki DNA veya RNA topluluğudur. Bir hücreyi ele geçirdiklerinde, bu genetik materyal konak hücredeki protein yapan organelleri yönetmeye başlar. Böylece konak hücreler virüsün yeni kopyalarını üretir. Oluşan bu kopyalar hücreyi parçalayarak dışarı çıkar ve kendilerine yeni evler ararlar.

Virüsler iş eş evrime geldiğinde en az bakteriler kadar acımasızdırlar. Bakteriler gibi genlerini değiş tokuş edebilecekleri hücresel bir donanımları yoktur ama bu eksikliği ortadan kaldıracak kadar kısa sürede evrilebilirler. HIV genomu yalnızca 9 bin çift bazdan oluşur, insan

DNA'sında ise yaklaşık 3 milyar çift baz vardır. Ne ilginçtir ki, tek bir virüs yeni bir insan konağına enfeksiyon bulaştırdığında ve savunma hücresini ele geçirdiğinde bile hızla çoğalmaya başlayabilir. 24 saat içinde milyarlarca virüsten oluşan güçlü bir yığın haline gelirler.

Virüsün çoğalmaya başlamasıyla birlikte savunma sistemimiz enfeksiyon kapan beyaz kan hücrelerini tespit etmeye başlar ve onları virüslerle birlikte yok eder. Ancak savunma sisteminin her gün milyarlarca HIV virüsü öldürebilme yeteneğine karşın HIV, bu saldırılara karşı yıllarca hayatta kalabilmeyi başarır. Bu kadar uzun yaşayabilmesinin sırrı da evrim geçirebilme yeteneğidir. HIV'in genlerinin yeni kopyalarını yapmak için kullandığı enzimler son derece acemicedir; virüs genomunu kopyalarlarken her zaman bir iki adet hatalı kopya yapar. Kolaylıkla yok edilebilen bu mutantların arasından birkaçı savunma sisteminin zorlukla tanıyabileceği formları alır. HIV kendini çok büyük hızla kopyaladığı için bu dirençli formlar bir süre sonra insan bedenindeki baskın form haline gelir. Savunma sistemimiz için ise bu yeni saldırganlara karşı strateji değiştirmek zaman alır, bu gerçekleştiğinde ise virüs çoktan yeni formlara evrilmiş ve savunma sisteminden tekrar kaçmaya başlamıştır bile.

Virüs ve konağı, virüslerin sayıca patlama yaşadığı veya çok azaldığı bu dengede yıllarca kalabilir. Virüslerin saldırdığı kişilerin herhangi bir HIV testi yaptırmadıkları takdirde, hücreleri içerisinde devam eden bu mücadeleyi bilmelerine imkân yoktur. HIV savunma sistemini yıktığında diğer parazitlerin sisteme saldırmasına olanak verir ve AIDS tüm bulgularıyla ortaya çıkar; bu şekilde virüs kendini belli etmeye başlar.

Günümüzde var olan ilaçlar HIV'in kendini kopyalamak için kullandığı enzimlerle etkileşime girer ve bu sayede AIDS'in gelişimini yavaşlatır. Tüm bunlara rağmen bu yeni HIV karşıtı ilaçların ömrü yalnızca birkaç yıldır ve virüslerin mutasyonel güçleri hâlihazırda bile bu ilaçları yararsız hale getirmek üzeredir. Virüsler savunma sisteminin en yeni saldırı dalgalarından kaçtıkları gibi, ilaçların kendilerine zarar vermeyeceği yeni formlara da evrilebilirler. Bir veya iki mutant virüs ilaçların üstesinden gelmek için yeterlidir. Birkaç hafta içinde, hastanın HIV düzeyi tedaviye başlanmadan önceki değere ulaşır.

Tedaviyi farklı bir ilaçla değiştirmek dirençli virüslerin çoğunu öldürmeyi mümkün kılar ama hayatta kalan bir mutant bu yeni tedaviye de direnç gösterecek şekilde evrilir. Doktorlar bu nedenle hastalara bir an önce farklı ilaçlardan oluşan bileşimleri vermek isterler. Bir virüs tek bir ilaca karşı bir veya iki mutantla direnç geliştirebilir ancak birkaç ilaçtan aynı anda kaçıp direnç geliştirmek çok zordur. Ne yazık ki

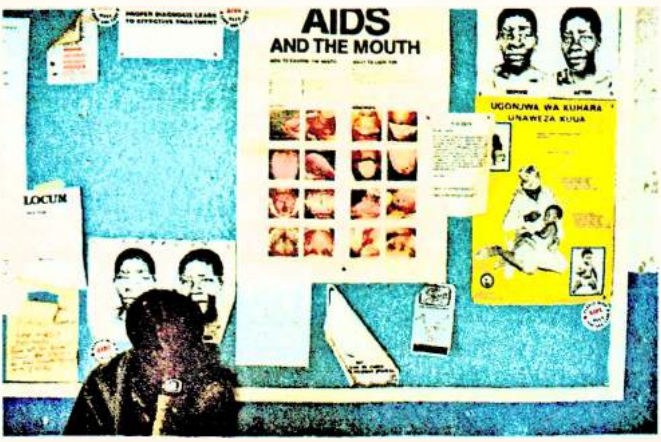
ilaçlardan oluşan bileşimlere karşın, birden fazla ilaca dirençli HIV'ler ortaya çıkabilmektedir.

AIDS'İN KÖKENİNİ ARAŞTIRIRKEN

Hiç kimse, bu ilaç bileşimlerinin AIDS'e gerçekten çare olup olamayacağını bilemez. En iyi olasılıkla virüs kontrol altında tutulur ve bu her yıl on binlerce dolarlık bir maliyete neden olur. Bu da hastaları sadece büyük AIDS kurbanları kitlesine dâhil etmekten başka bir işe yaramaz. Yeni tedavileri bulabilme umuduyla diğer araştırmacılar da virüsün tarihi üzerine çalışmaktadırlar. Virüsün tarihinde gizli kalmış bir çare aramaktadırlar.

AIDS ilk defa kendine has bir hastalık olarak tanımlandığında, nereden geldiği bilinemiyordu. 1980'lerin başında Amerikalı eşcinsel erkeklerin bağışıklık sisteminin kolaylıkla baskılandığı, tedavisi olmayan hastalıklar gelişti. Bağışıklık sistemleri tamamen çökmüştü ve kısa zamanda Fransız ve Amerikalı uzman araştırmacılar sorumlunun HIV olduğunu anladılar. Buldukları tehlikeli ama kırılgan bir virüstü. Grip virüsü havada yol alabilir ve insan eline ve ağzına yapışabilir. Ancak HIV virüsünün eski bir konaktan yeni bir konağa geçmesi için cinsel ilişki, paylaşılan enjektör iğneleri veya bulaşmış kan transfüzyonları gibi yollar gerekliydi.

1980'lerin sonunda, araştırmacılar ellerinde küresel bir salgın olduğunu fark ettiler. Örneğin 1600'lerdeki Kara Ölüm (veba) salgınında Avrupalılar hıyarcıklı vebayla birkaç günde ölüyorlardı; HIV ise aynı zararı 10 veya 15 yılda verebiliyordu. Yavaş ve maskelenmiş seyri nedeniyle HIV 1980'lerin tamamında bir kurbandan diğerine atlayarak ses-



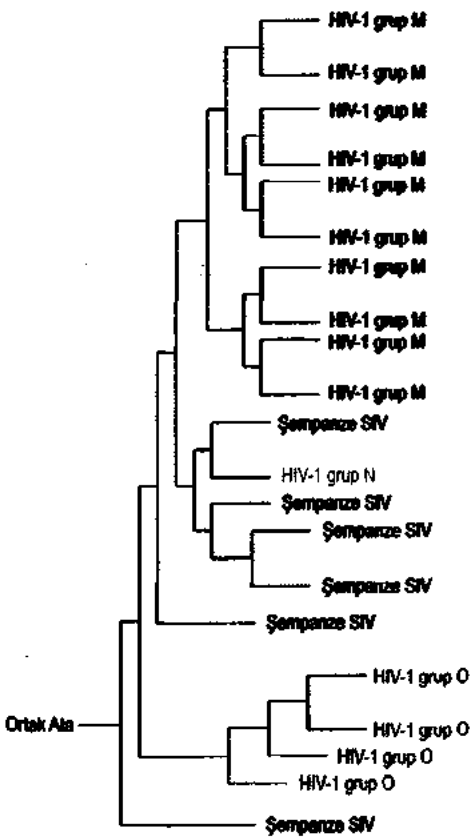
AIDS 20 yıl önce bilinmiyordu. Bugün ise 36 milyon insana bulaşmış, en büyük etkiyi Sahra Altı Afrika bölgesinde 25,3 milyon kişiyi hasta ederek göstermiştir.

sizce yayılmıştı. 2000'lere gelindiğinde 36 milyon insan bu hastalıktan mustarip hale gelmişti ve o güne kadar 21,8 milyon kişi AIDS nedeniyle ölmüştü. En ağır darbe Orta Afrika'daydı; 25,3 milyon kişi AIDS hastası olmuştu.

HIV nereden gelmişti? Virüsün 1980'lerde bir salgın haline gelmesinden öncesine ait hiç kanıt yok gibiydi (bilinen en eski HIV örneği 1959'da Zaireli bir hastadan alınmıştı). Ancak bilim insanları bugünkü HIV virüslerinin genetik kodlarından yola çıkarak zaman içinde geriye gidebildiler ve virüsün evrimsel soy ağacını oluşturdular.

HIV, yavaş çoğalan bir virüs türü olan lenti-virüsler sınıfına aittir (*lentos* Latince yavaş anlamına gelir). Vahşi ve evcilleştirilmiş kedilerin kedigiller bağışıklık yetmezlik virüsü, ineklerin büyükbaş hayvan bağışıklık yetmezlik virüsü vardır. En dikkat çekici olarak primatların da HIV'e denk gelen simian immunodeficiency virüsleri (SIV) (maymun bağışıklık yetmezlik virüsleri) vardır. İnsanlardakinin aksine bu virüslerin primatlarda hastalık oluşturmadığı düşünülmektedir. Bu virüsler bir zamanlar, HIV'in şu an insanlar için ölümcül olduğu kadar tehlikeli olmuş olabilir ancak doğal seçilim yalnızca dirençli primatların hayatta kalmasına müsaade etmiştir.

Bilim insanları HIV salgınının SIV'lerin çeşitli defalar insanlara geçmesi sonucunda oluştuğunu gösteren kanıtlar keşfettiler. HIV pek çok farklı formlarda var oldu, bunlar da



Bu evrimsel ağaç AIDS'in en önemli etkeni olan HIV-1 virüslerinin kökeni konusundaki ortak bilimsel kabulü yansıtmaktadır. Soldaki ağacın gövdesi şempanzeleri enfekte eden ve daha sonra farklı dallar oluşturan ortak ata virüsü (SIV olarak bilinir) temsil etmektedir. Zaman içinde bundan yeni türler çıkmış ve insanları da enfekte eden HIV oluşmuştur.

HIV-1 (dünyanın çoğunda görülen form) veya HIV-2 (Batı Afrika'yla sınırlı form) olarak sınıflandırıldı. 1989'da Georgetown Üniversitesinden virolog Vanessa Hirsch ve meslektaşları HIV-2 formunun daha çok Batı Afrika'daki mangabey maymunlarının taşıdığı SIV virüsüne benzediğini fark etti. Benzer şekilde, mangabey maymunlarındaki SIV virüsü, diğer maymun türlerinin taşıdığı SIV virüsüne değil HIV-2'ye benziyordu. Bu siyah mangabey maymunları Batı Afrika'da bir evcil hayvan gibi bakılıyor veya eti için avlanıyordu. Hirsch, HIV-2'nin insanlara maymunlardaki açık yaralardan veya hasta mangabey maymunlarının tırmalamaları sonucunda geçtiğini öngördü.

HIV-1 daha yaygın olsa da, virüsün tarihine ilişkin bilgiler 1999'a kadar net bir şekilde ortaya çıkmamıştı. Alabama Üniversitesinden Beatrice Hahn ve meslektaşları şempanzelerde bulunan SIV'in, HIV-1'in bilinen en yakın akrabaları olduğunu buldular. HIV-1 de dâhil olmak üzere tüm bu virüsler tek bir şempanze alt grubundan, Kamerun, Gabon ve etrafındaki Batı Afrika ülkelerinde yaşayan *Pan troglodytes troglodytes*'ten geliyordu. Bu alt gruptan yola çıkarak Hahn HIV-1 formlarının en az 3 kez evrim geçirdikleri sonucuna vardı.

Hahn ve arkadaşları artık HIV'in ortaya çıkışına dair bir fikre sahipti. Aslında bu yalnızca bir hipotezdi ancak ilk adım atıldıktan sonra çok daha fazla kanıt gün ışığına çıktı. Mangabey maymunlarının ve şempanzelerin ataları, HIV'in kökenlerini yüzbinlerce yıl boyunca taşımışlardı. Avcılar bu virüsle ve diğerleriyle, maymunları ve şempanzeleri yakalayıp parçaladıklarında karşılaşmış olabilirdiler. Ancak HIV'in ataları insan bedeninde uyum sağlayamamıştı ve bu yeni konakta hayatta kalabilmeleri için çok az şansları vardı. Tek bir avcının bedeninde yerleşebilmiş olsalar bile çok uzaklara yayılamazlardı. Bu virüsler avcılarla çok ender karşılaşıyorlardı ve avcılar da toplumdan uzak köylerde dış dünyayla fazla bir bağlantı içinde olmadan yaşıyorlardı. Virüs bir insana yerleşse bile diğer konaklarla buluşamadan ölüyor olmalıydı.

Batı Afrika'da 20. yüzyılın ortalarında yaşanan köklü değişimler, AIDS'in bizim türümüze bulaşmasına neden oldu. Demiryolları geliştirildi ve şehirler ortaya çıktı; oduncular ormanların derinliklerine doğru ilerledi ve insanlar büyük çiftliklerde hizmetçi olarak çalışmaya zorlandı. Kırmızı et pazarı yükselişe geçti ve buna paralel olarak da avcı ile primat kanı arasındaki bağ da giderek güçlendi. Çok fazla sayıda insanın kırsal alanlarda, otobüs ve trenler aracılığıyla hareket halinde olması sebebiyle virüs artık yeni konaklarla çok daha kolay erişebilecek hale gelmişti.

AIDS'in ekvatoral Batı Afrika bölgesindeki çeşitliliği dünyanın geri kalan kısmına göre çok geniş çaplıdır. Hahn bunun nedeninin virüsün bu bölgede primatlar ve insanlar arsında çok fazla sayıda sıçrama yapması olduğunu savunmuştur. HIV-2, mangabey maymunlarından insanlara en az 6 kez ve HIV-1 *Pan t. troglodytes*'den de en az 3 kez geçmiştir. Bu sıçramaların çoğu çıkmaz yollara dönüşmüştür. Bu 6 HIV-2 formundan yalnızca 2'si hayatta kalmış ve insan bedeninde yaşamaya devam etmiştir. Küresel AIDS salgınının sorumlusu ise yalnızca bir HIV-1 formudur. Batı Afrika'nın dünyanın geri kalanıyla daha yakın ilişkiler kurması sonucunda virüs, Avrupa'ya, ABD'ye ve diğer yerlere yayılma imkânı bulmuştur.

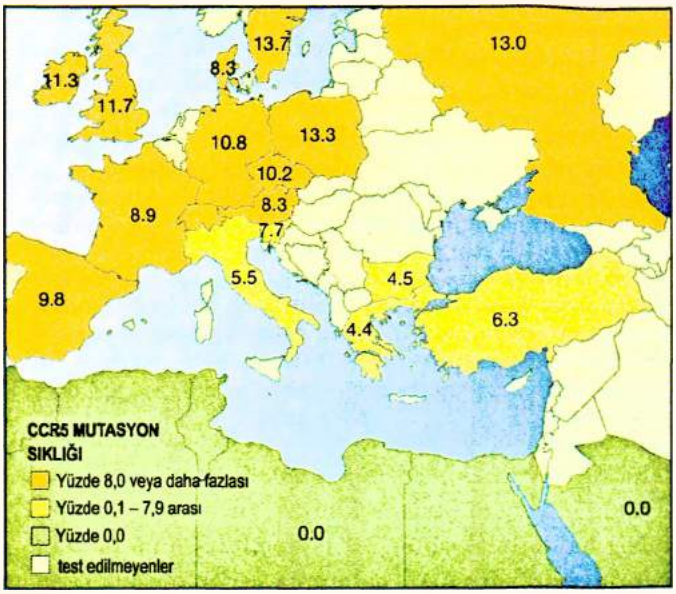
Günümüzde bu hipotez, daha fazla sınanmaya gereksinim duyuyor. Hahn'ın HIV ağacı yalnızca 6 şempanzeye ait virüsleri kapsamaktadır. Bu konuyla ilgili daha fazla veri elde edildiği zaman, araştırmacılar bu ağacın dallarını yeniden düzenleyebileceklerdir. Ancak vahşi şempanzelerde bu virüsleri bulabilmek kolay bir iş değildir ve bu iş her geçen gün daha da zorlaşmaktadır. AIDS salgınına neden olduğu düşünülen şempanze eti ticareti, *Pan t. Troglodytes* formunu hızla yok etmektedir.

Nesli tükenmekte olan bu şempanzeler, AIDS'in tarihindeki ilk adımları atmış olabilirler. HIV-1'in bilinen en yakın akrabaları bu türe bulaşmış ancak şempanzelerin savunma sistemleri virüsü kontrol altında tutmayı başarmıştır. Virüsleri HIV-1'e çok benzediği için geliştirdikleri her türlü adaptasyon insanlığın tedavisini için bir çare niteliği taşıyabilir. Eğer bu maymunlar yok olursa belki de olası bir tedavinin ipuçları da onlarla birlikte yok olacaktır.

National Cancer Institute [Amerikan Ulusal Kanser Enstitüsü] araştırmacısı virolog Stephen O'Brien şöyle söylüyor: "Hastanelerimiz AIDS gibi tedavi edilemeyen enfeksiyonlarla dolu. Bu hastalıklar hayvanları da etkiliyor ama onların gidebilecekleri bir acil servis yok. Sahip oldukları tek şey doğal seçilim. Eğer onların genomlarını incelersek bu acımasız saldırılarla nasıl baş ettiklerini keşfedebilir ve insanlar için geliştirdiğimiz tedavilerde çok daha donanımlı hale gelebiliriz."

KARA ÖLÜM SAYESİNDE Mİ HAYATTA KALDI?

O'Brien, HIV'e karşı farklı silahlar arayışındayken evrim üzerine çalışmalar yaptı. İnsanlar geçmişte var olan parazitlere tepki olarak evrim geçirmişlerdi ve büyük olasılıkla bu sırada gerçekleşen bazı adaptasyonlar günümüzde bazı insanları HIV virüsünden koruyor olabilirdi.



CCR5 hücre reseptöründeki bir mutasyon HIV'den korunmayı sağlar. Bu özellikle Kuzey Avrupa'da yaygındır ve kıta dışında ender görülür. Araştırmacılar bu farklılığın geçmişte yaşanmış olan Kara Ölüm ve hıyarcıklı veba salgınları dolayısıyla yaygınlaşmış olabileceğinden kuşkulanmaktadır.

O'Brien, 1985'ten beri eşcinseller ve damardan ilaç kullananlar bireyler gibi, HIV enfeksiyonuna karşı büyük risk altında olan gruplardan kan örnekleri topladı. DNA'larını inceledi ve HIV virüsü bulaşan insanların genleri ile bulaşmayan insanların genlerini karşılaştırıp insanlığı virüse karşı koruyabilecek herhangi bir mutasyon bulabilmeyi umdu.

1990'ların ortalarında 10 binden fazla örnek topladıktan sonra O'Brien ve ekibi pes etmeye başladılar: "Umudumuzu kaybetmeye başladık. Birbiri ardına yüzlerce geni inceledik ve hepsi aynı sonucu verdi, herhangi bir etki yok." Ancak 1996'dan sonra işler değişmeye başladı. O yıl bir sürü farklı ekip HIV'in akyuvara girebilmek için hücre yüzeyinde CCR5 denilen bir reseptörün açılmasını beklediğini keşfettiler. O'Brien'ın ekibi binlerce örneğe geri döndü ve CCR5 reseptörünü yapan gen üzerinde gerçekleşen mutasyonları aradı.

"Afallamıştık" diyordu O'Brien. CCR5'le ilgili bir mutasyon bulmuşlardı. Bazı insanlarda bir genin 32 bazlı bölümü yoktu. Mutasyon CCR5'in üretmesi gereken proteinin harap olmasına neden oluyordu.

Sonuç olarak mutant CCR5 geninin iki kopyasını da taşıyan kişilerin hücre yüzeylerinde CCR5 reseptörü yoktu (tek bir mutant geni taşıyanların, sahip olması gerekenden daha az reseptörü vardı). O'Brien HIV enfeksiyonu ve mutasyon arasında çarpıcı bir ilişki olduğunu keşfetti: CCR5 mutant geninin iki kopyasını da taşıyanlar neredeyse hiç enfekte

olmuyorlardı. O'Brien şöyle diyordu: "Bulabildiğimiz ilk ciddi genetik etkiydi ve bu gerçekten büyük bir etkiydi."

CCR5 reseptörleri olmadan HIV'in savunma hücrelerine giriş yolları engellenmiş oluyordu. Sonuçta iki mutant CCR5 gen kopyasını taşıyanlar defalarca kez AIDS'le karşılaşsalar da tamamen dirençli oluyorlardı. Mutant genin tek kopyasını taşıyanlar ise normalden daha az CCR5 reseptörü üretiyor ve HIV virüsüyle enfeksiyon kapabiliyorlardı. Ancak mutasyon AIDS'in tüm bulgularıyla ortaya çıkmasını geciktiriyor ve hastalığın ortaya çıkışı 2 veya 3 yıl ertelenmiş oluyordu.

O'Brien'ın ekibi CCR5 mutasyonunu kimin taşıdığını keşfedince de çok şaşırdı. Bu mutasyon Avrupa'da nispeten daha sık görülüyordu. Avrupalıların yaklaşık yüzde 20'si gen mutasyonunun bir veya iki kopyasını taşıyordu. En sık görüldüğü yer İsveç'ti, Güneybatı Avrupa'ya doğru ilerledikçe taşıyıcıların sıklığı azalıyordu. Yunanların ancak çok küçük bir kısmı bu mutasyonu taşıyordu ve Asya'nın orta kısımlarında da az sayıda taşıyıcı vardı. Dünyanın geri kalanında ise bu mutasyon giderek azalıyordu.

CCR5 mutasyonunun bu kadar yüksek sayıda taşıyıcısının olmasının tek sebebi Kuzey Avrupalıların atalarının doğal seçilimin tercih ettiği bir takım özellikleri olmasıdır. Bu konuda O'Brien şöyle demiştir: "Buna uyabilecek tek şey binlerce insanı öldüren bir enfeksiyon salgınının milyonları değil de binleri öldürmesi ve yalnızca bu mutasyonu taşıyan bireylere musallat olmasıdır ve bu olağanüstü bir seçici baskıdır."

O'Brien'a göre Avrupalılar arasında bu genin gelişmesini her ne sağladıysa, bundan 700 yıl önce olmuştur. Bu süreyi CCR5 mutasyonunu çevreleyen genlerin olduğu DNA'ları inceleyerek hesaplamıştır. Zaman içinde varyasyonlar ortaya çıkmış ve O'Brien bu çeşitlenmeden yola çıkarak genin ne kadar önce ortaya çıktığını hesaplamıştır. Bu hesap 700 yıl öncesini göstermektedir. Avrupa'yı 700 yıl önce kitlesel bir doğal seçilim baskısı altında tutan şey Kara Ölüm, yani vebaydı.



Kara Ölüm 1347-1350 arasında Avrupalıların kimi kaynaklara göre dörtte birinin, kimilerine göreyse üçte birinin yaşamına mal oldu.

Kara Ölüm, 1347 ila 1350 yılları arasında Avrupalıların dörtte birinden fazlasında ortaya çıkan, kıtayı yüzlerce yıl etkileyen en ölümcül, uzun hıyarcıklı veba salgınıdır. Veba, insanlar üzerinde tıpkı böcek ilacı gibi bir etki yapmıştır. Avrupalıları vebadan koruyacak mutasyonlar çok daha sonraki nesillerde ortaya çıkmıştır. O'Brien CCR5'in gerekli bir mutasyon olduğundan ve her veba salgınıyla birlikte bu mutasyonun sıklığının arttığından şüphelenmiştir.

Hıyarcıklı veba, *Yersinia pestis* denilen ve sıçanlarda yaşayıp bir sinek ısırığıyla insanlara taşınıp yayılabilen bir bakteri yoluyla bulaşır. HIV gibi, *Yersinia* da akyuvarlara tutunur. Hücrelere saldırmak yerine akyuvarların içine toksin salgılar, bağışıklık sistemi hareketsiz kalır ve bakterinin herhangi bir saldırıyla karşılaşmaksızın çoğalmasını sağlar. *Yersinia*'nın akyuvarlara nasıl bağlandığı tam olarak bilinmemektedir. O'Brien ve ekibi bu konu hakkında çalışmaya devam etmektedir. Eğer bu hipotez doğru ise *Yersinia*'nın CCR5'i kullanıyor olması gerekir. O'Brien'a göre CCR5'e sahip olmadan doğan Avrupalılar Kara Ölümden korunmuştur; bugün de onların torunları aynı yolla HIV'den korunmaktadır.

Eğer CCR5 mutasyonu hıyarcıklı vebaya karşı direnç sağlıyorsa, bu durum doğal seçilimin aksine gelişen evrimsel bir öğe olarak (eksaptasyon) değerlendirilebilir. Kara Ölümün dehşet verici doğal seçilimi sayesinde, bazı Avrupalılar aynı hücre reseptörünü kullanan virüse karşı korunmuş oldular. AIDS salgınının Avrupa veya ABD'de, Afrika ve Güneydoğu Asya'dan daha yıkıcı sonuçlarının olması kıtaların evrimsel tarihlerinin farklılığından kaynaklanıyor olabilir. O'Brien, CCR5 mutasyonunun yararlarının HIV'e karşı bir tedavi olarak kullanılabileceğini ummaktadır. Eğer tıp araştırmacıları normal CCR5 reseptörlerini bloke edebilecek bir ilaç bulabilirlerse toplumu herhangi bir tehlikeli yan etki oluşturmadan HIV'e karşı dirençli hale getirebilirler.

O'Brien ve Hahn gibi bilim insanlarının evrimsel araştırmaları AIDS için bir çareye öncülük etse bile gelecekte boğuşacağımız birçok yeni hastalık olabilir. AIDS salgını primatlara ait 9 farklı lenti-virüsün insanlara sıçramasıyla oluşmuştur. Ancak bilinen farklı 24 adet daha primat lenti-virüsü vardır ve bunların hepsi AIDS'le akrabadır ve aynı sıçramayı yapabilecek güçtedirler. Modern dünya tüm sinir bozucu zenginlik ve fakirliği, kıtalararası havayolu seferleri ve elden ele gezen enjektörleriyle bu virüslerin gelişimine izin vermiştir.

VEBA TERBİYECİLERİ

Ortaya çıkan pek çok hastalık nedeniyle doktorlar parazitleri kontrol etmenin yeni bir yolunu buldular ve bakterileri terbiye etmeye karar verdiler. Ne zaman hastalık yapan bir parazit konağına saldırsa bir ikilemle karşı karşıya kalır. Bir tarafta bir insanın bedeninde çılgınca çoğalıp, onun dokularıyla beslenebilir ve konağı ölünceye kadar etrafa zehirlerini saçabilir. Süreç içerisinde, kendisine ait trilyonlarca kopyayı üretme olanağı vardır ancak yeni bir konağa bulaşmadan içinde bulunduğu konağın ölmesi durumunda yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalır. Diğer tarafta ise bir parazit çok daha dikkatli bir yaklaşımı tercih edebilir; konağının hasta olduğunu anlayamayacak kadar yavaş ve dikkatli bir şekilde çoğalabilir. Bir çatal aracılığıyla veya bir el sıkışmay-



Vibrio cholerae bakterisi tarafından oluşturulan kolera (üstte) ölümcül salgınlara neden olabilir. Amherst Koleji biyologlarından Paul Ewald (solda) kötü su kaynaklarının bakterinin çok daha ölümcül formlara evrilmesine neden olabileceğini buldu.



la yayılabilme şansı çok daha fazladır çünkü bu yolla konak, kendisinin bir başka konağa geçmesine izin verecek kadar hayatta kalmaktadır. Ancak çok daha saldırgan bir grup olarak yaşamayı tercih ettiği takdirde çok hızlı üreyebilir, başarısız olup sonunda yok olabilir.

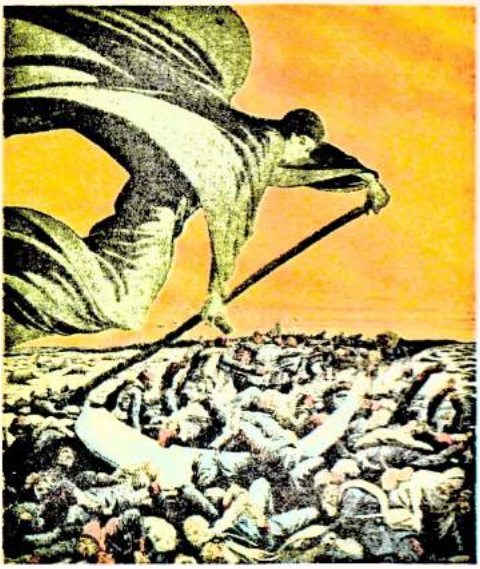
Amherst Kolejinden biyolog Paul Ewald farklı parazitlerin bu seçimlere nasıl karar verdiğini araştırıyordu. Kural olarak, bir parazitin başka bir konağa geçmesi için hareketli bir konağa gereksinim duyması durumunda, özenli saldırma yoluna gittiğini gördü. Soğuk algınlığı ve griplerin nedeni olan Rhinovirüsler hapşırıklarla veya cilt temaslarıyla bulaşabiliyorlardı, yani virüsler diğer insanlarla ilişki kuran sağlıklı bireylere gereksinim duyuyordu. Ewald bu konuda şöyle demektedir: "Bu durum hiç de şaşırtıcı değildir. Rhinovirüsler bildiğimiz en yumuşak huylu virüslerdir. Aslında hiç kimse bir rhinovirüs enfeksiyonu nedeniyle ölmez, hâlbuki insanlara ait diğer hastalık organizmalarında durum tam tersidir."

Diğer bir yandan, eğer parazit yeni bir konak bulmak için bulunduğu konağın sağlığına ihtiyaç duymuyorsa parazit bu durumda çok daha saldırgan olabilir. Örneğin sıtma, taşıyıcı olarak sivrisinekleri kullanır ve sebep olduğu şiddetli ateş kurbanlarını yatağa düşürür.

Ewald tüm patojenlerin bu kuralı izlemediğine değinmektedir. Örneğin çiçek virüsünün kendisini yeni bir konağa iletmesini sağlayacak sivrisinek gibi bir taşıyıcısı yoktur, bu yüzden kendi taşıyıcısını kendisinin bulması gerekir. Buna rağmen bilinen en ölümcül hastalıklardan birisidir. Bu kadar zararlı olmanın bedelini ödeyebilir çünkü soğuk algınlığı virüsleri ve diğer iyi huylu hastalıkların aksine bir konak olmaksızın başka bir bireye bulaşmayı bekleyerek 10 yıl kadar hayatta kalabilir. Yeni bir konağa girdiğinde ise konak ölünceye kadar çoğalır ve ikinci bir konak için beklemeye başlar.

Tüm bu parazitler çevrelerine bir tepki olarak sürekli bir evrim içindedir. Ewald, parazitlerin yayılmasının kolaylaşması veya zorlaşması halinde, bu değişimin parazitlerin uyumunu etkileyeceğini ifade eder. Bu öngörüsünü sınamak için aralarında koleranın da olduğu farklı hastalıkları incelemiştir. Kolera, konağında ishale neden olan toksinler salgılayarak yayılır, böylece konağın bedeninden ayrılabilir. Başka birisi bakteriyi bir banyoda, elle tutulan herhangi bir besinle kapabilir ve böylece bakteri bir başka konağa geçiş yapar. Diğer yandan, kolera atık suların içme sularına bulaşması sonucunda da yayılabilir. İlk yol sağlıklı bir konağın bir başka konakla temasını gerektirirken ikinci yol sadece atık su kaynaklarıdır. Ewald'ın kuramına göre, kolera su kaynaklarına bulaştığında çok daha zararlı olabilecek şekilde evrim geçirebilir.

1991'de Güney Amerika'da yaşanan kolera salgınında Ewald'ın bulduğu şey tam da buydu. Bu durumu şu şekilde açıklamıştır: "Kolera Peru'ya geldi ve büyük bir hızla birkaç yıl içinde tüm Güney ve Orta Amerika'ya yayıldı. Organizma su kaynakları temiz olan ülkeleri işgal ettiğinde zarar verme özelliği düşüyordu." Örneğin Şili'de su kaynakları çok temizdi ve organizma daha az zararlı bir forma dönüştü; Ekvator'da ise su kaynakları kirliydi ve hastalık çok daha tehlikeli bir hale geldi.



Balkan Savaşları sırasında 1912'de yaşanan kolera salgınından esinlenmiş bir resim.

Ewald, hastalıkları tamamen ortadan kaldırmak yerine onları evcilleştirme noktasında daha çok şansa sahip olduğumuzu öne sürmektedir. Doğal düşmanlarımızı ehlileştirdiğimiz ilk örnek aslında bu değildi. Ewald, "Kurtlar evrimsel tarihimizde bizim için zararlıydı ama sonrasında köpeğe evrilen kurtlarla birlikte yaşamaya başladık. Artık bize zarar vermek yerine bize yardım bile ediyorlar. Bana göre, hastalık oluşturan bu organizmalara da aynı şeyi yapabiliriz" demiştir.

Parazitleri ehlileştirmek göründüğü kadar zor bir iş değildir. Sıtmaya neden olan parazit *Plasmodium*'u ehlileştirmek için insanların yalnızca pencerelerine bir sineklik takmaları gerekir. Açık pencereler olmadan *Plasmodium*'ları taşıyan sivrisinekler bir gecede çok sayıda insanı ısıramaz ve bulaşma oranı yavaşça düşer. Eğer bir *Plasmodium* formu konağını hızla öldürebilecek şekilde adapte olmuşsa sineklikler onlara evrimsel bir dezavantaj sağlar çünkü konakları, başkalarını ısıramadan ölmeye başlar. Daha az saldırgan olanlar bu durumda saldırgan olanları yarış dışı bırakır ve daha az insan sıtma nedeniyle ölür.

İş hastalıklara geldiğinde, evrim yüzyıllarca bizim aleyhimize işlemiştir. Artık güç dengelerini değiştirme zamanı geldi.



Bölüm 10

TUTKUNUN MANTIĞI

Cinselliğin Evrimi

Hayat eşlerin dansıdır; grip virüsleri ve onların burunlarını çeken konakları, orkideler ve onların polenlerini yayan böcekler, küçük yılanlar ve zehre dirençli kalın kabuklu semenderler... Ancak yaşam içerisinde çiftlerin dansına ait hiçbir liste Erkek ve Dişi olmadan tamamlanamaz. Hayvan türlerinin hemen hepsi için eşler arasındaki dans var oluşları için zorunludur.

Seks, yaşam için gerekli olduğu kadar olağanüstü ve ilginç bir bulmacadır da. Neden erkek tavus kuşları devasa kuyruklarıyla dişilerin etraflarında dolanıyor da dişi tavus kuşları bunu yapmıyor? Avustralya'daki kırmızı sırtlı örümcekler çiftleşirken erkek olan neden kendisini dişisinin zehirli dişlerine atar ve çiftleşme sonunda onun için bir yemek haline gelir? Neden karınca yuvalarında binlerce kısır dişi işçi karınca vardır ve hepsi tek bir üretken kraliçeye hizmet eder? Neden erkeklerin çoğunlukla küçük ve hareketli spermleri varken, dişilerin dev hareketsiz yumurtaları bulunur? Ve son olarak, neden erkekler ve dişiler vardır?

Yanıtlar ancak evrim kavramının içerisinde bulunabilir. Biyologlar artık cinselliğin kendisinin evrimsel bir adaptasyon olduğunu düşünüyor. Bu adaptasyon, erkek ve dişi olmadan üreyen türler üzerinden eşeyli organizmalara rekabetçi bir taraf kazandırmıştır. Ancak cinsiyet hem erkekler hem de dişilere fayda sağlarken aynı anda da cinsler arasında bir çekim karmaşası yaratır. Erkek için en faydalı olan üreme stratejisi bir dişi için en iyisi olmayabilir. Sayılamayacak kadar çok nesil boyunca bu karmaşa hayvanları anatomilerinden davranışlarına kadar pek çok yolla şekillendirmiştir. Üstelik bu karmaşa erkek ve dişi çiftleştiği zaman da sona ermez. Rahim içerisinde ve ailelerdeki mücadele, hayvan toplulukları tamamen şekillenene kadar sürer.

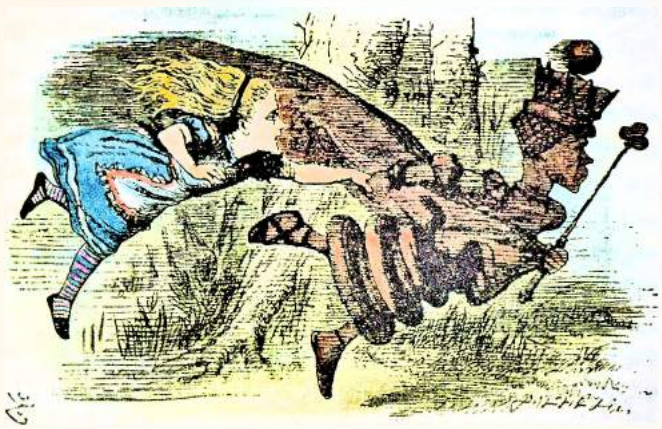
Evrimsel biyologlar, cinsiyetler arasındaki bu karmaşa anlaşıldığında, tavus kuşlarının tüyleri, kısır karıncalar ve intihar eden örümceklerin hepsinin derin birer anlam taşıdığını fark etmiştir. Hayvanların cinsellikle şekillendiğini anlamadaki başarıları da doğal olarak çetrefilli bir soruyu açığa çıkarmaktadır: İnsan psikolojisinin bazı tarafları cinselliğin evrimsel baskısı ürünü müdür?

NEDEN CİNSELLİK?

İnsanların çoğu, neden cinsel ilişkiye girdikleri sorusunu sormaz. Sevişiyoruz çünkü çocuk yapmak istiyoruz ya da iyi hissettiriyor veya her ikisi birden. Ancak pek çok organizma eşeyli üreme olmaksızın çoğalabilir. Bakteriler ve çoğu protozoa bir eşe ihtiyaç duymadan kolaylıkla ikiye bölünebilirler. Eşeysiz hayvanların sayısı oldukça az olsa da, var oldukları bir gerçektir. ABD'nin batısındaki bazı kamçı kuyruklu kertenkele türlerinin erkekleri yoktur. Bir dişi başka bir dişinin üstüne çıkar ve boynunu ısırır, onun etrafında sımsıkı dolanır ve bir erkek kertenkele çiftleşirken ne yapıyorsa onu taklit eder. Sürüngen bilimciler dolanan dişinin diğer dişinin yumurtlamasını sağladığını tahmin ediyor. Ancak yumurtalarını döllemek için spermlere gereksinim duymuyorlar. Yumurtalar basitçe bölünmeye ve embriyolara dönüşmeye başlar. Bu klonlar büyümeye başladıkça anneleri yalancı çiftleşme oyununa geri döner ve bu sefer erkek rolünü oynar. Yumurtalardan sadece annelerine tıpa tıp benzeyen dişi kertenkeleler çıkar.

Cinsellik zorunludur, ayrıca evrimsel felaketler için bir reçete görevi de görmektedir. İlk olarak, çoğalmak için yetersiz bir yoldur. Eşeysiz kamçı kuyruklu kertenkeleler topluluğunda her yeni kertenkele kendisine ait bir bebek yumurtlayabilir; eşeyli üreyen bir toplulukta ise bireylerin yalnızca yarısı üreyebilir. Eğer bir türün eşeyli olan ve olmayan üyeleri birlikte yaşıyorsa, eşeysiz olanlar kısa sürede eşeyli olanları yüksek üreme oranlarıyla alt eder. Üstelik cinselliğin başka bedelleri de vardır. Erkekler dişiler için boynuz tokuşturarak veya şarkı söyleyerek yarıştıklarında çok büyük bir enerji harcar ve bazen bunları yaparken kendilerini yırtıcıların saldırılarına karşı korumasız bırakırlar. Monterey Bay Aquarium Research Institute [Monterey Körfezi Su Araştırmaları Enstitüsü] görevlisi Robert Vrijenhoek bu konuyla ilgili şunu söylüyor: "Cinselliğin ağır bir bedeli vardır."

Her şekilde, eşeyli üremeyle evrilen herhangi bir hayvan türü eşeysiz türlerle girdiği yarışta derhal yarış dışı kalır. Buna karşın yine de baskın olan eşeyli üremedir. Tavus kuşları kuyruklarında bir dönüşüm



Kızıl Kraliçe ve Alice oldukları yerde kalabilmek için tıpkı parazitler ve onların konaklarının eş evrimi gibi, koşabilecekleri kadar hızlı koşuyorlar.

yaşamamıştır; kırmızı sırtlı erkek örümcekler de aynen babaları gibi kendilerini ölümcül çenelerin arasında atmaktadır. Ancak tüm omurgalılar içerisinde küçücük bir kısım kamçı kuyruklu kertenkeleler gibi eşeysiz üremektedir.

Bütün bu dezavantajlara rağmen cinsellik neden bir başarı oluyor? Bilim insanları son zamanlarda şaşırtıcı "cinsel ilişki parazitlerle savaşır" hipotezi için veri toplamaya başladılar. Parazitler konaklarına büyük zararlar verir ve konaklar için parazitlerden kurtulmaya yarayacak herhangi bir adaptasyon çok büyük bir başarı sağlayacaktır. 1970'lerde bir grup biyolog tıpkı bir atlıkarınca gibi daireler şeklinde süregelen, parazitler ve konakları arasındaki eş evrimi gösterebilmek için basit matematiksel modeller oluşturmaya başladılar.

İçerisinde klonlanarak çoğalan balıkların olduğu bir gölet düşünün. Doğan her balık annesinin tipik kopyasıdır ama her balık da bir diğerine birebir benzememektedir. Balıkta herhangi bir mutasyon oluşabilir ve bu mutasyon diğer nesillerine aktarılır. Kendisine özgü bu mutasyon sayesinde diğer soylardan ayrılacak yeni bir soy oluşabilir.

Şimdi de ölümcül bir parazitin gölete bulaştığını düşünelim. Bu parazit de yayılırken mutasyona uğrar ve kendisine ait yeni soylar oluşturur. Bu yeni mutasyonu taşıyan parazitler bazı balıklara saldırmak konusunda diğerlerine göre avantajlı duruma gelir. Gölette çoğunlukta olan balıklara saldırabilecek soylar daha fazla konağa saldıracaktır ve sonrasında diğer parazitler arasında en çok görülen parazit soyu haline gelecektir. Diğer parazit soyları ise daha az konak bulabilecekleri için sayıca da azacaklardır.

Ancak parazitler kendi başarılarını baltalar. Konak olarak kullandıkları balıklara (onlara Balık A diyelim) sürekli saldırırlar ve konakla-

rını kendi üreme süratlerinden daha büyük bir hızla öldürürler. Böylece Balık A topluluğu dağılır ve onlar kaybolmaya yüz tutarken parazitler de enfekte edecek yeni konaklar bulmakta zorlanmaya başlarlar. Böylece sayıları da hızla düşmeye başlar.

Balık A'lara yapılan bu saldırı daha az sayıdaki diğer balık soylarına evrimsel bir avantaj sağlar. Parazit yükünden kurtulunca sayıları hızla artar. Böylece başka bir balık soyu en sık görülen balık grubuna dönüşür, bu grubu da Balık B olarak adlandıralım. Bu yeni grup başarıyla çoğalırken onlara adapte olmuş ve sayıları azalmış parazit grubu da daha üretken hale gelir. Konaklarının nüfus patlamasıyla birlikte onlar da çoğalırlar ve bu patlamayı dengelerler. Artık yıkılma sırası Balık B'dedir; ardından onun yerine Balık C gelir ve bu süreç bu şekilde devam eder gider.

Biyologlar bu evrim modelini "Kızıl Kraliçe hipotezi" olarak adlandırır. Bu isim Lewis Carroll'un *Through the Looking Glass* isimli kitabında Alice'i gerçekte onları hiçbir yere götürmeyen uzun bir koşuya çıkaran karakterden alınmıştır. Kızıl Kraliçe şöyle der: "Şimdi, görüyorsun ki koştuğun bütün bu yola rağmen yaptığın tek şey yerinde saymak oldu." Konaklar ve parazitler büyük bir evrim deneyimi yaşadılar ama uzun vadede bunlar hiçbirine avantaj sağlamadı. Bir anlamda, evrimleri yerinde saydı.

Oxfordlu bir biyolog olan William Hamilton 1980'lerin başında bu Kızıl Kraliçe yarışında eşeyli üremenin parazitler için adapte olmayı zorlaştırdığından hayvanlara bir avantaj sağlayabileceğini öne sürmüştür. Eşeyli bir hayvan, annesinin klonlanmış bir kopyası değildir; hem annesinden hem de babasından gelen genleri taşır. Dahası, sadece ebeveynlerinin genlerinin basit bir karışımı da değildir. Hücreler yumurta veya sperm olarak ikiye ayrıldığında, kromozom çiftinin her bir parçası kendi etrafında sarmalanır ve genleri değiştirir. Çiftleşme dansı sayesinde erkek ve dişinin genleri çocuklarında milyarlarca farklı kombinasyon şeklinde değişerek bir araya gelir.

Bu durumda eşeyli balıklar belirgin farklılık gösteren biçimlere evrilmezler; genleri göletteki tüm eşeyli balık nüfusu içinde diğer balıkların genleriyle birlikte dağılır. Parazitlere karşı koruyucu gücünü kaybetmiş balıkların genleri de parazitlere karşı güçlü genlerle birlikte DNA içinde depolanır. Bu kullanılmayan genler ileride yeni parazit formlarına karşı koruyuculuk sağlayabilir ve bu sayede göletteki balık topluluğu içinde yayılabilir. Parazitler, eşeyli üreyen bu balıklara saldırmaya devam edebilir ama onları kopyalanarak çoğalan balıklarda olduğu gibi aşırı bir çoğalma ya da yok olma sürecine maruz bırakamazlar.

Parazitlerin, eşeysiz balıkları maruz bıraktıkları inişler ve çıkışlar genlerinde bozulmalara neden olabilir. Bu genlerin içinde kusurlu olanlar olduğu gibi kusur içermeyenler de olabilir. Bu süreçte, balıkların sayısı hızla azaldığında ölen balıklar bu kusursuz genleri de beraberlerinde götürecektir. Balıkların hızla ölmesiyle birlikte bu kusursuz genler tamamen ortadan kaybolabilir.

Balık topluluğu içinde bir gene ait kusursuz versiyonu bir kez ortadan kaybolursa bu genin tekrar geri dönüşü mümkün olmaz. Evrimin kusurlu bir geni tamir etmesinin tek yolu, genin hatalı kısmıyla ilgili bir mutasyonun gerçekleştirmesidir. Ancak mutasyon, genleri rastgele seçmektedir. Oluşacak bir mutasyonun gene daha fazla zarar vermesi daha olasıdır. Eşeysiz balıklardaki Kızıl Kraliçe olgusu zaman içinde bu balıkların genlerini daha da kusurlu hale getirir. Eşeyli balıklar ise her nesilde genlerini birleştirir, bu yüzden kusursuz genler nadiren yok olur. DNA'larının kalitesi de genel olarak yüksek kalır ve onların eşeysiz balıklara göre çoğunlukla koşullara daha kolay adapte olmalarını sağlar. İyi genleri de onlara daha çok güç verir veya yedikleri böceklerden daha çok enerji elde etmelerini sağlar. Bu balıklar daha yavaş çoğalsalar da parazitlere karşı dirençleri onlara eşeysiz balıklara kıyasla evrimsel bir avantaj sağlar.

Bu elbette ki bir hipotezdi; kuramsal modellerde umut verici görünse bile yine de bilim insanları tarafından gerçek dünyada sınanması gerekiyordu. 1970'te Robert Vrijenhoek, Meksika gölleri ve akarsularında yaşayan taze su balığı *topminnow*'lar üzerinde doğal bir deney gerçekleştirdi. Bu balıklar bazen çok yakın akrabaları olan bir başka türle çiftleşiyor ve melez bir balık oluşturuyorlardı. Bu melez balıklarda olması gereken her genden bir çift kopya yerine üçer kopya bulunuyordu. Melezler çoğu zaman dişiydiler ve genellikle çiftleşme yerine klonlamayla ürüyorlardı. Yumurtalarının gelişebilmesi içinse erkek balıktan alacakları spermlere ihtiyaçları vardı ama erkek genlerini yumurtalarına dâhil etmiyorlardı.

Vrijenhoek ve arkadaşları *topminnow*'ları farklı göllerde ve akarsularda incelediler ve yaptıkları her çalışma Kızıl Kraliçe hipotezini farklı açılardan doğruladı. Pek çok *topminnow* parazitik bir solucan tarafından enfekte olmuştu ve bunlar balıkların bedenlerinde siyah kistler oluşturmuştu. Vrijenhoek, incelediği göllerin birinde melez klonların eşeylilere göre daha fazla kist taşıdığını fark etti. Başka bir deyişle, eşeylilere kıyasla klonlar parazitler için daha kolay hedefler haline gelmişlerdi çünkü parazitler onların savunma sistemine çok daha hızlı uyum sağlayabiliyordu. İkinci bir gölde iki farklı biçimde klon yaşıyor-

du; sayısı daha fazla olan form daha çok enfeksiyona maruz kalmıştı, tıpkı Kızıl Kraliçe hipotezinin öne sürdüğü gibi.

Üçüncü bir göldeki *topminnow*'lar ilk başta Kızıl Kraliçe hipoteziyle çelişiyor gibiydi; bu göldeki eşeyli balıklar klonlara göre çok daha savunmasızdı. Vrijenhoek bu gölü daha yakından incelediğinde buradaki olgunun aslında hipotezi çok kuvvetli bir şekilde doğruladığını gördü. Birkaç yıl önce şiddetli bir kuraklık yüzünden kurumuş olan göl tekrar eski haline geldiğinde sadece birkaç tür balık tekrar göldeki yaşamlarını yeniden tesis edebilmişti. Buna bağlı olarak eşeyli balıklar kendi soyları içerisinde üremiş ve eşeyli üremenin bir avantajı olarak kabul edilen genetik çeşitlilikten yoksun kalmıştı. Vrijenhoek ve arkadaşları göle balıkların DNA'larındaki çeşitliliği arttırabilmek amacıyla daha fazla *topminnow* balığı eklediler. İki yıl içinde eşeyli balıklar parazitlere dirençli hale geldi ve parazitler klonlara saldırmaya başladı.

SPERM VE YUMURTA

Cinsel ilişkinin avantajı bu durumun pek çok farklı hayvan, bitki, kırmızı alg ve diğer ökaryot soylarında defalarca ortaya çıkmasına imkân sunmuştur. İlk eşeyli hayvanlar büyük olasılıkla eşey hücrelerini (gamet olarak adlandırılır) aynı türden bir başka bireyi bulması için mücadele etmek üzere okyanus dalgalarına bırakıyorlardı. Her ne kadar cinsellik çok defa bağımsız olarak evrim geçirmiş olsa da, eşey hücrelerinin çoğu birbirine benzemektedir: Yumurta büyük ve hareketsizdir, sperm ise küçük bir yüzücüdür. Sperm bir yumurtaya girdiği zaman, sadece DNA'sını yumurta çekirdeğine bırakır; sperme ait mitokondri ve diğer hücre organellerinin hücreye girişi engellenir.

Bu süreç çok yaygındır çünkü çok iyi işler. Georgia Institute of Technology'den [Georgia Teknoloji Enstitüsü] biyolog David Dusenbery, bu avantajları eşey hücrelerinin birbirlerini bulmak için yaptıkları mücadeleye ait matematiksel bir model oluşturarak açıklamıştır. Modelde her iki hücre de etrafta yüzebilmekte veya sabit olarak durabilmekte; aynı veya farklı boyutlarda olabilmekteydi. Dusenbery, bu hücreleri gece yarısı dev bir ormanda kaybolmuş iki insana benzetmiştir. Her ikisi de çevrede hızla gezerse birbirlerini bulmalarına olanak yoktur. Birisinin hareketsiz kalması ve diğerine sinyaller göndermesi çok daha doğru olacaktır.

Ormanda kaybolanlar insanlar olsaydı, bu sinyaller çığlık şeklinde olurdu; eşey hücreleri içinse sinyaller feromon olarak bilinen keskin kokulardır. Daha yüksek sesle bağıran insan daha kolay duyulur. Hüc-

reler içinse daha yüksek sesle bağırmak daha çok feromon üretmek anlamına gelir. Dusenbery, eşey hücrelerinin boyutlarında gerçekleşecek herhangi bir artışın iletişimin kapsamını genişleterek daha çok feromon üretilmesine olanak sağladığını görmüştür. Aslında zaten spermleri kendine çekmek için feromon salgılayan yumurtalardır, spermler değil.

Elbette donanımlı bir arama ekibi, ormandaki kişiyi bulma konusunda tek bir kişiden çok daha iyi bir iş çıkarır. Benzer şekilde, temas sayısını artırmanın yolu da tek bir sperm yerine çok sayıda spermin yumurtayı bulmaya çalışmasıdır. Dusenbery'ye göre evrim, herhangi bir türün yumurtasını büyüten veya sperm sayısını arturan mutasyonu tercih edecektir. Böylece başarılı şekilde üremek için daha az enerji kullanmak mümkün olur çünkü hücreler birbirlerini bulma konusunda daha iyi bir iş çıkarır; daha etkisiz formların üreyemeyeceği yerlerde hayatta kalmayı başarırlar.

Yumurtalar daha büyük boyutlara evrilerek feromonları daha etkili bir şekilde yaymakla kalmaz, aynı zamanda döllendikten sonra gerçekleşecek hücre bölünmesi öncesinde de daha fazla enerji depolayabilirler. Yumurta ne kadar fazla enerji sağlarsa spermlerin getirmesi gereken enerji miktarı o kadar azalır. Böylece spermler daha küçük ve çok sayıda olup yumurtayı dölleme olasılığını artırır ve genlerini devam ettirebilir. Spermlerin daha az kaynak taşımasıyla, doğal seçilim de yumurtalara daha fazlasını verir. Zaman içinde spermler genlerin hareketli gen taşıyıcıları haline evrilirken, yumurtlar daha büyük ve enerji bakımından zengin hücrelere dönüşür.

Büyük yumurta - küçük sperm düzeni evrildikçe cinsiyetler arasında devasa bir dengesizlik ortaya çıktı. Tek bir erkek yaşamı boyunca gezegendeki tüm kadınları döllemeye yetecek kadar sperm üretebilir. Ancak kadın ayda bir defa yumurtlayabilir ve tıpkı diğer memeliler gibi bebeğini aylarca karnında taşımak ve doğumundan sonra da ona bakmak durumundadır. Her doğum onu, oluşabilecek komplikasyonlar nedeniyle ölüm riskiyle karşı karşıya getirir ve emzirmek ona fazladan binlerce kalori harcatır. Erkeğin geniş üreme yeteneği, kadının sürecine adapte olmak durumundadır.

Bir türe ait erkek türün tüm dişileri dölleyebilirken bunun için zahmete girecek bir sürü erkek birey de vardır. Pek çok türde, bu durum erkekler arasında mücadelelere neden olur. Evrimin bu durumda ne tür mücadeleler oluşturacağı, söz konusu türün kendisine ve ekolojisine bağlıdır. Kuzey fok balıkları bir düzine dişiden oluşan haremde tek erkek olabilmek için bir tonluk bedenlerini diğer fok balıklarının üzerine

atmakta, kan ve köpük fışkırtmaktadırlar. Misk öküzleri kutup tundralarında kalın boynuzlarını diğerlerininkilerle çarpıştırmaktadır ve her on kavganın birinde öküzlerden birisi kafatası kırılarak ölmektedir. Erkek kınkanatlılar ve sinekler cinsellik hakları için savaşmak adına kendi antenlerini oluşturmuşlardır.

DİŞİLERİN SEÇİMİ

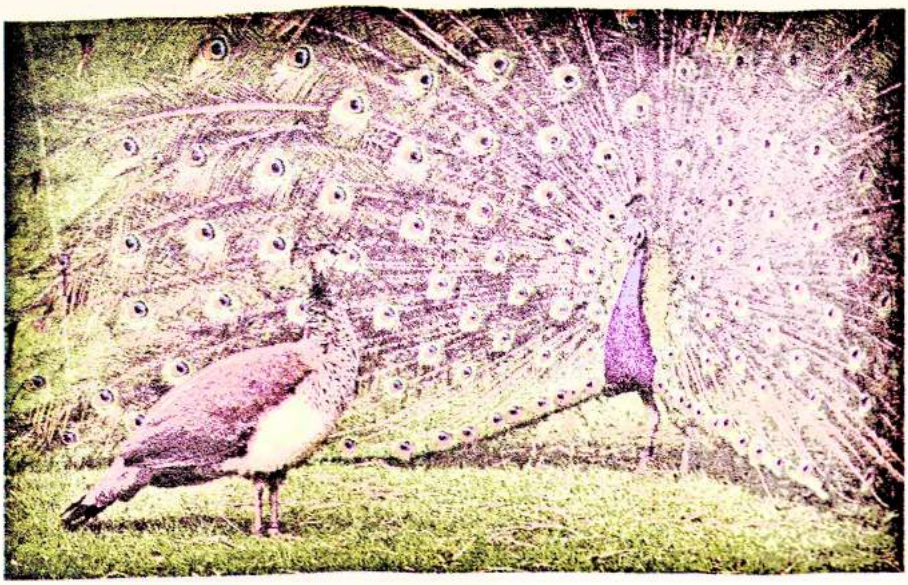
Darwin de dâhil olmak üzere, 19. yüzyıl doğabilimcileri erkekler arasındaki bu yarış hakkında epey bilgi sahibiydi. Darwin'in evrim kuramıyla da çok iyi örtüşüyordu; erkekler dişiler için birbirleriyle savaşıyorsa kazananların en sık çiftleşenler olması gerekiyordu. Biraz daha kalın bir kafatası kazananlara avantaj sağlıyorsa, gelecek nesillerde daha çok erkek birey daha kalın kafatasına sahip olacaktır. Bir çift çıkıntı, kafatasını kavga sırasında daha etkin hale getirebilir ve gelecekte bu yumrular boynuz şeklinde evrilebilir.

Darwin bu savaşlar sırasında dişilerin ne yaptığını merak ediyordu. Pasifçe mücadelenin galibi tarafından elde edilmeyi mi bekliyorlardı? Pasif dişi kavramı belki Viktorya Dönemi beyefendilerine çekici gelebilirdi ama Darwin burada bir sorun olduğunu görmüştü. Bu durum, erkeklerin kafa kafaya mücadeleye girmedikleri türler için geçerli olamazdı.

Tavus kuşunu ve görkemli kuyruğunu düşünün. Darwin bir keresinde şöyle demişti: "Ne zaman bir tavus kuşunun kuyruğundaki tüylere baksam, bu görüntü beni hasta eder." Bu gökkuşağını andıran gözlerin hayranları yalnızca *Pavo cristatus*'lar (mavi tavus kuşu) değildir. Dişiler bunların birine bile sahip olmadan yaşayabilirler. Bir erkek tavus kuşu, kuyruğunu başka bir erkekle savaşa girdiğinde sopa gibi kullanamaz. Aslında bu kuyruk ağır bir yüktür; tavus kuşu bir tilkiden kaçmaya kalksa onu aşağıya doğru çekecek ağırlıktadır. Tüm bu olumsuzluklarına karşın erkek tavus kuşları her yıl eski tüylerinin yerini alacak yeni bir sıra kuyruk tüyü oluşturur.

Newcastle-upon-Tyne Üniversitesinden biyolog Marion Petrie bu konuda şunları söylemiştir: "Darwin'in tavus kuşlarıyla gerçek bir sorunu vardı çünkü doğal seçilim yoluyla evrim kuramına aykırı duruyorlardı. Bu konu üzerinde çok düşünüyordu ve tavus kuşu kuyruğundaki tüylerin nasıl oluştuğuna ilişkin açıklamasını yapması yıllar almıştı. Bu kuyruğun gelişimini açıklamaya yarayan özel bir terim kullanmaya başladı, buna cinsel seçilim diyordu."

Çiftleşme mevsiminde tavus kuşları gruplar halinde bir araya gelip çığlıklarla dişileri kendilerine doğru çeker. Dişiler ortaya çıkar çıkmaz



Dişi tavus kuşları genlerinin kalitesini yansıtan büyük kuyruklu erkek tavus kuşlarını tercih ederler.

erkeklerden biri kuyruğunu dikerek sallamaya başlar. Darwin bu durumu, dişilerin erkekleri kuyruklarına göre değerlendirdiğine yordu. Her bir dişi belirli bir kuyruğu çekici bulur ve bu kuyruğun sahibiyle çiftleşir. Darwin bu seçimlerin estetik nedenlere mi yoksa tavus kuşundaki başka çekici özelliklere mi dayandığı hakkında bir açıklama yapmamıştır. Her iki durumda da, erkekler arasında seçim yaparak dişi tavus kuşları tıpkı bu vahşi doğada doğal seçilimin gözden kaçırmış olduğu nitelikleri taşıyan güvercinleri seçen güvercin yetiştiricileri gibi hareket etmektedir. Yelpaze kuyruklu bir güvercin ancak yetiştiricisinin gözlerine güzel görünebilir, muhteşem kuyruklu bir erkek tavus kuşu ise dişisine. Her nesille birlikte, dişilerin yaptığı seçimler göze güzel görünen kuyruğa sahip erkeklerin üreme başarısını artırır. Zamanla Darwin dişilerin yaptığı seçimlerin, erkek tavus kuşu kuyruğu gibi muazzam bir şeyi yaratmış olabileceğini düşünmeye başlamıştır.

Darwin'in evrimin bu yeni gücüne verdiği isim olan cinsel seçilim kavramı fazla kişinin ilgisini çekmedi. Alfred Wallace, eski doğal seçilim kuramının yeterli olduğunu düşünüyordu. Wallace'a göre dişi kuşların çekici kuyrukları yoktu çünkü zamanlarını korunmak için kamufle olmaları gereken yuvalarında harcıyorlardı. Kuyrukların göz alıcı renklerde tüylerden oluşması belki de normalde olması gerekendi ve kamufle olmaya dişiler kadar ihtiyaç duymayan erkekler doğal seçilimin körelten kuvvetine maruz kalmamışlardı.

Onlarca yıl çoğu biyolog, dişilerin cinsellik bağlamında seçici taraf olduğu fikrine şüpheyle yaklaştı. Araştırmacılar, dişilerin tercihlerde bulunup bulunmadığını gösteren çalışmalara yalnızca geçtiğimiz 20 yıl içerisinde girişmişlerdir. Araştırmaların sonucunda, dişilerin erkek tavus kuşu tüylerinin evrimine neden olacak kadar güçlü tercihlere sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Örneğin Marion Petrie çalışmalarıyla, dişi tavus kuşlarının erkeklere göre daha gelişmiş tat alma duyularının olduğunu gösterdi. Petrie şöyle diyordu: "Bir sürü erkek arasından istediği gibi seçim yapma şansına sahip olan dişilerin çoğu, tek bir erkeğe yaklaşır ve bu erkek topluluk içindeki dişilerin büyük çoğunluğuna sahip olur." Petrie'nin belirttiği gibi, dişi tavus kuşları bu şanslı erkekleri kuyruklarını esas alarak seçer. Üzerinde çok sayıda göz figürü taşıyan kuyruklar, daha az detayları olan kuyruklara göre daha çekicidir. Erkek tavus kuşlarının kuyruklarında ortalama 150 kadar göz figürü vardır. Petrie kuyruklarından yalnızca birkaç gözü eksilterek erkeklerin seçilme şanslarını belirgin biçimde düşürmüştür. Kuyruğunda 130'dan az göz taşıyan erkekler nadiren çiftleşebilmektedirler.

Başka biyologlar da diğer birçok türün dişilerinin eş seçimlerinde çok güçlü tercihleri olduğunu göstermişlerdir. Tavuklar büyük parlak ibikleri olan horozları; dişi kılıçkuyruk balıkları uzun kuyruklu erkekleri; dişi çekirgelerse en karmaşık sesleri çıkaran erkekleri tercih etmektedirler. Bu görsellikler kalıtsal oldukları için cinsel seçilim onların evrimini mutlaka yönlendirmiş olmalıdır. Uzun kuyruklar, parlak renkler ve kuvvetli sesler erkek hayvanlara karşı bir talep yaratsa da bu sıra dışı özelliklerin mutlaka bir sınırı olmalıdır. Eğer bu özellikler erkeklerin hayatta kalması açısından çok fazla sorun yaratırsa, doğal seçilim bunların evrimine bir sınır çizer.

Darwin, cinsel seçilimle ilgili oldukça temel bir soruya yanıt vermekten elinden geldiğince kaçınıyordu: Neden dişi belirli bir özelliği olan kuyruğu veya ibiği seçiyordu? Bu konuda kısaca dişilerin onları çekici bulduğunu söylüyordu. 1930'da İngiliz genetikçi Ronald Fisher bu fikri çok daha resmi bir şekilde dile getirdi. Dişi kuşlar uzun kuyrukları daha çekici buluyorlarsa, kısa kuyruklu erkek kuşlar çiftleşebilme açısından zorluk çekiyordu. Uzun kuyruklu bir erkekle çiftleşmeyi seçen dişinin büyük olasılıkla uzun kuyruklu erkek çocukları olacaktır ve böylece erkek çocukların çiftleşme açısından eş bulmada daha büyük şansı olacaktır. Kısaca, anneler erkek çocuklarının sadece cinsel açıdan çekici görünmesini istemektedir.

Ancak sayıları giderek artan bilim insanları artık dişilerin erkeklerini seçerken rastgele seçim yapmadığını düşünüyor. Aslında erkeklerin genetik potansiyellerini ortaya koyan dış görünümlere ilgi duyuyorlar.

Genlerini sonraki nesillere geçirme konusunda dişilerin erkeklere kıyasla daha az şansı vardır ve bu yüzden evrim onları eşlerini seçerken çok daha dikkatli olmaya zorlar. Bir dişinin çocuklarının karşı karşıya kalabileceği en güçlü tehditlerden birisi parazitlerdir. Dişi yavrusunu hastalıklardan koruyan güçlü bir genetik yapıya sahip olsa bile genetik açıdan zayıf bir erkekle çiftleşirse yavrularındaki bu güç zayıflamış olacaktır.



Horozların ibikleri de tıpkı tavus kuşlarının kuyrukları gibi erkeklerin dişileri etkilemesini sağlar.

Dişi kendi talibinin genlerini incelenmek üzere bir laboratuvara gönderemez ama erkeğin davranışlarından ve görüntüsünden yola çıkarak ipuçları bulabilir. Yüksek sesle şarkı söyleyen veya parlak tüyleri olan erkek, parazitlerle savaşırken çok zayıf olamaz. Türlerin erkeklerinin, dişilerini etkilemek için nasıl bir görünüme evrileceği tamamen türsel özelliklerle ilgilidir. Primatlar, memeliler arasında renk görüşü iyi olan tek türdür; bu da onların neden parlak kırmızı ve mavi renkleri cinsel görsellerinde kullandığını açıklayabilir. Görsel hangi formu alırsa alsın, mutlaka içten bir fedakârlığı temsil etmelidir. Dişiler sahte görsellerle kandırılırsa yavrular babalarından iyi genler alma şansına sahip olamayacaktır. Bu sahte görselliğe karşı gelişen çekim, evrimle birlikte ortadan kaybolacaktır.

Horozun ibiği fiziksel olarak tavus kuşunun kuyruğu gibi bir yük oluşturmaz ancak yine de içten bir fedakârlığı simgeler. Diğer erkeksi görseller gibi, ibiğin büyümesini başlatabilmek için de testosterona ihtiyaç vardır. Ancak testosteron aynı zamanda horozun savunma sistemini de zayıflatır. Bir ibiği büyütmek için horoz hasta olma riskiyle karşı karşıya kalır. Yalnızca gerçekten güçlü horozlar savunma sistemlerini bu şekilde tehlikeye atabilir.

Bir diğer belirgin kendini gösterme biçimi de simetrik olma durumudur. Embriyo oluşurken farklı sorunlarla karşılaşılır. Örneğin anne gebelik boyunca embriyonun besin ihtiyacını tamamen karşılayamayabilir; bu durumda embriyo, gelişebilmesini sağlayacak yeterli enerjiyi bulamaz. Bazı hayvanlar genetik olarak bu gibi durumlara karşı dirençlidir ve sağlıklı bir gelişim gösterir fakat bazıları embriyo halinde iken karşılaştıkları bu durumlarla yeterince mücadele edemez ve embriyolojik gelişimlerinde sorunlar ortaya çıkabilir. Bunun sonucu olarak da üreme yeteneklerini yitirebilir ya da bağışıklıkları zayıf bir şekilde gelişebilirler. Çiftleşeceği erkekleri inceleyen dişiler, bu tür zayıflıkları olan erkekleri fark etmekte başarılıdır ve bu erkekleri tercih etmezler.

Gelişim döneminde karşılaşılan sorunlar, hayvanların bedenlerinde simetri bozukluklarına yol açar. Hayvan bedeninin neredeyse tamamı simetriktir. Bedenin sol yarısını oluşturan karmaşık genetik ağlar, bedenin sağ yarısını da aynı mükemmellikte oluşturur. Eğer bir hayvanın gelişimi herhangi bir nedenle sekteye uğrarsa bedeninin simetrisi de bozulabilir. Bir antilobun boynuzları farklı uzunlukta olabilir, bir tavus kuşunun kuyruğunun her iki kısmında farklı sayıda benekler oluşabilir. Simetrik olmak, sağlıklı olmanın bir göstergesi olabilir.

Araştırmacılar, dişilerin erkeklerin görünümlerinden yola çıkarak onların genetik yapılarını değerlendirdikleri fikrini sınamakta ve bulguların çoğu da bu fikri desteklemektedir. Dişi cırcır böcekleri şarkılarında daha fazla nota barındıran erkek cırcır böceklerini tercih etmek-



Dişi ahır kırlangıçları uzun simetrik kuyruk tüylü erkekleri tercih ederler.

tedir. Erkek cırcır böceğinin şarkısının uzunluğu, böceğin parazitlere karşı güçlü bir bağışıklığı olduğunun göstergesidir. Dişi ahır kırlangıçları, uzun ve simetrik kuyruğu olan erkekleri tercih etmektedir. Uzun ve simetrik bir kuyruk, erkek ahır kırlangıcının sağlıklı olduğunun göstergesidir. Marion Petrie, diğerlerine göre daha büyük kuyruğa sahip tavus kuşlarının hayatta kalma yeteneklerinin daha güçlü olduğunu ve bu yeteneklerini bir sonraki nesle aktarabildiklerini tespit etmiştir.

Evrimsel bir hipotezi sınamanın en iyi yollarından biri, hipotezi destekleyen istisnai bir durum ortaya koymaktır. Bütün hayvanlarda, erkek bireyler rekabet halinde değildir. Birkaç türde cinsiyet rolleri kısmen yer değiştirmiştir. Dişi yılaniğnesi balığı (*Syngnathus typhle*) yumurtalarını erkeğin bedenindeki bir keseye yerleştirerek erkeği gebe bırakır. Dişiler üreme dönemlerinde iki erkeğin taşıyabileceği kadar yumurta üretir. Bu durum dişiler arasında kıyasıya bir rekabete sebep olur çünkü yumurta taşıyabilecek durumdaki erkek sayısı sınırlıdır. Seçme hakkı erkek yılaniğnesi balıklarındadır ve küçük, sade dişilerdense gösterişli ve büyük dişileri tercih ederler.

Hayvanlar eş seçimlerinde bilinçli tercihlerde bulunmazlar. Dişi tavus kuşları, erkek tavus kuşlarının kuyruklarındaki benekleri sayıp şöyle düşünmezler: "Yalnızca 130 benek! Yeterince iyi değil. Sıradaki lütfen!" Büyük bir ihtimalle dişi tavus kuşlarının, gösterişli bir erkek kuyruğu görmeleri karmaşık bazı biyokimyasal tepkimelere yol açar ve buna bağlı olarak eş seçiminde bulunur. Bu tip durumlar, içgüdülerle alakalı görünse de aslında karmaşık bir hayatta kalma stratejisini yansıtıyor olabilir.

SPERMLERİN SAVAŞI

Bir erkeğin, bir dişinin dikkatini çekip onunla başarıyla çiftleşmesi; erkeğin baba olacağını garantilemez. Erkeğin spermleri, dişinin üreme sisteminde bir yumurta bulup onu döllemek için mücadele etmek zorundadır. Ayrıca büyük ihtimalle spermler, dişinin daha önce çiftleştiği diğer erkeklerin spermleriyle de yarışmak zorunda kalacaklardır.

Bir dişinin bir erkeği seçmek için uzun mesafeler kat etmesi, çiftleştikten sonra yeni bir erkek aramaya başlaması garip gözükse de, mesele cinsellik olduğunda hiçbir şey göründüğü gibi değildir. Bazen bir dişiyi yakalayan güçlü bir erkek dişinin seçimlerini önemsemez ve dişiyle zorla çiftleşebilir. Ya da dişi daha iyi bir erkekle karşılaştığında tekrar çiftleşmeye karar verebilir. Örneğin tavuklar baskın horozlarla çiftleşmek ister fakat daha az baskın olan başka bir horoz, baskın horoz onu

engelleyemeden bir dişiyle çiftleşmeyi başarabilir. Tavuklar bu tür girişimlerde, baskın olmayan horozun spermlerinin onu döllemesine izin vermez ve spermleri dışarı atar. Bunun sebebi, gelecekte baskın horozla çiftleşmesi durumunda yumurtalarının döllenme oranını ve daha sağlıklı civcivlerin oluşması ihtimalini artırmaktır.

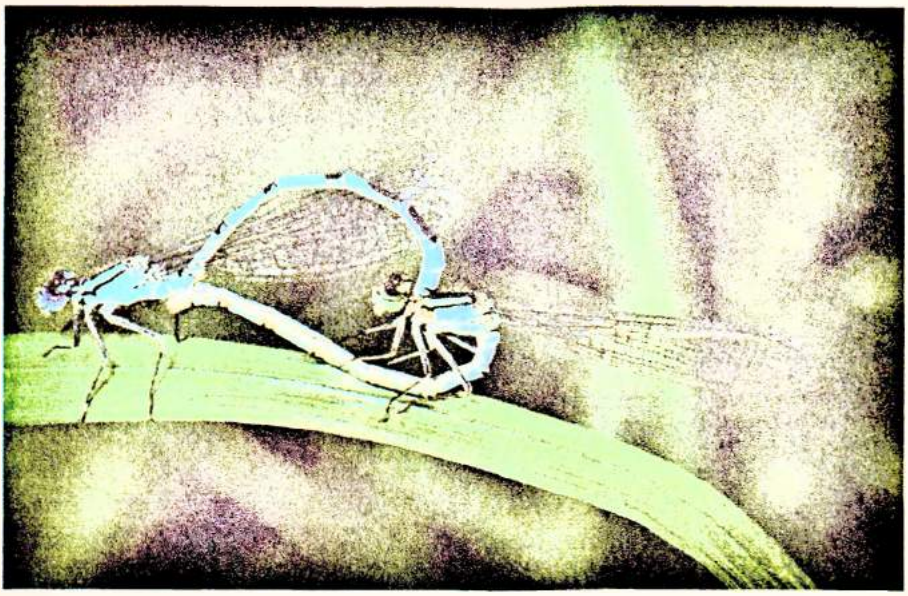
Hayvanlar âleminde, hayvanların ayırt etmeksizin birbirleriyle çiftleştiği inancı uzun bir süre bilim insanları arasında kabul görmüştür. Fakat kuş türlerinin yüzde 90'ı tek eşli yaşamaktadır. Erkek ve dişi bir yıl ya da bir ömür süresince birlikte olmak için bir araya gelir, yuva kurma ve yavru yetiştirme işlerini birlikte yaparlar. Monogami hayatlarını sürdürebilmeleri için elzemdir. Ebeveynlerinin yardımı olmadan yavru kuşlar yetişkin hale gelemez. Fakat kuşbilimciler 1980'lerde yavru kuşların DNA'larını incelediklerinde pek çok yavrunun, bilinen babanın genini taşımadığını bulmuşlardır. Bu gayri meşru yavruların oranı bazı türlerde düşükken bazılarında neredeyse yüzde 55 civarındadır.

Tekeşli bir kuş partnerini rastgele aldatmaz. Örneğin bir dönemde, kısa kuyruklu bir erkekle çiftleşen dişi ahır kırlangıçları aldatmaya daha meyillidir çünkü uzun kuyruk erkek ahır kırlangıçlarında sağlıklı olmanın göstergesidir. Dişi kırlangıçlar çiftleşme döneminde kısıtlı bir zamana sahiptir. Bu sebeple, mükemmeli bulana kadar bekleyemezler. Bunun yerine, eşlerini seçtikten sonra karşılaştıkları daha cazip erkek kırlangıçlarla da çiftleşirler. Böylece yavrularının gerçek babalarıyla olmasa da, partnerlerinin yardımıyla türün devamı sağlanır.

Bir erkek böyle bir durumla karşılaşabileceğini bilir. Bir dişiye kur yapmak için harcadığı tüm enerjiye karşın spermlerin yumurtayı döllemesi garantisi yoktur. Dişi, bir erkeğin spermlerini almasına rağmen başka bir erkeğin spermleriyle döllenebilir. Bu sebeple birçok hayvan türünde erkekler, rahim içindeki savaşı kazanabilmek için evrimleşmişlerdir.

Çözümlerden birisi, çok sayıda sperm üretmektir. Spermlerin mücadelesi bir piyango oyunu gibidir. Erkekler ne kadar çok bilete sahipse kazanma olasılıkları da o kadar yüksektir. Örneğin primat türleri arasında testis büyüklüğü, doğrudan dişilerin çiftleştiği erkek sayısıyla orantılıdır. Rekabet ne kadar büyükse, üretilen sperm sayısı da o kadar fazladır.

Piyangoyu haksız bir şekilde kazanmanın yolu, diğer katılımcıların biletlerini yok etmektir. Erkek meyve sineklerinin zehirli bir sperm sıvıları vardır ve bu sıvı, dişiyle daha önce çiftleşmiş erkeklerin spermlerini dişinin içinde etkisiz hale getirir. Erkek kara kanatlı kızböcekleri dikenlerle kaplı, penis benzeri bir organa sahiptir. Spermlerini bırak-



Bazı kızböceği türlerinin erkekleri, çiftleşme sırasında önceki bir çiftleşmeye ait spermleri dişilerden kazırlar.

madan önce organındaki dikenlerle diğer spermleri bir fırça gibi temizler. Bu yolu kullanarak, diğer spermleri yüzde 90 ila 100 oranında yok edebilir ve kendi spermlerinin yumurtaları dölleme olasılığını artırır. Erkek yusufçuk *Hadrothemis defecta,* penis benzeri organında şişirilebilir boynuzlar kullanmakta, böylece diğer erkeklere ait spermleri dişinin yumurtalarına ulaşamadan boşluklara itilmesini sağlamaktadır. Ardından kendi spermlerini yumurtalara en yakın yere bırakmaktadır.

Piyangoyu kazanmanın bir diğer yolu da rakiplerin bilet almasını engellemektir. Spermlerindeki zehirli sıvıya ek olarak, erkek meyve sineklerinin spermlerinde dişinin cinsel arzularına ket vuran kimyasallar mevcuttur. Cinsel arzusu bastırıldığı için dişi sinek başka erkek sineklerle çiftleşmeye daha az meyilli olacaktır. Sierra zirve örümceklerinin dişileri, muhtemel partnerlerini ağlarına sürdükleri bir salgı yoluyla çiftleşmeye davet eder. Bir erkek bir dişiyle çiftleştiğinde onun ağını parçalar ve bu şekilde diğer erkeklerin ona ulaşmasını engellemeye çalışır.

Bazı türler içinse spermlerini yumurtaya ulaştırmanın en iyi yolu intihardır. Erkek Avustralya kırmızı sırtlı örümceği kendisini çiftleşme için feda eder. Kur yapmaya dişinin ağını parçalayarak başlar, ardından saatlerce sürecek bir şarkı söyler. Eğer etrafta başka bir erkek yoksa dişi örümcek erkeği kovmaz ve erkek dişiye yaklaşır. Dişi, ağırlığı nor-

malin 100 katına ulaşana kadar erkeği ağla sarar. Bu duruma düşen her canlı için ölüm oldukça yakın bir ihtimaldir. Dişinin ısırığı en az akrabası karadul örümceği kadar ölümcüldür.

Erkek kırmızı sırtlı örümcek dişinin karnına doğru sürünür. Kafasından çıkan dokunaç olarak bilinen, boks eldiveni benzeri bu minyatür organı dişinin bedenine doğru uzatır ve spermlerini pompalamaya başlar. Sonra aniden, dokunacını bir destek gibi kullanarak bedenini dişinin karnından sırtına doğru atar ve dişinin zehirli dişlerinin üzerine yerleştirir. Dişi, erkeğin karnının üst kısmını sindirmeye başlar ve zehrini erkeğe zerk eder. Erkek dişiyi döllerken, dişi de akşam yemeğini yemektedir. Birkaç dakika sonra erkek dişiden ayrılır. Yaklaşık 10 dakika boyunca kendini toparlamaya çalışır. Bedeni parçalanıyor olmasına karşın, daha fazlası için geri döner ve ikinci dokunacıyla yeniden dişiyi döllemeye başlar. Dişi ise yemeğine kaldığı yerden devam eder ve daha derinleri ısırır. Yarım saatlik çiftleşmenin ardından erkek ölmek üzeredir. Erkek ikinci dokunacını geri çekince dişi erkeğin etrafında ipek bir koza örmeye başlar. Erkek için artık ölüm kaçınılmazdır. Birkaç dakika içinde dişi erkeği kabuğuna kadar tüketmiş olur.

Toronto Üniversitesinden biyolog Maydianne Andrade kırmızı sırtlı erkek örümceklerin intiharları üzerine çalışmıştır. Amacı bunun evrimsel bir adaptasyon süreci olup olmadığını anlayabilmektir. Araştırmasında, tüm erkek kırmızı sırtlı örümceklerin sindirilmediğini keşfetti. Yalnızca aç dişiler eşlerini yiyordu ve sonunda erkeklerin üçte biri bu ölümcül mücadeleden sağ kurtulmaktaydı. Bu farklılık Andrade'ye yamyamlığın üremeye etkisini ölçme şansı verdi.

Dişi kırmızı sırtlı örümceklerin çiftleşmenin ne zaman biteceğinin ayırdında olduğu görülüyordu. Erkekleri yemedikleri durumlarda, çiftleşme yaklaşık 11, yediklerinde ise yaklaşık 25 dakika sürmekteydi. Dişi erkeğin bedeniyle beslendiği müddetçe erkekler dokunaçlarıyla dişileri döllemeyi sürdürebilmekteydi. Kendisini yemek olarak sunan erkek daha uzun bir çiftleşme süresine sahip olarak, hayatta kalan bir erkekten iki kat daha fazla yumurtayı döllyebiliyordu. Erkek öldüğünde dişi belki yeterince sperm aldığından, belki de doyduğu için yeni bir partneri reddediyordu. Aksi durumlarda ise kendini kurban etmeyen erkeğin spermlerinin boşa gitmesi daha kuvvetli bir ihtimaldi.

Bu avantaj erkek kırmızı sırtlı örümcekler için hayatlarından daha kıymetlidir. Gerçekte bir dişiyle çiftleşebilmek için erkeklerin çok az şansı vardır; yaşam süreleri kısadır ve çiftleşme esnasında dokunaçları kırıldığı için üreme yeteneklerini yitirirler. Bu sebeple ellerindeki tek şansı iyi değerlendirmek mecburiyetindedirler.

TÜRLERİN KİMYASAL SAVAŞI

Cinsel başarı için verilen mücadele sürekli değişiklikler gösteren bir savaştır ve nesilden nesile devam etmektedir. Bu mücadeleyi sürecin içinde yakalamak zordur ancak bazı zekice yapılmış deneyler sayesinde, bilim insanları süreçten birkaç sahne yakalamayı başardılar. Santa Barbara, California Üniversitesinden biyolog William Rice, erkek meyve sineklerinin spermleri arasındaki kimyasal savaş üzerine çalıştı.

Erkek meyve sineğinin spermi yalnızca diğer rakip spermleri etkisizleştirmekle kalmaz, ayrıca dişinin cinsel isteğini azaltıp yumurtlama sürecini de hızlandırır. Çiftleşmenin ardından dişilerin hızlıca yumurtlamasını sağlayarak diğer erkeklerle çiftleşebileceği süreyi kısaltır. Erkek meyve sineklerinin spermlerindeki kimyasallar dişiler için zehirlidir. Bu zehir dişileri bir anda öldürmez fakat dişi ne kadar sık çiftleşirse, ömrü o kadar azalır. Erkek meyve sinekleri için ise eşlerinin erken ölmesinin bir önemi yoktur. Ayrıca yavrularını da önemsemezler. Onların tek evrimsel istekleri daha fazla yumurta döllemektir.

Erkek meyve sineğinin silahını kullanması dişiyi çiftçilerin sinekleri öldürmek için kullandığı tarım ilaçları kadar etkiler. Bu onların evrimine yol açar. Tıpkı tarım ilaçlarına karşı geliştirilen evrimsel bağışıklık gibi, spermlerdeki zehirlerin etkilerini yok etmek için de evrim çalışır. Dişilerin direnci evrimleştikçe, erkek spermlerinin zehri de evrimleşir ve gittikçe daha zehirli bir hale gelir.

Rice, 1996'da bu karşılıklı ölüm dansını belgeledi. Büyük bir meyve sineği topluluğu üretip onların bazı genetik özelliklerini değiştirerek bütün bir neslin erkek olmasını sağladı. Bu nesil yalnızca babalarının genlerini taşımaktaydı. Bu yeni erkek klonlar Rice'ın ürettiği yeni dişi topluluğuyla, bir sonraki erkek neslini üretmek için çiftleştirildi.

Fakat yeni dişi grubu Rice'ın oluşturduğu erkeklerin kimyasal salgılarına karşı savunmasızdı ve bir savunma geliştirmeleri olanaksızdı. Bu sırada daha zehirli sperm salgıları oluşturan erkekler dişileri daha fazla baskılayıp daha fazla yavru sineğin babası oldu. Rice, 41 nesil sonra süper erkeklerden oluşan bir ırk oluşturdu. Bunlar, atalarına oranla dişilerle daha sık ve daha başarılı bir şekilde çiftleşmekteydi. Ancak bu başarı dişilerin hayatlarına mal oldu ve salgıların zehri arttıkça dişiler daha erken ölmeye başladı.

Rice bu cinsel güç mücadelesine dair daha fazla bilgiyi bir ateşkes ilan ederek edindi. 1999 yılında bir deney gerçekleştirdi. Rice tekeşli çiftler oluşturdu. Erkekler Rice'ın belirlediği dişilerle çiftleşti. Yumurtalar çatlayınca Rice aynı çiftleri tekrar çiftleştirdi. Bu tekeşli erkekler herhangi bir rekabetin içinde olmayınca sperm salgılarındaki zehirli

kimyasallar evrimsel bir kazanç olma anlamlarını yitirdi. Erkekler bu zehirleri üretmeyince dişiler de bu zehirlere karşı antidot üretmeyi kesti. 47 nesil sonra tekeşli erkekler dişiler için zararsız olmuş ve dişiler de toksinlere karşı dirençlerini yitirmişti.

Rice'ın zorlamasıyla meyve sinekleri bu sakin yaşama adapte oldular. Fakat sineklere kalsa, onlar asla bu ateşkese başvurmayacaklardı. Çünkü diğer erkeklerin spermlerini yok edebilen her erkek sinek genlerini tek eşli bir sineğe göre daha iyi yayacaktır. Direnç kazanan her dişi de aynı yolu tercih edecektir. Evrim, laboratuvarda çalışan bir araştırmacıyla aynı fikri paylaşmaz. Sonuç olarak meyve sineklerinin arasındaki aşkın gözü kördür.

RAHMİN İÇİNDEKİ MÜCADELE

Çiftleşme sonlanıp yumurta döllendikten sonra ebeveynler başarılarını artırmak için evrimsel taktikler kullanır. İnsanlarda olduğu gibi, memelilerde de döllenmiş bir yumurta kendisini annenin rahmine yapıştırır ve plasenta oluşturmaya başlar. Plasenta annenin bedeninde, kan ve besin gereksinimini karşılamak için damarlar oluşturur. Büyüyen bir embriyonun muazzam miktarda enerji gereksinimi vardır ve bu gereksinim annenin kaynaklarını tehlikeli şekilde tüketebilir. Eğer bir anne embriyonun çok hızlı büyümesine izin verirse kendisi için çok büyük zararlar meydana gelebilir. Doğurganlığı ve hatta hayatı tehdit altında kalabilir. Evrim, bu sebepten dolayı bebeklerini kontrol altına alabilen anneleri tercih eder. Ancak babaların farklı bir evrimsel ajandası vardır. Hızlı büyüyen, sağlıklı bir bebek bir baba için açıkça bir avantajdır. Bebeğin büyüme hızı erkek bireyin sağlığını ya da daha fazla çocuk sahibi olma kapasitesini tehdit etmez.

Harvardlı biyolog David Haig, anne ve babanın çelişen isteklerinin bebeklere aktardıkları genlerle hayat bulduğunu ileri sürmektedir. Anneden geçen genler babadan geçenlerden farklı şeyler yaparlar. Örneğin insülin (IGF2) denilen büyüme faktörlü geni ele alalım. Bu genin oluşturduğu protein embriyoyu annesinden daha fazla besin alması konusunda uyarır. Hamile farelerle yapılan deneylerde araştırmacılar IGF2'nin anneden gelen kopyasının çekinik, babadan gelen kopyasının ise baskın olduğunu gösterdiler. Fareler, aynı zamanda IGF2 proteinlerini parçalayan bir protein üreten geni de taşırlar. Bu genin ise anneden gelen kopyası baskın, babadan gelen kopyası ise tamamen çekiniktir.

Başka bir deyişle, baba genleri fare embriyolarının büyüme hızını artırmaya çalışırken anneden gelen genler ise embriyo gelişimini ya-

vaşlatmaya çalışır. Bu mücadelenin etkileri, araştırmacıların anneden veya babadan gelen genleri engellediği deneylerde daha iyi görülür. Eğer babadan gelen IGF2 kopyası engellenirse yavru fareler normalden yüzde 40 daha küçük doğarlar. Ancak anneden gelen ve IGF2'yi yıkan gen engellenirse, yavru normalden yüzde 20 daha ağır doğar. Eğer Haig haklı ise denilebilir ki, bizler anne ve babalarımızın birbiriyle çatışan isteklerinin ortaya çıkardığı bir uzlaşmanın ürünüyüz.

ANNELİK YATIRIMLARI

Bir babanın eli ancak belli bir yere kadar uzanır. Anneler, taşıdıkları embriyonun kaderini eşlerinin herhangi bir etkisi olmadan kontrol edebilecekleri bazı yöntemlere sahiptir. Yumurtalarına, babaların çekiciliklerine göre değişik miktarlarda enerji sunabilirler. Örneğin dişi yaban ördekleri çok baskın erkekler için daha büyük yumurtlarken, daha az baskın erkekler için daha küçük yumurtalar üretirler.

Bazı türlerde anneler üreme başarılarını çocuklarının cinsiyetini belirleyerek artırabilir. En başarılı cinsiyet kontrolünü gerçekleştiren Seyşel çalı bülbülüdür. Hint Okyanusuna ait bu kuşlar, kendilerine ait egemenlik alanlarında çiftler halinde yaşarlar. Yaklaşık 70 dönüm büyüklüğündeki Cousin Adasında yeni çalı bülbülleri için kendi egemenliklerini oluşturacakları yeterli alan yoktur. Sonuçta bazı genç dişi çalı bülbülleri kendilerine ait bir eş aramak yerine, ebeveynleriyle birlikte yuvada kalırlar. Yuvaları kurmaya yardım eder, alanlarını savunur, yumurtaları ısıtır ve yeni doğan yavruları beslerler. Seyşel çalı bülbülleri aynı zamanda ortamda yeterince besin olmadığında anne babaları için birer yardımcıdır. Bazen de bir çalıkuşu ailesi, düşük kalitede ve az miktardaki besinlerini idareli kullanmak zorunda kaldıklarında, bu yavrular yardımcıdan ziyade aileye yük olmaya başlarlar.

Hollanda Gröningen Üniversitesinden araştırmacı Jan Komdeur, 1997'de bu kuşların yumurtalarını yaşadıkları yerin niteliklerine göre karşılaştırdı. Yüksek kaliteli yaşam alanlarında yaşayan çalı bülbüllerinin her bir erkek yavru için 6 dişi yavru, düşük kaliteli alanlarda yaşayanların ise her 3 erkek yavruya karşın bir dişi yavru doğurduklarını buldu.

Komdeur'ün bulduğu bu eşey oranları bireysel olarak genlere bağlı değildi. Kuşlar ne kadar dişi ne kadar erkek çocuk sahibi olacaklarına karar veriyorlardı. Komdeur, bu görüşünü bazı çalı bülbülü çiftlerini Cousin Adalarından alıp Seyşel Adalarında, bu kuşların yaşamadığı diğer adalara transfer ederek kanıtladı. Cousin Adalarında düşük kaliteli

alanlarda yaşayıp çoğunlukla erkek yumurtalar çıkaran bu çiftleri istedikleri kadar besin bulabilecekleri alanlara yerleştirdi. Kısa zamanda çalı bülbülleri yeniden ve hızla üremeye başladılar, artık çoğunlukla dişi yumurtalar meydana geliyordu.

Bu stratejideki evrimsel mantık açıktır. Besinin az olduğu zamanlarda erkek yavrulara sahip olmak daha iyidir. Çünkü erkekler yuvayı dişilerle çiftleşebileceklerinde erkenden terk ediyor ve kendileri için yeni alanlar arıyorlardı. Böylece aileleri var olan az miktardaki besini doğacak yeni yavrulara ayırabiliyordu (Yeni bir yaşam alanı bulamayan erkekler ölürler ancak bu göze almaya değer bir risktir). Eğer işler yolunda giderse kızlar iyi birer yardımcı olur ve böylece çalı bülbülü anne yeni duruma göre erkek ve dişi yavru oranını belirler. Çalı bülbüllerinin cinsiyet seçimini nasıl yaptığını tam olarak kimse bilmemektedir. Ancak bu bizi Komdeur'ün buluşundan uzaklaştırmaz. Onlar hâlâ seçimlerini yapmaktadır.

DARWINCİ AİLE YAŞAMI

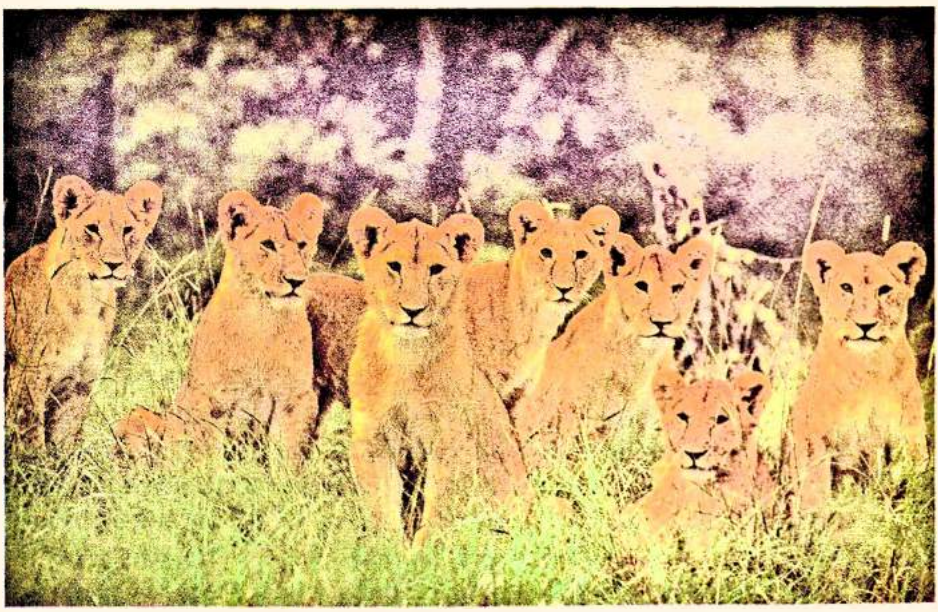
Bir hayvan doğduğunda büyük bir aile içinde de büyüyebilir veya kendini tek başına da bulabilir. Mayıs sinekleri için durum budur; yumurtalar çatladığında hem anneleri hem de babaları ölmüş olur. Siyah ayılarda, anne bir yıl boyunca yavrulara bakarken, baba herhangi bir yardım sunmaz. Ahır kırlangıçlarında ise baba yavrulara yiyecek bulup getirme konusunda yavrular uçmaya başlayana kadar, en az anne kadar aktiftir. Bir fil ise erkek kardeşler, kız kardeşler, halalar, amcalar ve büyükanneler arasında onu koruyan bir klan içinde onlarca yıl yaşayarak büyür.

Çocukları büyütmek bir hayvan için en az çiftleşecek bir eş bulmak kadar önemlidir. Bir erkek bok böceği binlerce dişi bok böceğiyle çiftleşse bile eğer yavruları yumurtadan çıktıktan bir hafta sonra ölürse evrimsel açıdan bakıldığında gerçekleştirdiği tüm cinsel etkinlik anlamsızdır. Pek çok türde anne ve babalar çocukları büyütmek için birlikte çalışır. Ancak ilgilendikleri şeylerin çelişik olması aile bağlarını da tehdit edebilir. Bir başka erkeğin bebeklerine bakmaya çalışan bir erkek kendi genlerini çocuklarına geçiremez. Dolayısıyla bazı türlerde erkekler eşlerinin kendilerini aldatıp aldatmadıklarını anlama konusunda ustalaşırlar. Leicester Üniversitesinden Andrew Dixon, yavrularını besleme ve koruma konusunda bataklık kiraz kuşlarının ne kadar gayret gösterdiklerini gözlemlemiştir. Bu kuşların akraba olanlarının DNA'larını örnekledikten sonra Dixon, bir yuvada az sayıda yavrunun

gerçekten babanın genlerini taşıdığını ve böyle yuvalarda babaların yuvaya besin getirmek için daha az çalıştığını bulmuştur.

Farelerden langur maymunlarına ve yunuslara kadar pek çok türde erkekler genç yavruları, kendilerinin olmadığı için sadece yok saymakla yetinmezler. Bazen eylemleri cinayete kadar varabilir. Bu rahatsız edici davranış özellikle aslanlarda gözlenmiştir. Bir aslan sürüsü bir düzine veya daha fazla dişi aslan, dört kadar erkek aslan ve yavrulardan oluşur. Erkek yavrular erişkin hale gelince daha yaşlı erkekler tarafından sürüden atılırlar. Bunlar diğer atılanlarla birlikte erkeklerin zayıf olduğu bir sürü aramaya başlar. Sürünün sahipleriyle savaşırlar ve rakipleri kaçarsa sürüyü ele geçirirler. Bu durumda yavrular büyük bir tehlike altındadır. Yeni gelen hâkim erkekler onları çenelerinin arasına alıp öldürmek ister. Yaşamlarının ilk yılında ölen tüm aslanların dörtte biri, erkek aslanlar tarafından öldürülmektedir.

Biz insanlara gaddarlık olarak görünen, bazı zoologların da işaret ettiği gibi aslında evrimin mantığının yeniden iş başında olduğunun göstergesidir. Bir erkek aslanın temel amacı bir sürüye sahip olup kendisine ait yavrular edinmektir. Emzirmek, dişi aslanları gelecek kızışma döneminden korur, yani bir sürüde emzirilmesi gereken yavrular olduğu sürece erkek aslanın onların anneleriyle çiftleşebilmesi için aylarca



Erkek aslanlar dişiler üzerinde hâkimiyet kurduklarında yavruları öldürebilirler. Bakacak yavrusu kalmayan dişi aslan cinsel açıdan yeniden doğurgan hale gelir ve yeni erkeğin yavrularını doğurmak üzere çiftleşebilir.

beklemesi gerekir. Eğer bir erkek aslanın egemenliği 3-4 yıl sürüyorsa ve bu değişim sırasında kendi yavruları o anda öldürülecek kadar küçüklerse üvey baba olmakla kaybedecek ve harcayacak zamanları yoktur.

Dişi aslanlar yavrularını canlı tutabilmek için her şeyi yaparlar. Yabancı erkeklerin kükremesi onları ayağa kaldırır, homurdanırlar ve kavga için bir araya gelirler. Ne kadar çok dişi bir yavruyu korursa yavrunun yaşama şansı o kadar yüksek olur. Bu da dişilerin bu bebek katillerine karşı neden bir olup sürü oluşturduklarını açıklar.

Ancak dişiler her zaman yavrularını koruyamazlar ve yeni erkekler egemenliği ellerine aldığında ailelerini yeniden kurmak durumunda kalırlar. Bir erkek aslan dişinin yavrusunu öldürdükten sonra dişi tekrar kızışır ve hızla cinselliğe açık bir hale gelir. Sürünün egemen erkeği kızışmış bir dişi aslanla bir gün içinde yaklaşık yüz kere çiftleşir, ardından bir ya da iki günü yorgunluktan bitkin geçirir. Sıra daha düşük düzeydeki erkeklerdedir ve onlar da dişiyle birkaç gün daha çiftleşirler. Dişiler 4 ay sonra doğurduklarında yavrularının babaları artık tam bir sırdır. Bu belirsizlik erkek aslanların neden kendi sürülerindeki yavruları öldürmediklerini açıklayabilir. Öldürecekleri yavrunun kendilerine ait olma olasılığı vardır ve böyle bir durumda yavruyu öldürmek evrimsel gelecekleri için büyük bir risktir.

1970'lerde yavru öldürmeyle ilgili ilk raporlar yayımlandığında pek çok araştırmacı bu fikre kuşkuyla yaklaştı ve kendilerinden emin bir şekilde bu vahşi erkeklerin hastalıklı olduklarını söylediler. Bu yavruların kimin çocuğu olup olmadığını söylemelerine imkân yoktu. Ancak yavru öldürmeyi doğrulayan daha çok kanıt bulundu. Cornell Üniversitesinden kuşbilimci Stephen Emlen bu yavru öldürücülük hipotezini sınayacak özel ve zekice bir yol buldu. 1987'de bir Panama kuşu olan jakanalar üzerinde çalışıyordu. Bu kuşlarda da aynen yılanbalıklarında olduğu gibi cinsiyet rolleri değişmişti. Erkek jakanalar yumurtaların üzerinde oturur ve onları büyütür, bu sırada dişiler de egemenlik alanlarını korur, pek çok erkekle çiftleşir ve talepkâr dişilerle savaşır. Bazen saldırgan dişiler, ev sahibi dişiyi kovar ve onun erkeğine el koyar.

Yeni bir sürüyü ele geçiren bir erkek aslan yavruları öldürerek bazı yararlar elde eder; aynı mantıkla Emlen erkeklerden oluşan bir haremi ele geçiren dişi jakananın, yavruları öldürerek fayda sağlayacağını iddia etti. Emlen'in DNA'larını elde etmek için bazı kuşları vurması gerekiyordu ve erkeklerinin yuvalarında bulunup, yumurtalara ve bebeklere baktığı iki dişiyi seçti. Bir gece dişilerden birini vurdu ve ertesi sabah onun yerine sahip çıkan yeni bir dişi olduğunu gördü. Bu dişi yavruları

gagalayıp onları öldürmek için yuvadan aşağı atıyordu. Erkek jakana çaresizce olanları izliyordu. Birkaç saat içinde dişi erkeğini ilişkiye davet etti ve çiftleştiler. Ertesi gece Emlen bir dişi daha vurdu ve sabah aynı şiddet dolu sahneler tekrarlandı.

Emlen şöyle der: "Eğer genlerini bir sonraki nesle aktaran bir bireyi düşünecek olursak, tüm dehşet vericiliğine karşın bu iş akla yatkındır."

GENLERİN İYİLİĞİ İÇİN

Bebek katili aslanlar, zina yapan kırlangıçlar ve cinsiyet oranlarını belirleyen çalı bülbülleri, hayvanların hayatlarının cinsel açıdan bencillikle dolu olduğunu gösterebilir. Pek çok durumda evrim kendi mücadelelerini cinsellik aracılığıyla sürdüren bir hayvanlar topluluğu yaratır.

William Hamilton'ın özellikle arılar ve diğer toplumsal böceklerde karşılaştığı paradoks ilgisini çekmişti. Bir arı kovanında tek bir kraliçe, birkaç erkek ve 20 bin ila 40 bin arasında işçi dişi arı vardı. İşçiler kendi kendilerine çoğalamıyorlardı. Yaşamlarını nektar toplamak, kovanın düzgün çalışmasını sağlamak ve kraliçenin larvalarını beslemek için harcıyorlardı. Kovanlarını saldırganlara karşı koruyor ve bu sırada ölebiliyorlardı. Evrimin diliyle bu kitlesel bir intihardı.

Ancak Hamilton, balarılarının ve diğer balarılarına akraba olan böceklerin özel genetik yapılarının bunu sağladığını öne sürüyordu; işçiler de aslında genetik yapılarının uzun vadede yararı için çalışıyordu. Bir kraliçe, oğullarını ve kızlarını tamamen farklı yollardan yapar. Erkekler, yaşama döllenmemiş yumurtalar olarak başlarlar ve spermlerin yokluğunda bölünerek erişkin hale gelirler. Çünkü bir babadan gelen DNA parçaları yoktur, onların her genden bir çift kopyaları vardır. Diğer taraftan kraliçe bu erkeklerden birisiyle çiftleşir ve standart Mendel Kanunu gereğince her genden bir çift kopya taşıyan dişi yavrular yaratır.

Kız kardeş arılar bu nedenle insan kız kardeşlere göre çok daha yakın bir yapıya sahiptir. İnsan kız kardeşler babalarındaki iki genden birisini ve annelerindeki gen çiftlerinden birisini alır. Bu nedenle özel bir genin onlara geçiş oranı yüzde 50'dir, yani kız kardeşler ortalama olarak genlerinin yarısını paylaşmış olurlar. Diğer tarafta kız kardeş arılar ise babalarından tıpatıp aynı olan genleri alırlar çünkü erkek arıların verebilecek tek bir gen çifti vardır. Annelerinden gelen genlerle birlikte ortalama olarak genlerinin dörtte üçünü paylaşmış olurlar. Eğer bir dişi arının kendisine ait bir kızı olacak olsa onunla ancak genlerinin yarısını paylaşabilir, geri kalanlar eşinden gelecektir. Bu

nedenle dişi arılar kızlarından daha çok kız kardeşleriyle birbirlerine yakındırlar.

Bu koşullar altında Hamilton, işçi arıların kovanın iyiliği için kendi kendilerine çoğalmadıklarını öne sürmektedir. Büyütmek için çalıştıkları larvalar sayesinde hem kendilerine çok yakın bireyler oluşur hem de kendileri çiftleşip genlerini yaydıkları durumdan daha hızlı bir şekilde genleri yayılmış olur.

Tek bir sihirli dokunuşla Hamilton, Darwin'den beri biyologların çözmeye çalıştıkları bir bulmaca olan hayvanlarda özgecilik (başkalarını düşünme) sorununu çözmüş oldu. Eğer evrim bireyler arasındaki bir hayatta kalma ve üreme mücadelesiyse başkalarına yardım etmek çok akılcı olmazdı. Belki bazı araştırmacılar hayvanların kendi türleri veya en azından bir grubun iyiliği için fedakârca davrandıklarını düşünebilir. Ancak bu türden bir özgecilik biyologların şimdiye kadar genlerin yayılmasıyla ilgili zaman içinde öğrendikleriyle örtüşmez.

Hamilton, özgecilik konusuna bir de genlerin açısından baktı. Özgecilik, belki bu işi yapan birey açısından yararlı değildi ama bu yol bu fedakârlığı yapan bireyin genlerinin daha çok kopyasının yapılması açısından daha iyi bir yol olabilirdi. Bu bir bireyin adaptasyon düzeyini artırır ancak o bireyin kendi üreme şansını artırmaz. Hamilton, fedakârlığın bu dolaylı yararını "kapsayıcı uyumluluk" olarak isimlendiriyor.

Hamilton'un kapsayıcı uyumlulukla ilgili kuralları muhteşem bir şekilde onaylandı. Yalnızca dişi işçiler kız kardeşlerine kendi kızlarından daha yakın değildi, birbirlerine erkek kardeşlerinden de yakındılar. Erkek kardeşler herhangi bir babaya ait gen taşımadıklarından yalnızca annelerinin genlerinin yarısını taşıyorlardı. Yani bir kız kardeş diğer kız kardeşle genlerinin yüzde 75'ini paylaşırken, bir erkek kardeşiyle genlerinin ancak yüzde 25'ini paylaşıyordu. Başka bir deyişle, kız kardeşlerine erkek kardeşlerinden 3 kat daha yakınlardı. Bu farklılık bir yuvadaki erkek dişi oranına da yansımaktaydı. Pek çok sosyal böcek kolonisinde dişilerin erkeklere oranı 3'e 1'dir. Bu oranı kraliçe değil, çalışan işçiler belirler. Erkek larvalara dişi larvalara göre daha az itina gösterirler.

Bu kapsayıcı uyumluluk oranı olan 3'e 1, yalnızca kraliçenin bir kez çiftleştiği ve tüm kolonisini aynı spermle oluşturduğu yuvalarda geçerlidir. Eğer bir kraliçe bir başka erkekle de çiftleşir ve onun spermlerini de kullanırsa kız kardeşler babalarının genlerini paylaşamazlar. Finli böcek bilimci Liselotte Sundstrom, kraliçenin bir veya defalarca çiftleştiği Formica karıncalarının kolonilerini keşfetti. Tek babanın olduğu

kolonilerde 3'e 1 oranı larvaların kontrolüyle sağlanıyordu. Ancak çok babalı kolonilerde ise bu oran 1'e 1'di. Kız kardeşlerin çok yakın akraba olmadıkları bu kolonilerde onları bir cinsi ötekine tercih etmeye neden olabilecek bir teşvik unsuru yoktu.

TAVUS KUŞLARININ CÖMERTLİĞİ

Hamilton'un kapsayıcı uyumluluk kavramı yalnızca karınca kolonilerindeki aile yaşamını değil, kuşların ve memelilerinkini de açıklamaya yardım eder. Marion Petrie tavus kuşlarıyla çalışmaya başladığında yalnızca onların kuyruklarına değil, oluşturdukları erkek topluluklarına da merak salmıştı. Erkek tavus kuşlarının dişilerle karşılaşmadan önce neden bir araya gelip gösteriş yaparak yürüdüklerini merak ediyordu. Daha gösterişsiz erkekler sürekli olarak en muhteşem tüylere sahip olanların arasında göz ardı ediliyordu. Erkekler için dişilerle teke tek karşılaşmak daha iyi değil miydi? Böylece sürekli yenilenen bir rekabetle yüzleşmemiş olurlardı.

İngiltere'deki Whipsnade Park isimli hayvanat bahçesinde 200 tavus kuşu kendilerine ayrılan bölümde özgürce dolaşırlar. 1991'de Petrie bunlardan sekizini 160 kilometre ötedeki bir çiftliğe götürdü. Her bir erkek tavus kuşunu dörder dişiyle kümeslere kapattı. Yumurtalar her gün toplandı ve bunlar bir kuluçka makinesine yerleştirildi. Petrie, yavrular yumurtadan çıktıktan sonra onları tanıyabilmek için ayaklarına halkalar taktı. Bir süre sonra onları diğer kümeslerden gelen yavrularla karıştırdı. Bir yıl sonra Whipsnade'e 8 babadan 12'şer yavruyla yani toplamda 96 yavruyla geri döndü.

4 yaşındaki bir erkek tavus kuşu kuyruğunda ilk olarak hangi bölgeyi göstereceğini belirlemiş olur. 1997'de Petrie hayvanat bahçesine geri getirdiği tavus kuşlarını seyretmeye başladı, onların oluşturacağı erkek grubunu izliyordu. Ayaklarındaki halkaları kontrol etti ve kartlarından ailelerinin kimler olduğunu buldu. Erkek kardeşlerin ve üvey kardeş olanların birbirlerine çok daha yakın durduğunu, akraba olmayanların ise birbirlerinden uzak durduğunu görmek şaşırtıcıydı. Bir erkek tavus kuşunun en yakın komşusunun bir akrabası olma olasılığı, bu olasılığın rastlantısal olma olasılığından 5 kat daha fazlaydı. İlginç olan, kuşların ailelerini ve kardeşlerini hiç bilmiyor olmalarıydı. Birbirlerini ilk kez hayvanat bahçesinde görüyorlardı.

Bir aile işi olarak oluşan erkek topluluğunun da bir mantığı vardı. Erkek tavus kuşları erkek kardeşleriyle pek çok geni paylaşırlar. Eğer kardeşler başarıyla ürerlerse paylaştıkları genler sonraki nesillere ak-

tarılmış olur. Bazı erkek tavus kuşları için kardeşlerine yardım edip önce onlara eş bulmak ve ardından kendileri için eş aramak daha kayda değerdir. Eğer dişiler onlardan birisiyle çiftleşecek olursa, kazanan ortak genetik yapıları olacaktır.

Kapsayıcı uyumluluk, doğanın en dokunaklı olaylarını açıklamamıza yardımcı olabilir. Örneğin Kenya'da bir zamanlar bilim insanlarının ütopik bir komün olarak değerlendirdikleri beyaz arıkuşu türü yaşar. 300 kuşa kadar ulaşan devasa koloniler oluştururlar. Yuvaları bir uçurumda çamurların içindeki deliklerden oluşur ve bunlar bir apartman gibi yoğun ve bir aradadır. İlk kuş bilimcilere göre, yetişkin kuşlar tek eşli bir düzen içinde yaşıyor görünmektedir. Yavrular büyüdüklerinde çoğu zaman kendilerinden daha küçük erkek ve kız kardeşlerine bakmak için yuvada kalırlar. Bazen komşularına bile yardım ederler.

1970'lerde Stephen Emlen bu arıkuşlarının ne kadar fedakâr olduklarını gözlemek için bölgeyi ziyarete başladı. O ve arkadaşları yıllarını birbirlerine tıpa tıp benzeyen bu kuşların yuvalar arasında uçuşmalarını, yiyecek bulmak için ok gibi fırlamalarını ve bir süre sonra geri dönüşlerini izleyerek geçirdiler. Kuşların soy ağaçlarını, onların DNA'larını inceleyerek çıkardılar. Uzun zamandır özgecilik olarak izledikleri şeyin aslında bir aile içi entrikalar yumağı olduğunu anladılar.

Emlen, arıkuşlarının iki erişkinden oluşan çekirdek aileler halinde yaşamadıklarını buldu. Bunun yerine 17 kuşa kadar çıkan birden fazla nesli barındıran (anne-baba, büyükanne ve büyükbabalar, amcalar, halalar, dayılar, teyzeler, yeğenler, kuzenler gibi) klanlar oluşturduklarını keşfettiler. Bu büyük aile aynı şekilde gruplardan oluşan komşu yuvalarla sarılıydı ve akrabalar zamanlarının büyük kısmını birbirlerini ziyaretle geçiriyorlardı. Eğer bir yırtıcı bir yuvadaki yavruları öldürürse yavruların büyümesine yardım eden oğul yandaki yuvaya geçiyor ve işine devam ediyordu. Yardım edilen bir yabancı değildi, belki bir amca ya da kız kardeşti. Bu akrabalar bazı genlerini paylaştıkları için o anda hizmet etmekte olduğu aileye hizmet yerine; yeni ailesine hizmet etmek akıllıca bir şeydi. Emlen ve arkadaşları yardımlaşmanın, yuvanın başarısı için devasa bir farklılık yarattığını fark ettiler. Bir yardımcı sayesinde yuva üreme gücünü iki katına çıkarabiliyordu.

Arıkuşları bir aile içi gizli anlaşmalar ağının içinde yaşıyorlardı. Dişiler, gerçekte yabancıların yuvalarını da ziyaret ediyorlardı ancak bu ziyaret yavruların büyümesine yardım için değildi; bunu başka yuvalara kendi yumurtalarını yerleştirmek için yapıyorlardı. Eğer yumurtaları yerleştirdikleri yabancı yuvadaki aileler bunları fark etmezlerse bu yumurtaları da büyütmek için çaba sarf ediyor, hatta kendi yuvasında

daha çok yumurta olması nedeniyle gerçek bir anne olarak daha çok çalışıyorlardı. Yumurtlama anından yumurtalar çatlayana kadar geçen sürede ise aileler bu davetsiz misafirlere karşı yumurtaları koruyorlardı. Emlen bu arada bu gezgin annelerin kendi kızlarının gizlice kendi yumurtalarını annelerinin yuvasına koyduklarını keşfetti. Emlen, kızların da yumurtaları olmasına şaşırdı çünkü onlar henüz aileleriyle birlikte yaşıyorlardı ve daha kendilerine bir eş seçmemişlerdi. Ama fark etti ki bu kızlar yuvalarından kilometrelerce ötedeki diğer arıkuşlarının kolonilerine uçuyor ve orada çiftleşip geri geliyorlardı.

Babalar oğullarına komplo kurabiliyor, eğer oğullarından birisi bir dişiyle eşleşir ve yeni bir yuva kurmak isterse babası ona çok sayıda ziyarette bulunuyor ve kendi ailesini kuramayacağını belirtiyordu. Bir süre sonra oğul yuvaya geri dönüyor ve tekrar yavruların büyümesine yardıma başlıyordu. Bir ütopya olarak görülen şey aslında kapsayıcı uyumlulukla ilgili davranışların hep birlikte kaynadığı bir cadı kazanıydı.

ŞEMPANZELERİN CİNSEL POLİTİKALARI

Emlen ve diğer araştırmacılar daha önce özgecilik olarak değerlendirilen pek çok olgunun temelsiz olduğunu gösterdiler. Ancak birkaç tür hayvan herhangi bir kan bağı olmadan yabancılara yardım eder. Vampir yarasalar bunlardan birisidir. Her geceyi kanlarını içebilecekleri hayvanları arayarak geçirirler. Eğer başarısız olurlarsa mağaralarına geri döner ve daha başarılı bir gece geçirmiş, akrabaları olmayan bir yarasadan biraz kan dilenirler. Rutgers Üniversitesinden antropolog Robert Trivers, bu tür olguları karşılıklı özgecilik olarak adlandırıyor. Evrim böyle karşılıklı fedakârlıkları destekler. Trivers buna katılıyor çünkü uzun vadede birbirlerine yardım eden akraba olmayan iki hayvan bencilce davranmak yerine böyle davranarak yaşam şanslarını artırırlar. Vampir yarasalar aldıkları besini hızla yakarlar, yani 2-3 gün kan bulamazlarsa aç kalırlar. Akraba olmayan bir yarasaya kan vermek bir özgecilik olarak gözükebilir ama bu aynı zamanda bir sigorta politikasıdır.

Karşılıklı özgecilik, özellikle büyük beyinli türlerin bir evrimsel gelişim özelliği olabilir. Eğer diğer bireyleri tanıyacak büyüklükte bir zihinsel kapasiteniz varsa kimin size karşı iyi olduğunu ve kimin sizin kibarlığınızdan yararlandığının hesabını tutabilir ve bunu gelecekte kendi çıkarınız için kullanabilirsiniz. Bu açıdan yabancılara yardım etmek gibi özgecilik kavramını destekleyecek en iyi kanıtların şempan-

zeler ve bonobolar (cüce şempanze olarak da bilinen ayrı bir maymun türü) gibi bize en yakın türlerden gelmesi şaşırtıcı olmamalıdır.

Şempanzeler, akraba olmayan şempanzelerle ilişki kurabilir, onlara iyilik yapabilir hatta bazen fedakârlıkta da bulunabilirler. Hep birlikte sürek avlarına çıkabilir ve küçük antilopları, *colobus* maymunlarını avlayabilir, avlarını paylaşabilirler. Karşılıklı özgecilik şempanzelerin *toplumsal* güç elde etmelerine yardımcı olabilir. Örneğin alt düzeydeki iki erkek işbirliği yapıp sürünün lider erkeğini devirebilir. Şempanzeler iyiliklerini karşılıksız yapmazlar. İyiliklerinin hesabını tutarlar, eğer aldatıldıklarını düşünürlerse cömertliklerine son verir ve hatta aldatan şempanzeyi cezalandırırlar.

Şempanze topluluklarında karşılıklı özgecilikten erkekler yararlanırken, dişiler yararlanamaz. Erkekler ömürlerinin tamamını doğdukları sürü içinde geçirirken dişiler erişkin olduklarında sürüden ayrılırlar. Bir dişi yeni bir sürüye katıldığında doğan yavruların bakımı ve zorunlu gereksinimlerin karşılanması onların yeni şempanzelerle uzun süreli ilişkiler içine girmelerini engeller. Süt emen bir yavruyu sürekli taşımak meyve peşinde koşarken dişinin sosyalleşmesini zorlaştırır. Çünkü yavru şempanzeler 4 yıla kadar annelerine bağımlı yaşarlar ve bir dişi şempanze tüm yetişkin yaşamının neredeyse yüzde 70'ini doğduğu sürünün dışında geçirir.

Sonuç olarak tüm iktidar erkek şempanzelere ait olur. Erkekler diğer erkeklerle bağ kurar, şempanze hiyerarşisi içinde yükselebilmek ve tepeye tırmanabilmek için dostluklar edinirler. Karşılıklı özgecilik, düzensiz gıda temini konusunda da erkekleri üstün kılar. Şempanzelerin beslenmesi büyük ölçüde meyvelere dayanır, bunun için de olgun meyveleri bulmak için sürekli gezmeleri gerekir. Beslenmelerini tamamlamak ve et bulmak için erkekler birlikte avlanabilir, ganimeti paylaşabilir ve daha küçük şempanze gruplarına saldırılar düzenleyip onların beslendiği meyve ağaçlarına el koyabilirler.

Bu sırada, hiçbir zaman ittifak kurma şansı bulamayan ve karşılıklı fedakârlığın faydalarından yararlanamayan dişiler de erkeklerin elde ettiği gücü hiçbir zaman elde edemez. Eğer bir grup şempanze besin bulursa dişiler değişmez bir şekilde erkeklerin karınlarını doyurmalarını bekler. Erkek şempanzeler ayrıca dişilere şiddet de uygularlar. Onları cinsel ilişkiye girmek için baskı altında tutar ve onlara vururlar. Hatta gruba bebeğiyle birlikte bir dişi gelecek olursa erkekler onu öldürebilir. Harvard Üniversitesinden primatolog Richard Wrangham şöyle diyor: "Şempanze toplulukları korkutucu bir şekilde ataerkil ve dehşetli ölçüde kabadır."





Primatolog Richard Wrangham (altta) şempanzelerin sosyal yaşamlarının üzerindeki sır perdesinin kalkmasında rol oynadı. Bu gizemin ardında erkeklerin egemenliğindeki bir yaşam, şiddet ve bazen bebek katliamı ile baş etmek zorunda kalan dişiler olduğunu ortaya koydu.

Başka türlerdeki gibi, dişi şempanzeler de pasif olarak acı çekmezler. Yaptıkları tek şey yavrularını korumak ve iyi eşler bulabilmek için çabalamaktır. Diğer kuyruksuz maymunlarla kıyaslandığında genç dişi şempanzelerin cinsel açıdan erişkinliğe ulaşması uzun bir zaman alır; bazı primatologlar bu gecikmenin yeni bir gruba bir bebekle gelip öldürülme olasılığını azaltmak için olduğunu düşünmektedir. Bir dişi şempanze cinsel açıdan erişkin hale geldiğinde cinselliğini bebeklerini korumak için kullanır. Cinsel ilişkiye girmeye hazır hale geldiğinde cinsel organları şişerek pembe bir renk alır ve grup içindeki her erkeğe alaka gösterir. Egemen erkekler onunla en çok cinsel ilişkiye girmek isteyenlerdir ama dişilerin diğer erkeklerle ilişkiye girmesini de engelleyemezler. Ortalama olarak bir dişi doğurduğu her bebek için 13 farklı erkekle 138 kere cinsel ilişkiye girer. Bu süreç cinsel organlarının şişmesi sona erene kadar sürer. Gerçekte dişi çok kısa bir süre için döllenmeye uygundur. Cinsel ilişkilerinin yaklaşık yüzde 90'ında da zaten hamile kalmasına olanak yoktur. Aynen aslanlarda olduğu gibi, dişi şempanzeler de erkeklerin yavruları

öldürmeye yönelik güdülerini engellemek amacıyla pek çok erkekle ilişkiye girer. Amaç erkeklerin yavruların gerçek babasını bilmesini zorlaştırmaktır.

SAVAŞMA SEVİŞ

Cinsiyetler arasındaki evrimsel çelişki bazen şempanzelerde olduğu gibi erkeklerin dişilere yönelik şiddetine neden olur ama bu zorunlu bir durum değildir. Eğer koşullar doğru olsaydı kuyruksuz maymunlar çok daha huzurlu bir var oluşa sahip olabilirlerdi. Bunun için cinselliğin, genlerin devamını sağlamaktan daha öte işlevlerinin olması gerekir. O zaman cinsellik barışı sağlamak için bir araca dönüşür.

Bu koşulu sağlayan maymunlar barışçıl bonobolardır. Bonobolar bilim dünyası için göreceli olarak yenidirler; bilim insanları onların şempanzelerden farklı olduklarını sadece 70 yıl önce anlayabildi. 1929'da Alman bir anatomist, bir Belçika koloni müzesinde genç bir şempanzenin kafatasını incelerken bunun başka bir türe ait küçük bir erişkin olduğunu fark etti. Bonobolar, Demokratik Kongo Cumhuriyetindeki Zaire Nehrinin güneyinde yaşar ve sıradan şempanzelerden yalnızca küçük değil aynı zamanda daha zayıftırlar; uzun bacakları ve dar omuzları vardır. Dudakları kırmızı, kulakları küçük ve siyahtır. Yüzleri, şempanzelerden daha düz ve daha uzundur; düzgün, ortadan ayrılmış saçları vardır.



Aynı zamanda pigme şempanzeler olarak da bilinen bonobolar, şempanzelerden 2-3 milyon yıl önce ayrılmışlardır. O zamandan beri bu iki tür tamamen ayrı iki sosyal yaşama evrilmiştir. Şempanzeler erkek egemen bir sosyal yaşam sürerlerken bonobo topluluklarında ise dişiler egemendir.

Şempanzeler ve bonobolar arasındaki fark anatomiden çok daha fazlasıdır. II. Dünya Savaşı sırasında Müttefikler Alman şehri Hellabrun'u bombaladılar. Şehirdeki hayvanat bahçelerinden birisindeki şempanze kolonisi, patlamaların korkunç seslerinden hiç etkilenmedi. Bunun hemen

yanındaki başka bir hayvanat bahçesinde yaşayan bonobo kolonisinin tamamı ise dehşete kapılıp korkudan öldü. Birkaç yıl sonra iki Alman primatolog Hellabrun'da bonobolar üzerinde çalışırken cinsel yaşamlarının şempanzelerden çok farklı olduğunu gördüler. Şempanzelerin daha çok köpeklerinkine, bonobolarınsa insanlarınkine benzer cinsel yaşamlar sürdüklerini yazdılar. Bütün primatlar içinde yalnızca insanlar ve bonobolar yüz yüze bakarak sevişiyorlardı.

Alman primatologların tezleri diğer kuyruksuz maymun uzmanları tarafından reddedildi ve 1970'lerde genç nesil araştırmacılar bonobaların şempanzelerden son derece farklı olduklarını yeniden keşfettiler. Aynen şempanzelerde olduğu gibi, erkek bonobolar da doğdukları sürü içinde kalıyor ve dişiler erişkin olduklarında sürüyü terk edip yeni bir gruba katılıyordu. Ama bonobolarda dişiler yeni bir sürüye katıldıklarında yavrularını öldürmeye hazır ve kendilerini çiftleşmeye zorlayan bir erkekler grubuyla karşılaşmaz. Bonobo topluluğunda egemen olan dişilerdir. Eğer topluluğun ortasına bir top muz atacak olsanız ilk yiyenler dişiler olur ve erkekler sıralarını bekler. Eğer bir erkek dişilerden birine saldıracak olsa sorumlu dişilerin öfkeli tepkisiyle karşılaşır. Saldırgan erkeği yatırıp testislerinden birisine çok ağrı verici bir ısırık atarlar. Erkek bonobolar kendi içlerinde bir hiyerarşi içinde yaşarlar. Egemen dişilerin oğullarından başlayan hiyerarşi, erkeklerin güçlü bağlar kurmasını engeller.

Yeni bir topluluğa katılan dişi bonobo aslında ebedi bir sefahat âlemine girmiş olur. Her ne kadar dişi bonobolar erişkin yaşamlarının yüzde 5'inde şişmiş cinsel organlarıyla dolaşsalar da, yaşamlarının yarısında cinsel açıdan talepkâr durumdadırlar. Cinsel yaşamları erken başlar. Gerçekten cinsel birleşme gerçekleştirebileceklerinden çok öncesinde erkeklerle çiftleşmeye çalışırlar. Bonobolar yalnızca heteroseksüel de değildir. Genç erkekler birbirlerinin penisleriyle oynar veya birbirlerine oral seks yaparlar. Dişiler de bu sırada birbirlerinin cinsel organlarını orgazma ulaşana kadar ovalarlar (primatologlar buna "g-g ovalaması" der).

Bonobolar için cinsellik yalnızca üremek için veya bebekleri kızgın erkeklerden korumak için değildir. O sosyal bir araçtır. Yeni bir dişi bir bonobo topluluğundaki geleceğini kıdemli dişilerden birisine yaklaşarak oluşturur ve ona olabildiğince çok cinsel tatmin sağlamaya çalışır. Bu davranış ona bir ittifak kazandırır ve daha fazlasını da getirir. Genç bonobo bu sayede topluluğun merkezine kadar ilerleyebilir.

Çiftleşme, aynı zamanda bonobo topluluğu içinde oluşan gerilimi de yatıştırır. Bonobolar bir yiyecekle karşılaştıklarında –bu bir meyve

ağacı veya termit yuvası olabilir– çıldırmış gibi bağırırlar. Ancak şempanzeler gibi kavga etmek yerine bonobolar sevişmeye başlarlar. Aynı şekilde eğer bir erkek kıskançlık içine düşer ve bir erkeğin bir dişiden uzaklaşmasını isterse, bu iki erkek bir süre sonra bir araya gelir ve birbirlerinin testis torbalarını ovalamaya başlarlar. Çiftleşme, altta yatan rekabetin veya çekişmenin tam bir savaşa dönüşmesini önler. "Şempanzeler cinsellikle ilgili şeyleri güçle çözerler; bonobolar ise güçle ilgili sorunları cinsellikle çözerler." Emory Üniversitesinden primatolog Frans de Waal, *Bonobo: Unutulan Kuyruksuz Maymun* isimli kitabında böyle yazmaktadır.

Şempanzeler ve bonobolar, primatologlara göre 2 ila 3 milyon yıl önce yaşamış ortak bir atayı paylaşıyorlar. Richard Wrangham ve arkadaşları ise bu iki primat grubunun farklı kökenlerden geldiğini ileri sürmektedir. Bonobolar, meyve kaynaklarının tüm yıl boyunca sürekli olduğu rutubetli ormanlarda yaşarken, şempanzeler ise genellikle açık ormanlarda yaşarlar. Eğer bonobolar meyvesiz kalırlarsa, yaşadıkları ormanlarda bolca bulunan otlara yönelirler.

Yiyeceğin bol olması sayesinde bonobo grupları şempanzeler kadar hızlı hareket etmek zorunda kalmazlar. Bonobo dişileri bebekleri olsa bile onları koruyabilirler. Yeterli yiyecek olduğunda dişiler birbirleriyle yarışmaz ve uzun süreli ittifaklar kurabilirler. Bu işbirliği sayesinde dişiler erkeleri belli bir çizgide tutabilir. Bunların bir sonucu olarak bonobo topluluklarında bebek öldürmeye hiç rastlanmaz. Erkekler kendi gruplarında barış içinde olduğu için başka gruplara da savaş açmazlar. İki farklı bonobo grubu karşılaştığında kavga etmek yerine çiftleşirler.

Wrangham bu konuyla ilgili şunu söylemiştir: "Seksüel davranışlardaki bu etkileyici farklılık, göreceli olarak beslenme ekolojisindeki basit değişikliklerden kaynaklanmış olmalıdır."

Dişi bonobolar için bu sosyal düzenin kazanımları açıktır. Şempanzelerden çok daha önce hamile kalabilir ve çok daha fazla çocuk sahibi olabilirler. Araştırmacıların saptadığı fark, şempanzelerde dişilerin bebeklerinin öldürülme korkusu içinde yaşadıkları gerçeğidir. Bononbolar ise sağladıkları sosyal ittifaklar sayesinde bu konuda endişelenmezler.

İttifaklar, ihanetler, aldatma, güven, kıskançlık, zina, anne sevgisi, aşk... Tüm bunlar kulağa çok daha insani geliyor. Biyologlar kuşlar arasındaki boşanmalardan veya fareler arasındaki zinadan bahsettiklerinde, çoğu zaman bu kelimelerin etrafında görünmez tırnak işaretleri olduğunu düşünmeliyiz. Her ne olursa olsun biz insanlar da hayvan-

larız (bol sperm ve kıt yumurta ile) ve atalarımız da en az yılanığnesi balıkları veya jakanalar kadar evrimin nesneleriydiler. Kapsayıcı uyum, karşılıklı özgecilik ve erkeklerle dişiler arasındaki çelişkiler bizim davranışlarımızı veya düşünce sistemimizi etkilemiş olabilir mi?

Bu soruyu biyologlarla dolu bir barda sorun ve havada uçuşacak içki bardaklarına kendinizi hazırlayın. Neden iş insanlara gelince mesele bu kadar hassaslaşır? Bu konunun karanlıkta kalmış kısımlarını anlamak için önce insanlığın nereden geldiğini anlamamız gerekir.



KISIM IV

İnsanlığın Evrimdeki Yeri ve Evrimin İnsanlıktaki Yeri



Beden boyutlarıyla karşılaştırılacak olursa, insanlar şempanzelere göre 2 kat büyük beyinlere sahiptir. İnsangillerin sosyal yaşamlarındaki mücadeleler son 5 milyon yıl içinde beyinlerimizin de bu yönde gelişmesine neden olmuş olmalıdır.

Bölüm 11

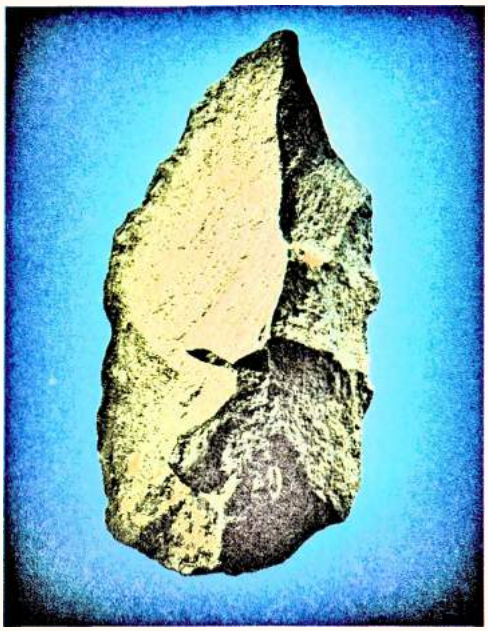
DEDİKODUCU MAYMUN

İnsan Evriminin Toplumsal Kökenleri

Biz insanları dünya üzerindeki diğer tüm türlerden ayırt edebilmenin en kolay yolu, yaptığımız şeylere bakmaktır. Yıldızlararası bir gezide, dünyanın binlerce kilometre ötesinden geçmekte olan uzaylı bir doğabilimciye bile yarattıklarımız açıkça görünür: Uzay istasyonları, bir uydu yığını ve gezegenin yörüngesindeki uzay çöpleri, dünya yüzeyinde bıraktığımız izler, Büyük Çin Seddi, gece parıldayan şehir ışıkları, telefon görüşmeleri, televizyon yayınları ve geri kalan tüm iletişim uğultumuzun oluşturduğu iletişim akıntısı uzayda parlamaktadır.

Teknoloji, insanlığın ayırt edici özellikleri arasında başta geliyor olabilir fakat yegâne niteliğimiz bu değildir. Diğer hayvanlarla karşılaştırıldığında, biz insanlar fazlasıyla sosyal bir türüzdür. Uluslardan, kabilelerden, kulüplerden, dostluklardan, şirketlerden, odalardan, birliklerden ve gizli topluluklardan oluşan küresel bir ağ içinde yaşıyoruz. Biraz önceki örnekte bahsi geçen uzaylı doğabilimcinin, insan doğasının toplumsal tarafını bir bakışta fark edebilmesi oldukça güç olurdu; lakin inşa ettiğimiz yollar, otobanlar ve şehirler ne kadar önemliyse, bizi birbirimize bağlayan insan doğasına ait görünmez bağlar da en az o kadar önemlidir.

Geriye dönüp kendi türümüzün evrimine baktığımızda, uzaylı doğabilimciyle aynı konumda olduğumuzu görürüz. Atalarımıza ait teknolojilerin kalıntılarını görebilir, hatta onlara dokunabiliriz de. En az 2 buçuk milyon yıl önce atalarımız leşlerin üzerindeki etleri sıyırabilmek için taşlardan kesici aletler yapmaya çalışıyorlardı. 1 buçuk milyon yıl öncesinde ise güçlü taş baltalar yapıyorlar ve bunları yalnızca leşleri kazımak için değil, kazma uçları gibi el aletleri yapmakta da kullanıyorlardı. 400 bin yıl önce ilk mızraklar ortaya çıktı ve teknoloji o günden



Tanzanya'dan 700 bin yıllık bir el baltası.

sonra çok daha hızlı ve yoğun şekilde bugüne kadar gelişti. Hiçbir hayvan, dünyanın 4 milyar yıllık tarihi boyunca, teknolojiye ait bir iz bırakmamıştır. Ancak 1 milyon yıllık bir taş baltayı parmaklarınızın arasına alabiliyor olsak da, baltayı yaratan kişinin etrafındaki toplumu deneyimleme şansımız bulunmamaktadır.

Her ne kadar insanların toplumsal evrimini değerlendirmek oldukça zor olsa da, bilim insanları bu sürecin türümüzün yükselişindeki en kritik faktörlerden biri (belki de en önemlisi) olduğunu düşünmektedirler. Bizim şempanze benzeri atalarımız şempanze benzeri toplumsal yaşantılara sahiptiler ancak 5 milyon yıl önce diğer kuyruksuz maymunlardan ayrıldılar ve Doğu Afrika'nın savanlarında kendilerine yeni yaşam alanları aramaya başladılar. Bu arayış sırasında toplumsal yaşamları çok daha karmaşık hale gelmeye başladı. İnsan türünü özel yapan büyük beynimiz, zekâmız, konuşma yeteneğimiz ve aletleri kullanabilme yetimiz gibi özellikler de büyük olasılıkla bu süreç sonucunda evrildi. Aynı zamanda, erkekler arasındaki rekabet ve insangil atalarımız arasındaki üreme başarısı için verilen mücadele psikolojimiz üzerinde, sevebilme kapasitemizde, kıskançlığımızda ve diğer tüm duygularımız üzerinde izler bıraktı.

DARWIN'İN AFRİKA TAHMİNİ

Darwin, doğal seçilimle ilgili kuramını bir araya getirirken insanların nasıl meydana geldiğini düşünmekten kendini alamadı. Ortada inceleyebileceği milyon yıllık bir el baltası da yoktu; tarih öncesi insanlara ait bilinen ilk fosiller 1850'lerin sonuna dek ortaya çıkmayacaktı. Düşüncelerini bazen bir deftere kaydediyor ama bunları kamuoyuna ilan etmekten imtina ediyordu. 1857'de, *Türlerin Kökeni*'ni yayımlamasından 2 yıl önce, Wallace ona bir mektubunda insanın kökenini bir kitapta tartışmaya açma niyetinde olup olmadığını sordu. Darwin, "Her ne

kadar bu konunun bir doğabilimci için en yüce ve en ilgi çekici mesele olduğunu kabul etsem de, meseleyi çevreleyen bu kadar çok önyargı varken bu konuyu ele almaktan kaçınacağım" diye yanıtladı.

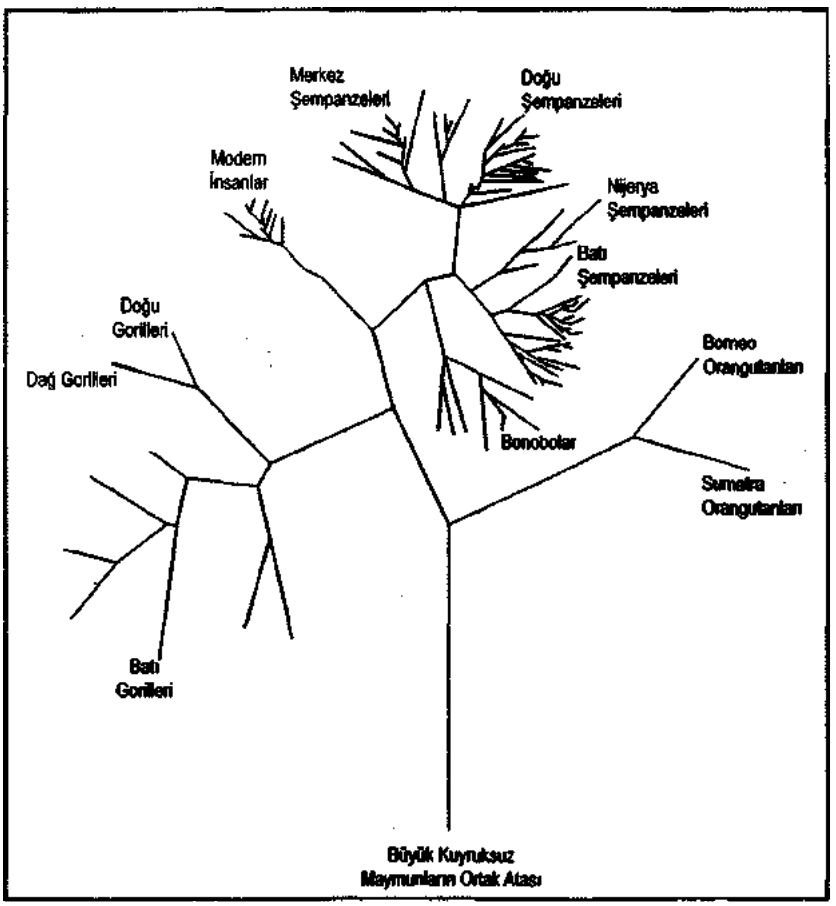
Sessizliği tamamen stratejik bir tercihti. İnsanlar da diğer hayvanlar gibi evrim geçirmiş olmalıydılar. Darwin, bu konu hakkında adil değerlendirmeler işitene dek, kuramı hakkındaki bu yeni dallanmadan bahsetmedi. Her ne kadar Darwin *Türlerin Kökeni*'ni kaleme alırken çok dikkatli davranmıştıysa da, pek çok okuru bir an önce insanların bu kuramda nerede olduğunu öğrenmeye çalışıyordu. Bu soruların yarattığı baskıya ek olarak, araştırmacılar Afrika'nın balta girmemiş ormanlarından şempanzeler ve gorillerle dönmeye başlamışlardı. Huxley ve diğer biyologlar bulguları inceledikten sonra şempanze ve gorillerin, orangutanlardan bile daha çok insanlara benzediğini ortaya koydular. Darwin 1860'ta, Wallace'a bu konudaki görüşünü değiştirdiğini ve insanlara dair bir kitap hazırlayacağını yazdı.

Bu kitabı hazırlamak Darwin'in 11 yılını aldı. Bu süre zarfında *Türlerin Kökeni*'nin yeni baskıları, orkideler üzerine bir çalışması, hayvanların ve bitkilerin evcilleştirilmesi üzerine iki ciltlik dev bir eserle uğraştı. Durup dinlemeksizin sürdürdüğü çalışmaları onu güçten düşürdü ve aylarca hasta yattı. Tüm bu meşgalelerine karşın, insan evrimi hakkında yazması için oluşmuş baskı büyümeyi sürdürdü. Doğal seçilim nasıl olmuştu da konuşma, düşünme, sevme ve araştırma gibi becerilere sahip, mucizevi bir varlık olan insanı kendiliğinden yaratmıştı? Wallace bile pes etmişti. Fazla gelişmiş beyinlerimizin gerekenden çok daha güçlü olduğuna, hayatta kalabilmeleri için insanların kuyruksuz maymunlarınkinden biraz daha gelişkin bir zihin yapısına sahip olmalarının kâfi olduğuna kanaat getirmişti. Öyleyse insanın yaradılışında ilahi bir müdahale olmalıydı.

Darwin bu görüşe katılmıyordu ve en sonunda 1871'de insan evrimiyle ilgili görüşlerini *İnsanın Kökeni ve Cinsiyete Bağlı Seçilim* adlı kitabında yayımladı. Darwin bu karmakarışık eserin birkaç bölümünde, okurlara insan ırkları arasındaki farklardan sorumlu olduğunu düşündüğü seksüel seçilim kuramını tanıtıyordu (Aslında ortaya koyduğu modası geçmiş fikirlerden başka bir şey değildi). İnsan evriminin öyküsünü anlatması beklenen kitapta, yüzlerce sayfayı seksüel seçilimin diğer hayvanlarda nasıl çalıştığını anlatmaya ayırmıştı. Buna rağmen, insanların şimdiki hallerine maymun benzeri atalarından geldiklerini gösteren kanıtlar ortaya koymayı da başarmıştı.

Darwin, *İnsanın Kökeni*'ni yazarken eskiye ait kalıntılara ilişkin ipuçları daha yeni ortaya çıkmaya başlamıştı ve bulguların çoğu ol-

dukça belirsizdi. 1856'da Almanya'da Neander Vadisinde bir madenci bir iskeletin parçalarını gün yüzüne çıkardı; buluntuya Neandertal Adamı denildi. Alın o kadar büyük ama aynı zamanda da basıktı ki, Huxley'nin de iddia ettiği gibi, onun insanın başka bir hali olduğunu düşünmek işten bile değildi. Diğer bilim insanları fosiller değilse de, aletler buldular. İngiltere ve Fransa'da yok olup gitmiş sırtlan fosillerinin yanında çakmak taşları ve kazıyıcı taşlar bulundu. İnsanlığa ait büyük geçmişten bahsediyorlar ancak bu geçmişe ilişkin çok şey söyleyemiyorlardı.



DNA'ya dayanan bu evrim ağacı kuyruksuz maymunların atalarının nasıl orangutan, goril, şempanze ve insana evrildiğini gösterir. Dalların uzunluğu her kuyruksuz maymun topluluğunun genlerinin akrabalarından ne kadar ayrıldığını yansıtır. Ağaçta insanların genetik açıdan şempanzeler ve bonobolarla benzer bir düzeyde olduğu açıkça görülmektedir.

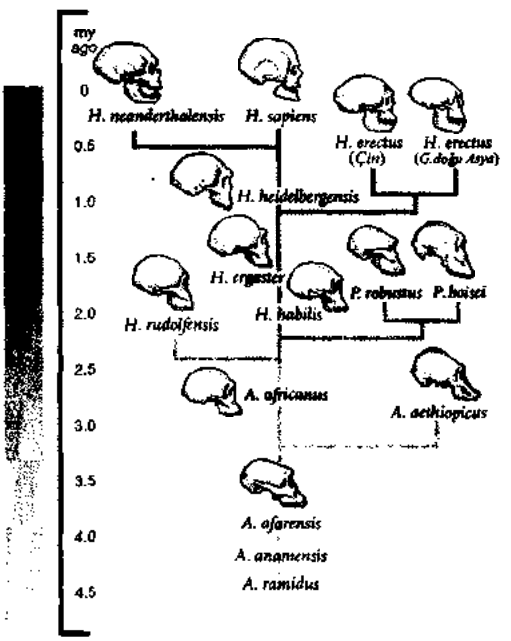
Fosiller ve aletler insanlığın evrimine çok fazla ışık tutamadığı için Darwin insanları büyük kuyruksuz maymunlarla karşılaştırdı. Kemikler karşılaştırıldığında hemen hemen aynı gibiydiler. İnsan embriyoları gelişirken, goriller ve şempanzelerle aynı evrelerden geçiyorlardı. Ancak gelişmelerinin son evrelerinde farklılaşmaya başlıyor, uzuvların büyüklükleri değişiyordu. Darwin'in öne sürdüğü bu benzerlikler, kuyruksuz maymunlar ve insanların aynı ortak atadan köken aldıklarının birer işaretiydi. Atalarımız ortak atadan ayrılıp, kendilerine ait dalda ilerlemeye başladıktan sonra insanları özel yapan tüm özellikleri zaman içinde evrimle oluştu. İnsanların gorillere ve şempanzelere olan aşırı benzerliği ve goriller ile şempanzelerin Afrika'da yaşamalarından hareketle Darwin, kökenlerimizin bulunduğu yerle ilgili bir tahmin yaptı: "İlk atalarımızın büyük bir olasılıkla Afrika kıtasının bir yerlerinde yaşamış olması gerekiyordu."

1871'de Darwin'in okurları, onun bilinmezliğe doğru, bilimsel bir tahmin yürüttüğünü düşünmüş olabilirler. Ancak 130 yıl sonra ortaya çıkan çok zengin bir kanıt topluluğu, Darwin'in haklılığını kanıtladı. Günümüz araştırmacıları, Afrikalı kuyruksuz maymunlarla insanların anatomik benzerliğinin genetik düzeyde de sürdüğünü biliyorlar. 1999'da uluslararası bir bilim insanları topluluğu o tarihe dek genlerimizle ilgili yapılan çalışmalardan yola çıkarak, insanlığın evrimsel ağacını ortaya koydular. İnsanlık, şempanze dalları arasında küçük bir öbek oluşturuyordu. Şempanzelerin ağacı genetik açıdan insanların onların bir alt türü olduğunu gösteriyordu.

Genlerimizin mutasyon oranını hesaplayan araştırmacılar, şempanzelerle insanların son ortak atasının 5 milyon yıl önce yaşadığını buldular. Darwin'den bugüne paleoantropologlar eski insanlara ve bir düzine insan benzeri türe (insanımsılar olarak bilinirler) ait çok sayıda fosil buldular. Bu fosiller insan evriminin beş büyük dönüşüm geçirdiğini gösterdi. İlki, 5 milyon yıl önce başladı ve atalarımızı Afrika savanlarının dışına attı. İkincisi bundan 2 buçuk milyon yıl önce taş aletlerin ortaya çıkmasına şahitlik etti. Bundan 1 milyon yıl sonra üçüncü dönüşüm ortaya çıktı ve kör bıçaklar yerine el baltaları görüldü. 500 bin yıl önce ise atalarımız dördüncü büyük dönüşümü ateşi kontrol ederek, mızrak ve diğer aletleri bularak sağladılar. Son olarak 50 bin yıl önce insanlar modern aklın belirtilerini mağara duvarlarını boyayarak, mücevherler yaparak, silahlar geliştirerek ve cenazelerini gömerek gösterdiler.

En eski ve şempanzelere en benzer insangil fosili 1990'da Etiyopya'da çalışan bir grup bilim insanı tarafından bulundu. Kazı

sırasında 4,4 milyon yıllık bir grup diş, kafatası parçaları ve bazı kol kemikleri fosillerini ortaya çıkardılar. Fosiller kuyruksuz maymunlara aitmiş gibi duruyordu fakat bazı özellikleri şempanzelerden ziyade insanları andırıyordu. Ağızları kapandığında üst ve alt dişleri insanlardaki gibi karşı karşıya geliyordu. Omurgaları kafataslarıyla aynen insanlardaki gibi bağlanıyordu (Şempanzelerde ve diğer kuyruksuz maymunlarda omurga ile kafatası, kafatasının daha arka kısmında karşı karşıya gelir). Ancak Etiyopyalı bu yaratık, aynı zamanda çok belirgin şempanze özellikleri de taşıyordu. Çok belirgin köpek dişleri vardı ve tıpkı şempanzelerde olduğu gibi, bu dişler çok ince bir mine tabakasıyla kaplıydı. Bu dişlerle ciddi miktarlarda et tüketmek veya sert bitkileri yemek mümkün değildi. Bu dişler ancak yumuşak meyveler ve gevrek yaprakları yemeye yarardı; tıpkı bugünkü şempanzelerin yaptığı gibi.



Yok olmuş insangillerin fosillerini karşılaştırarak araştırmacılar, insanlığın atalarına ait bu evrim ağacını çizdiler. *Ardapithecus ramidus*, insangillerin şempanzelerden ayrıldıkları dalın hemen sonrasında bulunduğu için ağacın tabanının hemen üzerinde yer aldı. Milyonlarca yıl, düzinelerce insangil türü evrildi ve bunların çoğu yan yana yaşadı. Ancak 30 bin yıl önce yalnızca bir insangil türü sağ kaldı, yani bizim atalarımız.

Bu şaşırtıcı karışımla daha önce de karşılaşmıştık; yürüyen balinalar, ayakları ve ayak parmakları olan balıklar, omurgalılar gibi bir beyne sahip olan omurgasızlar da aynı şaşkınlığa yol açmıştı. *Ardipithecus ramidus* adı verilen bu Etiyopyalı yaratık, insan ve şempanze arasındaki kayıp halka değil, daha çok onların ve bizim atalarımız arasındaki ayrışma noktasına yakın bir dalda yer alan bir türdü.

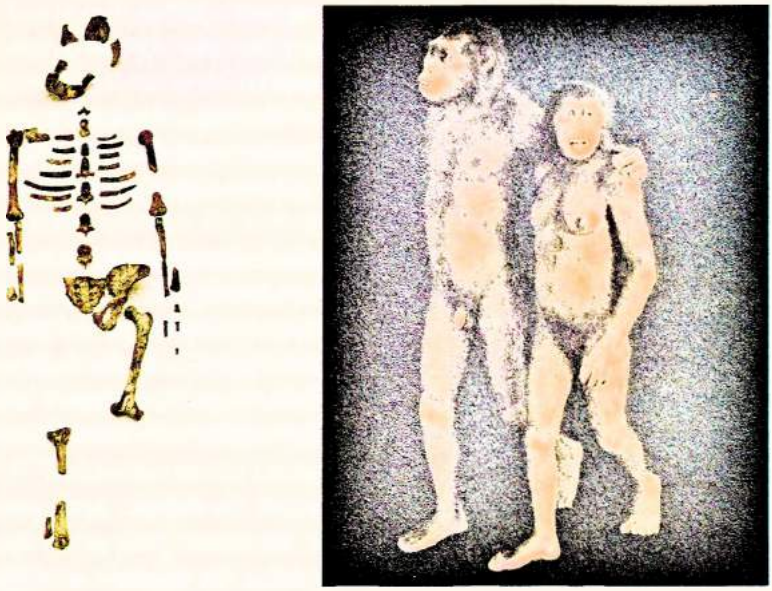
A. ramidus, bilinen en eski insangil fosili olmaya devam ederken, diğer bilim insanları da farklı insangil türlerine ait 3 milyon yıllık fosiller buldular. Bu fosillerin hepsi de Doğu Afrika'da bulundu. Kenya'daki Turkana Gölü kıyılarında paleoantropolog Maeve Leakey 4,2 milyon yıllık bir insangil keşfetti ve ona *Australopithecus anamensis*

adını verdi. Etiyopya, Kenya ve Tanzanya'da bilim insanları kazılar yaptılar ve *Australopithecus afarensis* denilen 3,9 ila 3 milyon yıl önce yaşadığı tahmin edilen bir insangil türüne ait fosiller buldular (Bu insangil türlerinin en bilinenidir ve bu türe ait meşhur dişi fosili olan Lucy, Donald Johanson tarafından keşfedilmiştir). Gelecekte kendi türlerine dönüşecek eski insangillerin diğer parçaları da Doğu Afrika'nın aynı bölgesinde bulundu.

Bu erken insangiller çok karmaşık zamanlarda yaşadılar. Soğumakta olan iklim, Sahra Altı Afrika'yı kaplayan sık cangıl örtüsünü, bölük pörçük ormanlık alanlara ve ağaçlık arazilere dönüştürüyordu. Şempanzeler ve insangiller bu değişikliklere farklı yollarla uyum sağlıyorlardı. Şempanzeler bu iklim değişikliği sırasında yoğun ormanlara kaçıp hayatta kaldılar ve Orta ile Batı Afrika'ya yerleştiler. Bu sırada insangiller ise Doğu Afrika'nın daha açıklık alanlarına uyum sağladılar.

İklim soğudukça atalarımızın bedenleri de değişti. Ayak parmaklarının yapısı, elde bulunan parmaklara benzemez hale geldi. Bacakları uzadı. Başlarını kaldırdılar ve sırtları daha dik duruma geldi. Indiana Üniversitesinden Kevin Hunt, bu değişikliklerin insangillerin beslenme alışkanlıklarındaki farklılaşmalarla ortaya çıktığını öne sürdü. İlk insangiller ormanlarda yiyecek bulabilmek için bugünkü şempanzeler gibi ağaçlara çıkabiliyordu. Hunt, yaşam alanlarındaki ormanların yoğunluğu azaldıkça atalarımızın daha alçak ağaçlardan yiyecek toplamaya başladığını düşünmektedir. İki bacakları üzerinde duran insangil, bir koluyla ağaçların dallarına tutunurken diğeriyle de meyveleri topluyordu. Diyetlerindeki bu değişiklikler yürüyüşlerini de değiştirdi. İlk insangiller büyük ihtimalle dört ayak üzerinde yürüyor, tıpkı günümüzdeki şempanzelerin yaptığı gibi yumruk yaptıkları ellerindeki parmak eklemleriyle kendilerini dengeliyorlardı. Uzun bacaklar sayesinde insangiller iki ayakları üzerinde yumruklarının yardımı olmadan yürümeye başladılar.

Dik yürümek atalarımızın yaşadığı en önemli değişikliklerden biriydi ama ilk iki ayaklı insangiller bizim bugün yürüdüğümüz kadar rahat yürüyemiyorlardı. Ortalama bir insan kendini yormadan saatte 5 km kadar yol gidebilir. Kısa bacaklarıyla ilk insangillerin bu hıza erişebilmeleri için koşmaları gerekirdi. Çok daha yavaş yürüyebiliyorlardı ve bunun sonucunda gün içinde kat edebildikleri mesafe çok kısaydı. İlk insangiller çoğunlukla bir ağaçtan diğerine yürüyor olmalıydılar. Bazen alçak dallardaki meyveleri almak için ayakta duruyor ve bazen de uzun kollarını kullanarak ağaçlara tırmanıp kıvrımlı parmaklarıyla dalları sıkıca kavrıyor olmalıydılar (Ağaçlara çıkmalarının bir diğer sebebi de, kılıç dişli kedilerden ve diğer yırtıcılardan kaçmak olmalıydı).



"Lucy", *Australopithecus afarensis*'e ait neredeyse tam olan 3 milyon yıllık bir iskelettir (sağ tarafta bir *Australopithecus afarensis* ile birlikte gösterilmiştir).

1 milyon yıl sonra insangiller artık geniş bir alana yayılmışlardı. Ortaya çıkan yeni insangil türleri fosillerini Çad'ın kuzeyinden Güney Afrika'nın güneyine kadar bırakmışlardı. Buna ek olarak, 2 buçuk milyon yıl öncesine ait fosil kayıtlarında artık yeni şeyler de vardı: Taş aletler.

İnsangiller kayaları parçalayarak ve kayaların kenarlarını ufalayarak aletler oluşturmaya başladılar. Bu süreçte doğrama ve kazımakta kullanılan basit bıçaklar da yaptılar. İnsangiller alet yapan ve kullanan tek kuyruksuz maymun türü değildi. Orangutanlar, ağaçların içindeki balı veya termitleri dışarı çıkarmak için dal parçaları kullanırlar. Şempanzeler daha beceriklidir; çukur açmak için çomaklardan faydalanır, cevizleri bir kayanın üstüne koyup bir başka kayayla aynen demircilerin örs üzerinde çalışması gibi döverek kırarlar. Su depolamak veya yağmurda şemsiye gibi sererek üzerlerinde su biriktirmek ve hatta çamura bulaşmamak için oturacakları yere sermek üzere yapraklardan yararlanırlar. Ancak insangillerin 2 buçuk milyon yıl önce keşfettikleri aletler akrabaları olan kuyruksuz maymunlarınkilerin çok ötesindeydi.

Şempanzelerin alet kullanabilme hususundaki sınırları Indiana Üniversitesinden Nicholas Toth tarafından 1990'ların başında ortaya kondu. Toth, doğal ortamında yakalanmış oldukça akıllı bir bonobo olan Kanzi'yi taş aletler yapmak konusunda eğitti. Aylar boyunca Kanzi kayaları birbirine çarptı fakat hiçbir gelişme sağlayamadı. So-



Şempanzeler alet kullanabilirler; burada bir şempanze termitleri yakalamak için bir çubuk ile ağaç parçasını oyarken görülüyor. Ancak taş aletleri 2 buçuk milyon yıl önce insangillerin yaptığı şekilde geliştirememiş ve kullanamamışlardır.

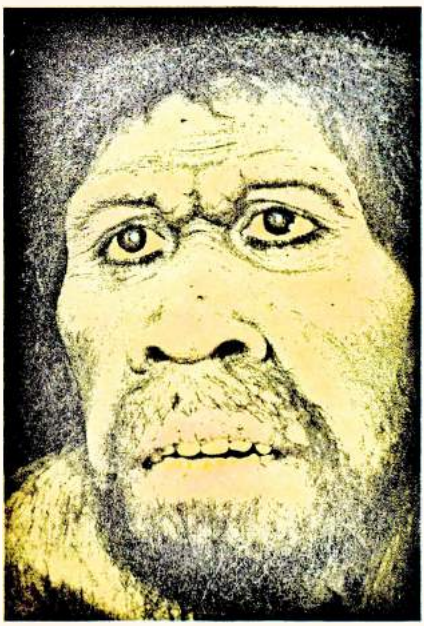
runun önemli bir kısmı Kanzi'nin parmaklarının hareket kabiliyetinin, insanların ve diğer bazı insangillerin hareket yeteneklerinin gerisinde kalmasıydı. Sonuç olarak bir kayaya uygun şekli verecek işlemleri yapamıyordu. Fakat bunlardan daha önemlisi, beyni bir kayayı başka bir kayaya uygun şekilde vurabilmeyi sağlayacak işlemi yapmak konusunda yönlendiremiyordu. Ne kadar güç uygulayacağını, bir taşın neresiyle öbür taşın hangi kısmına vurması gerektiğini ve daha pek çok şeyi kestiremiyordu. 2 buçuk milyon yıl önce ise atalarımız tüm bunların arkasında yatan gizemi çözmüşlerdi.

Tıpkı iki ayak üzerinde yürümek gibi, alet yapabilme özellikleri de kökenlerini iklim değişikliklerinden alıyor olabilir. 2-3 milyon yıl önce Doğu ve Güney Afrika geçmişte olduğundan daha kuru bir hale geldi ve ormanlık alanların pek çoğu yerini otlaklara bıraktı. İnsangiller sıcak ve açık alanlarda hayatta kalabilmek için daha fazla dik durma yönünde evrim geçirdiler. Ayakta olduklarında tropikal güneş ışınları bedenlerini çok ısıtmıyor ve ayaktaki bir beden hava akımlarıyla daha kolay soğuyabiliyordu. Bu yeni yaşam koşullarına uyum sağlayan ve savanlara yayılan antilop ve ceylan fosillerinin bazıları, bu canlıların avlanarak öldürüldüklerini ve hatta etlerinin kemiklerinden ayrıldığını

işaret eder. İnsangiller savanlarda bu memelileri takip edip, aslanlar veya diğer yırtıcılar tarafından geride bırakılan leşlerini yiyerek (bazen bu hayvanları korkutup avlarından uzaklaştırarak) veya avladıklarının etlerini tüketerek hayatta kalmış olabilirler.

İlk taş aletler yontulduğu sırada Afrika'da dört ayrı insangil türü yaşıyordu. İlk taş aletleri yapması en muhtemel tür bizim cinsimizin, yani *Homo* ailesinin ilk üyeleriydi. *Homo*'lara ait bilinen ilk fosil kayıtları, bu canlıların 2 buçuk milyon yıl önce, yani bilinen en eski taş aletlerle aynı zamanlarda yaşadıklarını gösterir. Onları diğer insangillerden farklı kılan pek çok çarpıcı özelliğe sahiplerdi. Başparmak ve işaret parmaklarını karşı karşıya getirebildikleri bir el yapısına sahiplerdi ve büyük beyinleri vardı. Kafataslarındaki boşluklara bakılarak, erken dönem *Homo*'ların beyinlerinin, diğer insangillerin bedenleri ile beyin büyüklükleri arasındaki oranla karşılaştırıldığında, yüzde 50 daha büyük olduğu anlaşılmaktadır.

Bir çakalın veya aslanın dişlerine ve çenelerine sahip olmasalar da, taş aletler sayesinde insangiller diyetlerine daha çok et katabildiler. Bu gelişmeyi büyük beyinlerin evrimi izledi. Birkaç yüz bin yılda, uzun bacaklarının ve 180 santimetreyi bulan bedenlerinin üzerinde bulunan insangil beyni, şempanzelerinkilerin neredeyse iki katı büyüklüğe ulaştı. Ağaca tırmanmaya ait tüm kanıtlar artık kaybolmuştu. Bu insangiller *Homo ergaster* olarak bilinirler ve "ilk insan" olarak adlandırılmayı hak ederler. Modern insanlar gibi, onlar da etraflarını keşfetmeye ve seyahat etmeye ilişkin büyük bir tutkuya sahiptiler ve çok geçmeden Afrika'yı terk ettiler. *H. Ergaster* günümüzde Gürcistan'ın bulunduğu topraklar ile Hazar Denizi kıyılarına 1,7 milyon yıl önce ulaştı ve burada kendine ait kafatası ve alet fosilleri bıraktı.



Homo ergaster 1,7 milyon yıl yaşında bir insangildir ve insan adını hak eden en eski türdür.

Ancak Gürcistan'dakilerin kullandığı aletlerin modası geçmek üzereydi (son 800 bin yıldır tüm insangillerin kullandığı standart yontulmuş taşlara sahiptiler). Afrika'da kalan insangiller ise teknolojik olarak bir sıçrama yapmış ve 1 buçuk milyon yıl önce el baltasını bulmuşlardı. Bu yeni aletleri

imal etmek eskilere göre çok daha fazla beceri gerektiriyordu. Bir el baltası yapabilmek için bir insangilin kaya parçasının her iki tarafını da yontması ve onu daha fazla şekillendirmesi gerekiyordu. Bu aletleri bulanlar, kesme ve parçalama işlemini yapabilen bir şekil ortaya çıkana dek kayaları rastgele birbirlerine vurmuş değillerdi. Kafalarında belirli bir tasarım vardı.

El baltalarının keşfi Afrikalı insangillerin aç beyinlerini doyurmalarını sağladı. Beyin dokusu, aynı boyuttaki dinlenme halindeki bir kas dokusuna göre 22 kat daha fazla enerjiye gereksinim duyar. Artık insangillerin doyurmaları gereken çok daha büyük beyinleri vardı. İnsangiller yeni aletlerini daha fazla et bulmak, büyük hayvanları kesebilmek ve onların postlarını yüzebilmek için kullandılar. Ancak günümüzde varlığını sürdüren avcı-toplayıcıların da gösterdiği üzere, bu insangillerin yalnızca etle hayatta kalmaları mümkün değildi.

Çok daha gelişkin silahlara sahip günümüz avcı-toplayıcıları bile yalnızca av etleriyle ailelerini besleyemezler. Utah Üniversitesinden antropolog Kristen Hawkes, Doğu Afrika savanlarında yaşayan bir grup olan Hadza'ların diyetlerini inceledi. Zaman zaman ceylanları veya daha büyük hayvanları avlayıp yiyordularsa da, kalori gereksinimlerini düzenli olarak karşılamak için esas olarak bitki köklerini ve yumruları tüketiyorlardı. Hawkes, ilk *Homo* kadınlarının bu gelişmiş taş aletleri 1 buçuk milyon yıl önce toprağı kazmak ve köklerle yumruları açığa çıkartmak için kullanmış olduklarını ileri sürdü.

Bu yeni aletlerin bulunmasından hemen sonra insangiller Afrika'dan dalgalar halinde göç etmeye başladılar. Yaklaşık 1 milyon yıl önce insangiller Asya ve Avrupa'ya doğru aletleriyle birlikte harekete geçtiler. İnsangiller 800 bin yıl önce, batıda İspanya, doğudaysa Endonezya'ya dek Eski Dünyanın tamamına yayıldılar. Fakat bu göçmen insangiller İngiltere'nin güney kıyılarından yukarılara, yani 50'nci enlemin üstüne çıkamadılar. Daha kuzeye göçebilmeleri için yüzbinlerce yılın geçmesi gerekecekti. Hawkes'ın belirttiği gibi, 50'nci enlemin yukarısı yumruların ve köklerin yetişebilmesi için fazla soğuktu ve bu özelliğiyle insangiller için bir sınır niteliğindeydi. Eğer insangiller mideleri tarafından yönlendirilen bir ordulardıysa, bu ordunun böylesi bir sınıra ulaşınca ilerlemeyi kesmiş olması gerekirdi.

ALETLER VE İTTİFAKLAR

Aletler olmasaydı insangiller bu kadar uzaklara yayılamazlardı. Peki, onların bu aletleri yapmalarını sağlamış olan evrimsel güçler nelerdi? İnsangillerin evrimi sırasında beyinleri istikrarlı olmayan bir hızda

gelişmeye başladı. Daha büyük ve karmaşık beyinlere sahip oldukça, insangiller alet yapabilmeye cüret edebilir hale geldiler. Ancak hâlâ çözülmemiş bir sorun vardı: Bu büyük beyinler nasıl oluştu?

Bu sorunun yanıtı büyük olasılıkla kuyruksuz maymunlar ve maymunların toplumsal yaşamlarında gizlidir. Diğer hayvanlarla kıyaslandığında primatlar toplumsal açıdan özel gruplar oluştururlar; yaşamlarını kendi takımları içinde geçirir, ittifaklar kurar ve toplumsal hiyerarşi için mücadele ederler. Primatlar, sosyal yaşamlarındaki değişimlerin farkındadırlar. Öyle ki, toplumsal yaşamdaki değişimlere yönelttikleri büyük merakları, çoğu zaman çevrelerindeki fiziksel dünyadaki değişikliklere olan ilgilerinden ileri gider. Örneğin Vervet maymunları piton yılanlarından çok korkarlar fakat taze bir piton izini tanıyamazlar. Diğer taraftan, kendi takımlarının soyağacını ve tarihini gayet iyi bilirler. Eğer iki vervet maymunu kavga ederse onların akrabaları da birbirlerine kin duyarlar ve ilerleyen süreçte birbirlerine zarar verebilirler.

Bazı durumlarda primatların türdeşlerine olan ilgileri o kadar yüksektir ki, birbirlerini oyuna getirdikleri veya aldattıkları bile olur. İskoçya'daki St. Andrews Üniversitesinden primatolog Andrew Whiten chacma babunlarını izlerken, Paul isimli bir babunun Mel isimli bir erişkin dişi babuna sinsice yaklaştığını görmüş. Mel o sırada bir bitki yumrusunu çıkarmak için toprağı kazmakla meşgulmüş. Paul, etrafa bakmış ve başka hiçbir babunun ortada olmadığını fark etmiş ve aniden çığlığı basmış. Saniyeler içinde hemen annesi olay yerine koşarak gelmiş. Paul'ün annesi olan babun, dişi babun Mel'in oğlunu rahatsız ettiğini düşünerek onu kayalara doğru sürmüş ve böylece Paul, Mel'in kazıp çıkarmaya çalıştığı yumruya sahip oluvermiş.

İnsan dışındaki primat ailesi içinde en kandırıkçı ve hilebaz olanlar, bizim en yakın akrabalarımız olan büyük kuyruksuz maymunlardır. Bu konuda Whiten şöyle der: "Eğer kuyruksuz maymunlar Machiavelli'yi okuyorsalar toplumsal hiyerarşide yükseklere tırmanmakla yakından ilgili olmalılar ve bu amaç için uygun ittifaklar kuruyorlar. Tıpkı Machiavelli'nin önerdiği gibi, kuyruksuz maymunlar ittifaklar kurarken bile dostlarına ihanet edebilir ve onları saf dışı bırakabilirler."

Nörobilimciler bir zamanlar keskin bir toplumsal zekânın kendi içinde çok özel bir şey olmadığını düşünüyorlardı. Beynin genel bir bilgi işlemci gibi hareket ettiği ve karşılaştığı toplumsal, fiziksel ve diğer sorunları aynı stratejilerle çözdüğü değerlendirmesini yapıyorlardı. Fakat güncel bulgular, beynin genel bir çalışma mekanizması olmadığını gösteriyor. Öyle görünüyor ki, beyin her biri farklı sorunları çözmek

üzere bir araya gelmiş olan farklı nöronlar kümelerinin oluşturduğu modüllerden oluşuyor.

Bir modülü iş üzerinde görmek için aşağıdaki optik yanılsamaya bakabilirsiniz. Aslında şekilde bazı kısımları çıkartılmış üç daire olsa da, siz bir üçgen görüyorsunuz. Bunun nedeni beyninizin görsel merkezinde, nesnelerin kenarlarını bu kenarlar görülebilir olmasa dahi algılamakla görevli bir modülün bulunmasıdır. Çizgilerin rastgele bir araya getirilmesinden oluşan bir toplamdansa, beyniniz bunları bir nesnenin sınırları olarak algılar. Gözlerinizden beyninize taşınan sinyaller her biri kendi görsel işleme görevine uyum sağlamış farklı modüller tarafından değerlendirilirler ve bu işlemler tamamlandıktan sonra beyniniz tüm bu bilgileri size çevrenizdeki dünyanın üç boyutlu bir görüntüsü halinde sunar.

Bu görsel modülleri geliştirmek için okula gitmeye gereksiniminiz yoktur; siz daha bir embriyo iken oluşmaya başlarlar ve gözlerinizi kullanmaya başladıkça olgunlaşırlar. Pek çok biyolog onları doğal seçilim sonucu oluşan uyum çabaları olarak düşünür, tıpkı bir filin bedeni veya bir kuşun gagası gibi özelleşmiş organlardırlar. Bunlar atalarımızın karşılaştıkları sorunların çözümü esnasında evrilmişlerdir. Görsel modüller de, en eski atalarımızın sevdikleri meyveleri tanıyabilmeleri veya ağaçlar arasında yönlerini bulabilmelerini sağlamak için evrilmişlerdir. Etrafımızdaki dünyanın her yeni saniyede 60 defa resmini çizmektense, beyinlerimiz gerekli bilgileri, modüllerin kullanabilmesi için sıkıştırılmış kümeler haline getirir.

Nasıl ki görme duyumuz bu özel modüllerle işliyorsa, sosyal çevremizi algılamak için de modüllerden yararlanırız. Cambridge Üniversitesinden psikolog Simon Baron-Cohen bu sosyal zekâ modüllerinin izlerini, farklı beyin bozuklukları olan insanlar üzerinde çalışarak sürdü. Denek gruplarından biri, Williams sendromu olarak bilinen bir bozukluğa sahipti. Tipik olarak 50 ila 70 arasında IQ düzeylerine sahiplerdi. Sağ veya sol taraflarını söylemekte sorun yaşıyor, toplama işlemi yapamıyorlardı. Tüm bunlara karşın Williams sendromundan mustarip kişiler, yetenekli müzisyenler ve doymak bilmez okurlar olarak biliniyorlardı. Diğer insanlardan çokça etkileniyor, onlarla dikkat çekici düzeyde duygudaşlık kurabiliyorlardı.



Beyinlerimiz, özelleşmiş zihinsel görevleri taşıyan çok sayıda modül içerir. Yukarıda yer alan şekildeki kenarları birleştiriyor oluşumuz ve ortaya çıkan optik yanılsama, kenarları oluşturan nöronların nasıl çalıştığını da özetler niteliktedir.

William sendromlu kişilerin sosyal zekâlarını incelemek için Baron-Cohen bir test oluşturdu. Dergilerden anlamlı, ifadelerini dışa vurabilen portre fotoğraflarını taradı ve bu fotoğrafların gözleri içeren kısımlarını kesti. Gözlerin de bulunduğu kesitleri Williams sendromlu kişilere gösterdi ve onlardan, resimlerdeki kişilerin gözlerine bakarak, kişilerin neler hissettikleri tahmin etmelerini istedi. Yanıtlar bir kontrol grubu olarak ele alınan normal erişkinlerin verdiği yanıtlarla eşdeğerdi. Williams sendromlu bu kişilerin beyinlerinde bir hasar olmasına karşın, bu hasar onların tinsel bir görüye sahip olmalarına engel teşkil etmiyordu.

Baron-Cohen, aynı testleri otistik çocuklara yaptığında tam tersi bir sonuç elde etti. Otizm, aslında otomatik olarak düşük bir zekâ düzeyine neden olmuyordu, hatta bazı olgularda otistik insanlar dahi bile olabiliyordu. Ancak bir toplumun kurallarını uygulamakta ve insanların düşündüklerini ve hissettiklerini anlamakta zorluk çekiyorlardı. Baron-Cohen, aynı resimleri otistiklere gösterdiğinde, denekler fotoğraflardakilerin gözlerindeki ifadeleri dile getirmekte büyük zorluk çektiler. Beyinlerindeki bir şey, kendilerini başkalarının yerine koymalarını engelliyordu.

Baron-Cohen'in çalışması bize sosyal zekâmızı sağlayan modüllerin ana hatlarını gösterebilir. Eğer bu sosyal zekâ modülleri zarar görmüş olsa bile -otistiklerde olduğu gibi- zekâmızı belirleyen diğer modüller hasarsız olabilir. Williams sendromlu kişiler göstermiştir ki, beyin hasarı zekâmızın bazı bölümlerine zarar vermiş olsa bile sosyal zekâmızı oluşturan modüller sağlam kalmış olabilir.

Sosyal zekânın evrimi muhtemelen insanlığın gelişimindeki en önemli faktörlerden birisidir. Ancak diğer primatların evriminde bundan bahsedemeyiz. Kanıt, primatların beyin ağırlıklarında saklıdır. Liverpool Üniversitesinden psikolog Robin Dunbar, beyinlerin, özellikle de yüksek düzeyli düşünsel işlevlerin gerçekleştiği beynin dış kısmı ve neokorteks kısımlarının boyutlarını karşılaştırmıştır. Lemurlar gibi bazı primatlar kendi vücut ağırlıklarına göre küçük neokorteksiere sahipken, babunlar ve şempanzeler gibi primatlar daha büyük neokorteksiere sahiptir. Dunbar çarpıcı bir şablonun varlığını keşfetmiştir: Primatların neokorteksierinin büyüklüğü, içerisinde yer aldıkları toplumsal grupların niceliksel büyüklüğüyle doğru orantılıdır. Grup büyüdükçe, primatların neokorteksleri de büyür.

Dunbar, primatlar geniş gruplar içinde yaşadıkça toplumsal zekâya daha çok ihtiyaç duyduklarını ileri sürer. Büyük gruplarda yaşayan bireyler, ittifaklarının ve düşmanlarının hesabını tutmak, tanıdıklarının

ve akrabalarının ayırdında olmak zorundadırlar. Daha büyük ve güçlü bir neokorteks yaratan mutasyonlar bu türler içinde tercih sebebidir çünkü bu mutasyonlar sosyal zekâlarını geliştirebilir. Diğer bireylerden daha büyük neokortekse sahip olan primatların kandırmacalara ve dalaverelere daha teşne olması hiç de şaşırtıcı değildir.

Eğer biz insanlar da primatlara ait bu kuralı izliyorsak –bizlerin de birer primat olduğumuz göz önünde bulundurulduğunda bu önermenin mantıklı olduğu anlaşılıyor– sosyal zekânın gelişiminin sıra dışı büyüklüğe sahip beyinlerimizin gelişiminde anahtar bir rol oynamış olması gerekir.

ZİHİN KURAMININ EVRİMİ

İlk insangiller açıkça şempanzelere benziyorlardı; bedenlerinin şekli, ev olarak kabul ettikleri yaşam alanları ve beyinlerinin büyüklüğü bu benzerliği doğruluyordu. Sosyal yaşamları da muhtemelen şempanzeler gibiydi; yaşamlarını sürdürmek için şempanzelerinkine eş düzeyde bir sosyal zekâya sahip olmaları gerekiyordu. Olası bağlantıları anlamak için bilim insanları şempanzelerin yaşamlarını birlikte sürdürdükleri bireyleri ne kadar anladıklarına dair testler yürüttüler. Acaba onların Makyavelist davranışları, diğer şempanze arkadaşlarının ne düşündüklerini anlıyor oluşlarından mı kaynaklanıyordu? Psikologların zihin kuramı diye tarif ettikleri şeye sahip miydiler?

Şempanzelerle yapılan çalışmalar, onların bu empatik öngörülerden yalnızca birine ait bilgilere sahip olduğunu düşündürüyor. Örneğin arkadaşlarının neyi görüp neyi göremediğini biliyorlar. Harvard Üniversitesinden primatolog Brian Hare ve arkadaşları bunu bir dizi deneyle, dominant ve hiyerarşik bağlamda daha aşağı şempanzeleri karşılaştırarak gösterdiler. Ne zaman şempanzeler arasında yiyecekle ilgili bir sorun yaşansa baskın bireyler kazanır. Hare'nin deneyinde bir baskın şempanze ile alt düzeyde diğer bir diğer şempanze aynı kafese, aynı anda fakat farklı köşelerden salındılar. Hare, kafese iki parça meyve koydu ve baskın olmayan birey, diğerinin meyvelerden yalnızca birisini görebildiğini anladı çünkü baskın bireyin ikinci meyveyi görmesi bir perdeyle engellenmiş durumdaydı. Bunu bilen şempanze, her seferinde saklı meyveye doğru hamle yapıyor ve ikisinin de görüş alanındaki meyve yüzünden baskın bireyle yaşanabilecek bir yüzleşmeden kaçınıyordu.

Harvard'dan bir şempanze uzmanı olan Richard Wrangham bu konuda şöyle diyor: "Şempanzelerin bir zihinsel kurama ait başlangıç öğe-

lerine sahip olduklarını giderek daha fazla anlıyoruz. Yani bir şempanzenin bir diğerine baktığında, onun ne gördüğünü anlayabildiğini ve stratejilerini bu bilgiler üzerine temellendirdiğini biliyoruz. İnsanlar ve şempanzeler dışında bunu yapabilen bir türün varlığından haberdar değiliz."

Ancak şempanzeler kendilerini tamamen bir diğer şempanzenin yerine koyamazlar. Louisiana South Western Üniversitesinden primatolog Daniel Povinelli, şempanzelerle 2 yaşındaki çocukların sosyal zekâlarını karşılaştıran bir deney yaptı. Deneklerinden, beden dili ve jestler kullanarak iki farklı gözlemciden yiyecek talebinde bulunmalarını istedi. Gözlemcilerden birisinin ağzında bir tıkaç vardı, diğerininse gözleri bağlıydı. İki yaşındaki çocuk gözleri bağlı olan gözlemcinin, yapacağı işaretleri göremeyeceğini anladı ve ağzı tıkalı olan gözlemciden yiyecek istedi. Şempanze ise jestleri hem gözleri bağlı olana hem de ağzı tıkalı olan gözlemciye sergiledi.

Hare'in deneyi şempanzelerin görmeyle ilgili bazı temel gerçekleri anladıklarını gösterir; örneğin mevcut engellerin diğer şempanzelerin bazı şeyleri görmesini önlediğini fark edebilirler. Povinelli'nin deneyi ise şempanzelerin gördükleri her şeyi kavrayamadıklarını akla getirir; görüş alanındaki her şeyi kavrayamasa da, o gözlerinin ardında tüm algıladığı görüntüleri değerlendiren bir zihin vardır.

Bu bulgular şempanzeler ve insanların ortak atalarının, türlerinin diğer bireylerinin kendileri gibi düşünebildiklerini tam olarak anlayamamış olduklarını gösterir. Başka bir deyişle, bir zihinsel kurama sahip değillerdi. İnsangil atalarımız, 5 milyon yıl önce şempanzelerden ayrılmalarının ardından eşsiz bir tür olarak evrilmiş olmalıdırlar.

Andrew Whiten ve Robin Dunbar, atalarımız olan insangillerin yoğun ormanlardan açık alanlara ve savanlara geçişleri sırasında, zamanla zihinsel bir kurama sahip olma konusunda evrim geçirdiklerini öne sürmektedirler. Bu süreç içinde aslanlar ve leoparlar gibi büyük ve tehlikeli yırtıcılarla daha sık biçimde karşılaşır oldular ancak ortamın bitki örtüsü sebebiyle, güvenliklerini ağaçlara tırmanarak sağlayamıyorlardı. İnsangiller, güvenliklerini sağlayabilmek için atalarının oluşturduklarından daha büyük gruplar halinde hareket etmek durumunda kaldılar. Daha büyük gruplar içinde yaşamaksa, daha gelişkin bir sosyal zekâya sahip olmayı, dolayısıyla daha büyük beyinleri teşvik ediyordu. Süreç içinde insangiller zihin okuyucular haline geldiler. Diğer insangil arkadaşlarının gözlerine bakarak yalnızca ne gördüklerini değil, ne düşündüklerini de söyleyebilir oldular. Diğer bireylerin beden dillerini anlamlandırabiliyor, eylemlerini planlarken etraflarındaki

türdeşlerinin geçmiş davranışlarını hesaba katabiliyorlardı. Bu süreçte diğerlerini kandırmak konusunda da ustalaştılar; ittifaklar kurdular ve diğerlerinin hareketlerini takip etmeyi öğrendiler.

Whiten'a göre, bu türden bir sosyal evrim bir kez başladıktan sonra kontrolden çıkar. Böylesi meraklı ve keskin bir zihin kuramıyla doğan herhangi bir insangil birey, kendi takımındaki diğer bireyleri kandırabilir ve üreme bağlamında daha yüksek bir konum elde etmenin keyfini sürebilir. Whiten bu konuda şöyle söylüyordu: "Bu durum her birey üzerinde daha etkili dalavereler çevirmesi konusunda bir seçilim baskısı oluşturuyordu. Diğer bireyin kafasından geçenleri anlayabilenler, karşı tarafın çevirdiği dalavereleri de anlayabiliyordu. Karşılarındakilerin zihinlerini okuyorlardı."

İnsangil evrimi, sosyal zekâ açısından sürekli gelişen ve sürekli büyüyen beynimiz için giderek artan bir geri besleme döngüsü yarattı. Nihayetinde bu evrimsel döngü, bir insangil topluluğunu meydana getirdi. Zamanla içerisinde egemen erkek bireylerin takımları içerisindeki hiyerarşiyi korumaları giderek güçleşti çünkü hükmetmeye çalıştıkları bireyler gittikçe daha zeki hale geliyorlardı. Böylelikle insangil topluluğu, şempanzelerdekine benzer hiyerarşik bir toplumsal yapıdan daha eşitlikçi bir düzene doğru bir dönüşüm geçirdiler. Her birey, diğer bireyleri izlemek ve takip etmek için kendi zihin kuramını kullanmaya başladı. Amaçları kimsenin grubu aldatmasına izin vermemek veya grup üzerinde egemenlik kurmasını önlemekti.

Whiten, insangillerin avcı-toplayıcı toplumsal yaşamın avantajlarına ancak daha eşitlikçi bir topluluk olarak yaşamaya başlamalarının ardından kavuşabildiğini düşünmektedir. İnsanlar bir av için birlikte plan yapabiliyor, kadınlar ve çocukları akıllarında herhangi bir şüphe olmaksızın geride bırakabiliyorlardı. Benzer biçimde, kadınlar da yumru ve diğer işe yarar bitkileri bulabilmek için keşif gezileri düzenleyebiliyorlardı. Aletler ve işbirliği sayesinde insangiller büyük savanlarda kendilerine yeni bir ekolojik yuva yarattılar.

"Zihin kuramı bizleri muhteşem hale getirdi çünkü artık başkalarını da hissedebiliyorduk. Bu bizleri aynı zamanda gezegendeki tüm türler arasında en kurnazı haline getirdi," diyordu Whiten.

PLEİSTOSEN TUTKULARI

İnsangil atalarımız 1 milyon yıldan da fazla bir süre Afrika savanlarında leş yiyerek, av peşinde koşarak ve bitki toplayarak yaşadı. Yaşamlarının devamlılığını alet kullanma becerileri üzerine ilk defa bina edişle-

ri, modern yaşama giriş yapılan upuzun sürece karşılık gelir. Dunbar'a göre, daha karmaşık topluluklarda yaşamaya başlamaları, bir zihin kuramı yardımıyla arkadaşlarını anlamaya başlamalarına da olanak sağlamıştır.

O günkü dünyada doğal seçilim, belirli davranış kalıplarını ve yetenekleri öne çıkartmayı tercih ediyordu. Bazılarının taş aletler yapabilmek, büyük mesafeleri görebilmek gibi temel yaşam becerileri vardı. Diğer davranışları onların eş bulabilmesini sağladı. Tavus kuşlarının kuyruklarını, bebeklerini öldüren aslanları ortaya çıkaran evrimsel kuvvetler, Pleistosen Dönemdeki atalarımız için de çalışıyor olmalıydı.

Eğer insangillerin davranışları cinsellik ve aile kurma arzularıyla şekillendiyse, acaba bizler de hâlâ aynı Pleistosen tutkularıyla mı yönetiliyoruz? Evrimle ilgili soruların birkaçı çok fazla tartışma, öfke ve kin yaratmıştır. Bir grup bilim insanı hâlâ bu türden kurallarla güdülendiğimizi savunuyorlar; hatta daha da ileri gidip bu tutkuların tek tek belirlenip uyumsal değerlerinin ortaya konabileceğini iddia ediyorlar. Bu görüşün karşıtları ise insan davranışının onun evrimsel desteğinden bağımsız olduğunu söylüyorlar. Afrika savanlarında milyon yıl önce gerçekleşen uyum çabalarının günümüzde yaşayan insanlarda herhangi bir duygu oluşumuna neden olması düşüncesinin tamamen bilimsel kibirden kaynaklandığını vurguluyorlar. Bu tartışma doğa-yetişme tarzı tartışmasının ötesindedir: Bu daha çok bizim evrimsel geçmişi nasıl algıladığımızla ilgilidir.

Harvard'dan Edward O. Wilson, 1975'te çığır açan kitabı *Sosyobiyoloji*'yle büyük bir tartışma başlattı. Kitabın büyük kısmı hayvanların sosyal yaşamlarını anlama yolunda evrim kuramının kullanılmasına ilişkin başarı hikâyelerini mercek altına alıyordu. Esere göre, ilk bakışta evrimsel birer paradoks olarak görülen şeyler dikkatli birer incelemeyle mantıklı hale geliyorlardı. Kısır işçi karıncalar bile kendi genlerini gelecek kuşaklara aktarabiliyorlardı çünkü hâlihazırda koloninin diğer üyeleriyle çok yakın akrabaydılar. Bir erkek aslan sürünün hâkimiyetini ele aldığında ve yavru aslanları öldürdüğünde anne aslanı kızıştırmayı hedefliyor, kendi yavrularının soyunun devam etmesini amaçlıyordu.

Wilson, *Sosyobiyoloji* kitabının son bölümünün giriş kısmında şöyle yazıyordu: "Şimdi insanı hayal edelim ve kendimizi bir başka gezegenden gelmiş, dünya üzerindeki sosyal türler çalışmasını tamamlamaya çalışan zoologlar olarak düşünelim." İnsanlar, büyük topluluklar halinde yaşayan primatlardır. Onlar, insangillerden mütekabiliyet, diğerkâmlık ve yiyecek paylaşma adetlerini geliştirip evrilerek bugüne gelmişlerdir.

Tıpkı aldatma ve hile gibi, değiş-tokuş, takas ve iltimas da ilk insan topluluklarının önemli özellikleri arasındaydı. Erkeklerin ve kadınların bu ilk topluluklarda belirli rolleri vardı; erkekler hayvan avlama işini üstleniyor, kadınlarsa çocukları büyütüp bitki topluyorlardı. Wilson, seksüel seçimin insan evrimini yönlendirdiğini iddia etmektedir: "Saldırganlık kısıtlanmış, primatların ilkel egemenlik ilişkileri gelişmiş sosyal yeteneklerle yer değiştirmişti. Genç erkekler, cinselliklerini ve saldırganlıklarını kontrol ederek grup içinde olmayı daha faydalı buldular ve kendi liderlik sıralarının gelmesini beklediler."

Wilson, psikolojinin ilgisini evrimsel biyolojiye doğrultarak büyük sükse yarattı. *Sosyobiyoloji*, en çok satanlar listesine girdi ve *The New York Times*'ın ilk sayfasında kendine yer buldu. Gazete bu kitabın yaklaşımını, "İnsan evrimi en az elimizin yapısı ve beynimizin büyüklüğüne etki ettiği kadar, davranışlarımızı da dönüştürmüş olabilir" diye duyurdu. Ancak Wilson aldığı övgü kadar tepki de topladı. Bu tepkiler çoğunlukla akademik dünyanın sol kesiminden yükseliyordu. Wilson'ı var olan statükoyu tasdiklemek ve modern yaşamın eşitsizliklerini meşrulaştırmak için bilimi kullanmakla itham ettiler. Protestocular Wilson'ın konuşma yaptığı konferansları bastılar ve sosyobiyoloji karşıtı sloganlarını haykırdılar, hatta Wilson'ın başından aşağıya su bile döktüler.

Daha sakince yapılan eleştirilerde ise insanların sosyobiyolojinin deli gömleği içine hapsedilemeyeceği öne sürülüyordu. Kısır bir karıncanın kraliçenin çocuklarına titizlik göstermesi belki çarpıcı bir uygunluk olarak değerlendirilebilirdi fakat bu uyum pek çok insan ailesi için aynı şekilde ele alınamazdı. Sudan'daki Nuerleri ele alalım. Kısır kadınlara aynen erkekmiş gibi muamele ederler, hatta onların başka erkekler tarafından döllenmiş kadınlarla evlenmelerine bile izin verirler. Bu kadınların doğurdukları çocuklar da, Nuerlerden aynı muameleyi görür. Genetik zorunluluklardan değil, yalnızca kültürel gelenekler sayesinde yeni bir aile ortaya çıkmış olur.

Günümüzde pek çok antropolog sosyobiyolojiye hâlâ bu türden itirazlarda bulunuyor. Ancak 1980'lerden itibaren, karşıt görüşlülerden bazıları kendi verilerinin de sosyobiyolojiyle uyumlu olduğunu fark etti. Kristen Hawkes bunlardan biriydi. Antropoloji kariyerine Yeni Gine'deki Binumarien halkı arasında başlamıştı ve onların akrabalık ilişkilerinin davranışlarını nasıl etkilediği üzerinde çalışıyordu. Binumarienlerin akrabalarını nasıl sınıflandırdıklarını, akrabaların birbirlerine nasıl yardım ettiklerini inceledi. Hawkes, ABD'ye döndüğünde evrimin insan kültürünü etkilemiş olabileceğini ciddi olarak düşünmeye başla-

dı ve Binumarien toplumuyla ilgili verilerini sosyobiyolojiyi test etmekte kullanmaya karar verdi.

Eğer Wilson haklı ise Binumarienlerde farklı düzeydeki genetik akrabalar arasında belirgin davranışsal farklar olmalıydı. Neticede kapsayıcı uygunluklarını artırmak için bir kuzene yardım etmeden önce bir kardeşe yardımda bulunmayı tercih etmeliydiler. Fakat Hawkes, Binumarienlerin konuştuğu dilin sosyobiyolojik farklılıkların ortaya çıkmasına olanak tanımadığını fark etti. İki Batılının kuzen diye tanımladığı akrabalık ilişkisi Binumarienler tarafından erkek kardeş olarak adlandırıyordu (Batılıların da kendilerine has, anlaşılması zor bir söz dağarcığı var; amca kelimesi babanın erkek kardeşi anlamına gelir ve bu kişiyle genlerin dörtte birini paylaşılır ancak aynı kelime halanın kocasını da tanımlar fakat bu kişiyle hiçbir ortak gen yoktur).

Hawkes, sosyobiyolojiye karşıt bir olgu bulmuş gibi görünüyordu. Akrabalık ilişkilerinin düzeyi, Binumarien toplumunda düşünüldüğü kadar önemli bir etki yaratmıyordu. Fakat onların aile terimleri lügatinin altında asıl yatan, kapsayıcı uygunluğun iş başında olduğuydu. Binumarienler yiyecek için domuz büyütüyor ve bahçelerinde tatlı patates yetiştiriyorlardı. Topluluktaki tüm yetişkinlerin kendilerine ait bahçeleri vardı, yani başkalarının bahçelerine yardım etmeleri halinde kendi bahçelerine bakacak vakit bulamayabilirlerdi. Akrabalık ilişkileri



Arıkuşları kiminle çiftleşecekleri ve çocuklarını nasıl yapacakları konusunda pek çok seçim yapmak zorundadırlar. Araştırmacılar bu bilinçsiz seçimlerin genlerini aktarma arzusundan etkilendiğini buldular. Bazı evrimsel biyologlar aynı şeylerin insanlar içinde söylenebileceğini de savunmaktadır.

için hangi terimleri kullanırlarsa kullansınlar, Hawkes onların genetik olarak kendilerine yakın kişilerin bahçelerinde daha çok çalıştıklarını, uzak olanların bahçeleri içinse daha az çaba gösterdiklerini gördü.

Sosyobiyoloji kimi antropologlar tarafından kanıksandıkça, 1980'li yıllarda bu alandaki ayrımlar da arttı. İlk değişiklik genlerin davranışları belirlediğine ilişkin deterministik yaklaşımda oldu; bu eski görüş genlerin hayvanların eş bulmak ve çocuk sahibi olmak konusunda bilinçsizce verdiği kararlara etki ettiği yönünde güncellendi. Stephen Emlen, hayvanların farklı durumlarda farklı biçimlerde davranmalarını sağlayan bu uyum taktiklerini "karar kuralları" olarak adlandırdı.

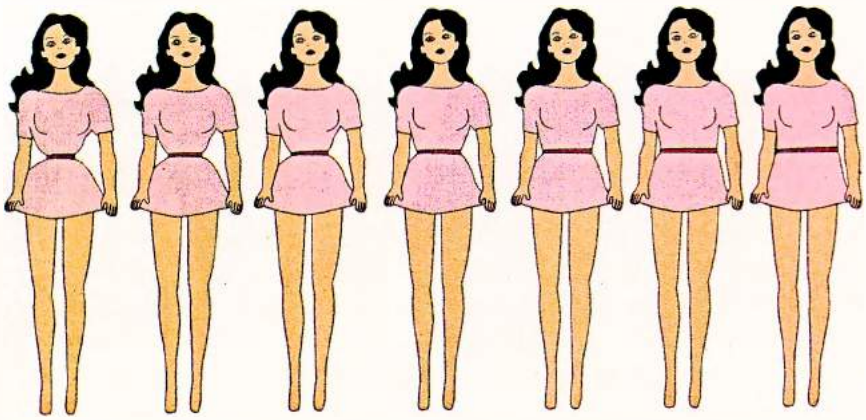
Emlen Kenya'da çalışırken, arıkuşları arasındaki karar kurallarının ne derece karmaşık olduğunu ortaya koymuştu. Genç bir dişi arıkuşu ilk çiftleşme mevsiminde çiftleşmeyi, yuvalarında çiftleşmekte olan diğer bireylere yardımcı olmayı veya tümden çiftleşme mevsiminin dışında kalmayı tercih edebilir. Henüz eşleşmemiş erişkin, eğer hâkim bir erkek çiftleşmek üzere kendisini seçerse çoğu zaman ailesini terk eder ve erkeğin egemenlik alanındaki koloniye katılır. Eğer erkeğin yavruları olduğunda onları beslemek için yardımcı olacak bir grup yardımcısı da varsa bu kararı vermek daha da kolaylaşır. Eğer etraftaki daha düşük düzeydeki erkekler çiftleşmek için seçilebilecek tek eşlerse, genç dişi arıkuşu onlara katılmayı reddedebilir. Çünkü genç erkekler genellikle daha az sayıda yardımcıyla yuvaya gelirler ve yuvadan ayrılması yerine çocuğunu daha uzun süre büyütmeye istekli olan baba arıkuşlarının tacizine uğrarlar.

Emlen, evrim güçlerinin küçük beyinli ve fazla düşünce üretemeyecek basit bir kuşta incelikli ve esnek stratejiler oluşturabileceğini ortaya koydu. Öyleyse, neden eşit düzeyde karmaşık ve bilinçten yoksun karar kuralları insangillerde de evrimleşmemiş olsundu ki?

Yeni sosyobiyologlar, Afrika savanlarındaki atalarımızın karşılaştığı evrimsel baskılara da odaklandılar. Atalarımız 1 milyon yıldan daha fazla bir süredir aynı yerde, Afrika otlaklarında yaşıyorlardı ve aynı yöntemleri kullanarak, küçük avcı-toplayıcı topluluklar halinde hayatta kalmışlardı. Taş aletleriyle öldürüyorlar veya leş yiyorlardı. Geri kalan yiyecekleri de kazarak buldukları köklerden ve topladıkları bitkilerden oluşuyordu. Bu koşullarda, kendilerine eşler bulmak ve çocuklarını büyütmek zorundaydılar. Zaman içinde hem bedenleri hem de zihinleri bu yaşam biçimine uyum sağladı. Bu uyum kapsamında, atalarımız savanlardaki yaşama uygun zihinsel modüller geliştirmiş olmalılar. Avcılığın ve toplayıcılığın egemenliğindeki dünyada tıpkı bir İsviçre askeri çakısı gibi kullandıkları bu modüllerin her biri kendi görevlerini yerine getirmeye giderek uyum sağladılar.

Pek çok çağdaş sosyobiyolog için savanlardaki o günler artık geride kalsa da, evrimsel bakımdan o günlerin izleri tamamen silinmemiştir. Endüstri uygarlığı yalnızca son birkaç yüzyıla ait bir olgudur, insanlığın avcılığı ve toplayıcılığı bir kenara bırakıp tarıma geçmesi ise yalnızca birkaç bin yıllık bir tarihe sahiptir. Bu dönem, insangillerin tüm evrim sürecinde çok küçük bir parçaya karşılık gelir. Her ne kadar hayatlarımız şimdi eskisine göre çok farklı olsa da, doğal seçilimin davranış biçimlerimize etki edebileceği süre henüz geçmiş değildir.

Bu bakış açısıyla kendimize göz atmak niçin bazı zihinsel görevleri diğerlerinden daha iyi şekilde yerine getirebildiğimizi anlamamızı sağlayabilir. Evrimsel psikoloji adı verilen bu zihinsel yaklaşım, geçmişte Santa Barbara'daki California Üniversitesinde birlikte görev yapmış psikolog ve antropolog olan karı-koca bilim insanları Leda Cosmides ve John Tooby tarafından savunuluyordu. Cosmides ve Tooby, bu yaklaşımı psikolojik deneylerden elde edilen bazı tuhaf sonuçları değerlendirmekte kullandılar. Cosmides, mantık hakkında etkili bir klasik psikolojik test olan Wason Testini güncelledi. Birisinin önünüze 4 adet kart koyduğunu düşünün. Bu kartların üzerinde Z, 3, E ve 4 yazıyor olsun. Size kartların diğer taraflarında da benzer sembollerin olduğu söyleniyor. Genel kural olarak üzerinde bir sesli harf bulunan kartın arka yüzünde çift bir sayı olmalı. Bu kuralı sınamak için hangi kartları çevirirdiniz?



Erkekler kalça-bel oranı yüzde 60 ila 70 arasındaki kadınları en çekici bulmaktadırlar (burada soldan itibaren üçüncü ve dördüncü şekiller). Bu kültürel bir rastlantı mıdır yoksa insangillerin beyinlerinde iyi dişiyi bulmaya yönelik olarak 1 milyon yıl önce evrilmiş olan bir uyum mudur?

Bu sorunun yanıtı üzerinde E ve 3 yazan kartlardır (Üzerinde 4 rakamı bulunan kartı kontrol etmeniz gerekmez çünkü arkasında sessiz bir harf bile olsa kural bozulmaz). İnsanlar genellikle Wason Testinde çok kötüdürler. Ancak Cosmides, testin rakam ve harfler yerine toplumsal terimler kullanılarak yapılması halinde başarı oranının dikkat çekici biçimde yükseldiğini ortaya koymuştur. Diyelim ki birisi önünüze dört farklı kart koydu ve bu kartların üzerinde 18, Kola, 25 ve Bira yazıyor. Kartların bir yüzünde insanların yaşları ve diğer yüzlerinde de sipariş verdikleri içecekler yazıyor olsun. Bu kişilerden herhangi birinin 21 yaş altı alkollü içecek tüketme kuralına karşı geldiğini hangi kartları çevirerek anlarsınız?

Doğru yanıt 18 ve biradır. Bu teste giren insanların neredeyse tümü başarılı olur, hâlbuki bu yeni testin mantığı Wason Testinin aslından farksızdır. Cosmides ve Tooby, testin bu halinde çok daha başarılı olmamızın nedeninin, toplumsal ilişkileri takip etmek konusundaki yeteneklerimizi geliştirmiş olmamıza bağlamaktadırlar. Atalarımız, hilekârları tespit edebilmek için bir modül geliştirmiştir çünkü etlerin, aletlerin ve değerli diğer şeylerin paylaşıldığı bir avcı-toplayıcı topluluğunda bireyler kendilerine avantaj sağlamaya çalışan grup üyelerini sezinlemek konusunda yetenekli olmak zorundadırlar.

Evrimsel psikologlar, atalarımızın karşı cinse ve çocuklarımıza karşı davranışlarımız için de güçlü ve özel modüller geliştirdiklerini öne sürmektedirler. Haklı oldukları, inanılmaz üreme başarımızdan anlaşılıyor. Bu açıdan hayvanlardan çok fazla farkımız yok. Dişi bir tavus kuşu eş seçerken, yapacağı seçimin artı ve eksileri arasında bir denge gözetmekten ziyade, evrimleşmiş karar kuralları uyarınca hareket eder. Uzun uzadıya düşünmek yerine, gördüğü, kokladığı ve deneyimlediği unsurlar onu belirli hareketler yapmaya teşvik eder. İnsanlar da soğuk, rasyonel hesaplar yapıp kalıtımsal bakımdan fayda sağlayacaklarını görüp âşık olmazlar. Evrimsel psikologlara göre aşk, şehvet ve kıskançlık, beynimizdeki mekanizmaları tarafından tetiklenen duygulardır.

Örneğin insanlar diğer bireylerde neyi çekici bulurlar? Bir eş seçerken her şeye karşın ilk belirleyici özellik budur. Pek çok hayvan simetriye karşı oldukça düşkündür; simetri muhtemelen bireyin sağlıklı olduğuna ilişkin akla yatkın bir kanıt teşkil eder. Aynı durum insanlar için de bir ipucu olabilir. Mexico Üniversitesinden David Waynforth bir çalışmasında Belize'deki erkeklerin yüz simetrilerini ölçmüş ve yüzleri daha asimetrik olan erkeklerin ciddi hastalıklara daha çok yakalandığını tespit etmiştir.

Yüz simetrisi veya asimetrisini bilinçli bir şekilde anlayabilmek, insanlar için çoğu zaman fazlasıyla ustalık isteyen bir şeydir fakat bu özellik kişilerin çekici olup olmadığına ilişkin değerlendirmelerimize nüfuz eder. St. Andrews Üniversitesinden David Perrett, bir bilgisayar programı kullanarak insanların yüz fotoğrafları üzerinde değişiklikler yaptı ve üzerinde oynadığı yüzlerin kimini daha simetrik, kiminiyse daha asimetrik hale getirdi. Daha sonra fotoğrafların orijinallerini ve oynanmış hallerini deneklere gösterdi ve fotoğraflardaki kişilerin çekicilik düzeylerini değerlendirmelerini istedi. Perrett'in denekleri, simetrik yüzleri tercih etmek yönünde bir eğilim gösterdiler.

Pleistosen Dönemindeki atalarımızın olası eşlerini seçmek için başvurdukları belirleyici özellikler yüzlerden ibaret değildi. Kızlar ergenliğe ulaştıklarında, dış görünüşlerinde artık doğurgan olduklarını gösteren belirgin işaretler oluşur. Kalçaları genişler çünkü bu bölgede olası bir gebelikte enerji kaynağı olarak kullanılacak yağ dokuları birikir. Doğurgan kadınların bel çevreleri, kalçalarının yüzde 67'si ila 80'i arasındadır. Erkekler, çocuklar ve menopoza girmiş kadınlarda ise bu oran yüzde 80 ila 95 arasında değişir. Kalça ve bel arasındaki oranın düşük oluşu gençliği, sağlıklı olmayı ve doğurganlığı gösterir.

Görünüşe göre bu oranlar hakkında oldukça belirgin bir farkındalığa sahibiz. Texas Üniversitesinden psikolog Devendra Singh, farklı yaşlardan ve farklı kültürlerden insanlara, farklı kalça-bel oranına sahip kadınların fotoğraflarını gösterdi. Kural olarak yüzde 60 ile 70 arasındaki oranların çekici olduğu kabul edilir. Çekici bulunan kadınların diğer özellikleri değişse bile bu oran sabit kalır. Singh, Playboy modelleri ve güzellik kraliçelerinin zaman içinde incelseler bile kalça-bel oranlarının aynı kaldığını belirtir. Bu kalıcı beğeni, 1 milyon yıl önce yaşamış erkeklerin çiftleşmek için daha doğurgan kadınları tercih etmesine dayanıyor olabilir.

SONSUZA KADAR SÜRMEYEN MUTLULUK

Erkek ve dişi hayvanlar, kaçınılmaz olarak çıkar çatışmaları yaşarlar. Kuramsal olarak, bir erkeğin yaşamı boyunca binlerce çocuğu olabilir. Bir dişinin ise çocuk sahibi olabilme şansı çok daha azdır ve her bir çocuğu için çok daha fazla enerji harcaması gerekir. Pleistosen Dönemindeki büyükanne ve büyükbabalarımız benzer evrimsel karşıtlıkları yaşamış olmalılar. Bir erkek, bir çocuk için ağır bir bedel ödemezken, bir dişi ise savuşturamayacağı bazı yükümlülüklerin altına girmek zorundadır. 9 ay boyunca hamile kalmak zorundaydılar; bu sırada pek

çok ölümcül komplikasyon riskiyle karşı karşıya kalıyor ve çocuklarını emzirirken bile fazladan binlerce kalori yakıyorlardı.

Bu çatışmanın bir sonucu olarak, erkekler ve kadınlar eşleri için bugün de hâlâ devam eden farklı türden çekicilik kriterleri geliştirdiler. Texas Üniversitesinden psikolog David Buss, Hawaii'den Nijerya'ya kadar uzanan farklı 37 kültüre ait binlerce erkek ve kadını kapsayan bir çalışma gerçekleştirdi ve bireylerden, diğerleriyle birlikte olma veya evlenme kararı alırken değerlendirdikleri özellikleri derecelendirmelerini istedi. Buss, kadınların kendilerinden daha yaşlı erkekleri, erkeklerinse daha genç kadınları tercih ettiklerini gördü. Erkekler kadınlara kıyasla fiziksel çekiciliği daha ön plana koyarken, kadınlar iyi gelir potansiyeli olan adayları tercih ediyorlardı. Buss, bu evrensel bulgunun bizlerin Pleistosen Dönemdeki atalarımızın geliştirdiği uyumun bir tezahürü olduğunu belirtiyor. Buna göre, kadınlar çocuklarına daha iyi bakabilecek erkekleri çekici bulurken, erkekler ise genç ve doğurgan eşlerle ilgileniyorlar.

Evrimsel psikologlar cinsiyetler arasındaki çıkar çatışmalarının erkek ve kadınların davranışlarını farklılaştırdığını iddia ediyorlar. Çalışmalar pek çok insanın hâlihazırda aklından geçen bir düşünceyi doğruluyor; erkekler cinsel ilişkiyi kadınlardan daha çok arzuluyorlar. Erkekler, hayatları boyunca kadınların ilgi duyduğunun 4 katı kadar farklı cinsel ilişki partneri arzularken, kadınlardan 2 kat fazla cinsel fanteziye sahip oluyorlar. Erkekler yeni bir partnerle seks yaşamadan önce daha az zaman geçiriyorlar ve kendilerine tamamen yabancı birisiyle seks yapma hususunda daha istekliler.

Pleistosen kadınının eşleri konusunda daha müşkülpesent olmaya evrilmeleri, onların mükemmel derecede sadık eşler olduğu anlamına gelmiyor. Bir önceki kısımda gördüğümüz gibi, hayvanlar dünyası eşlerini aldatan dişilerle doludur. Örneğin tek eşli kuşlar arasında bile dişiler bazen diğer erkeklerle çiftleşebilirler ve aldatılmış eş yavruları büyütmek zorunda kalır. Bir dişi kuş eşini aldattığı zaman kendisini riske atmış olur çünkü eşi yuvayı terk edebilir. Ancak ödüller bu tehlikeyi göze almaya değerdir çünkü yavrulara hâlihazırdaki eşinden daha iyi babalık edebilecek, daha iyi genlere sahip olan bir cinsel partner bulmuş olabilirler. Pleistosen kadınları da kuşlarınkine benzer sadakatsizlik kuralları evriltmiş ve bugünkü kadınlara aktarmış olabilirler.

St. Andrews Üniversitesinden Ian Penton-Voak, kadınların erkeklerde hangi tür yüzleri çekici bulduğunu araştırdı. Bilgisayarda feminen ve maskülen erkek yüzleri yarattı ve kadınların ovulasyon (yumurtlama) dönemlerinde maskülen yüzleri tercih ettiklerini gördü. Erkeksi bir

yüz algısına yol açan kalın kaşlar, köşeli bir çene ve güçlü elmacık kemikleri gibi özellikler, tıpkı bir tavus kuşunun kuyruğu gibi erkeğin iyi genlerini temsil ediyor olabilirdi. Bu özellikler testosteronun etkisiyle oluşur; testosteron ise vücudun bağışıklık sistemini baskılar. Görünüşe göre, erkeksi bir surata sahip olmanın ağır bir bedeli vardır.

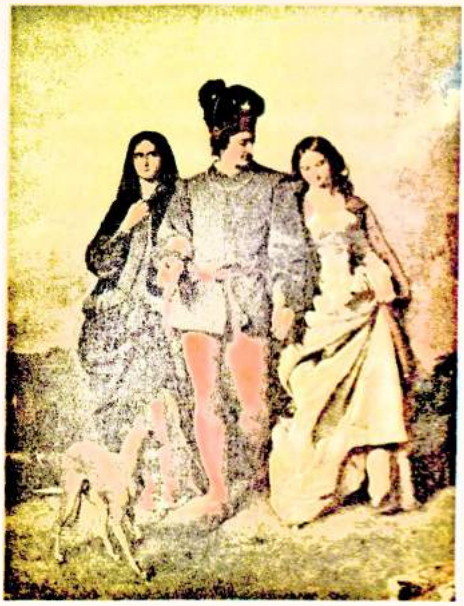
Penton-Voak, bir kadının maskülen, güçlü bir erkeğe ilgi duymasının özellikle hamile kalmaya en uygun zamanlarda ortaya çıkan bir olgu olduğunu, bu eğilimin kadınların çocukları için iyi genleri yakalama isteğine ilişkin bir uyum olabileceğini söyler. Bir kadın ovulasyon dönemindeyken bu tip bir erkeğe daha fazla ilgi gösterebilir fakat adet döngüsünün diğer safhalarında çocuklarını en iyi şekilde büyütüp yetiştirebileceğini düşündüğü erkeklere ilgi duyma ihtimali daha kuvvetlidir.

Atalarımızın evrimi bu tip çıkar çatışmalarının da etkisiyle ilerlediğini göz önünde bulundurursak, bazı çirkin duygularımızın da geçmişteki yararlı uyumlardan ileri geliyor olabileceğini düşünebiliriz. David Buss, kıskançlığın patolojik olmaktan ziyade, bu uyum mekanizmalarından biri olduğunu söylemektedir. Eşlerden birinin diğerini aldattığına dair açık bir belirti yoktur. Erkekler, kadınların yumurtlama döneminde olup olmadıklarını anlayamazlar; diğer primatların aksine bu dönemde kadınlar genital kokular salgılamaz. Tüm bu belirsiz koşullar altında bile ortaya çıkabilen kıskançlık duygusu, Buss'a göre evrimsel süreçle çok yakından ilintilidir. Beyindeki "kıskançlık modülü," akılcı bir zihnin üzerinde durmayacağı ipuçlarını titizlikle birleştirir ve olası bir ihanete karşı kişinin tetikte beklemesini sağlar ("Bu kokladığım yeni bir parfüm mü?"). Bu bulguların toplamının kesin bir eşik değerine ulaşması halinde, kıskançlık modülü olası tehdidi önleyecek bir reaksiyon başlatır veya kişinin zarar görmesini engellemeye çalışır.

Buss, kıskançlığın bir uyum mekanizması olduğuna ilişkin kanıt bulabilmek için bir dizi deney ve anket çalışması yaptı. Eğer bir erkeğin alnına elektrotlar yerleştirir ve sevdiği eşinin onu aldattığını düşünmesini isterseniz, yaşadığı sıkıntıyı ölçebilirsiniz. Erkekler, eşlerinin başka bir erkekle seks yaptığını ve duygusal olarak onlara bağlandığını düşündüklerinde endişe düzeylerinde artış gözlenir (Cinsel açıdan aldatılıyor olmak kalp atışlarını dakikada 5 vuruş arttırır, bu 3 fincan kahve içmenin yarattığı etkiyle eşdeğerdir).

Diğer taraftan, kadınlar buna zıt bir reaksiyon verme eğilimindedirler; duygusal anlamda terk edildiklerini düşündüklerinde daha fazla endişe hissederler. Farklı ülkelerde yapılan çalışmalar bu bulguların yalnızca ABD için değil, Avrupa, Kore ve Japonya'da da geçerli olduğunu

gösterdi. Buss'a göre, cinsel yönden aldatılmak erkeklerin üreme başarısı için en büyük tehdit. Kadınlardaysa duygusal terk edilmişliğin tehdit algısı daha büyük; eşlerinin onları terk edeceğini ve çocuklarının geçimini sağlamayacağını düşünüyorlar.



John Faed tarafından yapılmış *Zalim Kız Kardeş* (1851) tablosunda bir kadın, aşığının kız kardeşine ilgi duyduğundan kuşkulanmaktadır. Psikologlara göre onun kıskançlığı gerçekte evrimsel bir uyumdur.

Eğer Buss haklı ise evrimsel psikoloji kıskançlık konusunda geleneksel psikolojiden daha iyi bir açıklama getirmektedir. Terapistler kıskançlığı doğal olmayan bir şeymiş görürler ve bu durumun öz saygının artırılması ve hastalardaki eşlerinin kendilerini aldatma düşüncesine karşı duyarsızlaştırılması yoluyla ortadan kaldırılabileceğini düşünürler. Elbette ki Buss kıskançlığın çirkin yüzünü, yani eşlerini döven ve taciz eden erkekleri hoş görmez. Ancak kıskançlığın kendi kendine ortadan kaybolabileceğini varsaymanın da anlamsız olduğunu ifade eder. İnsanların kıskançlığı ilişkilerini bozmak için değil, güçlendirmekte kullanmaları gerektiğini söyler. Anlık kıskançlıklar, ilişkilerimizi çantada keklik görmekten bizleri alıkoyar.

Atalarımızın fizyolojik uyumu bizi mutsuzluğa mahkûm etmez. Buss ve diğer evrimsel psikologlar basitçe bu uyum mekanizmalarının varlığını kabul etmemizi ve çevrelerinden dolaşmamızı önermektedirler. Örneğin günümüzde üvey ebeveynlerin çocuklarına biyolojik çocuklarından fark gözetmeden bakmalarını beklemekteyiz. Evrimsel psikologlara göre bu beklenti gerçekçi değildir. Her türlü mucizevi fedakârlığı yapmayı göze aldığımız evlat sevgisinin aslında kendi genlerimizin yaşayabilmesi için oluşmuş bir başka uyum olduğunu öne sürmektedirler. Eğer bu doğru ise üvey ebeveynlerin kendilerine ait olmayan çocuklara karşı karşılıksız sevgi sunmakta zorlanmaları anlaşılırdır.

Bu hipotezi destekleyen bazı ürpertici istatistikler vardır. Üvey anne ve babalar ile üvey çocuklar arasındaki çatışmadaki gerilimi azaltacak biyolojik bir bağ yoktur ve bu nedenle çatışmaların kontrolden çıkma

olasılığı daha fazladır. Çocuk istismarında en önemli risk faktörünün üvey çocuk olduğu bulunmuştur. Bir öz çocuğa kıyasla bir üvey çocuğun ebeveynleri tarafından öldürülme olasılığı 40 ila 100 kat arası daha yüksektir. Üvey anne ve babalar aslında doğuştan şeytani varlıklar değillerdir; yalnızca bir anne ve babanın öz evlatlarına göstereceği anlayış ve şefkati gösterebilmelerini sağlayacak mekanizmalara sahip değillerdir. Bu da evrimsel psikologların özellikle oluşabilecek çatışma riskini azaltma konusuna önem vermelerine neden olmaktadır: Üvey anne ve babalar normal koşullarda mutlu bir aileye sahip olmak için biyolojik ebeveynlerin hiç karşılaşmayacağı engelleri aşmak zorundadırlar.

BİR MODÜL MÜ YOKSA BİR HAYAL Mİ?

Yeni nesil sosyobiyologlar da eleştiri oklarını kendilerine çekmekten geri durmuyorlar. Eleştirilerin bir kısmı da evrimsel biyologlardan geliyor. Sosyobiyologların elde ettikleri verilerden kesin sonuçlara varmak konusunda çok sabırsız davrandıkları, hatta bazı durumlarda evrimin nasıl çalıştığını bile kavrayamadıkları söyleniyor.

2000 yılında basılmış sorunlu bir kitap olan *Tecavüzün Doğal Tarihi*'ni ele alalım. İki biyolog Randy Thornhill ve Craig Palmer, tecavüzün bir uyum olduğunu iddia ediyor ve bunun kadınlara ulaşma ihtimalleri çok düşük olan erkeklerin, üreme başarılarını arttırmanın bir yolu olduğunu öne sürüyorlardı. Zorla yapılan seks yalnızca insanlara özgü değildir; tecavüze bazı memeli türleri, kuşlar, böcekler ve diğer hayvanlarda da rastlandığı kanıtlanmıştır. Tecavüzün akrep sineklerinin çiftleşme stratejilerinin bir parçası olduğunu ortaya koyan Thornhill'in kendisiydi. Bazı erkek akrep sinekleri dişilere onların yemeyi sevdikleri böcekleri sunarak kur yaparlar ve ölü böcekleri çalmaya çalışan diğer erkekleri uzaklaştırırlar. Diğer erkekler yaprakların üzerine salyalar salgılar ve diğer dişilerin gelip onları yemesini beklerler. Bazı erkeklerse basitçe dişileri yakalar ve onları çiftleşmeye zorlarlar.

Thornhill, ölü sinekleri istifleyip dişi sinekleri etkileyenlerin fiziksel olarak en büyük boyuttaki akrep sinekleri olduğunu buldu. Orta boy akrep sinekleri salyalarıyla dişi sinekleri etkilemeye çalışıyor, en ufak erkeklerse dişilere saldırıyorlardı. Ancak bu tespitten bağımsız olarak, koşullara göre tüm akrep sinekleri bu stratejilerden birini uygulayabiliyordu. Büyük boyutlu erkekler etrafta olmazsa, orta boy erkekler ölü böcekleri istifler ve küçük erkekler de salya salgılamaya başlar.

Thornhill ve Palmer, atalarımızın tecavüzü diğer yollar başarısız olduğunda kullanılan bir strateji olarak benimsediklerini ve bir taktik olarak bu yola başvurduklarını öne sürmektedirler. Özellikle tecavüz kurbanlarının üreme çağında olmalarına işaret etmekte, üreme arzusunun tecavüzcünün bilinçsiz ajandasının en tepesinde yer aldığını öne sürmektedirler. Thornhill ve Palmer'a göre, üreme çağındaki dişi tecavüz kurbanları diğer yaşlardaki kurbanlara göre saldırganlarıyla daha fazla mücadele ediyorlardı çünkü üreme açısından kaybedecek daha fazla şeyleri vardı. Thornill ve Palmer, üreme çağındaki tecavüz kurbanlarıyla yapılan anketlerin de bu fikri doğruladığını düşünüyorlar. Üreme çağındaki tecavüz kurbanlarının diğer kadınlara göre, yaşadıkları olayın ardından daha fazla travmatize olduğunu, bunun sebebinin normal bir ilişki yoluyla eşlerini seçebilme imkânlarını kaybettikleri için tuttukları yas olduğunu ileri sürmektedirler.

Tecavüzün Doğal Tarihi, *Nature* dergisinde yayımlanan çok incitici bir eleştiri yazısına konu oldu. Her ikisi de evrimsel biyolog olan Harvard Üniversitesinden Andrew Berry ve Chicago Üniversitesinden Jerry Coyne, kitaptaki kanıtları acımasızca eleştirdiler. 11 yaşın altındaki kızlar (üremek için çok gençtirler) toplumun yüzde 15'ini oluştururken, 1992'deki bir çalışmaya göre, tecavüz kurbanlarının yüzde 29'unu oluşturmaktaydı. Bu oran kitabın öne sürdüğü hipotezlere göre, beklenenden daha yüksek bir orandır. Kitabın yazarları bu oranın yüksek oluşunu Amerikalı kızların ilk adet deneyimlerini önceki nesillere göre daha erken yaşamaları ve bunun da onları 12 yaşın altındayken bile cinsel olarak çekici kıldığı iddiasıyla açıklamaktadır. Coyne ve Berry ise bu açıklamayla tatmin olmadılar ve şöyle yazdılar: "Bu umutsuz ve zavallı müdafaa çabaları yalnızca kitapta ortaya konan verilerin, yazarların hipotezlerini desteklemekteki başarısızlığına daha çok dikkat çekmekte."

Üreme çağındaki kadınların tecavüze direnmesi evrimle ilgili hiçbir şey söylemez. Bu dönemdeki kadınlar küçük kızlardan ve yaşlı kadınlardan çok daha güçlüdürler, dolayısıyla daha fazla direnmeleri şaşırtıcı değildir. Coyne ve Berry şöyle devam ediyorlar: "Bir olgunun açıklanmasında, diğer alternatifler çok daha akla yatkınken, kendi mantıksız açıklamalarını tercih ediyor olmaları yazarların gerçek renklerini ele veriyor. Bu durum *Tecavüzün Doğal Tarihi* eserini bir bilim yapıtı değil, savunuculuk faaliyeti haline getiriyor. Sosyobiyolojinin gelişiminin erken dönemlerinde ortaya çıkan geleneklere uygun olarak, Thornhill ve Palmer'ın kanıtları bir dizi sınanabilirlikten yoksun, nasıl ortaya çıktığı tarif edilemeyen hikâyelere dayanıyor."



Venedik'te Saint Mark Kilisesinin kubbesi sosyobiyolojik bir tartışma haline gelmiştir. Taşıyıcıların arasındaki üçgen boşluklar binanın tasarımında gerçekleşen bir yan üründen başka bir şey değildir. Sosyobiyolojiye yöneltilen eleştirilerde de, insan beynine ait bazı özelliklerin yalnızca evrimsel yan ürünler olabileceği ve doğal seçilimin doğrudan sonuçları olmayabilecekleri ifade edilmektedir.

Coyne ve Berry, uyuma ilişkin sunulan kanıtları Rudyard Kipling'in 1902 yılında yayımladığı, leoparın beneklerini, devenin hörgücünü ve gergedanın derisini nasıl aldığını anlattığı çocuk kitabındaki hikâyelere benzetiyorlardı. Coyne ve Berry'nin evrimsel psikolojiyle ilgili rahatsızlıkları, biyologlar arasında da yaygındı. Uyumların evrimiyle ilgili hikâyeler yaratmanın ne kadar kolay olduğunu ve doğadaki herhangi bir şeyin ne gerekçeyle var olduğunun tespitininse ne kadar zor olduğunu biyologlar da biliyordu.

Gerçek uyumları kanıtlayabilmek için biyologlar bulabildikleri her aracı kullanıyorlar ve akıllarından geçen her olası açıklamayı sınıyorlardı. Örneğin pek çok farklı türden çiçekte, nektar taşımak için var olan derin tüpler bulunduğu anlaşıldığında, bilim insanları evrim ağaçlarını yeniden yapılandırıyor ve türden türe bu uyumun izini sürüyorlardı.

İnsan beyni bir çiçekten çok daha karmaşıktır ve araştırmacılar beynin evrimini inceleyebilmek için sınırlı sayıda yönteme sahiptirler. Şempanzeler ve diğer kuyruksuz maymunlar, atalarımızın 5 milyon yıl önceki durumlarını anlamamız açısından ancak anlık bir görüntü sağlayabilirler. Ama 5 milyon yıl önceki durumun ardından çok özel bir

doğrultuda evrildik. Ne yazık ki, 100 *Homo erectus*'u çitle çevrili bir alanda bir araya getirip, kimin kime ilgi duyacağına ilişkin deneyler yapamayız.

Bunun yerine evrimsel psikologlar çoğunlukla anketlere başvururlar. Ancak test grupları çoğu zaman birkaç düzine Amerikalı üniversite öğrencisidir (bunlarınsa çoğu Beyaz ve varlıklıdır) ve bu grubun evrensel insanlık koşullarını temsil etmesini ummak akıl dışı olur. Bazı evrimsel psikologlar bu sorunu, araştırmalarını, benzer sonuçlar alma ümidiyle başka ülkelerde tekrarlayarak aşmaya çalışırlar. Yine de bu yöntem dahi tüm insanlığa dair yorumlar yapmak için yeterli değildir. David Buss, *Tehlikeli Tutku* isimli kitabında şöyle yazmaktadır: "ABD ve Almanya'daki insanlar kabaca aynı yanıtları vermektedir; aşk ile ona eşlik eden seks arzusu konusunda cinsler arasında büyük bir farklılık vardır. Bu arzu kültür farklılıklarının ötesine geçmektedir." Yeni Gine'nin Binumarienleri ile Afrikalı Pigmeler karşılaştırıldığında Amerikalılar ve Almanlar arasındaki fark pek de dikkate değer değildir.

Herhangi bir insan davranışı kültürle yaratılabilir veya şekillendirilebilir; eğer biraz da genetik bir temeli varsa bu davranış gerçekte bir uyum olmayabilir. Bu, Wilson'ın kitabı yayımlandığından beri sosyobiyolojiye getirdiği eleştirilerle bilinen Stephen Jay Gould'un ortaya koyduğu temel çelişkidir. Tıpkı Coyne ve Berry gibi, Gould da evrimsel psikologları tüm biyologların kendilerini sakındıkları bir tuzağa düşmüş kurbanlar olarak görüyordu. Uyumsal açıklamaların tespiti için yapılan hızlı araştırmalar, Gould'a göre, belli bir işlevi yerine getirecek şekilde evrimleşen bir organın, evrim sürecinde çevrenin özelliklerine ve gereklerine bağlı olarak daha başka işlevsel özellikler üstlenmiş olabileceğine ilişkin biyolojik açıklamaları görmezden geliyordu. Kuşlar şimdi tüylerini uçmak için kullanıyorlarsa da, bu tüyler ilk olarak uçamayan dinozorlarda ortaya çıkmıştı. Dinozorlar, muhtemelen tüylerini kendilerini soğuktan korumak veya diğer dinozorlara seksüel gösteriş ve kur yapmak için kullanıyorlardı.

Gould, uyum olarak görülen bazı şeylerin aslında ilk ortaya çıktıklarında herhangi bir işlev üstlenmemiş olabileceklerini de iddia ediyordu. Gould ve Harvardlı biyolog Richard Lewontin, 1979'da yayımladıkları klasikleşmiş makalelerinde kullandıkları bir analojiyle bu sürecin nasıl geliştiğini açıklıyorlardı. Venedik'teki Saint Mark bazilikasının kubbeli tavanı, birbirine dik dört kemer üzerine oturmuştu. Kemerlerin üst kısımları eğimli olduğundan her köşede üçgen bir boşluk oluşuyordu. Kubbe inşa edildikten üç yüzyıl sonra, "köşelik veya bingi" diye bilinen bu boşluklar mozaiklerle kaplandı.

Mimarların, bu köşelikleri üçgen mozaikler oluşturmak üzere tasarladıklarını ileri sürmeleri son derece saçma olurdu. Aslında saçma olan, bu boşlukların herhangi bir işlev gözetilerek tasarlandığını iddia etmektir. Bir kubbeyi dört kemerin üzerine yerleştirmeniz halinde bu köşelikler kaçınılmaz olarak oluşacaktır. Gelecekte bu köşelikleri bazı amaçlarınız için kullanabilirsiniz ama bu amaç, köşeliklerin ilk tasarım prensipleriyle ilgisiz olacaktır.

Gould ve Lewontin'in belirttiği gibi, evrim de köşeliklerle ilgilenir. Salyangoz kabuklarını ele alalım. Tüm salyangozlar kabuklarını bir tek bir doğrultuda büyütürler ve sonuç olarak tam ortada boş bir kolon oluşur. Bazı salyangoz türlerinde bu kolon minerallerle dolar ancak pek çoğunda kolon boş kalır. Bazı türlerde bu boş kolon yumurtaların bırakıldığı kısım olarak kullanılır. Şimdi de, yüksek düzeyde hikâye anlatma yeteneği olan bir biyolog düşünün ve bu biyolog size bu boş kolonun yumurtaları korumak için gerçekleştirilmiş bir uyum olduğunu, kolonun nasıl da zekice kabuğun tam ortasına yerleştirilmiş olduğunu söylesin. Ancak gerçekte bu kolonun hiçbir uyum fonksiyonu yoktur. Bu yalnızca geometriyle ilgili bir durumdur.

Gould, evrimsel psikologları insan beynindeki köşelikleri değerli uyumlar olarak ele almakla itham ediyor. İnsan beyninin Afrika savanlarına uyum gösterirken genişlediğini memnuniyetle kabul ediyor. Boyuttaki büyüme ve karmaşıklıktaki artış, atalarımıza bir bufaloyu öldürebilme veya bir yumrunun ne zaman olgunlaştığını anlama yeteneği kazandırdı. Beynimiz yeniden programlanarak okuma, yazma veya bir uçağı kullanabilme gibi becerileri benimseyecek biçimde şekillendirilebilir. Ancak bu özel yeteneklerin hiçbiri beyinlerimizde kalıcı biçimde yer etmedi. Gould, bunu şöyle açıklıyor: "İnsan beyni, insan doğası için elzem ve kendimizi anlamak için yaşamsal olan köşeliklerle dolup taşmaktadır ama bunlar uyum dışı oluşumlardır ve bu açıdan da evrimsel psikolojinin görüş alanı dışında kalırlar."

Evrimsel psikolojiyle ilgili bu tartışma yakın gelecekte de çözümlenmeyecektir. Bu aslında tam da insan doğasının merkezine ve doğal seçilimin bu doğaya ne büyüklükte etkiler yapabileceğine ilişkin yaşamsal bir tartışmadır. Fakat tartışma kimi zaman kindar ve kaba bir hale dönüşebilir. Zaman zaman evrimsel psikologlar, kendilerini eleştirenlerin saf ütopyacılar olduğunu ima ederler. Onlara karşı çıkanlarsa, kapitalizm ve cinsiyetçiliğin beynimizin donanımında yer bulduğunu kanıtlamaya çalışmakla suçladıkları evrimsel psikologları, bağnaz muhafazakârlar olarak görürler. Bu türden hakaretler yalnızca tartışma dışında olmakla kalmaz, aynı zamanda çoğunlukla haksız-

dırlar da. Karşılıklı özgecilik fikrini ilk ortaya atan Robert Trivers bir muhafazakâr değildir; kendisini araştırmalarının dürüstlük ile adaletin biyolojik temellerine katkı yapmasından mutluluk duyan bir liberal olarak tanımlar. Hayvan topluluklarında yavru öldürmenin ne kadar önemli bir davranış olduğunu ilk gösteren antropolog Sarah Blaffer Hrdy ise sosyobiyolojideki çalışmalarını evrime feminist bir bakış açısı oluşturmakta kullandı. Bu görüşe göre, dişiler bir zamanlar düşünüldüğü gibi nazlı ve pasif yaratıklar değil, gerçekte evrim arenasında erkek bireylere etkin birer rakiptiler.

Zaman zaman ne kadar zorlaşırsa zorlaşsın, evrimsel psikoloji değerlendirilirken bilimselliğe veya bilimsellik eksikliğine odaklanmak çok önemlidir. Bu disiplinin ayakta kalıp kalmayacağına ilişkin nihai kararı verecek olan, bilimsel kanıtların bu disiplin içinde kapladığı alan olacaktır.

DİLE DOĞRU

İnsangillerin hayatlarındaki buzul devri kaynaklı durgunluk yaklaşık yarım milyon yıl önce kırılmaya başladı. Bu dönem insanlarının geride bıraktığı aletler değişimin belirtilerini gösteriyordu. Bir taşı tek bir baltada kullanmak yerine insanlar tek bir kayadan bir sürü bıçak yapmayı öğrenmişti. Bir Kenyalının 700 bin yıl önce yaptığı bir el baltası, bir Çinli veya Avrupalının yaptığından farklı değildi. Ancak 500 bin yıl öncesinden başlayarak, bölgesel biçim farklılıkları ortaya çıkmaya başladı. Yeni teknoloji türleri yaygınlaştı. İnsanlar cirit benzeri mızraklar yapmaya başladı ve sağlam ateşler oluşturmayı öğrendiler. Geçmişte olduğu gibi, yeni aletlerin ortaya çıkışı insan beynindeki genişlemeyi gösteriyordu. Bundan sonraki 400 bin yıl boyunca insan beyni sıra dışı bir hızla büyümeyi sürdürdü ve 100 bin yıl önce bugünkü boyutlarına ulaştı.

Robin Dunbar'ın primat beyinleri üzerine yaptığı çalışmaya göre, bu genişleme insanların daha geniş toplumsal gruplar içinde yaşamaya başlamasıyla ortaya çıkmıştır. Kafatası fosillerinin boyutlarından yola çıkan Dunbar, *Australopithecus afarensis* gibi ilk insangillerin 3 milyon yıl önce yaklaşık 55 kişilik gruplar oluşturduğunu hesaplamıştır. 2 milyon yıl önce yaşamış ilk *Homo* türleri ise 80 bireye varan takımlar halinde yaşıyorlardı. 1 milyon yıl önceki *Homo erectus* ise 100 kişilik gruplar içinde yaşamını sürdürüyordu; 100 bin yıl öncesine, yani insan beyinlerinin bugünkü boyutuna ulaştığı döneme bakıldığındaysa 150 kişilik kalabalık gruplara rastlanıyordu.

İnsan beynindeki neokorteks adı verilen kabuk tabakası o günden beri ortalama boyut açısından değişmedi. Dunbar, en büyük toplulukla-

rımızın hâlâ 150 civarında bireyden oluştuğuna dair kanıtlar olduğunu söylüyor. Yeni Gine'deki avcı-toplayıcı kabilelerindeki klanlar ortalama 150 kişiden oluşur. Köktendinci bir Hıristiyan grubu olan ve çiftliklerde komünal yaşam süren Hutteritler, çiftlik topluluklarını 150 kişiyle sınırlamışlardır; bir grubun daha yüksek sayıya ulaşması halinde ikinci bir topluluk oluştururlar. Tüm dünyadaki ordularda ortalama bir bölüğün mevcudu 150 kişidir. Dunbar konu hakkında şöyle yazıyor: "İyice ve içtenlikle tanıyabileceğimiz ortalama 150 kişi vardır. Bu kişilerin yaşamlarını nasıl sürdürdüklerini biliriz. Kişisel tarihçelerinin ve bizle olan ilişkilerini bilir ve anlarız."

İnsangillerin takımları sayıca genişledikçe, bu takımların karmaşıklıkları da arttı. Dunbar'a göre, takımlar belli bir birey sayısının üzerinde genişleyince, primatların aralarında iletişim kurmak için kullandıkları yollar işe yaramaz hale geldi. Primatlar için dostlarına duygularını göstermenin en önemli yolu birbirlerini tımar etmekti. Tımar sırasında sadece bitler ayıklanıp diğer parazitler vücuttan uzaklaştırılmıyor, hareketin kendisi de sakinleştirici etkisi yapıyordu. Primatlar, birbirlerini tımar etmeyi bir sosyal alışveriş nesnesi haline getirmişlerdi. Onunla diğerlerinin ilgisini ve kabulünü satın alabiliyorlardı. Fakat bu işlem çok zaman alıcıydı ve büyük gruplardaki bireyler diğerlerini tımar etmek için çok vakit harcıyorlardı. Örneğin Gelada babunları Etiyopya savanlarında yaklaşık 110 kişilik gruplar halinde yaşarlar ve günlerinin yaklaşık yüzde 20'sini birbirlerini tımar ederek geçirirler.

İnsangillerin beyin boyutları, 100 bin yıl önce 150 kişilik gruplara ulaştıklarını düşündürüyor. Bu noktada tımar da artık gerekli olmayan bir araç haline gelmişti. Dunbar, şöyle diyor: "Bir çalışma gününe yeterince tımar sığdırmanıza imkân yoktur. Eğer grubunuzun sayısı 150'ye ulaşmışsa, bu işe ayırmanız gereken zaman günün yüzde 40'ı ila 45'i arasında olmalıdır. Aslında çok güzel bir şeydi; sakinleşmenizi sağlıyor ve dünyaya daha dostane yaklaşmanızı sağlıyordu ama uygulanabilir değildi. Eğer savanlara gidip yiyecek bulmak zorundaysanız harcayacağınız bu kadar zamanınız yoktur."

İnsangillerin birbirlerine bağlanmak için daha iyi bir yola gereksinimleri vardı. Dunbar bunun dil olduğunu düşünüyor.

Evrimsel biyolojide dilin kökeni konusunda çalışmak hâlâ en büyük mücadele alanlarından birisidir. Konuşma taşlaşıp fosile dönüşemez, yani varlığıyla geride bırakacağı herhangi bir doğrudan kayıt yoktur. 1960'lardan önce çoğu dilbilimci dilin evrimin sonucu olacağını düşünemezdi bile. Tıpkı kano ve dörder çiftten oluşan kare dansının kazara keşfedilmesi gibi, insanların dili de tarihin bir noktasında istemsiz olarak oluşturduklarını düşünüyorlardı.

Bu fikrin oluşmasının nedenlerinden birisi, dilbilimcilerin beynin dili oluşturma süreci hakkındaki fikirleriydi. Beynimizi genel bir bilgi işlemci olarak kabul ettikleri için çocukların duydukları kelimelerin anlamlarını beyinleri sayesinde anlayıp konuşmaya başladıklarını düşünüyorlardı. Massachusetts Institute of Technology'den [Massachusetts Teknoloji Enstitüsü, MIT] dilbilimci Noam Chomsky karşıt bir görüş geliştirdi. Chomsky'ye göre bebekler doğduklarında beyinlerinde gramer kurallarını oluşturacak donanım altyapısıyla dünyaya geliyorlardı. Dünya üzerindeki dillerin kesin bir ortak gramer yapısını paylaştığını, isimler ve fiillerin tüm dillerde mevcut olduğunu belirten Chomsky başka türlüsünü düşünemediğini söylüyor. Başka türlü bir bebek 3 yıl içinde bir dilin tüm karmaşık yapısını yönetir hale nasıl gelebilirdi? Kelimeler, tarihteki günler gibi rastgeledir ve hiç kimse 3 yaşında birisinin Peloponez Savaşlarının zaman çizgisini ezberde saymasını beklemez. Aynı şekilde, çocuklar tek tek kelimeleri ezberleyemezler ama duydukları kelimeleri gramer kuralları içinde kullanmayı başarırlar. Chomsky'ye göre beyinleri dili öğrenmek için zaten hazırdır.

1960'lardan itibaren yapılan araştırmalar insan beyninin özel dil modüllerine sahip olduğunu tahminini güçlendiriyordu. Bu modül tıpkı cisimlerin köşelerini fark etmeye yarayan veya toplumsal zekâya etki eden modüller gibi olmalıydı. İnsan beyni bu modülü grameri, cümle bilgisinin ve anlam bilimin kurallarını, bir dile tüm duygusunu ve karmaşıklığını veren tüm bileşenleri saklamak için kullanıyordu. Dilbilimciler, çocukların konuşmayı öğrenirken yaptıkları hatalarda, dil organının çalışma yöntemine şahitlik ediyorlardı. Bazen çoğul çekimleri için yerleşik kuralları uygulayabiliyor, bazen de geçmiş zaman için var olmayan kelimeler üretiyor, kelime uyduruyorlardı; dişlerler, farelerler ve kaldırılmoş gibi. Bu küçük çocuklar beyinlerinde gramer kurallarını oluşturacak yeteneğe sahiptiler ancak hâlâ düzensiz kelimeler ile zaman çekimleri düzensiz sözcükleri akılda tutmak ve onları diğer kelimelerle ilişkilendirmek konusunda zorluk çekiyorlardı.



Bir kız Nikaragua işaret dilini konuşuyor; 1980'lerde sağırlar okulu öğrencilerinin yarattığı bir dil.

Bununla ilgili daha çok kanıt, insanların konuşmasını tamamen engelleyen veya konuşma kabiliyetlerinin belli kısımlarına etki eden beyin hasarları üzerine yapılan araştırmalardan sağlandı. Bazı insanların sadece kimi kelimelerle veya hayvan isimleriyle sorun yaşadığı görülüyordu. İngiliz bilim insanlarından oluşan bir ekip, sekstant (denizcilikte açısal mesafe ölçümüne yarayan aygıt) ve santor (mitolojide insan başlı at) gibi kelimeleri içeren bir dağarcığı olmasına karşın, "sahip olmak," "yapmak" ve "olmak" dışında hiçbir fiili kullanamayan bir adamı inceledi. Bu ve benzer olgularda dille ilgili işlevler üstlenmiş modüllerden biri dışında, beynin kalan kısmı hasarsızdı.

3 yaşındaki bir çocuğun ağzından elbette ki bir anda Şekspirsel dizeler dökülemez. Çocukların beyinleri geliştikçe kelime hazineleri de genişliyor, her çocuk içsel olarak bildiği gramer kurallarını kimi kelimelerle birleştirerek bir dil oluşturuyordu. Ancak bu "dil içgüdüsü" (MIT'den bir dilbilimci olan Steven Pinker'ın bulduğu bir deyim) o kadar kuvvetliydi ki, çocuklar kendi başlarına bile bir dil yaratabilirlerdi. 1986'da Southern Maine Üniversitesinden dilbilimci Judy Kegl, böyle bir olguya şahitlik etme şansı buldu.

O yıl Kegl, Nikaragua'ya işitme özürlü çocukların okullarını ziyarete gitmişti. Nikaragua hükümeti 1980'lerin başında birkaç okul açmıştı fakat bu okullara devam eden çocuklar sıkıntı yaşıyorlardı. Çocuklar işaret diline ait çok az şey biliyorlardı ve çoğu aileleriyle birlikte kendi işaret dillerini geliştirmişlerdi. Öğretmenleri de onlara işaret dilinin tamamını öğretmiyor, her kelimede farklı şekiller alan parmak alfabesi yöntemini gösteriyorlardı. Parmak alfabesinin çocukların kelimeleri söyleyebilmesine yardımı olacağı düşünülüyordu ama hiç kimsenin öğretmenlerin çocuklara ne öğrettiği konusunda bir fikri yoktu. Proje büyük bir fiyaskoyla sonuçlandı.

Öğretmenler, çocukların kendileriyle iletişim kurmakta zorlansalar bile aralarında hiç güçlük çekmeden iletişim kurmakta olduklarını fark etmişlerdi. Üstelik kısa sürede evlerinde öğrendikleri saçma işaret dili dağarcığını kenara bırakmış, öğretmenlerin de anlamadığı zengin ve yeni bir sistem kullanmaya başlamışlardı. Kegl'in okullara davet edilmesinin sebebi, öğretmenlerin ne olup bittiğini anlamalarına yardımcı olmaktı.

Kegl, ortaokuldaki öğrencilerin hep birlikte oluşturdukları basit bir işaret dili kullandıklarını gördü. Fakat ilkokuldaki daha küçük çocuklar bundan çok daha karmaşık bir dil kullanıyorlardı. Kegl, birbirlerine gramer kuralları olan, tutarlı ve kendine has bir ritme sahip, akıcı bir işaret diliyle korkunç bir süratle hitap ettiklerini görünce şok oldu. Çocukların yaşları küçüldükçe, dili kullanma biçimleri de daha akıcı hale geliyordu. Kegl bu durumu şöyle anlatıyordu: "Bu işaretlerin yapılandı-

rılmasından ve yönetilmesinden, orada görünenin ötesinde bir şeylerin olup bittiğini anlayabilirdiniz. Şunu açıkça anladım ki, yeni bir dilin doğuşuna şahitlik ediyordum."

İlk birkaç yıl Kegl, oluşan bu dili çözmekte zorlandı; bazen işaretleri ve cümleleri çocuklardan öğreniyor, bazense uzun hikâyeler anlattıkları sırada çocukları izleyip işaretlerin anlamlarını çözmeye çalışıyordu. 1990'da çocuklarla birlikte çizgi filmler seyretmeye başladılar ve onlardan çizgi filmde işlenen konuyu anlatmalarını istedi. Çizgi filmler onun kod çözücüsü oldu.

Kegl, çocukların işaretlerinin zarif, zekice ve çağrıştırıcı olduğunu keşfetti. Ortaokulluların kullandığı karma dilde "konuşma" kelimesi, ağzın önüne getirilen dört parmak ve başparmağın açılıp kapatılması biçiminde gösteriliyordu. Çocuklar bu mimiği daha da geliştirmişlerdi; parmaklarını konuşmacıyı göstererek açıyor, parmaklarını kapatırkense elleriyle konuşmacının hitap ettiği kişiyi gösteriyorlardı. Yani edatları da tıpkı fiiller gibi kullanmanın bir yolunu keşfetmişlerdi. Anadili İngilizce olan ve işaret dilini kullanan biri, masanın üzerinde duran fincanı tarif etmek için ayrıca bir edat kullanır. Aynı şeyi işaret dilini kullanan bir Nikaragualı ise fiile edat işlevi görecek bir ek yaparak ifade eder. Bu durum İngilizce konuşanlara garip gelse de, aynı şey Navajo ve daha pek çok dilde de rastlanan bir özelliktir.

Nikaragua'ya ilk geldiği yıllarda Kegl, işitme özürlüler topluluğuyla çalıştı ve keşfettikleri dil için bir sözlük yaratmaya çalıştı. Bu dil şimdilerde bin 600'ü geçkin kelimelik bir dağarcığa sahip. Daha sonra Kegl bu dilin oluşumunu açıklayan bir kuram oluşturdu. Çocuklar okullara var olan basit işaret dillerinden başka bir şey bilmeden gelmişlerdi. Çocukları bir havuza toplamışlar, onlar da ortaokuldakilerin oluşturduğu uyduruk dili kullanmaya başlamışlardı. Zaman geçtikçe, dil öğrenme arzusuyla okula gelen daha küçük yaştaki çocuklar, ortaokulluların kullandığı işaret diline ait jest ve mimiklere grameri de eklemişlerdi. Bu küçük çocukların şaşırtıcı biçimde oluşturduğu bu yeni dil, daha ilk andan itibaren konuşulan herhangi bir kadar karmaşık ve bütüncüldü. Yeni tecrübeler yaşandıkça ortaya çıkan bu yeni dile yepyeni sözcükler ekleniyordu.

Kegl bu durumu şöyle açıklıyor: "Bu işaret dilinde kullanılan jestler giderek daha da zengin hale geliyor ve çeşitleniyor. Ancak bu dilin ortaokulluların kullandığı dile alışmış çocuklar arasında yaygınlaştığını göremiyoruz çünkü bu dilin grameri yalnızca çocukların içinde saklı."

Eğer gramer gerçekten de çocukların içindeyse, başka bir deyişle, kurallar onların beyinlerindeki donanımda barındırılıyorsa, evrimin bu donanımın oluşumuna mutlaka eli değmiş olmalıydı. Bu ihtimal ise yanıtlanması oldukça zor bir soruyu akıllara getiriyor: Doğal seçilim

nasıl oluyor da tüm karmaşıklığına rağmen dili şekillendirebiliyor? Bilim insanları bir dilin oluşumunu görmek için zaman içinde geri gidemezler ama son yıllarda dilleri bilgisayarlarda modelleyerek, dilin evrimiyle ilgili son derece umut verici bazı kanıtlar keşfettiler. Nasıl bacaklar ve gözler adım adım evrilmiştilerse, dil de bu karmaşık yapısını aşamalı olarak kazanmış olabilirdi.

Princeton'daki Advanced Study Institute'tan [Princeton İleri Araştırmalar Enstitüsü] Martin Nowak ve arkadaşları birkaç mantıklı varsayıma dayanarak, dilin evriminin matematiksel modelini oluşturdular. Bu varsayımların ilki, hayvanların daha verimli iletişim sağlayabilmelerine yol açan mutasyonların, aynı zamanda üreme uygunluklarını da artırıyor olabileceğine ilişkindi. Örneğin Vervet maymunları yılanlar ve diğer tehditlerden türdeşlerini haberdar etmek için bir dizi farklı ses kullanırlar. Bu çağrılar arasındaki farkı anlayabilmek bazen ölüm kalım meselesine dönüşebilir. Eğer bir Vervet, yılan çağrısını kuş çağrısıyla karıştırırsa kendisini bekleyen bir piton yılanıyla karşılaşmak üzere toprağa iniş yapmış olur. Nowak'ın yaptığı diğer bir varsayım, sözlü iletişimde kullanılan söz dağarcığının büyümesinin evrimsel bir avantaj sağlayacağı yönündedir. Hem bir kuş alarmını hem de yılan uyarısını anlayabilen bir Vervet'in hayatta kalma şansı, beyninde bu seslerden yalnızca birini anımsamak için yer olan bir Vervet maymununa göre daha fazladır.

Nowak'ın modelinde bireylerin basit –tıpkı Vervet maymunlarındaki gibi– iletişim sistemlerine sahip oldukları varsayılıyordu. Kelime dağarcıkları bir dizi sesten oluşuyordu ve bunların hepsi gerçek dünyadaki belirli nesnelere karşılık geliyordu. Bu bireyler çoğaldıkça çocuklarında mutasyonlar gerçekleşiyor, konuşma şekilleri değişiyordu. Bu mutasyonlardan bazıları bireylerin atalarından daha geniş kelime dağarcıklarına sahip olmasına olanak tanıyordu; Nowak'ın modelinde bu bireyler daha fazla üreme başarısıyla ödüllendiriliyorlardı.

Nowak, bu modelin tutarlı bir şekilde aynı sonuçları verdiğini gördü. Başlangıçta bireyler birbirleriyle birkaç belirli çağrı yoluyla iletişim kuruyordu. Dilleri zaman içinde yeni çağrı şekillerinin eklenmesiyle karmaşıklaştı. Ancak kelime hazineleri büyüdükçe, yeni çağrıları eskilerinden ayırt etmek zorlaşmaya başladı. Sesler birbirine yaklaştıkça onları karıştırmak da kolaylaşıyordu.(*Hikâye* kelimesindeki uzun *a* ile *bıçak* kelimesindeki kısa *a*'yı düşünün.)

Daha fazla çağrıdan oluşan ses koleksiyonları evrimsel bir avantaj sağlayabiliyordu ancak bu durumun beraberinde getirdiği karışıklıkların bu avantajı yok etmesi riski de vardı. Birbirini izleyen denemeler sonrasında Nowak, yaptığı dil simülasyonunda oluşan sözlüğün belirli bir noktaya kadar büyüdüğünü, bir süre sonra genişlemeyi kestiğini

gördü. Elde ettiği sonuçlar neden çoğu hayvanın insanlardan farklı olarak oldukça az sayıda sesle iletişim kurduklarına açıklama getirebilir. Çünkü geniş bir ses repertuvarının ve ses dağarcığının yarattığı karışıklıkla baş etmenin yolunu bulamıyorlardı.

Peki, atalarımız bu tuzağa düşmeden kelime hazinelerini genişletmeyi sağlayan bir evrim geçirmiş olabilirler miydi? Bu olasılığı keşfedebilmek için Nowak modelini değiştirdi. Bazı bireylerin basit sesleri bir dizi haline getirmelerine izin verdi (yani kelimeler oluşturmak üzere sesleri birleştirmelerine imkân tanıdı). Bundan sonra Nowak, bu birkaç kelime söyleyebilen bireylerden birkaçını, yalnızca seslerle iletişim kuranların karşısına koydu. Kelimelere ihtiyaç duymadan seslerle iletişim kurabilmenin herkese yettiğini gördü. Fakat bu bireyleri çevreleyen ortam daha karmaşık olsaydı seslerle iletişim kurmak yetmeyecek, kelimelerin kullanıldığı yöntem nihayetinde galip gelecekti. Az sayıdaki sesi birleştirip pek çok özgün kelime oluşturarak, Nowak'ın bireyleri benzer seslerin ortaya çıkarabileceği karmaşayı önlemiş oldular.

Ancak Nowak, kelime söylemenin de sınırlarının olduğunu gördü. Bir kelimenin bir dilin içinde hayatta kalabilmesi için insanların onu kullanması gerekiyordu. Eğer insanlar kelimeyi unuturlarsa, kelime yok oluyordu. Günümüzde kitaplar ve filmler eski kelimeleri dolaşımda tutabiliyor fakat atalarımız açısından durum böyle değildi; insangil beyinlerinde yalnızca konuşulan kelimeleri saklayabiliyorlardı. Beyinlerinde sınırsız bir kelime kapasitesi olmadığından, insangillerin kullanabileceği kelime hazinesinin boyutları oldukça küçüktü. İnsangiller yeni kelimeleri ancak unutulmasında sakınca olmayan eski kelimeler olduğunda kullanabiliyorlardı.

Bu sınırı aşabilmek için Nowak modelinde ikinci bir değişikliğe gitti. Herhangi bir kavramı tanımlayabilmek tek bir kelime kullanmak yerine artık bazı bireyler bir şeyi tarif etmek için farklı kelimeleri bir araya getirebiliyorlardı. Bazı kelimeler hareketleri temsil ederken, kimileri insanların ve diğer şeylerin o eylem içindeki konumunu, geri kalanlarsa diğer ilişkilenme biçimlerini temsil ediyordu. Başka bir deyişle, Nowak bireylerine sentaks vermiş oldu. Sentaks, bir bireye birkaç yüz kelimeyi farklı biçimlerde sıralayarak yüzbinlerce farklı anlam yaratma olanağı sağlıyordu. Ancak konuşan kişi dikkatli davranmadığı takdirde sentaks da karmaşalara yol açabiliyordu. Örneğin "Ali Veli'ye üstün geldi" ile "Veli Ali'ye üstün geldi" cümlelerinde aynı kelimeler kullanılsa da, kelimelerin sıralanmasındaki farklılık tamamen değişik anlamları ifade eder.

Nowak ve arkadaşları, kelime tabanlı iletişimin karşısına sentaksı yerleştirdiklerinde, sentaksın her zaman en iyi çözüm olmadığını gördü-

ler. Ortada tanımlanacak çok sayıda olay yoksa sentaksı olmayan bir dil sentaksa sahip olan bir dilden daha uygundur. Ancak belli bir karmaşıklık düzeyinin üzerine çıkıldığı vakit sentaks işlevsellik kazanmakta ve başarılı olmaktadır. Çok sayıda insan ve hayvanın dâhil olduğu pek çok farklı olay vuku bulurken cümlelerle iletişim kurmak daha isabetlidir.

Nowak'ın modelleri basit olsalar da, bir dizi ilkel ses topluluğundan zaman içinde bir dilin nasıl gelişebileceğine ilişkin temel unsurları tespit etmeyi başarmıştı. Nikaragua İşaret Dilini keşfeden çocuklar işaretlerden kelimelere, kelimelerden sentaksa bir dilin doğuşunu yeniden canlandırmışlardı. Nowak'ın elde ettiği sonuçlar diğer tüm hayvanların saplanıp kaldığı iletişim tuzağından atalarımızın nasıl olup da kurtulabilmiş olduğunu gözler önüne seriyordu. Atalarımızın yaşamında bazı şeyler daha karmaşık hale gelmiş ve bu karmaşıklık kendilerini ifade edebilecekleri daha karmaşık bir yol yaratmaya onları zorlamıştı.

Dunbar ve diğerlerinin daha önce gösterdiği gibi, bu karmaşayı çözmeye aday olan şey insangillerin evrilmekte olan toplumsal yaşamıydı. Yine de 1 milyon yıl önceki insangillerin söyleyecek şeyleri vardıysa da, bunu becerebilecek anatomiye sahip değillerdi. Biz modern insanlar ise konuşabilmek için diğer hiçbir memelide olmayan çok ilginç bir anatomiye sahibiz. Şempanzeler de dâhil olmak üzere diğer memeliler, boğazlarının üzerine oturmuş bir ses kutusuna sahiptirler. Bu yerleşim onların soluk alıp verirken yiyip içebilmelerini sağlar çünkü yemek borusu ve soluk borusu ayrılmıştır. Bu yerleşim aynı zamanda var olan ses kutusu ile ağız arasında çok küçük bir ses yolu bırakır. Bu küçük yol nedeniyle dil ağız içinde yeterli dönüşü sağlayıp karmaşık sesler çıkarmayı başaramaz.

İnsangillerin evriminin herhangi bir yerinde gırtlak bugünkü insanın boğazında olması gereken yere, yani aşağıya doğru inmiş olmalıdır. Böyle bir anatomi riskler taşır çünkü yiyecekler ve su diğer memelilerde olduğundan çok daha kolaylıkla ses tellerinin arasından kayıp nefes borumuza kaçabilir ve boğulmamıza yol açabilir. Ama aynı zamanda bir dil için zorunluluk olan, dilimizin ağız içinde hareket edip bir dizi sesi çıkarmasını sağlayacak yeterli boşluk da bu yolla oluşmuş olur.

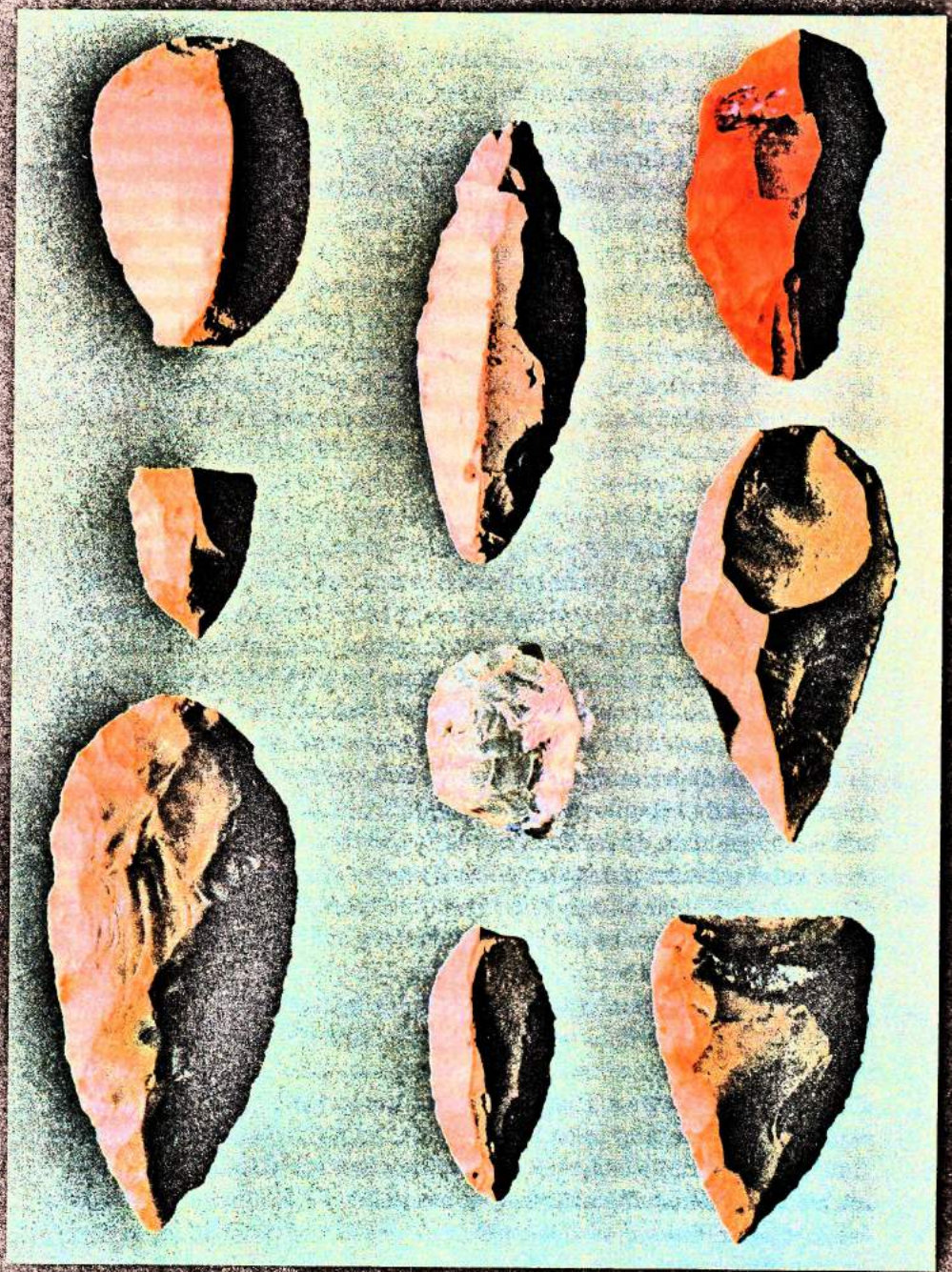
Bu ifade, dilin ses kutusu için uygun yer sağlanmadan önce oluşmaya başlamadığı anlamına gelmez. İnsangillerin muhtemelen elleriyle oluşturdukları işaretleri vardı; 2 buçuk milyon yıl öncesinden beri yapageldikleri aletler sayesinde bu işaretleri oluşturabilecek kadar ellerine hâkim olduklarını anlayabiliyoruz. Bu işaretlerle basit sesleri birleştirmiş ve dil öncesi bir iletişim sistemi oluşturmuş olmalıydılar. Bu sistem yürürlükteyken evrim, daha karmaşık sembolleri oluşturabilecek daha büyük beyinleri ve daha karmaşık bir konuşmayı mümkün kılacak, bugünkü biçimine yakın boğaz yapılarını tercih etmiş olmalıdır.

Hiç kimse bu evrim sürecinin gerçek kronolojisini bilmemektedir çünkü dil ne yazık ki insan iskeleti üzerinde çok az iz bırakmaktadır. Ses kutusu aslında kolaylıkla çürüyebilen, uyduruk bir kıkırdak parçasıdır. "C" şeklindeki hyoid adı verilen küçük bir kemiğe tutunur ama zamanla bu küçük kemik de parçalanır. Pek çok araştırmacı insan iskeletindeki çok daha dolaylı kanıtları incelemiştir. Kafatasının tabanındaki açıları ölçmüş, ses yolunun tahmini uzunluğunu bulabilmeyi ummuşlardır. Dili kontrol eden sinirin kafatasına girdiği deliğin genişliğini hesaplamış, kafatasında dille ilgili yerlerdeki olası etkileri araştırmış ve her seferinde konuşmaya ait ilk bulguları tespit ettiklerini iddia etmişlerdir. Ancak meseleye kuşkuyla yaklaşanlar hep bu bulguların konuşmanın ortaya çıkışına ilişkin yeterli kanıt sağlamadığını kanıtlamışlardır.

Bu zorlu tartışma ve pek de delil niteliği taşımayan bulgular düşünüldüğünde, araştırmacıların dilin ne zaman modern halini aldığı konusunda uzlaşamıyor olmaları hiç de şaşırtıcı değildir. Örneğin Londra Üniversitesinden Lesley Aiello, beynimizin hacminde 500 bin yıl önce başlayan hızlı genişleme sürecini konuşmayı da beraberinde getirdiği ileri sürmektedir. Diğer taraftan Robin Dunbar ise dilin yalnızca 150 bin yıl önce ortaya çıktığını savunmaktadır. Ona göre, atalarımız birbirlerini tımar etmeyi bırakmak zorunda kaldıkları büyük toplumsal gruplar oluşturduktan sonra dil ortaya çıkmış olmalıdır. Birbirini tımarlama eyleminin yerini konuşma almış, böylelikle insangiller arasındaki iletişim sağlanarak topluluğun bir arada kalması sağlanmıştır.

Örneğin dil sayesinde diğer insanların neler yaptıklarını ve hakkınızda neler söylediklerini öğrenebilirsiniz. Kelimelerle insanları etkileyip onları yanınızda tutabilir, büyük bir topluluk oluşturabilirsiniz. Bugün bile dil, çoğunlukla dedikodu işlevi görür. Dunbar, trenlerde, kafeteryalarda kulak misafiri olduğu insanların konuşmalarının üçte ikilik kısmının diğer insanlar hakkında olduğunu ifade ediyor. Dunbar'a göre, dil aslında tımar etmenin başka bir biçimde ifade edilmesinden ibarettir.

Her ne kadar Dunbar dilin tarihçesine 150 bin yıllık bir ömür biçse de, pek çok araştırmacı dilin daha yakın bir tarihte köken aldığını düşünüyor. Genel kanı, tam anlamıyla ortaya çıkmış bir dilin sadece 50 bin yıl önce oluştuğu yönünde. İnsan fosil kayıtları 50 bin yıl öncesinden başlayarak, zihinsel bir patlamanın gerçekleştiğine dair kanıtlar sunuyorlar; bu kanıtlar insanların kendilerini ve etraflarındaki dünyayı atalarının hayal bile edemeyeceği şekilde algıladıklarına dair ipuçları içeriyorlar. Bu noktada modern düşünce doğdu ve dil onun doğuşunda vazgeçilmez bir unsur olarak yer aldı.



Modern insanların Avrupa'ya gel
mesiyle çok amaçlı basit aletler yer
lerini kazıyıcılar, ok başları ve diğer
özelleşmiş alet edevata bıraktı.

Bölüm 12

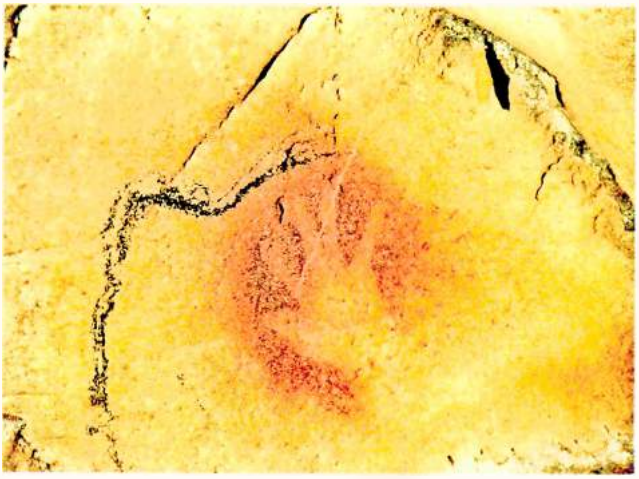
MODERN HAYAT, MÖ 50 BİN

İnsanlığın Doğuşu

Jean-Marie Chauvet'nin, 18 Aralık 1994 öğleden sonrasında şaşırmak için hiçbir sebebi yoktu. O sırada iki arkadaşıyla birlikte Güneydoğu Fransa'nın Ardéche bölgesinde bir kireçtaşı boğazında mağaralara bakarak yürüyorlardı. Ardéche bölgesi mağaralarıyla biliniyordu; burada doğup büyümüş olan Chauvet, 12 yaşından beri mağaraları araştırıyordu. 1988'de uzman mağaracılar olan Christian Hillaire ve Eliette Brunel Deschamps'la birlikte sistematik bir çalışma başlatmışlardı. Bundan sonraki 6 yıl içinde bir dizi yeni mağara buldular ve bunlardan on ikisinin duvarlarında antik duvar çizimleri bulunuyordu. 18 Aralık günü oldukça soğuktu, bu yüzden Chauvet'nin ekibi bir boğazın girişinde güneş gören bir ağzı araştırmaya karar verdiler. Bu nokta terk edilmiş, ücra bir yer sayılmazdı; çobanların sürülerini sıkça getirdikleri bu yer başka mağara araştırmacıları tarafından da incelenmişti. Burada özel bir şey olmuş olsaydı çok önceleri bulunurdu.

Chauvet ve ekibi, meşeler ve şimşir ağaçları arasında giden bir katır yolunu bir uçuruma ulaşana kadar izlediler ve bir delik buldular. Delik, sürünerek içine girebilecekleri kadar büyüktü; çok geçmeden kendilerini aşağı doğru eğimli, birkaç metrelik bir geçitte buldular. Bunun çıkmaz bir geçit olması muhtemeldi fakat geçidin sonundaki molozların arasından sızan hava akımı dikkatlerini çekti.

Üç kişilik ekip sırayla taşları temizlemeye koyuldu; sırası gelen kafasını aşağı çevirip karnının üstüne yatarak taşları kaldırıp temizliyordu. Sonunda geçidi temizlemeyi başardılar ve ekiptekilerin en ufağı olan Deschamps eğilip bükülerek 3 metre daha ilerleyebildi. Deschamps, geçidin bir açıklığa ulaştığını fark etti. Kafasındaki lambasını açtığında, ışığının 10 metre derinliğe ulaşan büyük bir galeriyi aydınlatıyor olduğunu gördü.



Chauvet Mağarasında bulunan 32 bin yıl geriye giden çizimler, dünyanın bilinen en eski resimleri arasındadır.

Mağaracılar geçitten galerinin tabanına doğru hızla bir merdiven döşediler ve karanlığa indiler. Fenerlerinin ışığında sarkıt ve dikitler bir hayvanın ağzındaki dişler gibi parlıyordu. Kalsit kolonları, denizanalarının vücudu saran jelatinimsi sıvısına benzer bir maddeyle kaplanmıştı. Mağaranın daha derinlerine doğru gittiler. Aniden bir mamut görüş alanlarına girdi, ardından bir gergedan ve 3 adet aslan. Bu hayvanlar mağaranın duvarlarına çizilmişti; bazıları yalnız, bazılarıysa büyük bir kalabalık içinde tasvir edilmişti. Duvarlar atlar, baykuşlar, dağkeçileri, ayılar, ren geyikleri ve bizonlarla doluydu. Tüm bunların arasında ise bir elin ana hatlarını gösteren izler ve gizemli kırmızı noktalar bulunuyordu. Mağara araştırmacıları mağaralardaki duvar resimlerine alışkındılar ancak hiçbir zaman bu boyutta bir şeyle karşılaşmamışlardı. En az 400 hayvandan oluşan bir hayvanat bahçesiyle karşı karşıyalardı.

Sonradan Chauvet Mağarası olarak anılan mağaranın gerçek önemi içindeki resimlerden kaynaklanmıyordu. Arkeologlar, resimlerde kullanılan kömürü karbon 14 yöntemiyle ölçtüler. Ölçümler, insanların en az 32 bin yıl önce bu mağaranın duvarlarına resimler çizdiğini ortaya koydu. Bu da onları yeryüzündeki en eski resimler yapmaya yetiyordu.

Yaşamın tarihçesi bu türden tarihler sayesinde belirlenir. Bu tarihler tıpkı bir slalom pistindeki kapıları belirleyen, birbirini takip eden sopalar gibidirler. Yaşamın evrimiyle ilgili herhangi bir kuram bu yoldaki noktaları becerikli bir şekilde birleştirebilmelidir. Grönland'ın güneybatısındaki kayalar yaşamın dünyada 3,85 milyar yıl önce ortaya çıktığını göstermektedir. Güney Afrika'daki Karroo Çölündeki kayalar

ise bundan 250 milyon yıl önce yaşamın neredeyse tamamen ortadan kalktığına işaret etmektedir. Chauvet resimleri ise yaşamın tarihindeki çok önemli bir noktayı, atalarımızın sanatın, sembollerin, karmaşık aletlerin ve kültürün, yani bizi biz yapan, bizi insan yapan şeylerin dünyasına sıçradıkları anı tespit etmemizi sağlar.

Chauvet Mağarası ve mağaradaki buluntularla aynı zaman dilimine ait arkeolojik kalıntılar, bu sıçramanın aniden gerçekleştiğini ve uzun erimli olduğunu ortaya koymaktadır. Yaşayan en yakın akrabalarımız olan şempanzelerden farklı bir dal olarak ayrılmamız yaklaşık 5 milyon yıl önceydi. Bu dal nesli uzun zaman önce yok olan pek çok alt dala ayrıldı ve bunlardan sadece biri hayatta kalabildi. Pek çok bilim insanı grubu, bulunan kemiklerin şekillerinden ve genetik yapılarından yola çıkarak, biyolojik anlamda modern insanın bundan 200 ila 100 bin yıl önce Afrika'da ortaya çıktığına karar verdi. On binlerce yıl boyunca, yeryüzünde etleri parçalamakta kullandıkları taş aletler dışında çok az iz bırakabildiler. Afrika'yı bundan yalnızca 50 bin yıl önce terk ettiler ve birkaç bin yıl içinde Eski Dünyadaki tüm diğer insan türlerinin yerini aldılar. Bu yeni Afrikalılar yalnızca bize benzemiyor, aynı zamanda bizim gibi de davranıyorlardı. Atalarının kullandıklarından daha karmaşık aletler keşfettiler; saplı mızraklar ve mızrak fırlatıcılar, giysi yapmak için iğneler, kunduracı iğneleri ve ağlar geliştirdiler. Tüm bunları fildişi, kabuklar ve kemikler gibi daha önce kullanılmamış malzemelerden ürettiler. Evler yaptılar, kendilerini mücevherler ve oymalı heykellerle süslediler, mağaraların ve kayalıkların duvarlarını boyayıp resimler yaptılar.

Kambriyen Dönem Patlaması sırasında yaşamın gelişimi gibi, evrimdeki büyük dönüşümlerin çoğu da yüzlerce milyon veya milyarlarca yıl önce gerçekleşmiştir. Bunlarla karşılaştırıldığında insanın dönüşümü ise yalnızca dün olmuş gibidir. Ancak yine de çok özeldir. Modern insan dünya üzerindeki her yerde yaşayabilen egemen tür haline gelmiştir. Başarımız çok sıra dışı ve şaşırtıcıdır ama gerçekte pek çok başka türü de yok olma tehdidiyle karşı karşıya getirmektedir. Bir yandan diğer türlerin evrimini tehdit ederken, bir yandan da yeni bir tür evrimi yarattık: Kültürün evrimi.

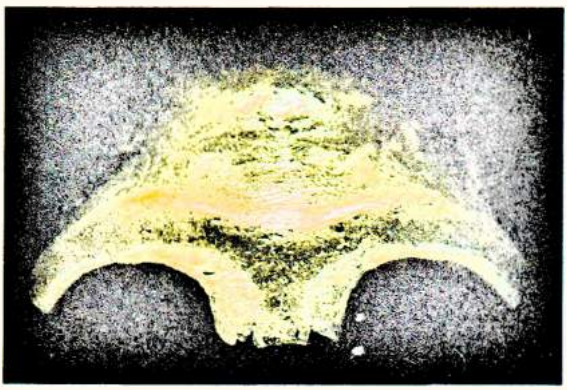
İLK MODERNLER

Böylesi bir devrim ihtimalinin açıkça karşımıza çıkışı son 20 yıllık döneme rastlar. Geçmişteki bilim insanları, modern insanın doğuşuna ilişkin çok farklı fikirlere sahipti. Eski görüşe göre, modern insanın

evrimi 1 milyon yıl önce başlamıştı. Tek bir insangil türü, yani *Homo erectus*, Afrika, Asya ve Avustralya'da yaşamaktaydı. *H. erectus*, binlerce kilometreyi kapsayan bu alanlara yayılmış olsa da, her bir topluluğun diğerleriyle olan komşuluk ilişkisi sürmekteydi. Bu dağınık gruplara mensup erkek ve kadınlar birbirleriyle çiftleştikçe *H. erectus*'un genleri tüm bu alana yayıldı. Bu grupların hiçbiri kendisine ait yeni bir türü oluşturacak kadar izole değildi. Bazı topluluklar yerel koşullara uyum sağladıkça belirgin görünüm farklılıkları kazandılar. Örneğin Avrupa'da zorlu buzul çağlarıyla başa çıkmak için bugün *Neandertal* dediğimiz kısa boylu, kalın ve tıknaz insanlar ortaya çıktı. Diğer taraftan tropik Asya'da ise *H. erectus* topluluklarının boyları uzadı ve bedenleri inceldi. Ancak nerede, hangi biçimi alırlarsa alsın, eski görüşe göre modern forma evrilmeleri aynı anda oldu.

Neandertal fosilleri, Avrupa ve Ön Asya'da 200 ila 30 bin yıl öncesi tarihlerde bulunabilir. Bilim insanları başlangıçta Neandertallerin modern Avrupalılara evrildiğine inanıyorlardı. Bu evrim sırasında kullanabildikleri aletler de gelişmişti. Neandertallerin eski taş aletleri ve mızrakları yerine, geyik boynuzundan yapılan balık oltaları, ince saplı mızraklar ve kemik fırlatıcılar gibi daha hassas ve el becerisi gerektiren ve farklı materyallerden yapılmış aletleri ilk kullananlar, Cro-Magnonlar olarak bilinen en erken dönem Avrupalılar oldular. Cro-Magnonlar, ölülerini özenle gerçekleştirdikleri törenlerle gömdüler ve gerdanlık gibi takılar taktılar. İnsan evriminin Asya ve Afrika'daki fosil kayıtları ise daha çeşitliydi ancak araştırmacılar *H. Erectus*'un bu bölgelerde de modern insana evrildiğini ve yeni teknolojileri geliştirdiklerini varsaydılar.

Ancak 1970'lerde birkaç paleoantropolog, insan evrimiyle ilgili çok farklı bir görüş tasarlamaya başladı. Asya'daki Neandertaller ve *Homo*



Bu kafatası kemiğinin tepe kısmı, bir Neandertale ait bulunan ilk kemiklerdendi (1856). Bundan sadece bir yüzyıl sonra bilim insanları bu fosillerin tıpkı günümüzde yaşayan insanlar gibi, hâlâ DNA taşıdıklarını keşfettiler.

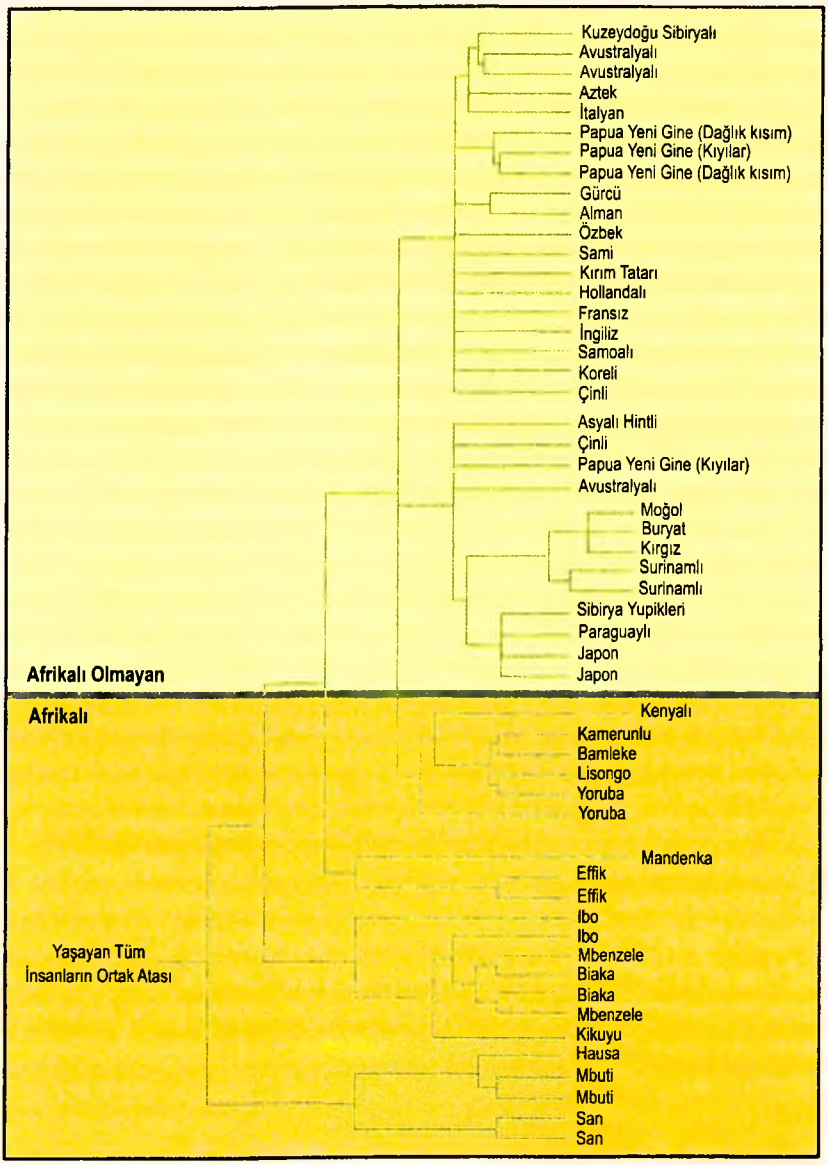
erectusların gerçekte iki farklı tür olduğunu öne sürüyorlar ve her ikisinin de *Homo sapiens*'in atası olmadığını iddia ediyorlardı.

Londra'daki Doğa Tarihi Müzesinden paleoantropolog Christopher Stringer, Cro-Magnon fosillerinin Neandertallerden ziyade eski Afrikalı fosillerine benzediğini keşfetti. Stringer, modern Avrupalıların Neandertaller yerine Afrikalı göçmenlerden evrildiğini öne sürdü. 30 bin yıl önce yaşayan Neandertallerin modern Avrupalılara evrilmediğini açıkladı. Onların türü tükenmişti.

Stringer gözlerini kafatası fosillerine dikmişken Berkeley, California Üniversitesinden genetikçi Allan Wilson insanlık tarihini biyokimyayı kullanarak yeniden oluşturmaya çalışıyordu. Wilson, insan mitokondrisindeki DNA'lar üzerinde çalıştı (Hücrenin içinde enerji jeneratörü gibi çalışan bu parçacıkların kendi DNA'ları bulunuyordu). Hücre çekirdeğindeki herhangi bir DNA yerine mitokondriyal DNA'yı seçmesinin nedeni, bu DNA'nın nesilden nesle hemen hemen hiç değişikliğe uğramadan aktarılıyor oluşuydu. Kromozomlarımızda taşıdığımız genlerimiz hem annemizden hem de babamızdan gelirken, mitokondriyal DNA'ları yalnızca annelerimizden alırız (Bunun nedeni spermlerin kendi mitokondrilerini yumurtanın içine aktaramamasıdır). Bir anne ile çocuğunun mitokondriyal DNA'sı arasındaki farklılık ancak bu genlerin kendiliğinden mutasyona uğraması sonucu oluşabilir. Nesiller arasında farklı mutasyonlar oluşabileceğinden, bir tür içindeki farklı dalları ayırt edebilmek için mitokondriyal DNA'lardan yararlanmak mümkündür.

Wilson'ın ekibi, dünya genelinde tüm insan topluluklarından aldıkları mitokondrileri incelediler. Topladıkları genleri sıraladılar ve birbirlerine benzerliklerine göre gruplandırdılar. Bu işlem yoluyla yaşayan insanların evrim ağacını ortaya çıkarmış oldular. Wilson, yaşayan Afrikalıların oluşturduğu dalların bu insanlık ağacının en uç köşelerine kadar ulaştığını keşfetti. Ortaya çıkan bu ağaç, yaşayan tüm insanların ana kaynağının Afrika olduğunu gösteriyordu.

Eğer Wilson, Afrika'da 2 milyon yıl önce herhangi bir insangil kıtayı terk etmeden önce yaşamış olan erken bir *Homo* türünden bahsediyor olsaydı, hemen hemen tüm paleoantropologlar bu fikri onaylardı. Ancak Wilson, elde ettikleri insan genlerinin çok farklı bir şey söylediğini iddia ediyordu. İnsanlara ait evrim ağacının oluşturulmasının ardından, bugün yaşamakta olan insanların ortak atasının yaşı da artık hesaplanabilirdi. Mitokondriyal DNA'lardaki mutasyon oranını hesapladılar ve genlerdeki varyasyonlarla farklı dallarda ne kadar mutasyon olduğuna karar verebilmek için hesaplamalarındaki farklılıkları karşılaştırdılar.



2000 yılında araştırmacılar dünya genelinden 53 insanın DNA'larını karşılaştırdılar ve bu evrim ağacını oluşturdular. Afrikalılar en eski daldan geliyorlardı ve tüm yaşayan insanlar geçmişlerini bu kıtaya varana dek izleyebilirlerdi. DNA'daki varyasyonlar bu Afrikalı ortak atanın 170 bin yıl önce yaşadığını gösteriyordu.

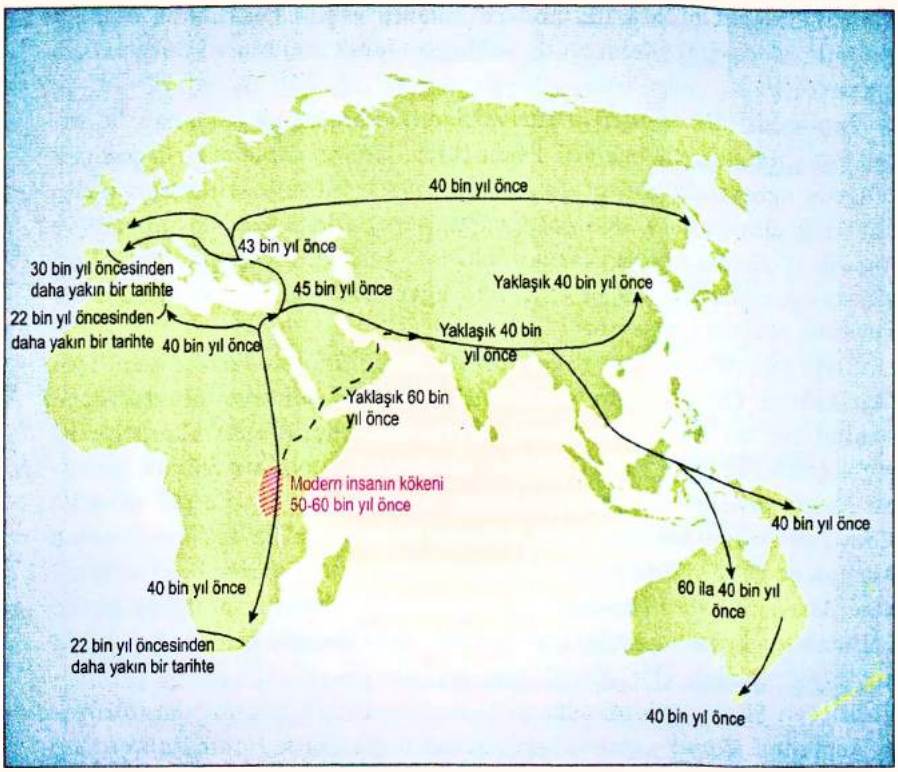
Moleküler saat onlara ilk modern insanın yaşını hesaplama olanağı sağladı: Modern insanların ilki yaklaşık olarak 200 bin yıl önce ortaya çıkmıştı.

Zamanla "Mitokondriyal Havva" ismiyle anılmaya başlanan bu ortak ata şüphesiz çok eskiydi. Fakat Havva, *Homo sapiens*'lerin pek çok bölgede aynı anda köken aldığını öne süren bilim insanlarının tezlerini doğrulayabilmek için çok gençti. Avrupa'daki Neandertallerin ve Asya'daki *Homo erectus*'ların hiçbirisi, genlerini yaşayan insanlara aktaramamışlardır. Ancak Wilson'ın ağacı Stringer için muazzam bir dayanak oluşturmaktaydı.

Stringer, Wilson ve diğer bilim insanları modern insan için "Afrika'dan Çıkış" adını verdikleri yeni bir senaryo oluşturmaya başladılar. Bu fikre göre *Homo*, Afrika'dan yayıldıktan sonra birbiriyle çiftleşemeyen farklı türlere evrilmişti. Asya'nın büyük kısmına *Homo erectus*'lar yerleşirlerken, kendine özgün bir tür olan ve *Homo neanderthalensis* diye bilinen Neandertaller ise kendilerine Avrupa ve Ön Asya'da yer bulmuşlardı. Bu sırada Afrika'daki eski insangillerden *Homo sapiens*'ler evrilmekteydiler. Bir noktada *Homo sapiens*'ler Asya ve Avrupa'ya göç ettiler. Chauvet Mağaralarındaki çizimler, mücevherler, silahlar ve giysiler, yani insan eliyle yapıldığı bilinen 50 bin yıldan eski fosil kayıtlarındaki buluntular, dünyayı keşfeden *Homo sapiens*'lerin elinden çıkmıştı. *Homo sapiens*'in, *Homo erectus* ve Neandertallerin yaşam alanlarına girmesiyle diğer insan türleri yok oldu.

Afrika'dan Çıkış hipotezi ilk ortaya konduğunda büyük eleştiri almasına karşın, hipotez Asya, Avrupa ve Afrika'da bulunan güncel fosil kayıtlarıyla güç kazandı. Paleoantropologlar, İsrail'de 30 bin yıl boyunca anatomik açıdan modern insanlarla birlikte yaşamış Neandertal fosilleri keşfettiler ve Neandertallerin yok olmalarından önce modern insanlarla çiftleştiklerine ilişkin herhangi bir emareye rastlamadılar. Asya'da ise *Homo erectus*'lar, ilk *Homo sapiens* fosilleri ortaya çıkmaya başladıktan çok sonrasına kadar yaşamlarını sürdürdüler. Bazı kanıtlar *Homo erectus*'un, Java'da bundan 30 bin yıl öncesine kadar yaşadığına işaret etmektedir.

Afrika'daki keşifler de kurama destek vermeyi sürdürdü. Stanford Üniversitesinden Richard Klein konuyla ilgili görüşlerini şöyle ifade ediyor: "100 bin yıl önceki Avrupa'ya bakacak olursak, göreceğimiz tek şey Neandertaller olur. Gözümüzü Afrika'ya çevirdiğimizdeyse, orada yaşayanların fiziksel bakımdan çok daha modern görünüşlü olduğunu fark ederdik."



Fosiller ve genetik kanıtlar modern insanların 50 bin yıl önce Afrika'da ortaya çıktığını ve buradan Eski Dünya'ya yayıldıklarını gösteriyor.

Wilson'ın çalışmalarını sürdüren genetikçiler, genellikle Afrika'dan Çıkış modelini onayladılar. İnsanın evrim ağacını oluşturmak için hangi gen incelenirse incelensin, Afrikalılar tutarlı bir şekilde ağacın özellikle tabanına yakın dalları dolduruyorlardı. Daha fazla gen parçasının incelenmesiyle birlikte mitokondriyal genler şimdi 170 bin yıllık bir kökeni işaret etmektedirler. 1990'ların sonlarında genetikçilerden oluşan bir ekip insanların Y kromozomlarını karşılaştırdı (bir insanın erkek olup olmayacağını belirleyen kromozom). Bu çalışmalar modern insanın geçmişinin sadece 50 bin yılla sınırlı olduğunu gösterdi. Elbette yapılan bu çalışmaların birkaç on bin yıllık hata payları vardır ve bu açıdan birbirlerini yalanladıklarını söyleyemeyiz.

Nihayetinde araştırmacılar kesin olarak kimin haklı olduğuna karar vermek durumundadırlar. Fakat tüm bu çalışmaların vardığı ortak sonuç, çok genç bir tür olduğumuzdur.

NEANDERTHAL DNA'SI

Kolektif gençliğimize ilişkin daha fazla kanıt gerekirse, Neandertallerin genlerine başvurulabilir. Alman hükümeti 1995'te fosil DNA'ları konusunda uzmanlaşmış, Münih Üniversitesinden Svante Pääbo'ya, 1856'da bulunan ve hâlâ saklanan orijinal bir Neandertal fosilinde DNA bulunup bulunmadığını sordu. Genlerin son derece kırılgan olduğunu bilen Pääbo meseleye kuşkuyla yaklaştıysa da, şansını denemeye karar verdi. Doktora öğrencisi Matthias Krings'le birlikte Neandertal fosilinin kolunun üst kısmından küçük bir kemik örneği aldı ve bu örneği proteinlerin yapı taşı olan amino asitler açısından incelemeye koyuldu. Fosilde hâlâ amino asit kalıntıları bulmuş olmalarına çok şaşıran ikili, genlerin peşine düştü. Eğer amino asitler yaşayabiliyorsa, DNA da sağlam kalmış olabilirdi.

Araştırma çok zorluydu çünkü yaşayan insanlardan kopmuş bir toz zerresindeki DNA parçasının fosile bulaşması buluntuyu kirletmiş olabilirdi. Bu riski ortadan kaldırmak için Krings kemiğin dışını parlattı ve tüm çalışma aletlerini steril bir odaya yerleştirdi. Herhangi bir bulaşma olmadığından emin olduktan sonra Neandertal kemiğini öğüttü ve taşıdığı olası DNA parçalarını kopyalamak amacıyla birtakım kimyasallar kullandı.

Krings, bilgisayarında elde ettiği sonuçları görünce şok geçirdi. 379 bazdan oluşan bir DNA parçası saptanmıştı; bu parça insan DNA'sına çok benzer olmakla birlikte birebir aynı da değildi. Araştırmacılar Penn State Üniversitesindeki Mark Stoneking'in laboratuvarında işlemleri Neandertal fosilinden alınan ikinci bir örnek üzerinde teyit etmeden kutlamalara girişmediler. Aynı DNA parçasının Stoneking tarafından da bulunmasıyla keşif kesinlik kazanmış oldu.

Pääbo'nun ekibinin sonraki işi, Neandertal DNA'sı ile insan ve şempanze DNA'larını karşılaştırarak evrim ağacını yeniden oluşturmak oldu. Bu yeni ağaçta Neandertaller tamamen ayrı bir dala yerleşirken, Avrupalılar ve Afrikalılar bir dal üzerinde toplanıyorlardı. Neandertal ve *Homo sapiens* genlerinde birikmiş olan farklılıkların sayısından yola çıkarak, Krings ve arkadaşları bu iki türün ortak atasının 600 bin yıl önce yaşamış olduğunu hesapladılar. Bu ortak ata muhtemelen Afrika'da yaşamıştı; torunlarının oluşturduğu dallarından birisi Avrupa'ya göç etmiş ve Neandertal haline gelmiş, geride kalanlardan oluşan dal ise bizim bugünkü halimize evrilmişti.

Pääbo ve ekibi çalışmalarını 1997'de yayımladıklarında, çalışmanın çıktılarına kuşkuyla yaklaşanlar bu kadar küçük bir Neandertal DNA'sı parçasıyla onları evrim ağacındaki uygun yerlerine yerleştirecek yeter-

li bilgi elde edilemeyeceğini ileri sürdüler. Ama 2000 yılında Neandertal DNA'sına ait iki parça daha gün ışığına çıktı. Pääbo'nun ekibi bu parçalardan birisini Hırvatistan'da 42 bin yıllık bir kemik parçasında buldu, diğerini ise bağımsız bir ekip Kafkas Dağlarındaki 29 bin yıllık bir Neandertal fosilinde tespit etti. Her iki olguda da bilim insanları, Pääbo'nun orijinal Neandertal materyalinde bulduğuyla aynı yapıdaki DNA'larla karşılaştılar. Bu üç DNA parçası da yaşayan herhangi bir insanın DNA'sından daha çok birbirlerine benziyordu. Üstelik bu genetik parçalar birbirlerinden yüzlerce kilometre uzakta yaşamış, yaşadıkları dönemler arasında binlerce yıl fark bulunan Neandertallere aitlerdi. Bu DNA'ların tesadüfen bu kadar benzer dizilimlere sahip olma olasılığını neredeyse imkânsızdı.

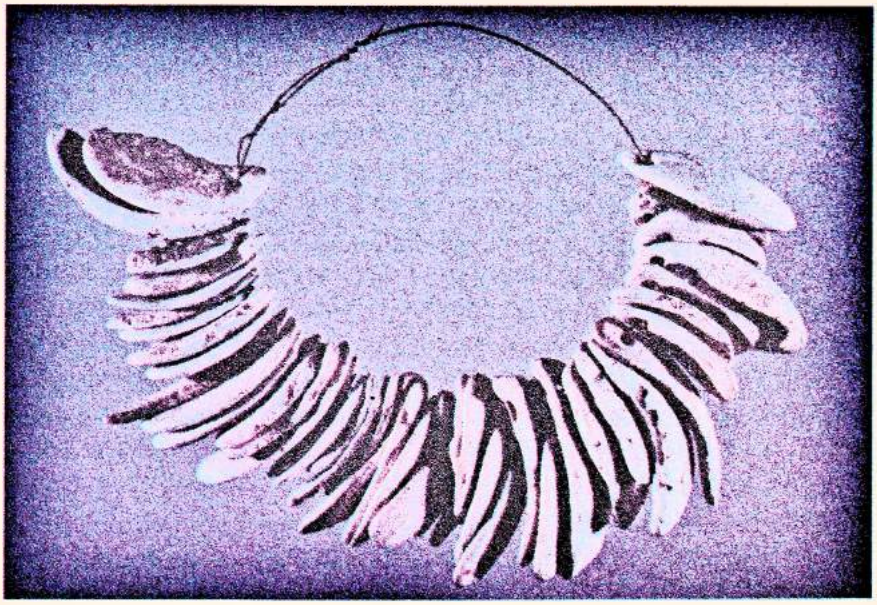
Neandertal DNA'sından elde edilen bu yeni kanıtlar Neandertallerin soylarının tükendiğine ilişkin hipotezi destekledi. Neandertal fosilleri onların yokoluşa sürüklenmiş narin bir ırk olmadığını gösteriyordu. Onlar, Avrupa'da buzul çağlarında yaşamayı başarabilmiş becerikli insanlardı. En az olimpiyatlarda kullanılan ciritler kadar dengeli mızraklar yapabiliyor, bunlarla atları ve büyük memelileri öldürebiliyorlardı. Avcılıkta öylesine iyiydiler ki, diyetleri yalnızca etten oluşuyordu. Irak'taki Şanidar Mağarasında bulunan fosil iskeletinin gösterdiği gibi, hastalanan türdeşlerine bakabiliyorlardı. Mağarada bulunmuş, kafası ve bedeni eziklerle dolu ancak yıllarca bu halde yaşayabilmiş iskelet fosili buna kanıttı.

Aynı şekilde, *Homo erectus* da insangiller arasındaki narin bir çiçek değildi. Çin'in soğuk Kuzey sınırlarından Endonezya'nın nemden yapış yapış ormanlarına kadar her yere yayılmış ve hükümranlığı 1 milyon yıldan fazla sürmüştü. Ancak *H. neanderthalensis* ve *H. erectus* yeryüzünden silinmişken *Homo sapiens* hâlâ varlığını sürdürüyor. Peki, bizim hayatta kalmamızı sağlayan fark ne?

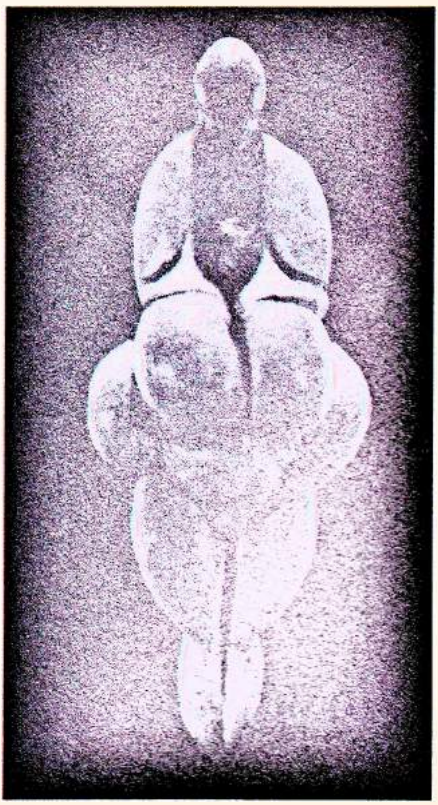
YENİ TÜR BİR ZİHİN

Paleoantropologların 50 bin yıl önceki *Homo erectus* ve Neandertaller ile modern insanlar arasında tespit ettiği en bariz fark, bu türlerin yarattıkları ve geride bıraktıklarıdır. Asya'daki *Homo erectus* hiçbir zaman el baltası teknolojisinin ilerisine geçememiş görünmektedir. Neandertaller ise mızraklar ve bir dizi taş bıçaklar yapmayı becerebiliyorlardı ama ulaşabildikleri en üst nokta buydu.

Diğer taraftan modern insanlar ise büyük beceri gerektiren yeni aletler yaptılar ve bunları inanılmaz bir hızla keşfettiler. Modern insan-



Yaklaşık 50 bin yıl önce modern insanlar mücevher ve diğer takıları takmaya başladılar. Bu nesnelerin takan kişilerin kabilelerini veya kişisel statülerini gösterdiği sanılmaktadır. Ayrıca eşsiz bir sanat üretme yeteneği de kazanmışlardır. Tıpkı bu dişi figürü gibi.



lar, ucunda düşük ağırlıklı ancak güçlü bir materyal olan geyik boynuzu bulunan mızraklar yaptılar. Geyik boynuzlarını sivriltebilmek için saatlerce ıslatıp zımpara yaptılar. Mızraklarını çok daha uzağa fırlatmalarını sağlayan mızrak fırlatıcılar keşfettiler. Avlarına ancak tahta süngülerle saldırabilen Neandertallerle kıyaslandığında modern insanlar kendilerini riske atmadan daha kolay avlanmalarını sağlayabilecek aletler geliştirdiler.

Modern insanın icat ettiği her şey avlanmak gibi pratik ihtiyaçlara cevap verme hedefli değildi.

Örneğin Türkiye'deki mağaralarda bilim insanları salyangoz kabuklarından ve kuş pençelerinden yapılmış 43 bin yıllık gerdanlıklar buldular. Başlangıçtan beri modern insanlar mücevherler takıyorlardı. Bu takıları kullanmalarının nedeni muhtemelen bağlı oldukları kabileyi belirtmek veya bulundukları takım içindeki konumlarını ifade etmekti.

New York Üniversitesinden Randall White şöyle söylüyor: "Vücut takıları için insanlar binlerce saatlik emek harcıyorlardı. Toplumsal konumlarını ve rollerini belirtmek onların yaşamlarında bir öncelikti. Vücutlarına herhangi bir şey yerleştirdiklerinde diğer insanlara toplumsal olarak kim olduklarını kolaylıkla anlatabiliyorlardı."

İnsanların yaptıkları ve geride bıraktıkları şeyler kendilerini ve dünyayı nasıl gördükleriyle ilgili büyük ve derin bir değişim yaşandığını işaret ediyor. Bu değişim onlara rekabetçi bir kimlik verdi. Klein, şöyle açıklıyor: "50 bin yıl önce Afrika'da bir şeyler oldu. Hâlihazırda dış görünüşleri modern insanlara tıpatıp benzeyen bu topluluk, giderek modern insanlar gibi davranmaya başladı. İnsana ait yeni şeyler ürettiler ve onların daha büyük topluluklar oluşturmalarını sağlayan yeni avlanma ve toplama yolları geliştirdiler."

Araştırmacılar bu değişimin neler getirdiğine dair ancak tahminlerde bulunabilirler. Bazıları bu yaratıcı devrimin yalnızca kültürle ilişkili olduğunu öne sürüyor. Afrika'daki bu anatomik açıdan modern insanlar değişime dair bazı deneyimler yaşadılar, belki de bir nüfus patlaması onları bu değişimin eşiğine getirdi. Bu yeni koşullarda insanlar modern aletleri ve sanatı icat ettiler. White şöyle diyor: "Cro-Magnonlar nörolojik açıdan aya seyahat edebilecek kapasiteye sahiptiler ancak gidemediler çünkü uygun koşulların olduğu bir toplumsal ortam içinde değillerdi. Bu türden icatları yapmalarını teşvik edecek bir mücadele ortamı içinde yer almıyorlardı."

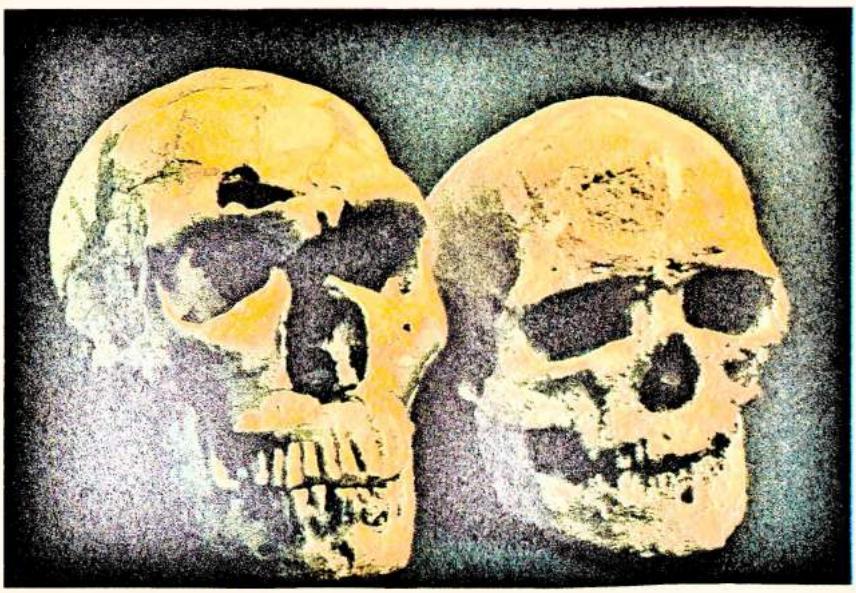
Stanford Üniversitesinden paleoantropolog Richard Klein bu açıklamaya kuşkuyla yaklaşıyor. Eğer insanların Chauvet Mağaralarındaki duvarlara resimler çizmeye yetecek potansiyelleri vardıysa veya yüzbinlerce yıldır üstün kalitede mızraklar yapabiliyorlardıysa, niçin gelişim için bu kadar beklenmek zorunda kaldı? Eğer devrim tamamen kültürelse neden modern insanlarla binlerce yıl yan yana yaşayan Neandertaller –aynen bugünkü toplumlar arasında süregelen kültürel alışveriş gibi– onlara ait yeni aletleri ve sanatı kendilerininmiş gibi benimsemediler?

Klein modern insanların atalarının davranışlarını aniden değiştirdikleri sırada muhtemelen nüfus bakımından bir genişleme evresinde olmadıklarının da altını çiziyor. Genetikçiler yaşayan insanların

DNA'larındaki değişiklikleri ölçerek, kuruluş aşamasındaki topluluklarının hangi büyüklükte olduğunu hesaplayabilir. Yapılan hesaplar bu toplulukların çok da geniş olmadığını gösteriyor. Öyle görünüyor ki gezegendeki tüm insanlar birkaç bin Afrikalıdan köken almıştır. Klein bu durumu şöyle açıklıyor: "Tam anlamıyla modern insan türünün ortaya çıkışı, Afrika'daki toplulukların nüfuslarının göreceli olarak seyrek olduğu bir zamana karşılık gelmektedir."

Küçük bir grup kültürel değişikliklerin gerçekleşmesi için uygun bir yer olmayabilir ama biyologlar böyle bir topluluğun evrimsel değişiklikler için gayet verimli olduğunun çok uzun zamandır farkındalar. Mutasyonlar küçük topluluklarda hızla yayılabilir ve topluluk mensupları hızla değişebilir. Bu gerçeği göz önünde bulunduran Klein, modern insanlığın doğuşunun biyoloji kaynaklı olduğunu öne sürüyor. Bu görüşe göre, insan beynini şekillendiren yeni mutasyonlar 50 bin yıl önce Afrika'da oluştu ve bu insanlar daha önce hiçbir insanda bulunmayan bir şeye, sanat ve teknoloji yaratma kapasitesine kavuştular. Klein, bu konuda şöyle söylüyor: "Benim görüşüme göre söz konusu olan, beyin yapısından kaynaklanan bir değişimdir."

Bu beyin değişimi insanları, atalarının düştüğü hataları tekrarlamaktan alıkoydu, böylelikle katı zihinsel engelleri aşmayı başardılar. Modern insanlar hayvanları yalnızca birer yiyecek olarak görmek yeri-



Neandertaller (soldaki kafatası) yok olmadan önce binlerce yıl Avrupa'da ve Ön Asya'da modern insanlarla (sağdaki kafatası) birlikte yaşadı.

ne, hayvan kemiklerinin ve boynuzlarının birer alet olarak kullanılabileceğinin ayırdına vardılar. Tüm avlar için aynı gereçleri kullanmayı bir kenara bırakıp farklı hayvanları avlamak için farklı aletler yarattılar. Artık balıkları, dağ keçilerini ve alageyikleri farklı silahlarla avlıyorlardı. Bu düşünce şekli, Reading Üniversitesinden arkeolog Stephen Mithen tarafından "akışkan zekâ" olarak tanımlanıyor. İnsanların doğayı ve kendilerini soyut olarak düşünebilmelerine izin veren, çizimler ve heykeller biçimindeki sembolleri yaratabilmelerine olanak sağlayan bu zekâ tipiydi.

Dil tüm verimliliğiyle bu gecikmiş kapasite patlamasının bir parçası oldu. Klein şöyle diyor: "50 bin yıl önce gerçekleşen şey, konuşabilme yeteneğinin hızla gelişmesi, anlaşılabilirlik, başkalarını çözümleyebilme, duygudaşlık sergileyebilme ve nihayet yeni yöntemler hakkındaki haberleri yaymak için kimsenin daha önce yapamadığı bir biçimde konuşmanın kullanılmasıydı."

Yeni teknolojinin karmaşıklığı basit örnekler aracılığıyla öğrenilmeyecek kadar büyüktü. Rusya'da insanlar mamut dişlerini kaynatır ve onu ölüleriyle birlikte gömerlerdi. Böyle bir geleneğin bir Neandertale anlamlı gelmesi ve onu sürdürmesi imkânsızdı. Modern insanlar, yeni icatlarını diğer insanlara da tanıtabiliyor ve böylece yeni fikirler kolaylıkla yayılabiliyordu. Modern insanlar taşlar dışında, fildişi ve diğer materyallerden de aletler yapabiliyor, bu ürünler ilk yapıldıkları yerden yüzlerce kilometre ötelere taşınabiliyordu. Dil, kabilelerin sahip oldukları malzemeleri değiş tokuş etmek için iletişime girebilmelerini sağlıyordu. Dille birlikte modern insanlar mücevherlere ve sanata (mukkadeslik veya toplumsallık kaynaklı) özel anlamlar yükleyebildiler.

Araştırmacılar, Afrika'dan yola çıkan ve yeni bir kültürle –hatta yeni bir beyinle– kuşanmış modern insanların *Homo erectus* ve Neandertallerle karşılaştıklarında neler yaşandığını henüz tam çözebilmiş değiller. Acaba topyekûn bir savaşa mı girdiler? Tıpkı İspanyolların Azteklere çiçek hastalığını götürdüğü gibi, acaba onlar da Avrupa ve Asya'ya yok edici hastalıklar mı taşıdılar? Belki de çoğu araştırmacının düşündüğü gibi, yeni beyinleri modern insanlara rekabetçi bir kimlik kazandırmıştı. Klein şöyle diyor: "Basitçe Avrupa'daki Neandertallerin yerini aldılar çünkü onlardan çok daha karmaşık ve gelişkin davranış biçimlerine sahiptiler. Özellikle de avcılık ve toplayıcılık konusunda çok verimliydiler."

Modern insanlar gereksinimlerini karşılamak için aralarında ticaret yapabiliyordu; anlaşmazlıkları çözümlemek için çılgın savaşlara girmek yerine karmaşık dillerini kullanıyorlardı. Kendilerine daha fazla

giysi yapabilmek ve yiyecek bulabilmek için silahlar ve aletler icat ettiler ve diğer insanların ayakta kalamadığı kuraklıklardan ve korkunç soğuklardan sağ çıktılar. Fosil kanıtları onların bu tür badireleri Neandertallere göre daha geniş kitleler halinde atlattıklarını işaret ediyor. Neandertaller muhtemelen dağlardaki yerleşim bölgelerine geri çekildiler; bu süreçte yakın akrabalar arası üreme ve hastalıklar zamanla türlerinin tükenmesine yol açtı.

Tüm modern insanlar elbette Avrupa'ya yönelmedi. Asya'ya yayılanlar zaman içinde kıyılarla kucaklaştılar. Kızıldeniz kıyılarında keşfedilen insan yapımı aletler, Afrikalıların 120 bin yıl önce bu kıyılara yerleştiğini ve kabuklu deniz canlılarını tüketerek yaşamlarını sürdürdüklerini gösteriyor. Bu insanların torunlarının Arap Yarımadası ve Hindistan'a yayıldıktan sonra da aynı yaşam biçimini sürdürmüş olması mümkündür. Bu belalı göçmenler *Homo erectus*'un yaşam alanlarına geldiklerinde, ev sahibi insangiller muhtemelen kıyılardan iç bölgelere sığınmak ve ormanların içlerine çekilmek zorunda kaldılar. Nihayetinde öylesine izole oldular ki, 30 bin yıl önce yok olmanın eşiğine kadar geldiler. Bazı modern insanlar nehirler boyunca Asya'nın kalbine doğru ilerlerken, diğerleri kayıklarını kullanıp denizleri aşarak daha önce hiçbir insangilin ayak basmadığı Yeni Gine ve Avustralya'ya ulaştılar. Bundan 12 bin yıl öncesine gelindiğinde, insanlar Asya'dan Yeni Dünya'ya geçmiş, Şili'nin güney ucuna kadar ulaşmışlardı. Evrimsel bir başarı olarak, Antarktika dışında tüm büyük kıtalar *Homo sapiens*'in evi haline geldi. Bir zamanlar şempanzelerin bir alt türü olarak ormanlardan kovulanlar tüm dünyayı ele geçirmişti.

DOĞAL OLMAYAN SEÇİLİM

Evrim 50 bin yıl önce kültürel devrimi mümkün hale getirdi fakat insan kültürü o kadar güçlü hale geldi ki işler tersine döndü. Artık kültür biyolojik evrimi etkileyecek hale geldi. Genlerin uygunluğu doğal seçilimin yol haritasını çizer ancak insanın icat ettikleri bu uygunluğu değiştirebiliyor. Bilim insanları, kültürümüzün izlerini DNA'mızda da görebiliyorlar.

Genlerin ve kültürün ortak evrimi bazı şeyleri mümkün kılabiliyor. Örneğin bazı insanlar süt içebiliyor. Bu memeliler için bu tuhaf durum. Sütün içindeki en temel şeylerden birisi laktoz adı verilen şekerdir ve bu şeker memeliler tarafından laktaz adı verilen bir enzim yoluyla parçalara ayrılarak sindirilebilir. İşin aslı, memeliler sadece süt emerken, yani yavruyken laktaz üretebilirler. Memeli büyüdükçe bu enzimin üre-

timi durur. Tipik bir erişkin memeli için laktaz üretmek yararsız bir uğraştır çünkü artık annesinden süt emmediği için sütü sindirmeye ihtiyacı yoktur.

Diğer memeliler gibi, insanların çoğu da büyüdükleri zaman laktaz enzimini üretmeyi durdururlar. Bu açıdan taze süt, laktoz oluşumuna neden olduğu ve bununla beslenen bir tür bakterinin hızla kolonizasyonuna yol açtığı için parçalanmış ve sindirilebilir olanı dışında kabul edilemez. Bu bakterinin artmış miktarı gaz oluşumuna ve ishale neden olur (Peynir ve yoğurt daha az laktoz içerir, bu nedenle sindirimleri daha kolaydır).

Bazı insan DNA'larında (bunlara Amerikalıların yarısı da dâhil) bu laktaz şalterini yok eden bir mutasyona sahiptirler. Bu insanlar erişkinliğe ulaşsalar bile laktaz enzimini üretmeye devam ederler ve süt içerken herhangi bir sorun yaşamazlar. Bu beceri bundan yalnızca 10 bin yıl önce inekler evcilleştirildikten sonra yayılmaya başlamıştır. Yaşamlarını hayvan sürülerini yetiştirerek sürdüren bu insanlar (Örneğin Kuzey Avrupa'daki ve Sahra'nın güney kenarlarında yaşayan kabileler) süt içebilme yeteneği edinerek evrimsel bir avantaj sağlamışlardır. Erişkin halde de laktaz üretebilmeye ait mutasyon böylece kabileler arasında yayılmaya devam etmiştir. Ancak hiçbir zaman inek yetiştirmeyen Avustralyalı Aborijinler ve Amerikan Yerlileri arasında süt içebilme özelliğini sağlayan genler mutasyona uğramamış, evrimsel bir avantaja dönüşmediği için bu mutasyon yaygınlaşmamıştır.

İnsanlık tarihi boyunca insanlar yalnızca yeni diyetlerle değil, kimi zaman farklı türden hastalıklarla da karşı karşıya geldiler. Tropikal bölgelerde yaşayan insanlar sıtmayla mücadele ettiler çünkü hastalığı taşıyan sivrisinekler bu bölgelerde yaygındı. Sıtmanın yaygın olduğu bölgelerde, diğer yerlerde hiç görülmeyen veya çok ender karşılaşılan kan hastalıkları yaygınlaştı. Örneğin Afrika ve Akdeniz kıyılarındaki insanlar orak hücreli anemi hastalığıyla karşılaştılar. Ataları bu bölgede yaşamış insanlar, kırmızı kan hücreleri hasarlı bir hemoglobin molekülü taşır. Hemoglobin molekülünün görevi akciğerlerden hücrelere oksijen taşımaktır. Bu hücreler oksijenden mahrum kaldıklarında hemoglobin molekülü büzüşür ve şişkin bir torba görünümündeki hücre ince bir tüp haline gelir. Bu hale gelen kırmızı kan hücreleri küçük kan damarlarını tıkarlar; bu tıkanıklıklar tehlikeli pıhtılara yol açabilir veya damarlarda kanamalara neden olabilirler. Hasarlı hemoglobinler dalağa ulaştıklarında beyaz kan hücreleri tarafından fark edilirler ve hasarlı hemoglobinler yok edilir. Oluşan pıhtılar ve kırmızı kan hücresi kayıpları kemiklerde çürümeye ve retinada ayrışmaya neden olabilir; orak hücreli anemi ölüme bile yol açabilir.

Sahra Altı Afrika'da her yıl yaklaşık 150 bin bebek bu hastalıkla doğar ve bunların çok az bir kısmı çocukluk çağına ulaşabilir. Bir insanın orak hücreli anemiye yakalanması için hem annesinden hem de babasından bu mutasyona uğramış hemoglobin genini almış olması gerekir. Çok sayıda insan bu genlerden sadece bir adet taşır; hasarlı tek bir gen insanın hemoglobinlerinde oldukça küçük hasar oluşturur. Ancak oluşturduğu zarar nedeniyle orak hücreli anemiye günümüzde gittikçe daha az rastlanmaktadır. İki hasarlı gen barındıran kişiler yaşamlarını yitirdikçe, hasarlı genler giderek insanlığın gen havuzundan silinmeye yüz tutmaktadır.

Orak hücre genlerinin yaşamını sürdürüyor oluşunun sebebi bir yandan hayat alırken bir yandan da hayat vermesidir. Sıtmanın en kötü biçimi olan *Plasmodium falciparum*'u taşıyan parazitler kırmızı kan hücrelerini işgal eder ve hemoglobin moleküllerini yerler. Bu durum çok yoğun ateş nöbetlerine neden olur ve işgal ettikleri kırmızı kan hücreleri kümeler haline gelerek hızla ölümcül pıhtılar oluştururlar. Parazit, hemoglobin molekülünü tükettikçe kırmızı kan hücresi de oksijenini kaybeder. Enfekte olan hücre eğer hasarlı bir hemoglobin geni taşıyorsa oksijenin kaybedilmesi onu büzüştürür ve orak haline getirir. Böylece diğer kırmızı kan hücreleriyle birlikte küme oluşturamaz ve hasta tehlikeli pıhtılardan korunmuş olur. Deforme oldukları vücutça bilinen orak hücreler, taşıdıkları parazitle birlikte dalakta hızla yok edilirler.

Orak hücreli anemi geninden yalnızca bir adet taşıyan insanlar böylece ona yakalanan insanların öldüğü sıtma hastalığından kurtulmuş olurlar. Doğal seçilim, iki adet hasarlı hemoglobin genini taşıyan insanların genlerini yok ederken, hasarlı hemoglobin genlerinden birini taşıyan insanların çocuk sahibi olmasına izin vererek bir yandan da genin yayılmasını sağlar.

Orak hücre geni bir anlamda tarımdaki yayılmaya da işa-



Bu kırmızı kan hücreleri sıtma hastalığına neden olan bir parazit olan *Plasmodium* ile enfekte olmuştur. Geçtiğimiz birkaç bin yılda insanlar dünyanın pek çok yerinde bu yıkıcı hastalığa karşı enfekte olması daha zor kırmızı kan hücreleri geliştirerek uyum sağladılar.

ret eder. İnsanlar tarımla uğraşmadan önce muhtemelen sıtma bugün olduğu kadar tehlikeli bir hastalık değildi. Örneğin 5 bin yıl önce Sahra Altı Afrika'nın büyük kısmı ormanlarla kaplıydı. Afrika ormanlarının tabanı göreceli olarak sivrisineklerden arınmış vaziyetteydi; yaşamlarını sürdüren türler de kuşların, maymunların, yılanların ve gölgeliklerin diğer sakinlerinin kanlarını emiyorlardı. Sahra'ya çiftçilikle uğraşan insanların göç etmeye başlamasının ardından ormanlar tarlalara dönüştü. Erozyona uğramış, açığa çıkmış topraklar üzerinde su birikintileri oluşmaya başladı; bu da önceleri ender görülen bir tür olan ve insan kanıyla beslenen *Anopheles gambiae* için uygun üreme alanlarının ortaya çıkmasını sağladı. Tarlalarda çalışan ve köylerde uyuyan çiftçiler bu sivrisinekler için kolay birer hedefti. Sinekler *Plasmodium*'ları bir insandan diğerine taşıdılar. Sıtma yayıldıkça ona karşı savunma da gelişti. Başka bir deyişle, orak hücreli anemi dünyanın tarım için ödediği bir bedeldi.

Kültür bazen doğal seçilimi yeni yönlere doğru iterken, bazen de insan evrimini emeklemeye eşdeğer hızlara düşecek biçimde yavaşlatıyordu. Bir zamanlar üreme uygunluğumuzu düşüren genler artık gelecek için birer tehlike teşkil etmiyordu. Örneğin ABD'de her 10 bin bebekten biri genetik bir bozukluk olan fenilketonüriyle doğar. Bu bebekler fenilalanin denilen amino asidi yıkamazlar. Bu çocuklar yemek yedikçe kanlarındaki fenilalanin düzeyi artar ve bu artış gelişen beyinlerine zarar vererek zihinsel geriliğe yol açar. Bir zamanlar fenilketonüriye neden olan mutasyon insanların genetik uygunluğunu düşürürken artık fenilketonürili çocukların anne ve babaları çocuklarını koruyabilecek tıbbi bilgiye sahipler. Düşük fenilalanin içeren bir diyetle çocuklarının beyin gelişimi sağlıklı bir biçimde ilerler. Tıp ve diğer buluşlar sayesinde, doğal seçilim başarılı ve başarısız genleri ayırt etme işlevini körelttik ve daha fazla değişime yol açmasını zorlaştırdık.

Gelecekte kültürel evrim biyolojik evrimi şimdikinden daha da fazla yavaşlatacak. Doğal seçilim, insanların üreme uygunlukları arasında büyük farklılıklar olduğunda daha hızlı çalışır; bazı bireylerin hiç çocukları olmazken bazıları ise büyük ailelere sahip olurlar. Dünya genelinde günümüz insanı geçmişe oranla daha bol gıdaya, gelişkin sağlığa ve gelire sahip. Bunun bir sonucu olarak daha küçük ailelere sahip olmayı seçiyorlar. İnsanların üreme başarısı açısından farklılıkları azaldıkça doğal seçilim de giderek zayıflıyor.

Gelecekteki evrime bir darbe de insan genomunun kendisi tarafından vurulmaktadır. Dünyadaki tüm insanlar Afrika'da bir yerlerde, bundan 60 bin ila 170 bin yıl önce yaşamış olan küçük bir gruptan türe-

miştir. Bu küçük grubun genetik çeşitliliği azdır ve daha fazla genetik çeşitliliğin ortaya çıkması için evrimsel açıdan göreceli olarak az bir zaman geçmiştir. Tayland ormanlarında ve Fildişi Sahilleri'nde yaşayan şempanzelerde tüm dünyada yaşayan insanlardan daha fazla genetik çeşitlilik bulunur. Zaman zaman bazı insan topluluklarında birkaç mutasyon baş göstermekte ve doğal seçilim bazı yerlerde bu yeni genleri besleyip büyütebilmektedir. Örneğin süt içmenin veya sıtmayla mücadelenin önemli olduğu yerlerde. Ancak genler bunun dışında yayılma ve karışma şansını insanlar birbirleriyle ilişki kurdukça bulacaktır. İnsanlık tarihi de aslında birbirine karışmasın öyküsü değil midir?

Stanford Üniversitesinden Luigi Cavalli-Sforza, Yunan göçmenlerin tüm çizmede ve Doğu Sicilya'da, Fenikelilerin ve Kartacalıların Batı Sicilya'da, Keltlerin ise kuzeyde yerleştiklerine dair genetik izleri İtalya'yı incelediğinde görebilmektedir. Gizemli Liguralıların, Romalılar tarafından zapt edildiğinin, Cenova ve Toskana civarında bundan 2 bin 500 yıl önce medeniyetleri ortadan kalkan Etrüsklerin hâlâ yaşadığının genetik izlerini görebilmektedir. Ancona civarında 3 bin yıl önce var olmuş bir medeniyet olan Osco-Umbro-Sabellian medeniyetine ait bir gen kümesi hâlâ yaşamaktadır. Bu genler, tüm İtalya boyunca yalnızca yelkenliler ve at sırtında seyahat edilen bir zamanda birbirine karışmıştır. Ulaşım geliştikçe bu karışım hızlanmıştır. Avrupalılar, Yeni Dünyaya geldiklerinde beraberlerinde Afrikalı köleleri de getirdiler ve üç kıtanın genleri birbiriyle karışmaya başladı. Günümüzde havayoluyla gerçekleşen göçlerle gezegendeki gen akışı daha da hızlanmaktadır. Böylesine bir DNA denizinde yeni bir insan türünün ortaya çıkması için yeterli izolasyon olamaz. Tahmin edilebilir bir gelecek için kendimize ait evrim ağacının 15 üyelik insangil kısmında bir değişiklik olmayacaktır. Kendi türümüz içerisinde de doğal seçilimin herhangi bir değişiklik yaratması artık oldukça zordur.

İNSAN ELİYLE EVRİM

Gelecekte insan evrimi ister bir bilinmeze doğru gitsin, isterse de korkunç bir sonla karşılaşsın, yeni bir tür evrimin başladığı kesindir. Kültürün kendisi evrilmektedir. Diller evrilmekte, uçaklar evrilmekte, müzik evrilmekte, matematik evrilmekte, yemek pişirme uğraşısı evrilmekte, hatta şapkalardaki moda bile evrilmektedir. İnsan tarafından yaratılanların uğradığı değişim, biyolojik evrimle şaşırtıcı bir benzerlik taşımaktadır. Diller, hayvan türlerinin dallara ayrılışı gibi farklılaşmakta, bir lehçe anadilinden izole oldukça kendine has nitelikler kazanmak-

tadır. Bilim insanları, tıpkı insangillerin tarihçesini belirledikleri gibi, evrim ağaçları oluşturarak dillerin tarihini de ortaya çıkartabilirler.

Biyolojik evrimin bir başka özelliği de ek uyum, yani daha önceden bir uyum sonucu evrimleşen bir organın sonrasında yeni bir işlev için kullanılmasıdır. Bu özellik, bir zamanlar karada yürümeye yarayan balık bacaklarına bakılarak anlaşılabilir. Stephen Jay Gould, aynı şeyin teknolojinin evrimiyle de gerçekleşmekte olduğunu belirtiyor. Örneğin Nairobi'deki pazarlarda otomobil lastiğinden yapılmış sandaletler satın alabilirsiniz. Gould şöyle yazıyor: "Araba lastiklerinden güzel sandaletler yapılıyor ancak hiç kimse (buna Goodrich veya diğerleri de dâhil) bu lastiklerin üçüncü dünya ülkelerinde ayakkabı yapılmak üzere üretildiğini söyleyemez. Bu sandaletlerin dayanıklılığı ise tamamen lastiklerin yapısında gizli. Bu tür sandaletlerin üretimi bir alete ilişkin alışılmadık bir işlevsel dönüşüme örnek teşkil eder."

Biyolojik evrim ve kültürel evrim o kadar birbirine benzerdir ki, bilim insanları bazı temel ilkelerin her ikisi için de geçerli olup olmadığını merak etmektedirler. Richard Dawkins 1976'da yayımladığı kitabı *Gen Bencildir*'de düşüncelerimizin de genler benzeri özelliklere sahip olduğunu belirtmektedir. Örneğin bir şarkı aslında beyinlerimizde çözümlenen bir parça bilgidir ve ne zaman onu diğerlerine söylesek onların beyinlerinde de aynı şekilde çözümlenir. Bu, hapşırdığımızda bir başkasına soğuk algınlığı virüsü geçirmek gibidir. Dawkins, bu virüs benzeri bilgi parçalarına "memler" adını vermiştir. Genlerin ortaya çıkışı ve yokoluşlarıyla ilgili bütün kurallar memlere de uygulanabilir. Bazı genler kendilerini kopyalamakta diğerlerine göre daha iyidir. Gözde hasarlı foto reseptörler oluşumuna neden olan bir gen, sahibinin daha iyi görmesini sağlayan bir gen kadar kolay yayılamaz. Bunlar gibi bazı memler diğerlerinden daha kolay yayılır ve bazen de mutasyona uğramış bir mem daha önce sahip olmadığı rekabetçi bir özellik kazanır ve avantajlı hale gelir.

Başarıya ulaşmak için bir memin diğer memlere göre herhangi bir entelektüel üstünlüğünün olması gerekmez. Gerek duyulan tek şey kendini kopyalayabilme özelliğidir. Dawkins'in bu konudaki en sevdiği örnek, başka tanıdıklara da gönderilmesi halinde şans getireceği iddia edilen Saint Jude mektubudur. Saint Jude mektupları insanların piyangoyu kazanmalarını veya kanser hastalığından kurtulmalarını sağlamaz; bu mektuplar yalnızca insanların umutlarını manipüle ederek kendilerini dünyanın bir ucundan ötekine taşıtırlar. Günümüzde internet, kullanıcıların can sıkıntısı yüzünden, kötü şakaların ve meşhurların çıplak fotoğraflarının bir bilgisayardan ötekine geçtiği dev bir ağa benzer.



Fikirler, eğilimler, inançlar ve moda (1950'lerdeki hula-hop çılgınlığı gibi) insan kültürü içinde virüsler gibi yayılabilir.

Ancak kültür evriminin virüslerinkinden ayrıldığı pek çok nokta vardır. İnsanlar, küçük mutasyonlara uğrattıkları başkalaşım geçirmiş fikirlerini, dış dünyada hayatta kalıp kalamayacaklarını anlamak üzere salıvermezler. Meseleler hakkında uzun uzadıya düşünür, başka fikirlerden beslenerek yeni karışımlar oluştururlar. Memler, DNA'nın bir nesilden diğer nesle kendi kopyalaması gibi beyinden beyine atlamazlar. İnsanlar türdeşlerinin eylemlerini izler ve taklit ederler; bazen başarılı, bazense başarısız olurlar.

Bazı yönlerden, kültürel evrim Darwinci olmaktan çok Lamarckçıdır. Lamarck, bir zürafanın boynunun yaşamı sırasında uzaması halinde, bu özelliğin sonraki nesillere aktarılabileceğini düşünüyordu. Bir baba oğluna bir kılıcı nasıl yapması gerektiğini öğretir fakat oğul çeliği dökmenin daha iyi bir yolunu bulup bu yeni reçeteyi kendi oğluna aktarabilir.

Şurası açıktır ki, genler bir nesilden diğerine kopyalanmak üzere uysalca beklemezler. Onlar bir virüs tarafından başka bir canlıya taşınarak veya bir canlının diğerini tüketmesi yoluyla, yaşam ağacında aşağıdan yukarıya, yukarıdan aşağıya defalarca gezinirler. Bir kültü-

rün bir parçasının bir yerden diğerine sıçrayıp yeni şeylerle birleşmesi de bu sürece benzer. Marco Polo'nun Avrupa'ya barutu getirişini veya Afrikalı kölelerin senkoplu ritmi ABD'ye götürüşünü düşünün. Bu kitabı kaleme alırken kullandığım İngilizce, 14. yüzyılda Geoffrey Chaucer'in konuştuğu İngilizcenin birebir ardılı değil. Dil, aradan geçen sürede dünyanın başka yerlerinden gelen pek çok kelimenin işgaline uğradı.

Kendi kültürümüzle ortakyaşar bir ilişki içerisindeyiz. Pulluk düşüncesi ancak onu düşünen birisi olduğu takdirde varlığını sürdürebilir. Pulluklar olmadan ise insanların çoğu aç kalır. Teknolojik buluşların büyük kısmı aslında bizim vücutlarımızın uzantıları gibi hizmet ederler. Bir mızrak, bir avcının pençeler ve sivri dişler olmaksızın bir geyiği öldürmesini sağlar. Bir yel değirmeni, tohumları ve buğdayı dişlerimizden daha etkin biçimde öğütür. Kitaplarsa bize bir insanın sahip olabileceğinden çok daha fazla hafızayı sağlayabilen, beynimizin uzantıları gibidirler.

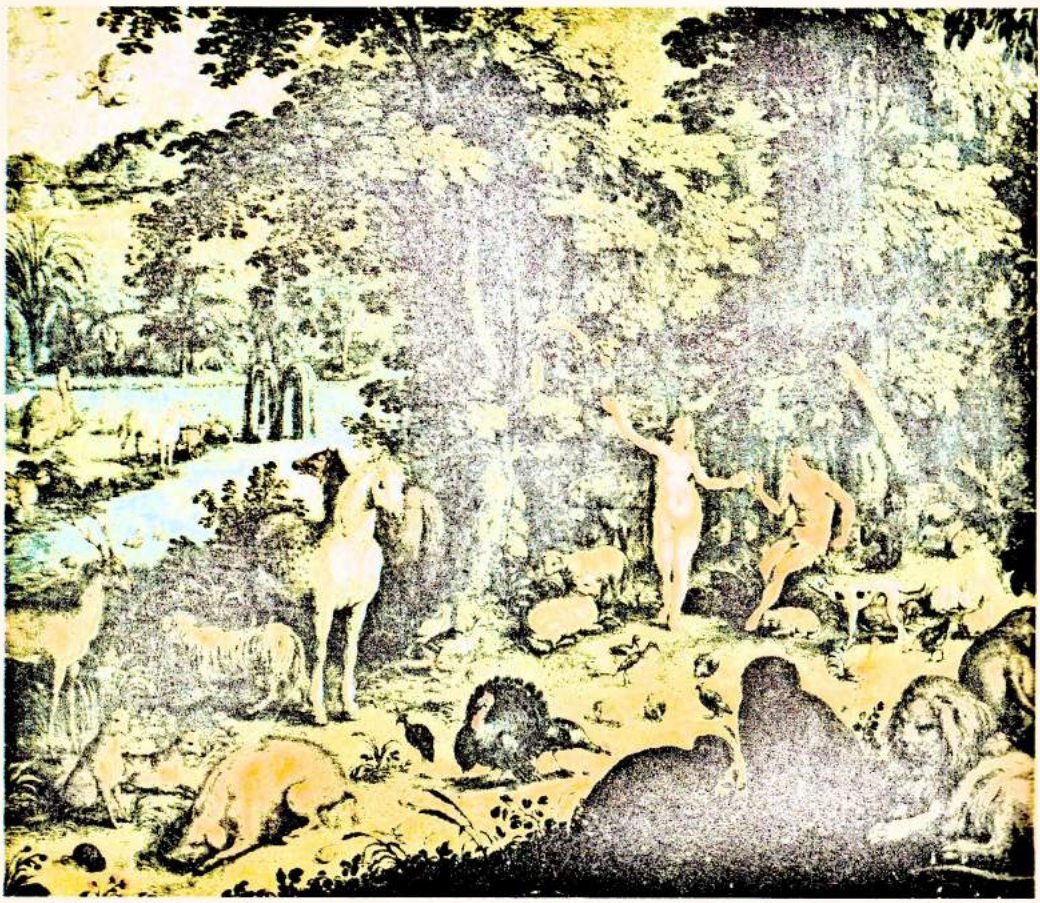
İnsanlar, 1940'larda tesadüfen kültürün yeni bir biçimiyle, bilgisayarlarla karşılaştılar. Bilgisayarlar, kitaplardan çok daha derinlikli beyin uzantılarıydılar. Bilgileri çok daha yoğun olarak saklayabiliyorlardı (Tüm bir rafı kaplayabilecek boyuttaki Oxford İngilizce Sözlüğün en büyük ve ciltli halinin yalnızca bir CD'ye sığabileceğini düşünün). Fazlası da vardı; bilgisayarlar bilgiyi beynin kullandığı yollarla işleyebilen aletlerdi. Yani algılıyorlar, analiz yapıyorlar ve planlıyorlardı. Elbette, bilgisayarlar tek başlarına, program kodlarıyla yönetilmedikleri takdirde hiçbir şey yapamazlar. Bu açıdan, DNA'lar tarafından yönlendirilmedikçe anlamsızlaşan hücrelere benzerler.

1950'lerde tüm gezegende bir megabayt RAM bile bulunmuyordu. Bugün ise evlerde kullanılan bilgisayarlar bile 50 megabayt RAM'lik kapasiteye erişebiliyorlar. Üstelik bilgisayarlar artık birbirlerinden izole haldeki silikon adacıklarından ibaret de değiller. 1970'lerden bugüne dünya üzerindeki bilgisayarlar internet sayesinde dev bir ağın parçaları haline geldiler. Bu ağ yalnızca bilgisayarları değil, arabaları, yazar kasaları ve televizyonları da kapsıyor. Kendimizi, zihinlerimize açılan küresel bir beyinle çevreledik.

Bilgisayarlar büyük bir görev aşkıyla onlara yapmalarını söylediğimiz şeyleri yaparlar. Satürn'ün etrafındaki halkalarda yörüngeye giren bir uzay gemisinin rotasını kontrol edebilirler. Bir diyabet hastanın insülin düzeyindeki düşüş ve çıkışları takip edebilirler.

Yine de oluşturdukları küresel ağların yeterince karmaşık hale gelmesi durumunda gelip aniden bizim zekâmızın yerini almaları,

belki de bilincimizin yerine geçmeleri mümkün olabilir. Yapay yaşam üzerine yapılan araştırmalar ve evrimsel bilişim, bilgisayarların bizimkinden farklı bir zekâ düzeyine erişebileceklerini gösteriyor. Bir bilgisayarın sorunları kendi yollarıyla çözebilecek hale gelmesi halinde, ortaya konulacak çözümler de beyinlerimizin algılayamayacağı şekilde olacaktır. Küresel bilgisayar ağının nereye doğru evrilebileceğini söyleyebilecek durumda değiliz. Zamanla kendi kültürümüz bize oldukça yakın bir yabancı haline, ortakyaşar bir beyne dönüşebilir. Chauvet Mağaralarının duvarlarındaki aslanlar da o zaman yeniden dans etmeye başlayabilirler.



Cennet Bahçesi, Jan Brueghel (1568-1625)
tarafından yapıldı.

Bölüm 13

TANRI'DAN NE HABER?

Elizabeth Steubing, şiarı *Christo et Regno Ejus* (İsa ve Krallığı için) olan Illinois Wheaton Lisesinde son sınıf öğrencisiydi. Steubing sofu bir Hıristiyandı ve inancından güç aldığına inanıyordu. Steubing şöyle diyordu: "Sahip olduğun dünya görüşünün hayatta varacağın noktaya etki ettiğini düşünüyorum. Doktor olmak ve insanlara yardım etmek istiyorum. Bunu sahip olduğum dünya görüşü olmadan da yapabilirim. Fakat işin içine Tanrı'yı ve benim yaşamım için planladıklarını da kattığımda bu heves çok daha fazla anlam ifade ediyor. Bu amacımda yalnız olmadığımı düşündükçe rahatlıyorum."

Steubing aynı zamanda, şeytanın varlığı ve masum insanların acı çekmesi gibi sıkıntılı meselelere ilişkin sorular sormaktan çekinmeyen bir Hıristiyandı. Şöyle der: "Üzerine ne kadar düşünürsem düşüneyim, insanların acılarını açıklamak, bu acılara makul gerekçeler bulabilmek çok zor. Bu soruları sorduğum hocalarımın da çoğu zaman bu meselelere cevap bulamadıklarını görüyorum. Yine de verdikleri karşılıkları dinlemekten keyif alıyorum çünkü bu yolda benden çok daha uzun süredir yürüyorlar."

Steubing, lise eğitimi almak için ABD'ye gelişine kadarki yaşamını Zambiya'da geçirdi ve orada büyüdü. Oradaki tecrübelerinden şöyle bahsediyor: "Köyün dışında, ormanda yaşıyorduk ve bukalemunlardan galagolara (ev hayvanı olarak da beslenen Afrika kökenli bir maymun türü) ve yılanlara dek pek çok hayvanımız oldu. Her zaman doğayla çevriliydik." Wheaton'da devam ettiği biyoloji derslerinde evrimi de öğrendi. Evrim hakkında, "Kesinliği üzerine yemin edemem ama kanıtlara baktığımızda gerçekliğe var olan tüm diğer kuramlardan daha iyi uyum sağladığı görülüyor" yorumunu yapıyordu.

Steubing, bazı öğrenci arkadaşlarının Wheaton'daki evrim eğitimine karşı çıktığını, kimi ebeveynlerinse bu sebeple çocuklarını Wheaton'a göndermediklerini biliyordu. Çevresindekilerin evrime olan tepkisini, "Anlamakta gerçekten zorlanıyorum. Eğer bu entelektüel bir girişimden ibaretse, kimi kısımları dinsel inançlarımı zora sokuyor diye ondan kaçmayı doğru bulmuyorum" diye açıklıyordu.

Fakat diğerlerinin aksine Steubing sorular soruyordu. Evrim onun inancı için ne anlama geliyordu? Bir Hıristiyan olabilmek için evrimin reddedilmesi gerektiğini düşünmüyordu: "Bir süreç olarak değerlendirildiğinde evrimin yerinde bir yaklaşım olduğunu düşünüyorum. Bu süreci destekleyen pek çok kanıt var. Ama evrimin Tanrı'yı dışarıda bıraktığını söylemek oldukça önyargılı bir yaklaşım olur. Tanrı kendi yarattığı doğanın bu şekilde çalışmasını istemişse bunda yanlış olan nedir? Tanrı tıpkı bizimle ilgilendiği gibi, geçmişte de maddi süreçlerle ilgilenmiş olamaz mı?"

Steubing, bazı insanların bu iki görüş arasında karşıtlık bulunduğu iddiasında olduklarını biliyordu: "Eğer evrim modelini, bugüne gelişimizde doğal seçilimden başkaca bir etki olmadığı çıkarımını yapmak için kullanırsak, bu bizi insan olmanın ne anlama geldiğiyle ilgili yeni bir soruya yönlendirir."

Nihai olarak, Steubing'in cevap bulamadığı tüm gizemler tek bir soruda toplanıyordu: "Her şeyin doğal bir sebebi varsa, Tanrı bu denklemin neresinde?" Bu soruyu ortaya atan Steubing ekliyor: "Yanıtı bulmak için hiç de az uğraşmadım."

Yalnız değildi.

Türlerin Kökeni yayımlandığından beri insanlar evrimin kendi hayatları ve yaşamın geneliyle ilgili ne ifade ettiğine dair kafa yormaktadırlar. Biz bir biyolojik kaza ya da kozmik bir zorunluluk muyuz? Bazıları için Steubing'in sorusuyla baş edebilmenin tek yolu, evrimle ilgili tüm kanıtları toptan reddetmektir. Tıpkı 1860'ta Piskopos Wilberforce'un yaptığı gibi. Günümüzde, Darwin'e karşı yükselen sesin en gür çıktığı ülke, Darwin'in hiç ayak basmadığı bir yer olan ABD'dir.

AMERİKA DARWIN'LE TANIŞIYOR

Darwin, ABD'yi hiç ziyaret etmemiş olsa da, kuramı botanikçi arkadaşı Asa Gray'in *Atlantic Monthly* dergisi için kaleme aldığı *Türlerin Kökeni* değerlendirmesi sayesinde ülkeye giriş yaptı. Gray, Amerikalıların artık biyoloji sorularının yanıtlarını İncil'de arayamayacaklarını ilan ediyordu. Fizikçiler yeri ve göğü yaratanın tanrı olduğu düşüncesini saplanıp kalmayı reddetmişler, güneş sisteminin bir toz bulutundan ortaya çıkışını araştırmaya koyulmuş ve mesafe kat etmişlerdi. Niçin aynısını biyologlar da yapmasındı ki? Gray, "Böyle bir çağın mantığı, türlerle ilgili sorularında eski inançlar doğrultusunda yanıtsız kalmasına izin vermeyecektir" diye yazıyordu.

1800'lerin sonuna gelindiğinde, Amerikalı bilim insanlarının çoğu tıpkı Avrupalı meslektaşları gibi evrimi kabul etmişlerdi ancak bazı-

larının kuşkuları vardı. Tarihçilerin de doğrulayacağı üzere, Darwin'i okumak hiçbirinin dinsel inançlarını terk etmesine yol açmadı. Gray'in kendisi de koyu bir Hıristiyandı ve doğal seçilimin ilahi bir gücün kontrolünde kendi yolunu bulduğuna inanıyordu.

Darwinizme düşmanca yaklaşan bazı Amerikalı Protestan önderler, evrim kuramı ülkeye ilk giriş yaptığında görüş bildirmekten kaçındılar. Bilim insanları kurama kuşkuyla yaklaştığı sürece konuya dâhil olmamaya, tarafsız kalmaya devam ettiler. Ancak 1800'lerin sonuna gelinip bilimsel kuşkular ortadan kalktıkça, Protestan önderler de seslerini yükseltmeye başladılar. Darwinizmin yanlış olmakla kalmadığını, aynı zamanda tehlikeli de olduğunu söylüyorlardı. Onlara göre, tanrı insanı doğrudan kendi suretinde yaratmamış olması halinde insanlık ahlaki bir temelden yoksun kalırdı. Darwinizm insanı hayvan düzeyine indirgiyordu. Eğer doğal seçilimin sıradan bir ürünüydüysek, nasıl tanrının özel yaratımları olabilirdik ki? Eğer böyle değildiysek İncil'e bu kadar sıkı sıkıya bağlı kalmamız için bir sebep kalır mıydı?

Ahlaksal itirazlar bilimsel eleştirileri gölgeledi. Çoğu Amerikalı Protestan yüzyıl değişirken İncil'in büyük kısmının doğru olduğuna inansa da, tanrının birkaç bin yıl önce dünyayı 6 gün içerisinde yarattığına körü körüne inananların sayısı azınlıktaydı. İncil'in ilk cümlesinde geçen, "Başlangıçta Tanrı yeri ve göğü yarattı" cümlesinin çok uzun bir zamanı işaret ettiğine, bu süreçte maddenin, yaşamın ve hatta fosillerin yaratıldığına inanılıyordu. Tanrı daha sonra bu "Âdem Öncesi" dönemi yıkıp bir yeniden inşa dönemi başlatmıştı. Rahip Ussher'ın hesaplarına göre, bu olay MÖ 4004 senesinde meydana gelmişti. Bu yeniden yapılanma sırasında tanrı 6 günde yeni hayvan ve bitki gruplarını oluşturmuştu. Ancak böyle bir kozmolojiyle eski evren, eski dünya, tüm nesli tükenmiş yaşam formları ve antik jeoloji yeni bir başlangıca uyarlanabilirdi.

Diğer bir grup, İncil'de ifade edilen bir gün kavramının gerçekte 24 saate karşılık gelmediğini ve bunun mecazi bir ifade olduğunu iddia ediyordu. Yaradılışta, tanrının dünyayı ve yaşamı ortaya çıkardığı 6 günün aslında çok geniş bir zaman dilimine karşılık geldiğini ileri sürüyorlardı. Biyolojik geçmişi oldukça eskilere dayanan yaşlı bir dünya ihtimali onların görüşlerini tehdit etmiyordu. Dünyanın ne kadar yaşlı olduğunun önemi yoktu; önemli olan yaşamın ve özellikle de insanın evrim değil, tanrı tarafından yaratılmış oluşuydu.

19. yüzyılın sonunda Darwinizm, muhafazakâr Amerikan Hıristiyanları için Amerikan üniversitelerinde az sayıda bilim insanının uğraştığı uzak bir tehditten ibaretti. 1920'lerle beraber Darwin üzerinde yürüyen tartışma birden alevlendi.

SAVAŞ MEVZİLERİ BELİRLENİYOR

Bu değişimdeki en önemli nedenlerden birisi devlet okullarının yaygınlaşmasıydı. 1890'da yalnızca 200 bin Amerikan çocuğu devlet okullara giderken, 1920'de bu sayı 2 milyonu geçmişti. Biyoloji ders kitapları genetik mutasyonlar ve doğal seçilim yoluyla meydana gelen evrimi de içeriyordu. Evrim karşıtları için bu ders kitapları, çocuklarının hayatlarına giren tanrı tanımaz araçlar haline gelmişti.

Bu çatışmanın bir başka nedeni de ABD ve Avrupa'da gerçekleşen rahatsız edici kültürel değişimlerde evrimin oynadığı roldü. I. Dünya Savaşı eşi görülmemiş bir katliamdı ve bazı Almanlar eylemlerini evrimi öne sürerek meşrulaştırmaya çalışıyorlardı. İlham kaynakları hatırı sayılır bir Alman biyoloğu olan Ernst Haeckel'di. Haeckel, insanları evrimin doruk noktası olarak tanımlıyor ve daha yüce mertebelere doğru evrilmeye devam ettiğimizi iddia ediyordu. *Yaradılışın Öyküsü* isimli kitabında, "Bizden daha aşağı düzeydeki hayvan atalarımızı geride bırakmaktan ötürü büyük gurur duyuyoruz. Geçmiş başarılarımız gelecekte üstesinden geleceklerimizin de teminatı niteliğindedir; tüm insanlık gelecekte de muhteşem bir gelişme gösterecek ve zihinsel mükemmeliyetin en üst derecelerine ulaşacaktır" diye yazmıştır.

Haeckel'e göre, insanların bir kısmı gelişmeye diğerlerine göre daha yatkındı. İnsanları 12 ayrı cinse ayırmıştı ve onları aşağıdan yukarıya doğru derecelendirmişti. En altta Afrikalılar ve Yeni Ginelilere ait cinsler yer alırken, en üstte Avrupalılar, yani *"Homo mediterraneus"* bulunuyordu. *H. mediterraneus'lar* içindeyse Almanlar zirvedeydi. Haeckel, "Kuzeybatı Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da diğerlerinden yukarıda olan Alman ırkıdır ve bu ırk günümüzde kendi medeniyet ağını tüm dünyaya yaymakta, daha üst düzeyde bir zihinsel kültür çağının temellerini atmaktadır. Er ya da geç, diğer ırklar var oluş mücadelesinde Akdeniz ırklarının üstünlüğünü tamamen kabul edeceklerdir" diyordu.

Haeckel'in insanlığın kaderiyle ilgili görüşü ise biyoloji temelli yeni bir dinin oluşacağı şeklindeydi ve bu dinin adı Monizmdi. Kendilerine Monist Loca adını vermiş olan bir grup Haeckel takipçisi, evrimin bir sonraki aşamasının Almanya'nın bir dünya gücü olmasına bağlı olduğunu söylüyor, Alman vatandaşlarının siyasal sebeplerden ziyade bu evrimsel kaderi gerçekleştirmek üzere savaşa katılmaları gerektiğini ileri sürüyorlardı.

Bu sırada İngiltere ve ABD'deyse evrim başka yollarla suistimal ediliyor, liberal kapitalizmin meşrulaştırılması emeline alet ediliyordu. İngiliz filozof Herbert Spencer, Darwinci doğal seçilim ve Lamarckçı evrimi harmanladığı karmakarışık bir düşünce sistemiyle serbest piyasa

mücadelesinin insanları daha zeki olma yönünde evrimleştireceğini iddia ediyordu. Bu yolda acı çekileceğini kabul ediyor (Spencer, İrlanda'daki kıtlıkları "Tükenişe giden necip yol" kavramına örnek olarak gösteriyordu) fakat çekilen acıların karşılıksız kalmayacağını söylüyor, insanlığın ahlaki mükemmelliğe yükseleceğine inanıyordu.

Spencer kendine tüm dünyadan, özellikle de Endüstri Devrimiyle ortaya çıkan eşkıya baronları arasından pek çok hayran edindi. Andrew Carnegie, Spencer'ı "Baş Öğretmen" olarak adlandırıyordu. Spencer'ın hayranları, bu fikirleri sosyal Darwinizm adını verdikleri bir düşünce sistematiğinde toparladılar. Bu düşünce okulu, 1800'lerin sonuna gelindiğinde dünyadaki zengin ve fakir sınıflar arasındaki devasa refah farklılığını adaletsizlik olarak görmüyor, biyolojik bir olgu olarak değerlendiriyordu. Yale'de bir sosyolog ve önde gelen bir sosyal Darwinci olan William Graham Summer, "Milyonerler, tüm insan vücudu üzerinde çalışarak doğal seçilimin, bir işi yapmak için gerekli olanları bir araya getirebilenleri ortaya çıkartma uğraşının ürünüdürler" diyordu.



Evrim karşıtları Darwin'e teorisinin en rahatsız edici yönlerinden biriyle, yani insanları diğer hayvanlarla ilişkilendirme konusu üzerinden saldırdılar. Eğer hayvanlardan başka bir şey değildiysek öyleyse neden hayvanlardan başka bir şeymiş gibi davranıyorduk?

Tıpkı Monizm gibi, Sosyal Darwinizm de bilimsel açıdan temelsizdi. Doğal seçilimi olması gereken yerden, yani biyolojiden alıp toplumsal arenaya yerleştiriyordu. Bunu yaparken Darwin'in kuramı ile Lamarck'ın gözden düşmüş fikirlerini bulamaç haline getiriyordu. Her ne kadar bilimsel bir temelden yoksun olsa da, sosyal Darwinizm hükümetlere insan ırkının evriminin kontrolünü alma noktasında otorite sağladı. 1900'lerin başlarında ABD ve diğer ülkelerde toplumca yozlaşmış olarak değerlendirilenler ve zihinsel engelliler, kendi toplumlarının evrimini kirletmemeleri için kısırlaştırıldılar.

Amerikan liselerinde okutulan bazı ders kitapları bu kontrollü üremeyi memnuniyetle karşıladı. *Medeni Biyoloji* (1914) isimli ders kitabının yazarı, suç işleme davranışının ve ahlaksızlığın bazı ailelerde ka-

lıtsal bir lanet olduğunu söylüyordu. Kitapta şu satırlar yer alıyordu: "Eğer bunlar aşağı düzeyde hayvanlarsa, yayılmalarını engellemek için onları muhtemelen öldürmemiz gerekir. İnsanlık buna izin vermeyecektir ancak bunu sağlamanın başka yolları da var. Bu cinsten olanları farklı yerlerde tutarak ve birbirleriyle evlenmelerini önleyerek, bu yozlaşmış ırkın devamlılık kazanmamasını sağlayabiliriz."

20. yüzyılın başlarındaki bu kargaşada köktendincilik kendini gösterdi. Köktenciler Protestanlığı geleneksel yapısına döndürmeye kararlılardı ve bu amaç uğruna devlet okullarında evrim eğitimi verilmesinin sonlandırılmasını istiyorlardı. Bu savaşta köktencilere önderlik eden kişi siyasetçi William Jennings Byran'dı. Daha önce Demokratların üç kez başkan adayı olan ve Woodrow Wilson döneminde dışişleri bakanlığı görevinde bulunan Byran'ın politik şöhreti sayesinde evrim karşıtı mücadele ülke çapında bilinirlik kazandı.

Byran'ın evrim düşmanlığı belirli bir bilimsel görüşe dayanmıyordu. O dönemin diğer muhafazakârları gibi Byran da yaradılışın 144 saat içinde, yani 6 günde gerçekleştiği iddiasına katılmıyordu. Ona göre bu metaforik bir ifadeydi. Byran, hayvanlar ve bitkilerin daha eski türlerin evrimiyle geliştiği fikrine karşı çıkmıyordu. Evrim konusunda onu ilgilendiren şey, Darwinizmin ruh üzerine yaptığına inandığı etkiydi. "Evrim kuramına karşıyım" diye açıkladı, "çünkü hayatımızda Tanrı'nın varlığına ilişkin şuuru yitirmekten korkuyorum. Kuramı kabul etmemiz, ulusların kaderine ve insanlığın yaşantısına çağlar boyunca hiçbir ilahi gücün etki etmediğini tasdiklememiz anlamına gelir. Başka bir itirazım daha var. İnsanlık bugünkü mükemmel halini nefret yasasının çalışmasına borçlu; güçlü kalabalıkların güçsüzleri öldürdüğü o acımasız yasa."

Byran, ilkelliği, sefaleti ve ırkçılığı haklı çıkarmak için kullanılan sosyal Darwinizm ya da Monizmden bahsediyor olsaydı, endişelenmekte kesinlikle haklı olurdu. Ancak her iki düşünce akımı da *Türlerin Kökeni*'nin yanlış okunmasına ve Lamarckçı sahte bilimden alıntılara dayanıyordu. Byran bu farkı anlamak yerine Darwin'i ezeli düşmanı haline getirdi. Nihayetinde ABD'de hâlâ gelişip büyüyen bir tartışmanın tohumlarını atmış oldu.

EVRİMİN YARGILANDIĞI VİTRİN DAVASI: SCOPES VAKASI

Byran, 1922'de Kentucky Baptist Eyalet Kurulunun okullarda evrim eğitimine karşı çıkan bir yasa teklifi hazırladığını öğrendi. Hemen meseleyi sahiplendi ve eyaleti dolaşarak yasa lehine konuşmalar yapmaya

başladı. Yasa teklifi görüşülmek üzere Kentucky Temsilciler Meclisine geldi ancak bir oy farkla teklif reddedildi. Bunun üzerine Byran ve yaradılışçı arkadaşları mücadeleyi diğer güney eyaletlerine taşımaya karar verdiler ve1925'te Tennessee bu yasağı kabul eden ilk eyalet oldu.

American Civil Liberties Union, [Amerikan Sivil Özgürlükler Birliği, ACLU] bu yasaya öğretmenlerin eğitim özgürlüğünün ellerinden alındığı gerekçesiyle karşı çıktı. Yasayı çiğneyecek herhangi bir Tennesseeli öğretmeni savunacaklarını ilan ederek mücadeleyi başlattılar. Planları, kaybedeceklerini bildikleri bir yargılama üzerine dikkatleri toplamak ve ardından da anayasaya aykırı olduğunu düşündükleri bu yasayla ilgili mahkeme kararını tartışmaya açmaktı. Tartışmanın ardından üst mahkemeye yapacakları itirazda haklı bulunmaları halinde yasa yok hükmünde olacaktı.

Tennessee'nin miskin bir kenti olan Dayton'da şehrin birkaç önde geleni ACLU'nun bu girişiminden haberdar oldu. Yasayla ilgili çok özel düşünceleri yoktu ve hatta belirli bir tarafı desteklemiyorlardı bile. Hemfikir oldukları tek konu, bu tür bir gösteri yargılamasının oldukça yoğun bir toplumsal ilgi toplayacağı ve kasabanın reklamını yapma fırsatı sağlayacağıydı. Eczanede çalışan genç bir öğretmen ve futbol koçu olan John Scopes'la tanıştılar. Scopes normalde fizik öğretmeniydi ancak biyoloji için de vekil öğretmenlik yapıyor ve *Medeni Biyoloji* isimli kitaptan bölümler okutuyordu. Şehrin önde gelenleri Scopes'a, örnek bir olgu için mahkemede tanıklık yapıp yapmayacağını sordular. Konuyu bir süre değerlendiren Scopes, bu işi memnuniyetle yapacağını söyledi. Tutuklanması için hızla izin belgesi hazırlandı ve Scopes biraz tenis oynamak için eczaneyi terk etti.

ACLU, Scopes'un hızlı bir yargılamayla suçlu bulunacağını tahmininde bulunuyordu; böylece hemen işin itiraz kısmına geçebilirlerdi. Ancak işler umdukları gibi gelişmedi. O sırada Tennessee'de bulunan Bryan, zaten önemli olan davayı daha da dikkate değer hale getirmekte savcıya "yardımcı olacağını" duyurdu. O sırada ACLU, savunma avukatı Clarence Darrow'dan reddedilemeyecek bir teklif aldı. Darrow 1924'te iki üniversite öğrencisi Nathan Leopold ve Richard Loebin'in eğlence olsun diye bir genci öldürmelerinin ardından başlayan davada, failler lehine yaptığı savunmayla manşetleri süslemişti. Darrow hâkimi, sanıkların suçlu olmalarına karşın idam edilemeyeceklerine ikna etmişti. Darrow'a göre, cinayetler soğukkanlı dürtülerin değil, iki "hastalıklı beynin" bir ürünüydü.

Bryan, insan doğasının böylesine maddeci bir biçimde ele alınmasını hor görüyordu. Lafını esirgemeyen bir agnostik olan Darrow'un da,

bir sokak satıcısından biraz daha fazlası olarak gördüğü Bryan'a karşı büyük bir sevgi beslemediği ortadaydı. Darrow, ACLU'ya gönüllü olarak hizmetlerini sunmak istediğini bildiren bir telgraf çekti, telgrafın bir kopyasını da basına gönderdi. Muhabirler sabırsızlıkla verilecek yanıtı beklerken, ACLU'nun Darrow'un önerisini kabul etmekten başka seçeneği kalmamıştı. İşte daha o anda davadaki tüm kontrollerini yitirmiş oldular.

Birbirine karşıt böylesine ateşli ve tanınmış iki adamın varlığıyla dava ülke çapında ilgi topladı ve artık evlerinde de radyolar bulunan Amerikalılar duruşmayı radyolarının başında takip ettiler. Scopes Maymun Davası adıyla bilinen olay tam bir tiyatro oyunu gibiydi (Davayı konu edinen *Rüzgârı Miras Almak* isimli piyes daha sonra sinema filmi haline de getirildi). Darrow duruşmalar sırasında o kadar ileri gitti ki, Bryan'ı kendi tanığı olarak kürsüye bile çıkarttı; tanık sandalyesindeki rakibini yaradılışçılığın çelişkileri konusunda deliye döndürdü. Darrow, Bryan'ı 6 günlük yaradılışa inanmadığını açıklamaya ve İncil'in bu konuyla ilgili çok farklı yorumlara açık olduğunu, bunların bazılarının da evrimle uyum içinde olduğunu itiraf etmeye zorladı. Ancak Yargıç, ertesi gün Bryan'ın verdiği ifadeyi kabul etmediğini açıkladı. Darrow hiç beklemeden Scopes'un suçlu bulunmasını istedi. O sırada bir üst mahkemedeki temyiz duruşmasını düşünmeye başlamıştı bile.

Darrow her zaman Scopes Maymun Davasının kazananı olarak hatırlanır fakat gerçekte evrim eğitimi onun sahnelediği oyun nedeniyle çok ıstırap çekmiştir. Jüri Scopes'u suçlu buldu ve yargıç onu 100 dolar ceza ödemeye mahkûm etti. Darrow, davayı Tennessee Temyiz Mahkemesine götürdü ve dava bir yıl sonraya ertelendi ancak dava ACLU'nun



Clarence Darrow (solda) ve William Jennings Bryan (sağda), Scopes Maymun Davası'nda sergiledikleri ender dostluk gösterilerinden biri sırasında görülüyor.

umut ettiği gibi anayasal bir zemine oturamadı. İlk mahkemedeki yargıç Scopes için cezayı belirlemişti ama Tennessee yasalarına göre, 50 dolar üzerindeki cezaları ancak jüriler verebilirdi. Bu teknik ayrıntı dolayısıyla Tennessee Temyiz Mahkemesi davayı düşürdü. Yargıç, durumu şöyle açıkladı: "Bu garip davanın ömrünün uzamasıyla hiçbir şeyin elde edileceğini sanmıyorum."

Görünüşe göre Darrow, davasına dikkat etmektense büyük konuşmalar yapmayı daha fazla önemsiyordu çünkü ilk davada yargıcın verdiği cezaya dikkat etmemiş ve ACLU, evrim eğitimiyle ilgili yasakla mücadele şansını yitirmişti. Gerçekten de Tennessee'nin evrim karşıtı kanunu 40 yıldan fazla yürürlükte kaldı. 1920'lerin sonunda Bryan'ın müttefikleri benzer yasaları Mississippi, Arkansas, Florida ve Oklahoma'da da geçirmeyi başardılar.

YARADILIŞ BİLİMİNİN DOĞUŞU

1940 ve 1950'lerde ABD evrimsel biyoloji araştırmalarının yeni adresi haline geldi. Burası artık Theodosius, Dobzhansky, Ernst Mayr ve George Simpson gibi modern sentezcilerin eviydi. Amerikan paleontolojisi, genetiği ve zoolojisini tüm dünya hayranlıkla izliyordu. Ancak üniversitelerin biyoloji bölümlerinde ve müzelerde heyecan yaratan bu yeni bilgilerin pek azı topluma erişebiliyordu çünkü yaradılışçılar ders kitaplarını basan yayıncılara evrim hakkında yayın yapılmaması yönünde büyük baskı uyguluyordu. Zarar etme korkusu içindeki yayıncılar da bu taleplere boyun eğiyorlardı.

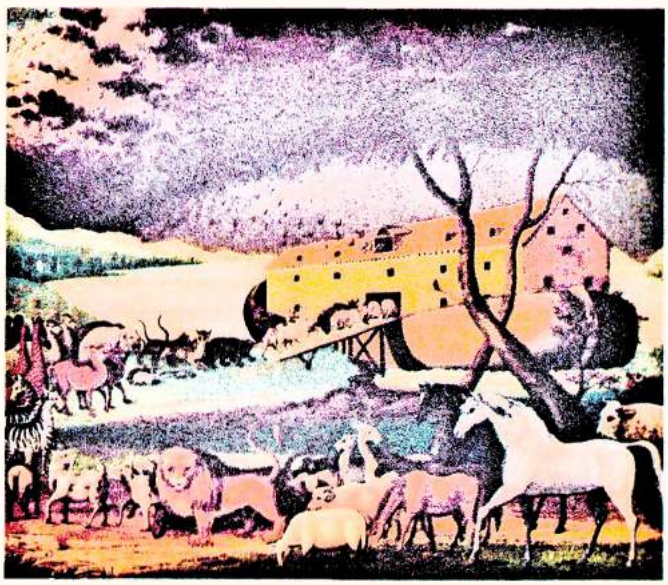
Bu eğilim 1960'larda tersine dönmeye başladı. Bu değişimde 1957'de Sovyetlerin Sputnik uydusunu uzaya fırlatmasının da etkisi vardı. Sovyetlerin bu bilimsel başarısı ulusal düzeyde Amerikan bilim eğitimi konusunda büyük bir panik yarattı, buna evrim eğitimi de dâhildi. Ders kitaplarında yeniden evrimden bahsedilmeye başlandı. Değişim eyalet kanunlarında da kendisini hissettirdi; Tennessee Meclisi bile Scopes'un tutuklanmasına yol açan yasayı 1967'de yürürlükten kaldırdı.

O sırada Arkansas'da genç bir biyoloji öğretmeni olan Susan Epperson, yeni bir davada Scopes'un rolünü oyuyordu. Epperson, Arkansas'nın evrim karşıtı yasasıyla mücadele ediyor ve yasa yoluyla dinin devlet okullarında kurumsallaştığını söylüyordu. Arkansas Yüksek Mahkemesi, yasanın eyaletin bir hakkı olduğunu söyleyerek davayı reddediverdi. ACLU 42 yıl önce kaybettiği davayı telafi etme şansını nihayet yakalamıştı. 1968'de Epperson'un itirazını ABD Yüksek Mahkemesine taşıdılar ve Yüksek Mahkeme Arkansas yasasının geçersiz kabul etti. Yargıç Abe

Fortas gerekçesinde, "Yasanın dinsel amaçları yerleştirmek amacıyla özel bir kuramı toplumun eğitiminden sakladığını" belirtmişti.

İronik biçimde, yaradılışçılara bugün hâlâ kullanmakta olduğu yöntemler için ipucu veren Yargıç Fortas oldu. Evrim karşıtları uluorta biçimde Darwinizmin ahlaksızca ve günah olduğunu iddia etmek yerine, yaradılışçılığın evrim kuramına bilimsel bir alternatif olduğunu ileri sürmeye başladılar. Böylelikle "yaradılış bilimini" sınıflardan uzak tutmaya çalışanlar, özel bir kuramı halkın eğitiminden kaçırmış olacaklardı. Yaradılışçılar devlet okullarında her iki kuramın da sunulmasını ve bunlarla ilgili kararın öğrencilerin takdirine bırakılmasını talep ediyorlardı.

"Yaradılış bilimiyle" ilgili ilk manifesto 1961'de bir hidrolik mühendisi olan Henry Morris tarafından kaleme alınan *Yaradılış Tufanı* isimli kitapta ortaya çıktı. Morris, İncil'in çok katı bir okuması yaparak eski usul yaradılışçı yorumları güncellemişti. Morris dünyanın gerçekten de 6 günde yaratıldığını ve bu olayın yalnızca birkaç bin yıl önce gerçekleştiğine inanıyordu. Yeryüzündeki tüm jeolojik oluşumların ve fosillerin bugünkü yerlerine Nuh Tufanıyla konulduğunu düşünüyordu. Morris, eski dünyaya ait tüm güncel kanıtların (Örneğin radyoaktif bozulmaya dayanan jeolojik saatlerin) hatalı, kusurlu veya inandırıcılıktan uzak olduğunu ileri sürüyordu. Morris İncil'de geçen olaylara bilimsel olduğunu iddia ettiği açıklamalar da getiriyordu. Örneğin Âdem gerçekten de tüm hayvanları bir günde isimlendirmişti çünkü cennetsel restorasyon



Bazı yaradılışçılar yeryüzündeki tüm fosillerin ve jeolojik şekillerin oluşumunun Nuh Tufanı sayesinde olduğunu iddia eder. Jeologlar bu düşünceyi 300 yıl önce terk ettiler.

döneminde insanlar günümüzde yaşayanlara kıyasla çok daha zekiler-di. Morris 1972'de, o dönemden beri kitaplar ve dergiler basan, videolar hazırlayan ve internet siteleri üzerinden yayın yapan Institute for Creation Research'ü [Yaratılış Araştırmaları Enstitüsü] kurdu.

Morris diğer tüm yaradılışçılara, karşıtlıklarını bilimsel bir cilayla kaplama konusunda ilham verdi. Kendilerine Eski Dünya Yaradılışçıları adını veren bazıları ise 13 milyar yıllık bir evreni ve 4 buçuk milyar yıllık bir dünyayı kabul ediyorlar fakat insanların özel olarak yaratıldığını ve bunun çok yakın bir zamanda tanrı tarafından yapıldığını iddia ediyorlardı. Şaşırtıcı olmayan bir şekilde, bu farklı kamplar birbirlerini küçümsüyorlardı. Eski Dünya Yaradılışçıları, Tufan Jeologlarına jeolojinin ve astronominin gerçeklerini yadsıdıkları için saldırıyordu. Tufan Jeologları ise Eski Dünya Yaradılışçılarına tanrının sözlerini unuttukları ve rotalarını Darwinizmin ve ateizmin kaygan zeminine çevirdikleri ithamıyla yükleniyorlardı. Yaradılışçılar Darwin'e katlanabiliyorlardı ancak birbirlerine dayanamıyorlardı.

BİLİM SINANIYOR

Yaradılış bilimi hareketi, Arkansas eyaletini fen bilgisi sınıflarında evrim ve yaradılış bilimine eşit zaman tanıyan yeni bir kanunun kabulü için ikna etti. Ancak mahkemeler yaradılışçılığın büründüğü bu yeni ambalajdan etkilenmediler. Arkansas'daki yasa 1982 yılında Yüksek Mahkemeye taşınınca, Yargıç William Overton yasayı Haklar Bildirgesini çiğnediği gerekçesiyle iptal etti. Overton, yaradılış biliminin bir bilim dalı olmadığını, yaradılış bilimi olarak adlandırılan şeyin sadece dinin devlet okullarına sokulması için kullanılan bir deneme olduğuna hükmetti.

Bilim, çevremizdeki dünyada gözlemlediklerimizin doğal yollardan açıklanması için yapılan araştırmadır. Bilimin merkezinde, kuramların oluşturulması yatar. Sıradan konuşmalarımızda *kuramlar* bazen kabataslak bir tahmin veya önsezi gibi gözükebilir fakat kuramların bilim için özel bir anlamı vardır. Bir kuram, evrenin bir kısmına ilişkin kapsayıcı bir önermeler bütünüdür. Mikrop kuramı bazı belirli hastalıkların yaşayan canlılar tarafından oluşturulduğunu öne sürer. Newton'un yer çekimi kuramı ise evrendeki her cismin bir başka nesnenin etkisi altında olduğunu ifade eder.

Kuramlar doğrudan yanlışlanamaz veya doğrulanamazlar. Bunun yerine hipotezler ortaya konulur ve kuramın belirli uygulama alanlarına ilişkin sınanabilir tahminler geliştirilir. Eğer hipotezler ayakta ka-

hırsa, eğer bilim insanlarına dünyanın çalışma biçimine dair yeni yollar gösterebilirse ve farklı alanlardaki bilimsel yaklaşımlarla desteklenirse kuram onaylanmış demektir. Lakin bilimsel bilgi her zaman yeni testlere tabi tutulur ve gerçeğin üzerindeki sır perdesi kalkmaya devam eder. Newton'un yer çekimi kuramı şaşırtıcı biçimde iyi çalışmaktadır ve diğer gezegenlere uzay gemileri göndermek için bile kullanılabilmektedir. Ancak Newton'un kuramı artık daha geniş bir kuramın, Einstein'ın görelilik kuramının bir parçası haline dönüşmüştür. Einstein'a göre yer çekimi, uzayın örgüsünde bükülmelere yol açar. Einstein'ın kuramından doğan bir hipotez, uzak yıldızlardan gelen ışıkların güneş tarafından büküldüğüne ilişkindir. Bu tahmin 1919'daki bir güneş tutulması sırasında doğrulanmıştır. Fizikçiler şimdi, görelilik, kuantum fiziği ve diğer kuramları da kapsayabilecek, kâinatın nasıl işlediğine dair daha geniş bir kuramın arayışı içindedirler.

Bilimin tahmin gücü, doğadaki olguları duyularımız tarafından algılanabilmesini sağlamaktadır. Hiç kimse dünyanın merkezine gitmemiştir ama jeologlar onun demir bir çekirdek olduğunu, ortaya çıkan manyetik alan ve depremler sırasında oluşan sismik dalgaları ne kadar değiştirdiğinden yola çıkarak ölçebilmektedirler. Bir kara deliği görebilmek imkânsızdır ancak görelilik kuramı kara deliklerin bazı yıldızların yokoluşları sırasında oluşabileceğini öngörmekle kalmaz, arkalarında bıraktıkları belirli işaretleri de tespit eder. Astronomlar, maddenin emilimi sırasında etrafa yayılan X-ışını dalgalarını kayıt altına alarak bu kuramı doğrulamaktadırlar.

Evrimin sonuçlarından çoğu görüş alanımızın dışında kalsa da zihnimizin kavrayışından kaçamaz. Şu anda dünya üzerinde bulunan kimse 200 milyon yıl öncesinde hayatta değildi ancak jeolojik kayıtlara bakarak o dönemde yaşayan hayvanların tıpkı bugün olduğu gibi dünyayı doldurmuş olduklarını anlayabiliriz. Yaşayan hayvanlar evrimsel bir sürece tabi olmuşlarsa, geçmişte yaşamış hayvanlar da aynı şeyi yaşamış olmalıdırlar. Elimizde yaşamın tarihçesinin günlük kayıtları bulunmuyor ancak geride kalan kanıtlardan yola çıkarak geçtiğimiz 4 milyar yıl süresince neler olup bittiğine ilişkin bir anlayış oluşturabiliyoruz.

Yargıç Overton'un 1982'de anladığı gibi, yaradılışçılık bilimin gereksinimlerini karşılayamaz. Bilim insanları doğanın *nasıl* çalıştığına dair açıklamalar ortaya koyarlar ve bu açıklamaların sınanabilir sonuçları olur. Yaradılışçı açıklamaların bazıları da test edilebilirdirler; test edilmeleri halinde başarısız olurlar. Örneğin Henry Morris, dünya üzerindeki güncel nüfus artışı üzerinden bir hesap yaparak, *Homo sapiens*'in

yalnızca birkaç bin yıl yaşında olduğu iddiasını öne sürmüştür. Dünyadaki güncel insan nüfusundan, yerküre üzerinde 2 kişinin kalması gereken zaman dilimine (Bu 2 kişi muhtemelen Âdem ve Havva'ydı) geri gitmişti. Kuramını şu sözlerle açıklıyordu: "Bugünkü nüfus istatistiklerinden yola çıkarak insanın kökenine ilişkin tarihi bulmaya çalıştığımızda karşımıza 6 bin 300 yıl öncesi çıkar."

Morris'in iddialarının elbet karşılığı vardır. Morris'in yöntemini kullanarak tarihteki herhangi bir andaki insan nüfusunu ölçebilirsiniz. Örneğin tarihsel kayıtlar açıkça gösterir ki, Mısır Piramitleri yaklaşık 4 bin 500 yıl önce yapılmıştır. Morris'in keşfi olan zaman çizelgesini, Mısır Piramitlerinin yapıldığı dönemde gezegende yaşayan insan sayısını bulmak için kullanırsanız 600 sayısına ulaşırsınız. Bundan 4 bin 500 yıl önce tarihsel kayıtlara göre Mısır dışında da insanların yaşadığı bilindiğine göre, bu 600 kişinin hepsi Mısır'da yaşıyor olamaz. Mısır'ın, dünyanın yüzölçümünün yalnızca yüzde birini oluşturduğunu düşünürsek, bu durumda o tarihte Mısır'da yalnızca 6 kişi yaşıyor olmalıdır. Eğer Morris'in, insanlık tarihinin 6 bin 300 yıl yaşında olduğu iddiasına inanacak olursak, Mısır Piramitlerinin yalnızca bir avuç insan tarafından inşa edildiği varsayımına da inanmamız gerekir.

Savunucuları, yaradılışçılığa dayanak oluşturabilmek için bilim insanlarından ödünç aldıkları bir dizi kanıtı ortaya atarlar. Fakat bunu son derece seçici bir şekilde gerçekleştirirler ve seçtikleri delillerin dışında kalan büyük resmi görmezden gelirler. Örneğin yaradılışçılar bazen tanrının varlığını kanıtlamak için Kambriyen Dönem Patlamasına başvururlar. *Yaradılışın Delili* isimli kitaplarında Wayne Frair ve Percival Davis şöyle yazıyorlar: "Bugünden jeolojik takvimde Kambriyen Dönem olarak adlandırılan zaman aralığına baktığımızda, çeşitli fosillere ev sahipliği yapan bu sürecin barındırması gereken eski kaya tabakalarına sahip olmadıklarını görürüz. Bilimsel açıdan değerlendirildiğinde, o dönemde şaşırtıcı bir olay yaşandığı ortadadır. Kambriyen Dönemde gerçekleşmiş bu beklenmedik değişimin Tanrı'nın yaratıcı etkinliğinin bir tezahürü olduğunu oldukça mantıklı bir düşüncedir."

Yaradılışçılar birkaç kritik gerçeği görmezden gelirler. Fosil kayıtları, Kambriyen Dönem Patlamasının yaklaşık 3 milyar öncesine gider. Paleontologlar çok hücreli hayvanlara ait 575 milyon yıllık fosiller bulmuşlardır ve bunların bazıları Kambriyen Dönem Patlamasından 40 milyon yıl sonra ortaya çıkan canlıların açıkça akrabalarıdırlar. Tüm jeolojik zamanla kıyaslandığında Kambriyen Dönem Patlamasının hızla gerçekleşmiş olduğu söylenebilir fakat yine de 10 milyon yıl sürmüştür. Bu zaman dilimi içinde farklı hayvan embriyolarına bakarak, birbiriyle

ilişkili birkaç küçük genetik değişikliğin hayvan bedenlerinde nasıl devasa dönüşümlere yol açtığının izi sürülebilir.

Yaradılışçılık adına ortaya konan önermelerin çoğu aslında gerçek birer önerme olmaktan çok, evrimsel biyolojiyle ilgili kelime oyunlarıdırlar. Örneğin pek çok yaradılışçı evrimin türler içinde küçük değişiklikler yarattığını kabul ederler. Bakteriler direnç geliştirmek için evrilirler ve Darwin'in ispinozlarının gaga uzunlukları değişebilir. Ancak bu mikro evrimler yaradılışçılara göre yeni beden formlarının yaratılması gibi makro evrimlere yol açamazlar. Bu savlarına kanıt olarak, hiç kimsenin hiçbir zaman bu türden dönüşümleri görmediğini ve bu değişimlerin ara formlarına ait hiç fosil olmadığını ileri sürerler.

Türlerin Kökeni'nde, Darwin fosillerin ne kadar ender oluştuğunu ve seyrek olduklarının altını çizer. Fosillerin kıtlığına karşın paleontologlar, yaradılışçıların olmadığını iddia ettikleri pek çok ara forma ait fosil bulmuşlardır. Yaradılışçılar, yürüyen balinalara ait fosil bulunmamasından inanılmaz bir memnuniyet duyarlardı. Bu memnuniyet, elbette paleontologların topraktan balinalara ait ayak kemikleri çıkartmaya başlamalarına kadar sürdü.

Paleontologların üzerlerindeki gizem örtüsünü kaldırdığı pek çok bacaklı balina, günümüz balinalarının büyük olasılıkla doğrudan ataları olmak yerine tarihi kuzenleridirler. Her şeye karşın, evrim ağacındaki yerleri ilk balinaların nasıl karalardan denizlere doğru hareket ettiklerini gösterir. Bir balina, yaşayan en yakın akrabaları olan suaygırları ve ineklerden görüntü olarak çarpıcı biçimde farklıdır. Gerçekte bunların nasıl olup da birbirlerine dönüştüğünü hayal etmek bile oldukça zordur. Ancak balinalara ait geçiş dönemi fosilleri bu dönüşümün ufak adımlarla nasıl gerçekleştiğini ortaya koyar. Örneğin *Ambulocetus* timsah benzeri bir balinadır ve kısa bacaklarını çırparak bir susamuru gibi yüzebilir. Diğer taraftan *Protocetus*, daha küçük arka bacaklar ile daha gevşek kalça eklemlerine sahiptir ve kuyruklarından daha fazla güç alırlar.

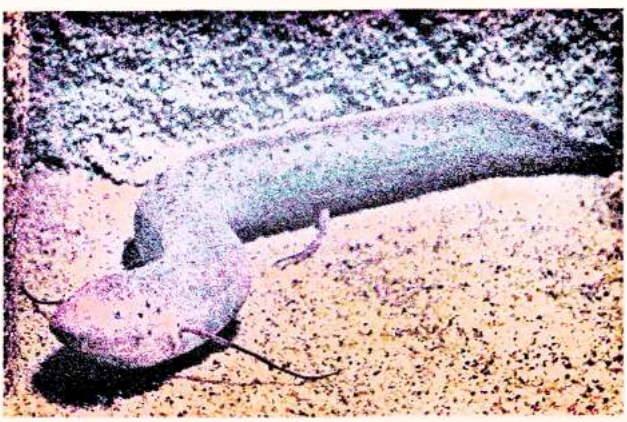
Fosil kayıtlarıyla ortaya konan diğer dönüşümlere benzer olarak, yüzen balinaların köken alması milyonlarca yıl önce gerçekleşmiş ve Trinidad'daki lepisteslerin aksine balinaların dönüşümü diğer vahşi hayvanlarınkine kıyasla çok yavaş gerçekleşmiştir. Kısa dönemli dönüşümlere bakarak büyük boyutlu evrimsel dönüşümleri tahmin edebilmek imkânsızdır. Ancak gerçek hâlâ ortada durmaktadır; mikro evrimi kabul etmeniz, makro evrimi de istemsiz olarak kabul ettiğiniz anlamına gelir.

PALEY YENİDEN ORTAYA ÇIKIYOR

Yargıç Overton'un 1982'de "yaradılış bilimini" reddinin ardından yaradılışçılar planlarını gözden geçirmeye koyuldular. Fikirlerini devlet okullarına yeniden sokabilecek yeni yollar aradılar. Bugün tercih ettikleri taktik, iddialarını tamamen tanrı ve İncil'den bağımsız olarak dile getirmektir.

Yaradılışçılığın bu yeni türü Akıllı Tasarım adıyla yol almaktadır. Önerme, yaşamın evrilemeyecek kadar karmaşık olduğu yönündedir. Kendiliğinden olmak yerine, yaşam bir tasarımcı tarafından yaratılmış olmalıdır. Bu durumda akla ilk gelen soru tasarımcının kim olduğudur. Akıllı Tasarım savları bu soruyu manidar bir şekilde yanıtsız bırakır. Geleneksel yaradılışçılar, Akıllı Tasarımı devlet okullarının koruma kalkanını kırabilecek sivri bir bıçak olarak görür. Akıllı Tasarıma ilişkin 1989'da basılan bir çocuk kitabı olan *Pandalar ve İnsanlar*, akışkan jeoloji ekolünü benimsemiş *Yaradılıştan Yanıtlar* dergisince incelenmiş, kitap hakkında şu çılgınca yorum yapılmıştır. "Devlet okullarında ders kitabı olarak okutulmak üzere tasarlanmış bu şahane şekilde yazılmış kitap İncil'e ait hiçbir içerik barındırmamakla birlikte, sıradan ders kitaplarında evrimi desteklemek için kullanılan kanıtlara ilişkin yaradılışçıların yorumlarını içerir."

Akıllı Tasarım savunucuları, bilimin önde gelen temsilcileri olduklarını iddia ederler. Akıllı Tasarımcılar, evrime yaptıkları saldırılarda geçmişte bozguna uğradıkları evrimin kayıp halkaları veya dünyanın yaşı gibi konuları değil, biyokimya ve genetik gibi alanları kullanmaya karar verdiler. Onlara göre yaşamın moleküler çalışma yapısında indirgenemez bir karmaşıklık vardı. Örneğin bir yaranın kabuk bağlaması için bir dizi uzun kimyasal moleküler reaksiyon sonucunda, pıhtılaş-



Akciğerler bizler için vazgeçilmezdir fakat resimdeki akciğerli balık gibi hava soluyan balıklar için elzem değillerdir.

mayı sağlayan moleküller oluşuyordu. Bu döngüdeki moleküllerden birini denklemden çıkartacak olursanız, yaralı kişi kanamadan ölebilirdi. Öyleyse, evrim basit parçalardan böylesine karmaşık bir sistemi nasıl yaratabilmişti?

Tüm bu savlarıyla Akıllı Tasarım ekolü kulağınıza tanıdık geliyor olmalı. Bu aslında 200 yıl önce William Paley'nin ortaya koyduğu argümanların ısıtılıp yeniden servis edilmesinden başka bir şey değildir. Paley, her biri bir bütünün çalışması için zorunlu parçalardan oluşan karmaşık bir yapıyla karşılaşıldığında, mutlaka tasarlanmış bir şeyle yüz yüze gelindiğini iddia eder. Paley'nin anlamadığı, her karmaşık yapının mutlaka ama mutlaka bir tasarımcıya gereksinim duymayabileceğiydi.

Örneğin akciğerler hava soluyan omurgalılar ortaya çıkmadan çok önce balıklarda görülüyordu. Günümüzde Afrika nehirlerinde yaşayan bichir türü gibi hava soluyan ilkel balıklar yaşamlarını hâlâ sürdürmektedirler. Akciğerler bu balıklar için vazgeçilmez organlar olmaktan çok tali konumdadırlar çünkü bu balıklar oksijeni solungaçlarından da alabilirler. Ancak zaman zaman akciğerlerinden de soluyarak kalbe giden oksijen miktarını artırırlar ve yüzme dayanıklılıklarını yükseltirler. Yaklaşık 360 milyon yıl önce hava soluyan bu balıkların bir dalı, zamanlarının bir kısmını kuru karalarda geçirmeye başladılar. Su dışında geçirdikleri süre arttıkça bacak benzeri yüzgeçleri üzerinde ağırlıklarını taşımaya uyum sağladılar. Zaman içinde yüzgeçleri tamamen kayboldu. Milyonlarca yıllık bir zaman diliminde bu ilk dört ayaklılar tamamen akciğerlerine bağımlı bir hale geldiler. Bu süreç fosillerle ortaya konmaktadır.

İşte şimdi dört ana kısımdan oluşan (tetrapot) karmaşık bir sisteme sahibiz. Bu sistemin herhangi bir parçasını, örneğin akciğerleri, ortadan kaldırdığınız anda sistem tamamen çöker. Hem fosil kayıtları hem de yaşayan hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar göstermiştir ki, böyle bir sistem indirgenemez bir karmaşıklıkta değildir. Avantajlı bir durum söz konusu olduğunda evrim bu sisteme akciğer gibi parçaları ekleyebilir. Sisteme sonradan eklenen parçalar zaman içerisinde temel unsurlardan birine dönüşüp sistemden kaldırılması imkânsız hale gelebilir.

Evrim, karmaşık anatomileri oluşturduğu gibi, aynı yolla basit öncüllerden karmaşık biyokimyasal yapıları da meydana getirebilir. Son yıllarda bilim insanları iki olgu hakkında sağlam hipotezler oluşturmayı başardılar. Bunlardan birincisi Antarktik balıklarının nasıl olup da donmadan yaşamlarını sürdürebildiklerine, ikincisi ise kanımızın nasıl pıhtılaştığına ilişkindi.

İlk olarak donmayan balığı ele alalım. Notothenioidler denilen bir aile donma derecesinin altındaki sularda kanlarındaki doğal bir antifriz sistemi sayesinde hayatta kalırlar. Karaciğerleri şekerle güçlendirilmiş bir protein üretir. Bu protein mikroskobik buz kristallerinin yüzeyine yapışarak onların büyümesini engeller. Bu antifriz sistemi nototheniodlerin Antarktik Okyanusunda gelişmesini sağlar. Notothenioidlerin bilinen 94 türü vardır ve her geçen yıl yeni türler keşfedilmektedir.



Bilim insanları kutup sularında yaşayan bu balığı onların doğal antifriz mekanizmalarını anlamak için yakaladılar. Bu dikkat çekici özellikten evrimlerine ait izleri diğer genlerde barındıran bir dizi gen sorumludur.

Antifriz üretmek karmaşık bir işlemdir fakat bu karmaşık işlem olmaksızın nototeniodler hayatta kalamazlardı. Yine de bu işlemin karmaşık oluşu evrim tarafından ortaya çıkartılmış olamayacağı anlamına gelmez. Illinois Üniversitesinden biyokimyacı Chi-Hing C. Cheng ve diğer meslektaşları bu antifriz geninin nasıl evrildiğine ait ipuçları buldular. Bu genin karaciğerde değil de, pankreasta bir sindirim enzimini bağırsaklara salgılayan bir genle çok dikkat çekici benzerlikler taşıdığını gördüler. Cheng, bir antifriz molekülünün yapımı için 9 bazdan oluşan bir parçanın bir gen içinde düzinelerce defa tekrarlandığını fark etti (Bu tekrar bir genin çok sayıda antifriz molekül yapmasını sağlıyordu). Cheng, aynı 9 bazlı gen parçasının sindirim enzimi geninde de bulunduğunu gördü. Bu enzim geninin kendisinin antifriz molekülü üretmemesinin tek nedeni, "işe yaramaz DNA'da" bulunan aynı gen parçasının daha önce protein yapımı için kullanıldığı yerde konumlanmamış olmasıydı.

Cheng, sindirim enzimi üreten gen ile antifriz geni arasında başka benzerlikler de bulunduğunu keşfetti. Her iki genin önünde de genlerin nereye gideceğini gösteren, etiket işlevi gören bir parça vardı. Bu parça hücrelere yaptıkları proteinleri depolamak yerine salgılamalarını söylüyor ve bu parçalar birbirlerine mükemmel şekilde uyuyorlardı. Her iki genin de sonunda hücrelere bu genleri RNA'ya çevirmelerini durdur-

mayı söyleyen komut parçacıkları bulunuyordu; her iki komutu sağlayan parçalar neredeyse aynıydı.

Eldeki bu keşifler ışığında Cheng, antifriz geninin nasıl ortaya çıktığıyla ilgili bir önermede bulundu. Uzak geçmişte bir zaman, sindirim enzimi geni kazara kopyalanmıştı. Genin özgün formu enzimi yapmayı sürdürdü, fazladan kopyalanan gen ise bir dizi mutasyon geçirdi. 9 bazlı parça artık başka bir gen olan işe yaramaz DNA parçasının genindeydi fakat artık mutasyonlar sonucunda enzim yerine bir protein, antifriz molekülünü üretiyordu. Daha sonra yeni mutasyonlarla 9 bazlı parça defalarca kopyalandı ve daha çok antifriz molekülü yapabilir hale geldi. Antifriz üreten gen parçası giderek büyüdü ve sindirim enzimi üretimi yapan asıl geni devre dışı bıraktı. Zamanla eski sindirim enzimi üreten özgün genden geriye yalnızca başlangıçtaki çalışma etiketi ve RNA üretimini durduran komutu veren kısım kalmıştı.

Özgün sindirim enzimi pankreasta yapıldığı için Cheng, ilk antifriz moleküllerinin de bu organda yapılmış olabileceğini ileri sürer. Pankreas, bağırsaklara aldığımız gıdaları parçalara ayıran sindirim enzimleri salgılar. Balıklar belenmek için soğuk suyu zorunlu olarak yutarlar, bu nedenle buzların ilk oluşacağı yer de bağırsaklar olacaktır. Sonuçta bağırsaklarında bulunan antifriz proteini sayesinde bu balıklar soğuk sularda yaşama şansı buldular, aksi halde donup ölürlerdi.

Zamanla antifriz üreten genin ne zaman ve nerede aktif olacağını belirleyen genler de evrildi. Antifriz genleri pankreas içindeki hücreler yerine karaciğer hücreleri içinde etkin hale geldiler. Pankreas salgıladığı sindirim enzimlerini bağırsaklara verirken, karaciğerde yapılan antifriz molekülleri doğrudan kan dolaşımına verilebiliyordu. Tüm dolaşım sistemi antifriz molekülleriyle doldurulan balık bu sayede soğuğa karşı tüm bedeni koruyabildi ve daha düşük sıcaklıklarda yaşayabilir hale geldi.

Cheng'in araştırma grubu 1999'da hipotezlerini doğrulayacak anlamlı bir unsur buldular: Keşfettikleri bir kimera geniydi. Bir Antarktik balığının DNA'sında hem antifriz hem de sindirim enzimi yapma emirlerini taşıyan bir gene rastladılar. Bu gen bilim insanlarının tahmin ettiği sindirim enziminden antifriz molekülü üreten gene giden yolun tam ortasında bir yerde duruyordu.

PIHTININ TARİHİ

Notothenioidlerdeki antifriz kadar dikkat çekici olan bir başka şey (bazıları bunu Akıllı Tasarıma yormaktan memnun olsa da) kanıtlara göre

bu değişimin gen kopyalanmaları ve nispeten daha az şiddetli mutasyonların sonunda yavaşça meydana geldiğidir. Bu türden mutasyonlarla evrim çok daha fazlasını yapmaya muktedirdir. Bu yolla hayatta kalmamızı sağlayan molekül sistemlerini yaratabilir.

Kan pıhtılarını oluşturan molekülleri düşünün. Sağlıklı olduğumuzda bu moleküller (pıhtılaşma faktörleri olarak bilinirler) hiçbir şey yapmadan kanımızda dolaşırlar. Eğer derinizi bir bıçakla keserseniz ve kesilen damarlardan akan kan çevredeki dokularla temas ederse durum farklılaşır. Dokulardaki bazı proteinler belli bir pıhtılaşma faktörüyle tepkimeye girer ve pıhtılaşma aktive olur. Bu aşamadan itibaren pıhtılaşma zinciri başlar: İlk reaksiyon ikinci reaksiyonu, o da bir sonrakini başlatır ve zincirleme reaksiyon sürer. Reaksiyonların sonuncusu fibrinojen adı verilen molekülü ortadan ikiye ayırarak yapışkan bir madde olan pıhtıyı oluşturur. Pıhtılaşma sisteminin karmaşıklığı aynı zamanda onun gücüdür de: Bir tek pıhtılaşma faktörü belli sayıda pıhtılaşma faktörünü etkinleştirebilirken, ikinci, üçüncü ve ilerleyen basamaklarda etkinleştirilen pıhtılaşma faktörlerinin sayısı artar. Bu yolla ufak bir tetikleme mekanizmasıyla milyonlarca fibrinojen molekülü etkinleştirilmiş olur.

Kuşkusuz, bu mekanizma yaraların kapanması için çok etkileyici bir sistem oluştur. Bu sistem içerisinde barındırdığı tüm parçalar olmaksızın işlevsiz hale gelir. Eğer insanlar tek bir pıhtılaşma faktöründen yoksun olarak doğarlarsa hemofili hastası haline gelirler ve en ufak bir sıyrık bile bu insanların ölümüne neden olabilir. Ancak tüm bunlar bu sistemin bir Akıllı Tasarım ürünü olduğu anlamına gelmez.

Geçtiğimiz otuz yıldır San Diego'daki California Üniversitesinden Russell Doolittle, omurgalılarda pıhtılaşmanın evrimiyle ilgili bir hipotez üzerinde çalışıyor. Pıhtılaşma faktörlerinin diğer pıhtılaşma faktörlerini etkinleştirdiği gerçeği herkesçe biliniyor. Üstelik tüm hayvanlarda proteinleri etkinleştiren benzer enzimler mevcut. Öyleyse bu enzimlerden birisi tüm pıhtılaşma faktörlerinin atası olmalı.

İlk omurgalılardan birinin hiçbir pıhtılaşma faktörüne veya benzer düzeneğe sahip olmadığını düşünün. Aslına bakarsanız, günümüzde yaşamlarını sürdüren solucanlar ve denizyıldızları gibi canlılar da böyle sistemlere sahip değillerdir, dolayısıyla bu varsayımı yapmak çok da zor olmasa gerek. Pıhtılaşma faktörlerine sahip olmamalarına karşın kanlarında bulunan yapışkanlaşabilen ve basit pıhtılar üretebilen hücreler sayesinde kan kaybından ölmezler. Şimdiyse dilimleyici enzimlerin kopyalanmasından sorumlu enzimin kopyalandığını varsayalım. Bu fazladan kopya yalnızca kan dolaşımında basit bir pıhtılaşma faktörü yapan bir gene evrilir. Bir yaralanma olduğunda etkinleşir ve protein-



Bir yara etrafında pıhtı oluşuyor. Bilim insanları bu olayın arkasındaki biyokimyasal evrim sürecini araştırıyor.

leri dilimleyerek yapışkan haldeki pıhtının oluşumuna yol açan enzim haline gelir. Böyle bir pıhtı eskisine göre daha üstün yapıdadır. Eğer bu başlangıç pıhtılaşma faktörü fazladan bir kez daha kopyalanırsa bir zincir reaksiyonu oluşur ve sistem daha hassas hale gelir. Eğer bu sisteme bir faktör daha eklenirse daha da hassaslaşır. Zaman içinde, tüm pıhtılaşma sistemi bu şekilde evrilmiş olabilir.

Doolittle, bu hipotezi test etmeye koyuldu ve her baktığı yerde hipotezine destek olan kanıtlarla karşılaştı. Pıhtılaşma faktörleri birbirlerine çok benziyorlardı ve Doolittle neredeyse hepsinin belirli bir sindirim enzimine çok benzediğini keşfetti. Doolittle, yapışkan, pıhtı benzeri maddeyi oluşturan fibrinojenin omurgasız atalarımızdan kalma ve başka bir görevi yerine getiren bir protein olabileceğini tahmininde bulundu. Fibrinojenin kuzenleri olabilecek molekülleri ararken en yakın omurgasız akrabalarımıza baktı ve aradığını bir denizhıyarında buldu. Her ne kadar denizhıyarları bir pıhtılaşma zinciri oluşturmayı beceremiyordularsa da, bedenlerinde fibrinojen benzeri bir protein barındırıyorlardı.

Bu hipotezleri sınamak hiç de kolay değildi. Antifriz geninin hikâyesi okyanuslarda buzullarla kaplı bölgelerde bilim insanlarının ağla balık avlamasını gerektiriyordu. Kan pıhtısı hikâyesindeyse 30 yıllık bir laboratuvar çalışmasına ihtiyaç vardı. Onlar kolesterolün, kollajenin veya dünya üzerinde meydana gelmiş yüz binlerce molekülün evrimini açıklamıyordu. Akıllı Tasarım savunucuları, evrimsel biyologların biyokimyasal evrim hakkında çok az şey bildiği hakkında büyük yaygara koparırlar. Bu konudaki bilgisizliği, bu moleküllerin evrimsel açıklamalara sahip olamayacak kadar karmaşık olduğu ve Akıllı Tasarımın doğru olduğunu kanıtlamak uğruna dillerinden düşürmezler. Oysa ki tüm bu hikâyeden alınacak ders, DNA'nın keşfinin 50 yıl sonrasında bilim insanlarının hâlâ yaşama ilişkin öğrenecek çok şeyleri olduğudur.

SINAMA DAHA ERKENE ÇEKİLİYOR

Akıllı Tasarımın, evrime yönelik dağınık saldırıları bir kez şirazesinden çıkınca gerçek bilim adına tartışacak çok fazla şey de kalmıyor. Akıllı Tasarım nasıl olacak da evrimi destekleyen bunca kanıt, fosil kayıtları, mutasyon oranları ve türler arasındaki benzerlik ve farklılıkları açıklayacak? Tasarımcı bir atın evrimine, kuşların uçmasına veya Kambriyen Dönem Patlamasına tam olarak hangi evrede müdahale etmişti? Nasıl bir müdahalede bulunmuştu? Bizler bu iddiaları nasıl sınayacağız? Akıllı Tasarım üzerinden yapılan çıkarımlar hangi önemli keşifleri getirdi? Eğer bu soruların yanıtlarını arayacak olursanız yalnızca karşı çıkışlarla, sınanamaz iddialarla veya çoğu zaman sessizlikle karşılaşırsınız.

Michael Behe, 1996'da Akıllı Tasarım lehine savlarını *Darwin'in Kara Kutusu* eserinde sıralamaya çalıştı. Lehigh Üniversitesinde bir biyokimyacı olan Behe, karmaşık biyokimyaya dair bazı örnekler sundu ve ileri sürdüğü örneklerdeki varlıkların herhangi bir şekilde evrimleşemeyeceğini ilan etti. Aynı zamanda Darwin'in kuramının küçük bir ölçekte de olsa başarıya ulaştığını söylemekten geri durmuyordu. Başka bir deyişle, Akıllı Tasarımın dünyasında ispinoz gagalarının boyutları değişiyor, HIV yeni konaklara uyum sağlıyor, ABD'ye getirilen kuşlar burada yeni dallara ayrılabiliyorlardı. Ancak bu türden küçük değişiklikler yaşamın karmaşıklığını üretemeye yetmiyordu.

Akıllı Tasarımın tam olarak kavrayamadığı olgu, küçük değişimlerin üst üste eklenip büyük dönüşümleri meydana getirdiğidir. Zaman geçtikçe hayvan ve diğer organizma topluluklarının DNA'larında mutasyonlar oluşur. Küçük değişiklikler birikip belli bir noktaya ulaştığında,

topluluklar farklı türlere dönüşebilir. Bilim insanları genetik farklılıklara bakarak bu türler arasındaki akrabalık ilişkilerini çözmeye çalışırlar. Eğer Behe mikro evrimi kabul ederse, mecburen yaşam ağacını da kabul etmek zorunda kalacaktır (Bu ağaca göre, insanlar rastlantısal olarak şempanzelerin kuzenleridirler. Atalarının kuyruksuz maymunlar olması fikrinden hiç de hoşnut olmayan yaradılışçıların bu noktada Akıllı Tasarımın pes ettiğini kabul etmeleri gerekir). Behe, fosil kayıtlarına ve izotop saatine karşı herhangi bir itirazda bulunmadığını göre, yaşam ağacının geçtiğimiz 4 milyar yıl içinde dallandığını da kabul etmiş gibi gözükmektedir.

Öyleyse evrim nerede durur ve "tasarım" nerede başlar? Söylemesi zor. Acaba bir Akıllı Tasarımcı 500 milyon yıl önce bir adım atıp ilk omurgalılara pıhtılaşma zincirini mi yükledi? Yoksa Tasarımcı müdahalesini daha sonraki biz zamana mı bıraktı? 150 milyon yıl önce memeliler karmaşık bir dizi molekül geliştirip rahimlerinin içine plasentanın yerleşmesini sağlayıp, annenin savunma sisteminin fetüsü reddetmesini engelleyen Tasarımcı mıydı? Ya da ipek otlarının böceklerle mücadele etmelerini sağlayan yeni bir zehir türü oluşturduğunda bunu yapan her seferinde Tasarımcı mıydı? Behe, bu sorulara açıklık getirmiyor.

İşler daha da karmaşıklaşıyor; Behe, bazı moleküllerin tasarım ürünü değilmiş gibi gözüktüğünü söylüyor. Kırmızı kan hücrelerinde oksijen taşıyan molekül olan hemoglobin dikkat çekici bir şekilde kaslarımızda oksijen depolayan bir molekül olan miyoglobine benzer. Behe, bu nedenle hemoglobinin Akıllı Tasarım için iyi bir örnek olmadığını söyler. Bu konuda şöyle yazar: "Hemoglobinin davranışı basit bir değişiklikle miyoglobinle de sağlanabilir." Ancak şimdi de miyoglobin Behe'ye göre indirgenemez bir karmaşıklığa kavuşmuştur çünkü onun nasıl evrildiğini açıklamamaktadır.

İddiaların bulanıklaştırılması, Akıllı Tasarımın evrim karşısına çıkabilecek sınanabilir bir hipotez oluşturmasını sağlamaz. Eğer bir molekülün indirgenemez şekilde karmaşık olduğunu öne sürersem ve bu molekülün bir gen kopyalanmasıyla veya başka bir işlemle ortaya çıktığına dair kanıtlar ortaya çıkarsa, bunun evrimin bir ürünü olduğunu yazar ve tüm önermemi bir önceki moleküle taşırım. Behe, Akıllı Tasarımı yaşamın tarihinin başlangıcına doğru geriye iterek oyun oynamaktadır. İlk hücrenin daha sonra farklı organizmaların gelişebileceği genlerin tüm karmaşık ağ yapısıyla tasarlandığını öne sürmektedir. Farklı türden organizmalar belirli genleri kullanacaklar, diğer genler ise sessiz kalacaktır.

Rochester Üniversitesinden bir biyolog olan H. Allen Orr, şöyle söylüyor: "Bu kavram moleküler evrimle ilgili çok fazla şeyi açıklanmamış bırakıyor. Öyle ki, nereden başlanacağını bilmek çok zor." Bazı genlerin zaman içinde sessiz kaldığı doğrudur. Örneğin bir gen kopyalanabilir ve kopyalardan biri protein oluşturamaz hale gelene kadar mutasyona uğrayabilir. Bu yararsız genler, yalancı genler olarak bilinirler. Ancak Orr'un işaret ettiği taşıdığımız yalancı genler bizim aktif genlerimizin benzerleridirler. Eğer Behe haklıysa, DNA'mızda diğer tüm türlere ait aktif genlere benzeyen yalancı genler bulmamız gerekirdi. Niçin çıngıraklı yılan zehri yapan veya çiçekler gibi taç yaprağımız olmasını sağlayan yalancı genler taşımıyoruz? Neden bunu yerine şempanzelerle pek çok yalancı genimizi paylaşıyoruz?

Evrim oldukça doğrudan bir açıklama sunar: Atalarımız bahsedilen çiçeklerden ve çıngıraklı yılanlardan geçmişte ayrıldıktan sonra, bu yalancı genler evrilmişlerdir. Diğer taraftan Akıllı Tasarım, bu durumda bu genlerin tüm yol boyunca sessiz kaldıklarını iddia etmekle yetinir. Tıpkı yaradılışçılığın daha önceki sürümleri gibi, Akıllı Tasarım bizleri hayatın evrildiği konusunda kandırmak için inanılmaz mesafeler kat eden bir tasarımcıyla baş başa bırakmaktadır.

Akıllı Tasarım başarısızdır çünkü bilimin temel meselesini görmezden gelir. Richard Dawkins şöyle söylüyor: "Tasarlanmış olduklarına kanıt teşkil etmesi uğruna, yaşama ilişkin bazı unsurların ne kadar da karmaşık olduğunu ortaya koyduğunuz vakit geçmişi gözden çıkartmışsınız demektir. Böylelikle ulaşmak istediğiniz açıklamanın mutlak doğruluğunu varsaymış olursunuz. Doğal seçilim yoluyla evrim kuramının güzelliği, başlangıçtaki basit şeylerin yavaşça, zaman içerisinde daha karmaşık yapılara dönüşüp beyin gibi yapıları oluşturabilecek olgunluğa ulaşmasındadır. Tasarım fikrini başlangıçtan itibaren geçerli sayarsanız, daha en baştan pes etmişsiniz demektir. Bu noktadan sonra zaten hiçbir şeyi açıklayamazsınız."

BİLİMİN SINIRLARI

Akıllı Tasarım yanlıları ve eski tip yaradılışçılığın savunucuları, etkili bilimsel önermeler ortaya koyamadıklarından belagat sanatından medet umarlar. Örneğin evrimin tanrının evrende hiçbir rolü olmadığını ve olayların doğal nedenleri bulunduğunu öne süren natüralizm inancından köken alan bir ideoloji olduğunu iddia ederler. Sözünü sakınmayan bir yaradılışçı olan hukuk profesörü Phillip Johnson bu konu hakkındaki fikirlerini şöyle ifade ediyordu: "Darwinciler, kişisel çıkar-

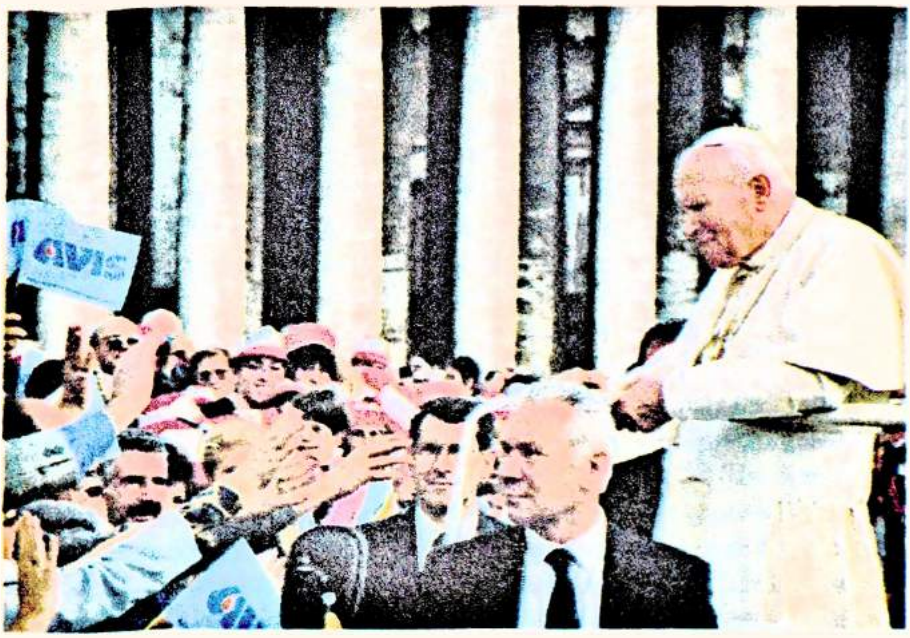
ları ve Tanrı'yı alaşağı etme arzuları yüzünden bir mite saplanıp kaldılar." Johnson, evrimsel biyologların doğaüstü bir müdahalenin evreni etkilemiş olabileceği olasılığını düşünmeyi bile reddettiklerini, bu fikrin savunucularının evrimin zayıflığına karşı kör olduklarını iddia ediyordu. Johnson, adil bir duruşmada ilahi bir müdahalenin yaşamın tarihçesi için en akla yatkın açıklama olarak kabul edileceğini ve yaradılışçılığın galip geleceğini söylüyordu.

Bilim isterse kimya, isterse fizik, isterse de evrimsel biyoloji adını alsın, ilgi alanı doğal dünyanın kanun benzeri kurallarıyla sınırlıdır. Eğer tanrı her sabah protonların kütlesini değiştiriyor olsaydı, fizikçilerin atomların nasıl çalıştığına dair tahminlerde bulunması imkânsızlaşırdı. Bilimsel yöntem olayların yalnızca doğal nedenleri olduğunu iddia etmez ancak bilimsel olarak anlaşılabilen yalnızca doğal olgulardır. Bilimsel yöntem ne kadar güçlü olursa olsun, kendi görüş alanı dışında kalan şeyler konusundaki sessizliğini korur. Doğaüstü güçler bu açıdan (tanımları gereği) doğanın yasalarının üzerindedir ve bilimin görüş alanının da dışındadırlar.

Johnson ve diğer yaradılışçılar, öfkelerini evrimsel biyolojiye yöneltirler ama özünde tüm bilim dallarına saldırırlar. Mikrobiyologlar, dirençli bir tüberküloz salgını üzerinde çalıştıklarında bunun tanrının bir işi olup olmadığını araştırmazlar. Astrofizikçiler, güneş sistemimize eskiye ait yoğun bir bulut girişi üzerine gelişen olayları incelediklerinde basitçe sisli bulutla düzenli şekildeki gezegenler arasına bir büyük kutu çizip, içine de "Burada bir mucize oldu" yazmazlar. Meteorologlar, bir kasırganın rotasını saptamakta başarısız olduklarında, tanrının onu yolundan çıkardığını iddia etmezler.

Bilim, doğadaki bilinmezleri basitçe kutsal olana terk edemez. Eğer bu yol izlenmiş olsaydı bilim diye bir şey kalmazdı. Chicago Üniversitesinden genetikçi Jerry Coyne bu sorunsalı şöyle ifade ediyor: "Bilim tarihi bize hiçbir şeyi değilse bile cehaletimizi 'tanrı' diye etiketlemekle bir arpa boyu yol alınmadığını göstermiştir."

"Yaradılış Bilimi" bilim insanlarının yaşamın tarihiyle ilgili çalışmalarına herhangi bir etki yapmaz. Paleontologlar, insanların, balinalar ve diğer hayvanların nasıl ortaya çıktıkları anlamamızda çok önemli olan fosilleri bulmaya devam ediyorlar. Gelişimsel biyologlar ise hâlâ Kambriyen Dönem Patlamasının nasıl oluştuğunu anlamak için embriyoları meydana getiren genlerin senfonisini dinlemekle meşguller. Jeokimyacılarsa dünyadaki yaşamın ne zaman ortaya çıktığını anlamak üzere izotopik ipuçlarının esrarını çözmeye çalışıyorlar. Viroloğlar, HIV gibi virüslerin konaklarını alt edebilmek nasıl evrim geçirdiklerini keş-



Papa İkinci John Paul, 27 Mayıs 1998 tarihinde St. Peter Meydanı'nda evrim üzerine yaptığı bir konuşmadan sonra inananları selamlıyor. Her ne kadar yaşayan şeylerden kaynaklanan ruhun "insan ile ilgili gerçekle uyumsuz" olduğu iddia edilse de, evrimin Hıristiyanlıkla uyum içinde olduğunu açıkladı.

fetmeye devam ediyorlar. Hepsi için çalışmalarının temelini hâlâ evrimsel biyoloji oluşturuyor, yaradılışçılık değil.

Bilimsel açıdan tüm bu başarısızlıklara karşın yaradılışçılık ABD'deki devlet okullarında bilim eğitiminin kontrolünü ele geçirmek için hâlâ büyük bir mücadele veriyor. Yaptıkları işlerin çoğu toplumun önemli kısmının dikkatini çekmese de, 1999'da Kansas'ta yaşanan skandal yaradılışçıların yeniden ulusal düzeyde gündeme gelmesini sağlamıştı.

KANSAS'TA YARADILIŞÇILIK

Kansas'ta lise öğrencilerinin eyalet genelinde girdiği sınavlar, Kansas Eyalet Eğitim Komisyonu tarafından belirlenen müfredata göre oluşturulur. Komisyon 1998'de bilim insanlarından ve fen bilgisi öğretmenlerinden oluşan bir kurula müfredatın yeniden düzenlenmesi için başvuruda bulundu. Kurul çalışmalarını Ulusal Araştırma Konseyinin 1995'teki müfredata dayandırdı ve çalışmaları sırasında American Association for the Advancement of Science [Amerika Bilimi Geliştirme

Derneği] ve diğer büyük bilimsel kuruluşlara danıştı. Mayıs 1999'da kurul, astronomiden ekolojiye kadar tüm bilim dallarında varılan en güncel mutabakatları göz önünde bulundurarak hazırladığı müfredatı Eyalet Eğitim Komisyonuna sundu. Önerilen müfredat, öğrencilerden evrimin temellerini anlamış olmalarını, türlerin nasıl çevrelerine uyum sağladığını ve biyologların evrim kuramını doğal yaşamın çeşitliliğini açıklamakta nasıl kullandığını anlamalarını da istiyordu.

Yazım kurulunun müfredatı sunmasıyla birlikte tuhaf gelişmeler yaşandı. Eyalet Eğitim Komisyonu üyelerinden birisi bir anda bambaşka bir müfredatla ortaya çıkıverdi. Bu müfredatın Missouri'deki yaradılışçı bir organizasyon tarafından hazırlanmış olduğu sonradan anlaşılacaktı. Müfredatın hazırlanmasından sorumlu kurul, bu yeni müfredatı kabul etmeyi reddetti ancak Komisyonun muhafazakâr üyelerinin işaret ettiği endişelerin giderilmesi konusunda da uzlaşmak zorunda kaldı. Komisyon, müfredatın farklı görüş açılarının birlikte sunulduğu bir yapıda olmasını talep ediyordu. Komisyon, mikro evrimin ve makro evrimin tanımlanmasını istemişti; müfredatı hazırlayan kurul da nesilden nesle geçen değişikliklerle (mikro evrim) daha büyük boyuttaki (makro evrim) dönüşümlerin oluşumunu, yeni bedenlerin ortaya çıkışını ve türlerin yokoluşlarını açıklamıştı. Fakat Eyalet Eğitim Komisyonu, müfredatta makro evrimin ileri bir düzeyde tartışılmasını istemiyordu. Müfredatı yazan kurul bu isteği kabul etmedi.

Komisyon Ağustos ayında tekrar toplandığında, müfredat yazım kurulu kesin bir yanıt almak niyetindeydi. Komisyondan hazırladıkları müfredatı kabul edip etmeyeceklerine ilişkin bir oylama yapmasını istiyorlardı. Ancak Komisyon aniden komitenin hazırladığı müfredatı, daha önce kendileri tarafından hazırlanmış bambaşka bir müfredatla değiştiriverdi. İlk bakışta bu müfredat tıpatıp ötekine benziyordu; evrime yapılan göndermelerin neredeyse hepsinin metinden çıkartılmış olduğu yakından bakılınca anlaşılabiliyordu. Sağ kurtulmayı başarabilmiş birkaç paragrafta ise doğal seçilim hâlihazırda var olan genetik kodlarda değişiklik yaratmayan bir süreçmişçesine tarif ediliyordu. Eyalet sınavlarında artık öğrenciler evrim, kıtaların sürüklenmesi, dünyanın yaşı ve Büyük Patlama gibi konulardan sorumlu olmayacaklardı. Komisyon yeni müfredatı 4'e karşı 6 oyla kabul etti.

Orijinal paragrafları silip yerlerine kendilerininkileri koyarak Komisyon, fen sınıflarını hoşgörüsüz yaradılışçılar için son derece konforlu hale getiriyordu. Öğrencilere, "doğal seçilimin var olan genetik kodlara hiçbir yeni bilgi eklemediğinin" öğretildiğini düşünün. Gerçekte genlerin çoğalması veya kopyalanması doğal seçilimle birleştiğin-

de, her zaman genetik açıdan yeni bilgilerin oluşumuna neden olur. Bu sahte bilgileri eğitim müfredatının içine sokarak Komisyon, yaradılışçıların "mikro evrime evet, makro evrime hayır" iddialarını desteklemiş oluyordu.

Jeolojinin temel hatları da yaradılışçıların arzuladığı bir hale getirilmişti. Komisyon, öğrencilerin kıtaların sürüklenişini anlamalarını sağlayacak kısımları, yani gezegenimizle ilgili tüm modern çalışmaların da içinde bulunduğu birikimi müfredattan çıkartmıştı. Bunun yerine öğrencilerin "en azından İtalya'daki Etna Dağı, Washington eyaletindeki St. Helens Dağı gibi bazı kayaların hızlı bir şekilde katmanlaştıklarını" öğrenmeleri isteniyordu. Bu, yaradılışçıların akışkan jeoloji kuramından faydalanarak jeolojik oluşumların yalnızca birkaç bin yılda nasıl olup da ortaya çıkabildiğini açıklama çabasından başka bir şey değildi.

Sınıfları yaradılışçılık için güvenli hale getirmek amacıyla Eyalet Eğitim Komisyonu, müfredat yazım kurulunun öğrencilere bilimin doğal temellerini öğretme çabalarını baltalıyordu. Bir kuram artık "iyi desteklenmiş bir açıklama" olmaktan çıkmış, önce "açıklama" haline dönüşmüş, nihayetinde "bir tahmin" oluvermişti. Bilim ise "çevremizde gözlediğimiz dünyaya ait doğal olayları açıklama çabası" iken, "mantıklı açıklamaları" arama faaliyetine dönüşüvermişti. Böylece Komisyon aslında bilim insanlarının doğaüstü güçleri keşfedebileceğini ima ediyordu.

Gazeteciler kısa zamanda Komisyonun aldığı kararların farkına vardılar ve Komisyon bir anda buhar oldu. Eyalet Valisi Bill Graves, komisyonun yaptıklarının kendisinde tiksinti uyandırdığını açıkladı ve Kansas eyaletindeki tüm üniversitelerin başkanları veya rektörleri yeni müfredat için yapılan oylamayı kınadıklarını açıkladılar. Yaradılışçıların müfredatı lehine oy kullanmış olan Komisyon üyeleri kendilerini bir anda ulusal basının karşısında buldular ve yalnızca bilimin iyiliği için hareket ettiklerini iddia ettiler. Ancak süreç içinde cahillikleri daha da ortaya çıktı. Komisyon Başkanı Linda Holloway NBC'den bir muhabire, "Kurt benzeri bir yaratığın nasıl olup da yunus benzeri bir yaratığa dönüştüğüne, bir ineğin bir balinaya evrildiğine dair kanıtlarınız nerede?" diye sordu. Öyle görünüyor ki Holloway bacakları olan balina fosillerinden habersizdi.

Kansas'ta yok edilmeye çalışılan müfredatı destekleyen bir taban hareketi ortaya çıktı. İlerleyen aylarda direniş gittikçe güç kazandı ve 2000 yılındaki Eyalet Eğitim Komisyonu seçimlerinde yaradılışçılığa meyleden kanat ağır bir yenilgi aldı. Aralarında eski başkan Holloway'in de bulunduğu iki üye ılımlı Cumhuriyetçiler tarafından ilk turdan elen-

miş, bir üçüncü üye ise istifa etmiş ve yerini bir başka ılımlı Cumhuriyetçiye bırakmıştı. Şubat 2001'de Komisyon, müfredat yazım kurulunun hazırladığı orijinal müfredatı nihayet kabul etti, evrimle ilgili kısımlara en ufak bir müdahalede bile bulunulmadı.

Yaradılışçılar, Kansas'taki kapışmayı kaybettilerse de ABD'nin diğer eyaletlerinde mücadelelerini sürdürüyorlar. Mayıs 2000'de Akıllı Tasarım yanlıları, fikirlerinden bahsetmek üzere muhafazakâr senatörler tarafından ABD Kongresine davet edildiler. Oklahoma Yasama Meclisi, evrenin tanrı tarafından yaratıldığının öğrencilere biyoloji temel kitaplarında açıklanmasını öngören bir teklifi yasalaştırdı. Alabama'daki ders kitaplarına evrimin kesin bir gerçek değil, tartışmalı bir kuram olduğu uyarısı eklendi. 2001 yılının baharında Louisiana'da eyalet yönetimi, radyometrik tarihleme gibi yanlış bilgilerin yayılmasını engellemeye yönelik bir yasayı kabul etti.

Öğretmenlerin evrimi öğretmesini engellemenin tek yolu bu türden yasalar değil. Tehditler ve gözdağları da benzer etkileri yaratabiliyor. Tartışmaları önlemek ve öğrencilerin aileleriyle yaşanabilecek sorunlardan kaçınabilmek adına, lise biyoloji öğretmenleri genellikle Darwin'den uzak durmayı tercih ediyorlar. Ulusal Bilim Eğitimi Merkezi baş direktörü Eugenie Scott şöyle diyor: "Fen bilgisi öğretmenleri konferanslarında öğretmenlerle yaptığım konuşmalarda, müdürlerinin bu yıl evrim konusunu atlamaları gerektiğini çünkü bu yılın seçim yılı olduğunu söylediğini anlatıyorlar. Bir okula yeni bir yönetim kurulu geliyor ve sorun yaşamak istemediklerinden evrimi gözden çıkartabiliyorlar. Bu çılgınca. Yani şunu kastediyorum, tutarlı bir eğitim programı oluşturmanın yolu kesinlikle bu değil."

BEDELİ ÖDEMEK

Bu tartışmaların neticesinde karşımıza yeni bir yaradılışçılar nesli değil, evrimi anlamayan bir öğrenci nesli çıkıyor. Öğrencilerin evrimi kavrayamıyor oluşu elbette ki son derece nahoş. Ancak bunun sebebi evrim kuramının geçtiğimiz 200 yıl içinde ortaya çıkan en büyük bilimsel başarılardan biri oluşu değil. Gerçekte öğrencilerin sahip olmak istedikleri mesleklerin çok ciddi bir kısmı, evrimin yürekten anlaşılmasını zorunlu kılıyor.

Örneğin petrol ve mineral arayabilmek için dünyadaki yaşamın tarihini anlamanız gerekir. 4 milyar yıldır türler evrilmekte, yeni türler oluşmakta ve yok olmaktalar. Bu canlıların fosilleri, onlar hayatta iken oluşmaya başlamış olan kayaların belirteçleri olarak rol oynuyorlar.

Eğer jeologlar petrolce zengin bir kaya formasyonunda belirgin olarak farklı bir planktonun fosillerini buluyorlarsa, bu planktonu bulacakları başka yerlerde de petrol bulabileceklerini bilirler.

Evrim, biyoteknoloji için de çok önemlidir çünkü araştırmacılar ne zaman yaşamın kendisini kurcalasalar onun evrildiği gerçeğiyle yüzleşirler. Bakterilerin pek çok antibiyotiğe karşı geliştirdikleri direnç kendiliğinden oluşmaz; direnç doğal seçilimin ilkeleriyle yaygınlaşır ve ilaçlara karşı savaşabilen en iyi genlere sahip bakteriler başarılı olurlar. Evrimi anlamadan bir araştırmacının yeni ilaçlar yaratmak için çok az umudu olacak, ilaçların nasıl uygulanması gerektiğini belirleyemeyecektir.

Aynı şey aşılar için de geçerlidir. Mikroplar geliştikçe genetik açıdan birbirinden farklı topluluklara evrilip izole olur ve evrim ağacında yeni dallar oluştururlar. Bir aşı, AIDS gibi belli bir dala karşı işe yarayabilir fakat daha yaygın hastalıklara çözüm üretemeyebilir çünkü bu mikroplar genetik açıdan artık uzak akrabalar haline gelmişlerdir. Evrimsel ağaç aynı zamanda bilim insanlarına hastalıkların nereden geldiğini de söyler (AIDS söz konusunda olduğunda büyük ihtimalle şempanzelerden). Bu bilgi, olası tedaviler için araştırmacılara kılavuzluk eder.

En geniş ölçekte değerlendirildiğinde evrimin piyasa ekonomisi için de hayati önem taşıdığı görülür. Günümüzde biyoteknolojideki en önemli uğraş insan, bakteri, protozoa, böcekler ve solucanlar gibi diğer yaşam formlarının gen yapılarının belirlenmesi ve tüm genetik kodların çözülmesidir. Bu uğraş için para harcanmasının sebebiyse, elde edilecek bilgilerle harcanan paranın çok daha fazlasının kazanılacak oluşudur. Bilim insanları meyve sineklerinin genleri üzerinde çalışmaktadırlar çünkü bu tür insanlara çok benzer genlere sahiptir. Meyve sinekleri üzerinde yapılan deneyler gelecekte belki de insan ömrünü uzatacak tıbbi mucizeleri yaratacaktır. Ancak tüm bunların gerçekleşebilmesi için bilim insanlarının türler arasındaki bu benzerliklerin nasıl geliştiğini öğrenmesi gerekir. Başka bir deyişle, tıp köklerini Kambriyen Dönem Patlamasından almaktadır.

Benzer uygulamalar zaman içinde farklı türlerin nasıl bir araya gelip birleştiklerini anlamamız sayesinde de elde edilecektir. Sıtmayı ele alalım. Bu hastalık modern tıbbın tüm çabalarına karşın her yıl yaklaşık 2 milyon kişiyi öldürmektedir. Yakın zamanda bilim insanları sıtmaya neden olan parazitin alglerden gelen genler taşıdığını keşfettiler. Belki de bir milyar yıl önce bu parazitin ataları bir alg türünü yutmuştu. Onu sindirmek yerine bu alg belki de ortakyaşar haline geldi ve bugün sıtmadaki bazı alg genleri hâlâ sağlam olarak duruyor. Bu keşif

bize sıtmaya karşı saldırıda yol gösterebilir. Eğer parazit bazı alg benzeri niteliklere sahipse, bitkileri öldürdüğü bilinen bazı zehirler sıtma parazitini öldürebilir. Evrimsel bir bakış açısı olmadan bilim insanları muhtemelen hiçbir zaman sıtmayla mücadelede zararlı otlara karşı kullanılan ilaçlara başvurmayı düşünmeyeceklerdi.

Biyoteknoloji hızlanmaya devam edecek ve evrimi temelinde muhafaza etmeyi sürdürecek. Tüm bunları yaparken yaşamın nasıl evrildiğini anlamayan insanları da beklemeyecek çünkü kimi insanların evrimi anlamaya ihtiyaç duymadığına, onların adına bazıları karar verdi bile.

ASA GRAY'İN ÜLKESİNDE

William Jennings Bryan 1920'lerde evrime karşı savaş açtığındaki güdüsü herhangi bir bilimsel temele dayanmıyordu; asıl nefret ettiği Darwin tarafından kuralları konmuş bir dünyanın düşüncesiydi. Bryan'a göre evrim, Tanrı tarafından yaratılmış olan ahlaki evreni ve tanrının simgesi olarak özellikle O'nun suretinde yaratılmış insanlığı tehdit ediyordu. Geriye kalan her şey, ilahi bir amaç olmaksızın girişilmiş vahşi egemenlik çatışmalarından ibaretti.

Bryan evrimsel biyoloji ile kendi çağında rastladığı toplumsal hareketler arasındaki farkı ayırt etmekte zorlanmış olsa da, evrim lehine ne kadar kanıt ortaya çıkarsa çıksın etkisini yitirmeyecek bir soruyu ortaya attı. Bir zamanlar yüce bir tasarımcının oynadığı rolün artık doğal seçilim tarafından üstlendiği bir dünyada tanrıya yer var mıydı?

Tanrı ve evrim, birbirlerini dışlamak zorunda değillerdir. Evrim bilim insanlarının üzerinde çalışabileceği bilimsel bir olgudur çünkü gözlemlenebilir ve test edilebilirdir. Ancak toprağı kazıp fosiller bulmak ne tanrıyı ne de evrenin anlayabildiğimizden daha yüce bir amacı olduğu düşüncelerini çürütebilir. Bu iş, bilimin kudretinin dışında kalır. Aslına bakarsanız bu konuda en iyi yorumu, Darwinizmin dinsel bir inanç olduğu iddiası hakkında, "Bunu söylemek, inancımın botanik olduğunu açıklamakla neredeyse aynı şeydir" diye konuşan Asa Gray yapmıştı.

ABD, Gray gibi pek çok dindar evrimciye ev sahipliği yapmıştır. Evangelist bir Hıristiyan olan Gray, ABD'ye *Türlerin Kökeni*'ni tanıtan kişiydi. Evrimin farklı biçimlerde okunabileceğini söylüyor, kendi bakış açısını ise gizlemiyordu: "Darwin'in kuramı Tanrı'ya inanarak (teist bir biçimde) veya ateist bir bakışla yorumlanabilir. Elbette ikincisini tercih etmek yanlış ve saçma olur." Kansas Eyalet Eğitim Komisyonu 1999'da liselerden evrimi uzaklaştırmaya çalıştığında, Komisyonu ilk eleştiren-

lerden biri, başka bir evangelist Hıristiyan olan ve Kansas State Üniversitesinde jeolog olarak görev yapan Keith Miller'dı. "Tanrı, her şeyin yaratıcısıdır ve hiçbir şey onun ebedi isteği olmadan var olamaz" ifadelerini kullanan Miller, evrimin kanıtlarını kabul ediyor ve ekliyordu: "Eğer Tanrı, bitkilerin ve hayvanların yaradılışı için evrimsel süreçleri kullanıyor ve onu inayetiyle kontrol ediyorsa, insanlığın evrimsel kökenini reddetmek için hiçbir sebep göremiyorum."

Brown Üniversitesinden bir biyokimyacı olan Kenneth Miller'a (Bir önceki paragrafta bahsi geçen Keith Miller'la bir ilişkisi yokturl göre evrim, Katolik inancında tanımlanan tanrının dâhil edilebileceği pek çok alana sahiptir. *Darwin'in Tanrı'sını Bulmak* isimli 1999 tarihli kitabında evrimi mümkün kılan mutasyonların kuantum düzeyinde gerçekleştiğine işaret etmekte, bunun sonucu olarak da belirli bir mutasyonun gerçekleşmekte olup olmadığını asla bilemeyeceğimizi iddia etmektedir. Kozmik bir ışının bir hücre çekirdeğine ulaşıp, DNA'yla etkileşime girmesi halinde, DNA'nın temel yapısında değişiklikler olabilir de, olmayabilir de. Miller şöyle söylüyor: "Evrimsel tarih çok çok küçük bir anda, tek bir atom altı parçacığın kuantum halinde harekete geçebilir." Eğer bu değişimi yaratan tanrıysa bile kuantum fiziğinin belirsizliği sayesinde değişimin failinin bilim tarafından saptanması mümkün değildir.

Tanrı, mutasyonları etkiliyor olsa bile bu yaşamın tanrı tarafından mikro düzeyde kontrol edildiği anlamına gelmez. Miller, Hıristiyanların uzun süredir talih ve tesadüf gibi olguların insanlık tarihine yaptığı etkiyi kabul ettiklerini, bu etkilerin daha yüce bir amaç uğruna yaratılıp yaratılmadığınınsa bilinemediğini söyler. Doğanın da bu genellemeden farklı olmadığını belirten Miller, şans ve beklenmedik durumlar sayesinde yaşamın kendisinin de evrildiğini ileri sürüyor: "Evrimsel bir süreci kontrol eden Tanrı, bu konuda edilgen veya pasif bir gözlemci değildir. O, verimli bir dünyayı biçimlendiren bir dâhidir. Devam eden yaradılış, dokuma tezgâhında bir kumaş meydana getirmek gibidir."

Miller, evrimin kaderinin önceden yazılmış, insanlığın da bu önceden belirlenmiş yazgının bir parçası olduğundan şüphe eder: "Er ya da geç, Yaratıcı'nın neyi aradığı ortaya çıkacaktır; bize benzeyen bir yaratık onu bilebilir ve sevebilir. Böyle bir yaratık cenneti ve yıldızlara ait rüyaları algılayabilir, gerçekten onun yarattığı ve yaşamla doldurduğu dünyadaki sıra dışı evrimsel süreçleri keşfedebilir."

Tanrı kâinatı doğa yasalarının hüküm sürdüğü bir biçimde yaratmış, yarattıklarını anlamamızı da olanaklı kılmıştır. İyi ki talih ve tesadüfler bu şekilde gelişmiş, böylelikle Hıristiyanlığın gereksinim duy-

duğu özgürlüğe de sahibiz! "Tanrı yarattıklarıyla arasında bir mesafe koyar; onları terk etmez ama yarattıklarının kendisini anlayabilmeleri için gerçek bir özgürlük alanı tanımayı da ihmal etmez" diyen Miller şöyle devam ediyordu: "Evrimi de bizi özgürleştirecek bir araç olarak kullandı."

Sosyobiyolojinin önde gelen isimlerinden olan Edward O. Wilson, yazılarında tanrıya ait çok farklı bir görüş sunuyor. Wilson, Baptist geleneğe mensup Güneyli bir ailede büyüdü ve 14 yaşına geldiğinde kendisi de vaftiz olmayı seçti. Florida Pensacola'da bir papaz onu bir su tankına batırdı. Wilson ileride bu olaydan "Bir baloda dans edermişiz gibi bir figürle yaptı. Tüm vücudum ve kafam suya batırılana dek bu hareketi tekrarladı" diye bahsetti.

Baptizm, Wilson'ı derinden etkilemişti ama onun tahmin ettiği gibi ruhani olarak değil, daha ziyade fiziksel bakımdan. Öyle ki, dünyanın ve her şeyin yalnızca fiziksel varlıklar olduğundan endişe ediyordu. Şöyle diyordu: "Bir yerlerde bir şeyler kırılıverdi. Elimde zarif, mükemmel küresellikte bir mücevher tutuyordum ve şimdi onu ışığa çevirdiğimde kırılıp mahvolduğunu görüyorum."

Wilson, organik evrimi yönlendiren ve insan işlerine müdahale eden biyolojik tanrı düşüncesini terk edip, tanrının evrenin hareketini kurguladığı ve sonrasında onu kurcalamadığını düşünen inanç sistemi deizme yöneldi. Ancak Wilson hayalini kurduğu evrende yaşama umudunu yitirmedi:

"Evrimin gerçek kudreti, bir şiir biçiminde ifade edilmiş olsaydı, herhangi bir dinsel destan kadar yüce olurdu. Bilim tarafından keşfe-



Biyolog Edward O. Wilson, evreni yaratan ve doğal yasalarla oluşmasına ve ayakta kalmasına izin veren bir tanrıdan bahsederek deizm olasılığına "biyolojik Tanrı'yı" reddederek izin veriyor.

dilmiş olgular, tüm dinlerin kurduğu kozmolojiler toplamından daha gerçekçi ve görkemli boyutlara ulaşmıştır. Bilim, insan çizgisinin sürekliliğini Batı dinlerinin 'antik' olarak vaaz ettiğinden binlerce kat daha derinde izlemeyi başarmıştır. Bilimin çalışmaları ahlaki açıdan büyük önem taşıyan yeni ufuklar açmıştır. Bu çalışmalar *Homo sapiens*'in bir kabile veya ırktan çok daha öte bir şey olduğunu anlamamızı sağladı. Bizler, bireylerin her nesilde köken alıp sonraki nesillere dönüştüğü tek bir gen havuzundan geliyoruz. Sonsuza dek ortak bir mirasla ve ortak bir gelecekle birbirimize bağlı olacağız. Olgulara dayanan böylesi bir kavrayıştan ölümsüzlüğe dair yeni muştular oluşturulabilir, yepyeni bir mitos yaratılabilir."

Birisi Evangelist, birisi Katolik ve birisi de Deist olan bu üç bilim insanı, bırakın tüm insanlığı, tüm bilim insanları camiası adına bile bir tanım ifade etmez. Bilim, doğal dünyayı açıklamak için kuramlar bulma işidir ve algılarımızdan kaynaklanan kanıtlar ile sınanabilir hipotezler yaratmayı amaçlar. Aslında hepimiz; bilim insanı olalım veya olmayalım, Hıristiyanı, Yahudisi, Müslümanı, Budisti, inananlar, agnostikler ve ateistlerden oluşan tüm insanlık, dünyanın gerçek anlamını keşfedebilmek için kafa patlatıp duruyoruz.

DARWIN'İN SESSİZLİĞİ

Bazı okurlar kitabın sonunda bu düşünceler kakofonisinin içine düşmekten mutlu olmayabilirler. Bir tek gerçeğin ışığında ve kılavuzluğunda ilerlemek çok daha konforlu olabilirdi. Ancak bu son, muhtemelen tam da Darwin'in istediği sondur.

Darwin, tüm ergenlik yıllarında karakterinin ruhani tarafıyla mücadele etti ama bu mücadelesinin mahrem olduğunu düşünerek etrafından gizledi. 22 yaşında *Beagle*'a bindiğinde ve dünya çevresindeki gezisine başladığında dini bütün bir Anglikandı. Lyell'i okudukça ve Güney Amerika'da jeolojinin yavaş ama köklü etkilerini gördükçe, İncil'de okuduklarına şüpheyle yaklaşmaya başladı. Gezi sırasında olgunlaşıp bir bilim insanına dönüştükçe, mucizelerden şüphe eder oldu. Her şeye rağmen Darwin hâlâ Kaptan FitzRoy'un gemideki haftalık ayinlerine katılıyordu ve kıyıya çıktıkça rastladığı kiliseleri ziyaret etmeyi sürdürüyordu. Güney Afrika'da oldukları sırada, Pasifik'teki Hıristiyan misyonlarını öven bir mektubu ortaklaşa imzalıyorlardı. Darwin, İngiltere'ye döndüğünde artık papaz olma yolunda ilerleyen biri değildi fakat bir ateist olmadığı da kesindi.

İngiltere'ye dönüşünün ardından tekrar tutmaya başladığı not defterlerinde, kulağına ne kadar sapkınca gelirse gelsin, doğal seçilim yoluyla evrimin ipuçlarını aradı. Eğer gözler ve kanatlar herhangi bir tasarımcının yardımı olmadan evrilebilmişlerdiyse, davranışlar niçin aynı yolu izlemesinlerdi ki? Din de bir davranış biçiminden ibaret değil miydi? Tüm toplumların bir çeşit dini vardı ve bu dinler arasındaki benzerlikler çoğu zaman şaşırtıcıydı. Belki de din, atalarımızın içinde evrilmişti. Darwin, dinin bir tanımı olarak defterine şu notu düşüyordu: "İnanç, içgüdüyle ittifak halindedir."

Bu notlar fikir jimnastiğinin daha ötesi olmasa da, varsayımlar ve akıl yürütmeler Darwin'i asıl işinden uzaklaştırıyordu. Bu fikirleri kafasından atamayan Darwin, evrimin doğal dünyayı nasıl oluşturduğunu keşfetmeye vakit ayıramıyordu. Darwin, bu yıllarda oldukça yoğun bir ruhsal kriz yaşadı fakat bu buhranlı dönemin sebebi bilim değildi.

Darwin, 39 yaşındayken, babası Robert'ın aylar içinde, yavaşça ölüşüne şahit oldu. Babasının dinle ilgili kişisel kuşkularını düşündü ve bu kuşkuların Robert için ölümden sonra ne ifade ettiğini merak etti. Darwin o sıralarda Coleridge tarafından yazılmış, Hıristiyanlığın doğasına ilişkin *Düşünce Yardımcıları* isimli bir eseri okuyordu. Coleridge'e göre, inançsızlar tanrının gazabına uğramalıydılar.

Robert Darwin, Kasım 1848'de öldü. Charles'ın yaşamı boyunca babası ona karşı hiç eksilmeyen bir sevgi ve ekonomik destek sunmuş, hayata ilişkin tavsiyelerini oğlundan hiç esirgememişti. Darwin, şüpheci babasının cehennemin ebedi alevlerinde yanacağına mı inanmalıydı? Eğer bu durum böyleyse, Darwin'in kardeşi Erasmus ve pek çok yakın arkadaşı gibi, diğer inançsızlar da Baba Darwin'i izleyeceklerdi. Darwin'in kafası karışmıştı; eğer Hıristiyanlığın özü buysa, böylesine zalim bir doktrinin gerçekten doğru olmasını kim isteyebilirdi ki?

Babasının ölümünden kısa süre sonra Darwin'in sağlığı iyice kötüleşti. Sık sık kusuyor ve bağırsakları gazla doluyordu. Darwin'in sıkıntılarına çare olması için Victoria Dönemine ait bir tedavi yöntemi olan hidropati uygulanıyordu: Hasta soğuk duşlardan buhar banyosuna götürülüyor ve ıslak havlular içinde tutuluyordu. Darwin eşi Emma'ya, "Bir ıstakoz gibi görünene kadar ovalandığını" yazıyordu. Sağlığı tekrar düzeldi ve Emma'nın yeniden hamile olduğunu duymasıyla yeniden kendinde geldi. Kasım 1850'de Emma sekizinci çocukları Leonard'ı dünyaya getirdi. Fakat birkaç ay içinde ölüm Down House'a bir kez daha geri döndü.

1849'da Darwin'in üç kızı Henrietta, Elizabeth ve Anne kızıl hummaası nöbetleri geçiriyordu. Henrietta ve Elizabeth'in sağlıkları yerine

gelmiş, 9 yaşındaki Anne ise güçsüz düşmüştü. Anne Darwin'in gözbebeğiydi; Darwin sıklıkla kollarını Anne'in boynuna dolar ve onu öperdi. Anne'in sağlığı 1850'de de gelişme göstermedi. Zaman zaman kusma nöbetleri geçiren kızını gören Darwin, "Benim perişan haldeki sindirim sistemimin ona da geçmiş olduğundan büyük endişe duyuyorum" diye yazıyordu. Darwin'in tüm doğayı şekillendirdiğini iddia ettiği kalıtım, şimdi kendi öz kızının peşine düşmüştü.



Darwin (1878'de çekilmiş bir fotoğrafta görülüyor) inançla ilgili görüşlerini kamuoyundan uzak tuttu. Kızının ölümünden sonra inançla ilgili mücadelesinin evrimle olan ilişkisi azaldı.

1851 yılının baharında Anne soğuk algınlığıyla yatağa düştü ve Darwin onu Malvern'e, yani kendi su kürünün yapıldığı yere götürmeye karar verdi. Darwin kızını Malvern'de aile doktoru ve hemşiresiyle baş başa bıraktı. Bir süre sonra kızı tekrar ateşlenince, Darwin Malvern'e tek başına geri döndü. Emma gelemiyordu çünkü yeniden hamileydi ve doğuma yalnızca haftalar kalmıştı.

Darwin, Malvern'de Anne'in odasına vardığında, odadaki kanepeye yığılıverdi. Hasta kızının görüntüsüne, odadaki kesif kokunun anımsattığı anılar da eklenmişti: Odaya sinmiş kafur ve amonyak kokusu ona Edinburgh'daki tıp öğrenciliği zamanlarında geceleri korkulu düşler görmesine sebep olan, anestezisiz ameliyat edilen çocukları hatırlatıyordu. Bir hafta boyunca kızının eriyişine, yeşil renkli sıvılar kusuşuna şahitlik etti. Emma'ya yazdığı acı dolu mektuplarda şu ifadeleri kullanıyordu: "Bazen Dr. G. Anne'in bu mücadeleyi kazanacağını sanıp heyecanlanıyor. Bazense gözlerinde şüphe görüyorum. Bunlar gerçekten de çok acı..."

Anne, 23 Nisan 1851'de yaşama gözlerini yumdu. Charles, Emma'ya şöyle yazıyordu: "Tanrı onu korusun. Artık her zamankinden de çok birbirimize sahip çıkmalıyız sevgili karıcığım."

Babası öldüğünde Darwin, hissiz bir uyuşukluğun içine düşmüştü. Şimdiyse durum daha farklıydı; Down House'a geri geldiğindeki kederi öncekine benzemiyordu. Bu seferki yas tutuşu öfkeli ve kederliydi. "Evimizin neşesini ve yaşlılık günlerimizin avuntusunu kaybettik" diye

yazıyordu. Anne'i, "küçük melek" diye çağırıyordu fakat bu kelimeler onu rahatlatmaya yetmiyordu. Bir süre sonra Anne'in ruhunun cennette olmadığına inanmaya başladı; ruhu bu yersiz ölümden kurtulmuş ve yaşıyor olmalıydı.

Bu olaydan 13 yıl sonra Darwin doğal seçilimi keşfetti ve Hıristiyanlığı terk etti. Pek çok yıl sonra torunları için otobiyografik bir eser kaleme alırken şöyle yazıyordu: "Her zaman olmasa da genellikle (yaşlandıkça daha çok olmak üzere), zihinsel durumumu en iyi tasvir eden şeyin agnostik tanımı olduğuna inanıyorum."

Darwin, agnostik olduğunu etrafına hiçbir zaman gürültülü bir biçimde duyurmadı. Araştırmacılar, kaleme aldığı otobiyografik çalışmaları ve çeşitli mektupları bir araya getirdikten sonra Anne'in kaybının ardından Darwin'in içerisine girdiği ruh durumunu anlayabildiler. Bu mektuplardan biri, Amerikan dergisi *The Index*'e gönderilendi. Dergi, "özgür din" adını verdiği insansı bir tinselliği kutsuyor, bu olgunun "bireylerin ruhsal mükemmelliği ve soyumuzun ruhsal bütünlüğü için tek yol" olduğunu iddia ediyordu.

The Index yönetimi, dergi için bir yazı yazması ricasıyla kapısını çalınca Darwin bu teklifi reddetti. Dergiye cevabında şöyle diyordu: "Din konusunda kendimi derinlemesine ve yeterince düşünmüş, haklılığımı aleni biçimde kamuoyuna sunabilecek kadar yetkin hissetmiyorum." Kendisinin artık geleneksel bir Hıristiyan olmadığını uzun süredir biliyordu ancak henüz ruhani görüşlerini tam anlamıyla çözümleyememişti. Asa Gray'e 1860 yılında yazdığı bir mektupta şunları söylüyordu: "Her şeye tasarım kanunlarının bir sonucu olarak bakmaya meyilliyim. İyi veya kötü tüm ayrıntılarıyla birlikte her şeyin tesadüf diye tanımlayabileceğimiz mefhuma bağlı olarak çalıştığını düşünüyorum. Bu mantığı kuruşumun sebebi, bu düşüncenin beni tamamıyla tatmin etmesinden değil. İçte içe bu meselenin henüz insan zihni tarafından algılanabilmek için çok derin olduğunu seziyorum. Durumu, bir köpek Newton'un zihni hakkında çıkarımlar yapmasına benzetiyorum."

Haeckel ve diğerleri evrimi geleneksel dini aşmak için kullanmaya çalışırken, Darwin sessizliğini koruyordu. Gizliden gizliye, sosyal Darwinizmin dönüp dolaşıp kendi önünü tıkadığından şikâyet ediyordu. Lyell'e yazdığı bir mektupta alaycı bir şekilde şöyle söylüyordu: "Manchester gazetelerinden birisinde bir hicve rastladım. Ben güçlü olanın haklı olduğunu kanıtlıyormuşum. Dolayısıyla Napolyon da, her bir hilekâr tüccar da haklıymış." Tüm bunlara karşın Darwin kendi ruhsal manifestosunu yazmaktan imtina etti. Böyle bir şey yapmayacak kadar mahremiyetine düşkün biriydi.

Sessizliğine karşın Darwin, din üzerine düşünceleri nedeniyle ilerleyen yıllarda sıklıkla rahatsız edildi. "Avrupa'daki aptalların yarısı, bana en aptalca soruları sormak için yazıyor" diye söyleniyordu. Bu sorgulayan mektuplar onun en derinlerde sakladığı kişisel kederlerine el uzatıyorlardı.

Yabancılara gönderdiği yanıtlar Gray'e gönderdiklerinden çok daha kısaydı. Bunlardan birisinde çok sade bir şekilde *Türlerin Kökeni*'ni yazdığında dinsel inançlarının en az bir piskopos kadar güçlü olduğunu belirtiyordu. Bir başkasında ise bir kişinin şüphesiz hem coşkulu bir teist hem de bir evrimci olabileceğini söylüyor, buna örnek olarak da Asa Gray'i işaret ediyordu.

Darwin, yaşamının sonuna kadar din hakkında herhangi bir şey yayımlamadı. Diğer bilim insanları, evrim ve Hıristiyanlığın mükemmel bir uyum içinde olduğunu ilan edebilirler ve Huxley gibi ötekilerse agnostisizm yoluyla başpiskoposlarla alay edebilirlerdi; Darwin yine de hiç konuşmayacaktı. Neye inandığı veya inanmadığı, onun deyişiyle, kendisinden başka kimse için bir netice yaratmayacaktı.

Darwin ve Emma, Anne'in ölümünden sonra çok ender olarak Darwin'in inançları hakkında konuştular. Fakat her geçen yıl Darwin Emma'ya daha çok ihtiyaç duyuyordu; Emma hem hastalığında ona bakıyor hem de ruhunu besliyordu. 71 yaşındayken, evlendiklerinden hemen sonra onun kendisine yazdığı mektubu okudu. Emma mektubunda İsa'nın kendisi için yaptıklarını anımsaması için Darwin'e çağrıda bulunuyordu. Darwin mektubun üzerine şu notu düştü: "Öldüğüm zaman şunu bil ki, bu mektubu defalarca okudum ve ağladım."

İki yıl sonra durumu kötüleşip Darwin Down House'ta yere yığılınca Emma onu kollarına aldı. Sonraki 6 hafta boyunca Darwin tanrıya yakarır, kanlı balgamlar çıkarıp yavaşça bilincini yitirirken ona baktı. Öldüğünde takvimler 19 Nisan 1882'yi gösteriyordu.

Emma, kocasını yakınlardaki kilisenin mezarlığına gömmeyi planlıyordu fakat Huxley ve diğer bilim insanları ulusun Darwin'i onurlandırması gerektiğini düşünüyorlardı. Darwin bilimle uğraşmaya başladığı sıralarda ortada bilim insanı tanımının kendisi bile yoktu. Doğabilimse tanrının inayeti altında kelebek toplamaktan öteye gitmiyordu. 50 yıl sonraysa bilim insanları artık topluma önderlik eder hale gelmişlerdi. Her geçen yıl yaşamı daha derinlemesine kavrıyorlardı. Westminster Abbey yalnızca krallar ve ruhban sınıfı için değildir; tıpkı kâşif David Livingstone gibi, buhar makinesinin mucidi James Watt da orada yatmaktadır. Nasıl ki koloniler ve sanayi İngiltere'yi büyük yapmışsa, Darwin'in de bu büyüklüğe katkı sağladığı kimsenin karşı çıkamayacağı bir gerçektir.

Ölümünden birkaç gün sonra naaşı kilisenin ortasına getirildiğinde, Westminster Abbey Darwin'in yasını tutanlarla doluydu. Bir koro *Özdeyişler*'den uyarlanan şu ilahiyi söylüyordu:

> Bilgeliği bulan ve anlayışa kavuşan adama ne mutlu,
> O, mücevherlerden daha değerli; istediğiniz hiçbir şey onunkilerle karşılaştırılmaz.
> Sağ elinde günlerin uzunluğu, sol elindeyse servet ve onur.
> Onun tüm yolları latif, tüm yönleri ise huzur.

Darwin'in naaşı Newton'un hemen yanına yerleştirildi. Artık inancı konusunda ebediyen sessiz kalacaktı. Bizleri üzerindeki gizem perdesini kaldırdığı doğal dünyada bırakıp gitti. Bizlerin aslında henüz çocuk sayılabilecek türler olduğumuz bu kadim dünyada, genlerle örülmüş bir nehir etrafımızda ve bize doğru akıyor. Bu dünyanın yolu, gök taşlarıyla, buzullarla, dağların yükselişi ve denizlerin yayılışıyla değişti. Darwin, *Türlerin Kökeni*'ni yazdığında okurlarına yaşamın görünüşündeki ihtişamı göstereceğini söz vermişti. Yaşam şimdi Darwin'in anlattığından çok daha büyük bir ihtişamla karşımızda duruyor. O, bu dikkate değer dünyayı keşfetmeye başladı ve bizlere onsuz da olsa çok daha derinlere yürüme imkânı sağladı.

İLERİ OKUMALAR

Bölüm 1: DARWIN VE *BEAGLE*

Appel TA., "Cuvier-Geoffroy debate: French biology in the decades before Darwin", New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1987.

Browne EJ., "Charles Darwin: A biography", New York, Knopf, 1995. [Türlerin Kökeni-*Charles Darwin*, çev. Orhan Düz, Versus Kitap, 2009]

Coleman WR, "Georges Cuvier, zoologist: A study in the history of evolution theory", Cambridge, Mass., Harvard Üniversitesi Yayınları, 1964.

Darwin C., "Kaptan Fitz Roy, R. N. yönetimindeki H.M.S. *Beagle*'la dünya turu seyahati sırasında doğa tarihi ve jeoloji hakkındaki araştırmaları içeren yazılar", Londra, Henry Colborn, 1839.

Desmond AI, Moore JR., "Darwin", Londra, Michael Joseph, 1991. [*Charles Darwin*, çev. Ebru Kılıç, Türkiye İş Bankası Yayınları, 2011]

Koerner L., "Linnaeus: Nature and nation." Cambridge, Mass., Harvard Üniversitesi Yayınları, 1999.

Lovejoy AO., "The great chain of being: A study of the history of an idea", Cambridge, Mass., Harvard Üniversitesi Yayınları, 1936. [*Varlık Zinciri (Bütüncül Felsefenin temelleri*, çev. Ahmet Demirhan, İnsan Yayınları, 2002]

Lyell C. "Principles of geology; or, The modern changes of the earth and its inhabitants, considered as illustrative of geology", Londra, John Murray, 1850.

Mayr E. "The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance", Cambridge, Mass., Belknap Press, 1982.

Paley W. "Natural theology; or, Evidences of the existence and attributes of the Deity", Londra, Wilks and Taylor, 1802.

Rudwick MJS., "The great Devonian controversy: The shaping of scientific knowledge among gentlemanly specialists", Chicago, Chicago Üniversitesi Yayınları, 1985.

Rudwick MJS., "The meaning of fossils: Episodes in the history of palaeontology", Chicago, Chicago Üniversitesi Yayınları, 1985.

Thomson KS., "HMS Beagle: The story of Darwin's ship", New York: Norton, 1995.

Bölüm 2: "BİR CİNAYET İTİRAFI GİBİ": *TÜRLERİN KÖKENİ*'NİN KÖKENİ

Bowler PJ., "The eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian evolution theories in the decades around 1900", Baltimore, Johns Hopkins Üniversitesi Yayınları, 1983.

Browne EJ., "Charles Darwin: A biography", New York, Knopf, 1995. [Türlerin Kökeni-*Charles Darwin*, çev. Orhan Düz, Versus Kitap, 2009]

Chambers R., "Vestiges of the natural history of creation", New York, Wiley/Putnam, 1845.
Darwin C., "Autobiography and selected letters", New York, Dover, 1958.
Darwin C., "A monograph on the sub-class Cirripedia, with figures of all the species", Londra, Ray Society, 1851.
Darwin C., "A monograph on the fossil Balanidae and Verrucidae of Great Britain", Londra, Palaeontographical Society [Palekontografik Topluluğu] için basılmıştır, 1854.
Darwin C., "On the origin of species by means of natural selection, or The preservation of favored races in the struggle for life", Londra, John Murray, 1859. [*Türlerin Kökeni*, çev. Öner Ünalan, Evrensel Basım Yayın, 2009]
Desmond AJ., "Huxley: The devil's disciple", New York, Penguin, 1994.
Desmond AJ. ve Moore JR., "Darwin", Londra, Michael Joseph, 1991. [*Charles Darwin*, çev. Ebru Kılıç, Türkiye İş Bankası Yayınları, 2011]
Jones S., "Darwin's ghost", New York, HarperCollins, 2000.
Malthus TR, "An essay on the principle of population as it affects the future improvement of society", Londra, J. Johnson, 1798.
Ospovat D., "The development of Darwin's theory: Natural history, natural theology, and natural selection, 1838–1859", Cambridge, Cambridge Üniversitesi Yayınları, 1981.
Rupke NA., "Richard Owen: Victorian natüralist", New Haven, Conn., Yale Üniversitesi Yayınları, 1994.

Bölüm 3. ZAMANIN DERİNLİKLERİ KEŞFEDİLDİ: YAŞAMIN KRONOLOJİSİNE İŞARETLENEN TARİHLER

Bowring SA ve Housh T., "The Earth's early evolution", Science 269(1995), s. 1535-1540.
Briggs DEG, Erwin DH ve Collier FJ, "The fossils of the Burgess Shale", Washington, Smithsonian Enstitüsü Yayınları, 1994.
Brocks JJ, Logan GA, Buick R ve Summons RE., "Archean molecular fossils and the early rise of eukaryotes" Science 285(1999), s. 1033-1036.
Budd CE ve Jensen S., "A critical reappraisal of the fossil record of the bilaterian phyla", Biological Reviews of the Cambrian Philosophical Society 75(2000), s. 253-295.
Burchfield JO., "Lord Kelvin and the age of the Earth", New York, Science History Yayınları, 1975.
Carroll RL., "Vertebrate paleontology and evolution", New York, Freeman, 1988.
Dalrymple GB., "The age of the Earth", Stanford, Calif., Stanford Üniversitesi Yayınları, 1991.
Fortey RA., "Life: A natural history of the first four billion years of life on Earth", New York, Knopf, 1998.
Gould SJ., "Wonderful life: The Burgess Shale and the nature of history", New York, Norton, 1989.
Knoll AH., "A new molecular window on early life", Science 285(1999), s. 1025-1026.
Lunine JI., "Earth: Evolution of a habitable World", Cambridge, Cambridge Üniversitesi Yayınları, 1999.

McPhee JA., "Annals of the former World", New York, Farrar Straus & Giroux, 1998.
Prothero DR ve Prothero DA., "Bringing fossils to life: An introduction to paleobiology", New York, McGraw-Hill, 1997.
Prothero DR, "Solution to Darwin's dilemma: Discovery of the missing Precambrian record of life", Proceedings of the National Academy of Sciences 97(2000), s. 6947-6953.
Xiao S, Zhang Y ve Knoll AH., "Three-dimensional preservation of algae and animal embryos in a Neoproterozoic phosphorite." Nature 391(1998), s. 553-558.
Zimmer C., "Ancient continent opens window on the early earth", Science 286(1999), s. 2254–2256.
Schopf JW., "Cradle of life: The discovery of Earth's earliest fossils", Princeton, N.J., Princeton Üniversitesi Yayınları, 1999.
Bölüm 4: DEĞİŞİME TANIKLIK ETMEK: GENLER, DOĞAL SEÇİLİM VE EVRİM İŞ BAŞINDA
Adami C., "Introduction to artificial life", New York, Springer, 1998.
Adami C., Ofria C. ve Collier TC., "Evolution of biological complexity", Proceedings of the National Academy of Sciences 97(2000), s. 4463-4468.
Adams MB., "The evolution of Theodosius Dobzhansky: Essays on his life and thought in Russia and America", Princeton, NJ., Princeton Üniversitesi Yayınları, 1994.
Albertson RC, Markert JA, Danley PD ve Kocher TD., "Phylogeny of a rapidly evolving clade: The cichlid fishes of Lake Malawi, East Africa", Proceedings of the National Academy of Sciences 96(1999), s. 5107-5110.
Bowler, PJ., "The Norton history of the environmental sciences", New York, Norton, 1993.
Cook LM ve Bishop JA., "Genetic consequences of man-made change", Londra, İngiltere ve Toronto, Academic Yayınları, 1981.
Coyne JA ve Orr HA., "The evolutionary genetics of speciation", Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences 353(1998), s. 287-305.
Dawkins R., "The blind watchmaker: Why evidence of evolution reveals a universe without design", New York, Norton, 1996. [*Kör Saatçi*, çev. Feryal Halatçı, TÜBİTAK Yayınları, 2013]
Dawkins R., "The selfish gene", New York, Oxford University Press, 1976. [Gen Bencildir, çev. Asuman Ü. Müftüoğlu, TÜBİTAK Yayınları, 2004]
Depew DJ ve Weber BH., "Darwinism evolving: Systems dynamics and the genealogy of natural selection", Cambridge, Mass., MIT Yayınları, 1995.
Dieckmann U ve Doebeli M., "On the origin of species by sympatric speciation", Nature 400(1999), s. 354-357.
Dobzhansky TG., "Genetics and the origin of species", New York, Columbia Üniversitesi Yayınları, 1937.
Goldschmidt T., "Darwin's dreampond: Drama in Lake Victoria", Cambridge, Mass., MIT Yayınları, 1996.
Grant PR. ve Grant BR., "Non-random fitness variation in two populations of Darwin's finches", Proceedings of the Royal Society of London Series B 267(2000), s. 131-138.

Grant PR., Kraliyet Bilimler Akademisindeki (Birleşik Krallık) Tartışma Toplantısı, "Evolution on islands", Oxford ve New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1998.

Harris RS, Kong Q ve Maizels N., "Somatic hypermutation and the three R's: repair, replication and recombination", Mutation Research 436(1999), s. 157-178.

Henig RM., "The monk in the garden: How Gregor Mendel and his pea plants solved the mystery of inheritance", Boston, Houghton Mifflin, 2000.

Howard DJ ve Berlocher SH., "Endless forms: Species and speciation", New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1998.

Huxley J., "Evolution, the modern synthesis", New York ve Londra, Harper & Brothers, 1942.

Janeway C., "Immunobiology: The immune system in health and disease", New York, Garland, 1999.

Johnson TC, Kelts K ve Odada E., "The Holocene history of Lake Victoria", Ambio 29(2000) s. 2-11.

Kondrashov AS ve Kondrashov FA., "Interactions among quantitative traits in the course of sympatric speciation", Nature 400(1999), s. 351-354.

Koza JR., "Genetic programming III: Darwinian invention and problem solving", San Francisco, Morgan Kaufmann, 1999.

Lenski RE, Ofria C, Collier TC ve Adami C., "Genome complexity, robustness and genetic interactions in digital organisms", Nature 400(1999), s. 661-664.

Mayr E., "Systematics and the origin of species, from the viewpoint of a zoologist", New York, Columbia Üniversitesi Yayınları, 1942.

Mayr E., "The growth of biological thought: Diversity, evolution, and inheritance", Cambridge, Mass., Belknap Press, 1982.

Provine WB., "The origins of theoretical population genetics", Chicago, Chicago Üniversitesi Yayınları, 1975.

Rensberger B., "Life itself: Exploring the realm of the living cell", New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1996.

Reznick DN, Shaw FH, Rodd FH ve Shaw RG., "Evaluation of the rate of evolution in natural populations of guppies (Poecilia reticulata)", Science 275(1997) s. 1934-1937.

Ridley M., "Evolution", Cambridge, Mass., Blackwell Science, 1998.

Sato A, Ohigin C, Figueroa F, Grant PR, Grant BR, Tichy H, vd., "Phylogeny of Darwin's finches as revealed by mtDNA sequences", Proceedings of the National Academy of Sciences 96(1999) s. 5101-5106.

Simpson GG., "Tempo and mode in evolution", New York, Columbia Üniversitesi Yayınları, 1984.

Stiassny M ve Meyer A., "Cichlids of rift lakes", Scientific American 280(1999), s. 64-69.

Taubes G., "Evolving a conscious machine", Discover, Haziran 1998, s. 73-79.

Wade MJ ve Goodnight CJ., "Wright's shifting balance theory: An experimental study", Science 253(1991), s. 1015-1018.

Weiner J., "The beak of the finch: A story of evolution in our time", New York, Knopf, 1994.

Weiner J., "Time, love, memory: A great biologist and his quest for the origins of behavior", New York, Knopf, 1999. [*Zaman, Aşk, Bellek*, çev. Nihal Gökçek, Epsilon Yayınları, 2008]

Bölüm 5: YAŞAM AĞACININ KÖKLERİNE ULAŞMAK: YAŞAMIN ORTAYA ÇIKIŞINDAN MİKROPLARIN ÇAĞINA KADAR

Andersson SG, Zomorodipour A, Andersson JO, Sicheritz-Ponten T, Alsmark UC, Podowski RM, vd., "The genome sequence of Rickettsia prowazekii and the origin of mitochondria", Nature 396(1998), s. 133-140.

Barns SM, Fundyga RE, Jeffries MW ve Pace NR., "Remarkable archaeal diversity detected in a Yellowstone National Park hot spring environment", Proceedings of the National Academy of Sciences 91(1994), s. 1609-1613.

Cech TR., "The ribosome is a ribozyme", Science 289(2000), s. 878-879.

Doolittle WF., "Uprooting the tree of life", Scientific American, Şubat 2000, s. 90-95.

Freeland SJ, Knight RD ve Landweber LF., "Do proteins predate DNA?" Science 286(1999), s. 690-692.

Ganfornina MD ve Sanchez D., "Generation of evolutionary novelty by functional shift", Bioessays 21(1999), s. 432–439.

Gee H., "In search of deep time: Beyond the fossil record to a new history of life", New York, Free Yayınları, 1999.

Gesteland RF, Cech T ve Atkins JF., "The RNA world: The nature of modern RNA suggests a prebiotic RNA", Cold Spring Harbor, N.Y., Cold Spring Harbor Laboratory Yayınları, 1999.

Holland PW., "Gene duplication: Past, present and future." Seminars in Cellular and Developmental Biology 10(1999), s. 541-547.

Kerr RA., "Early life thrived despite earthly travails", Science 284(1999), s. 2111-2113.

Landweber LF., "Testing ancient RNA-protein interactions." Proceedings of the National Academy of Sciences 96(1999), s. 11067-11078.

Lazcano A ve Miller SL., "The origin and early evolution of life: prebiotic chemistry, the pre-RNA world, and time", Cell 85(1996), s. 793-798.

Levin BR ve Bergstrom CT., "Bacteria are different: Observations, interpretations, speculations, and opinions about the mechanisms of adaptive evolution in prokaryotes", Proceedings of the National Academy of Sciences 97(2000), s. 6981-6985.

Margulis L., "Symbiotic planet: A new look at evolution", New York, Basic Yayınevi, 1998. [*Ortak Yaşam Gezegeni/Evrime Yeni Bir Bakış*, çev. Ela Uluhan, Varlık Yayınları, 2001]

Maynard Smith J ve Szathmáry E., "The origins of life: From the birth of life to the origin of language", Oxford & New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1999.

Mojzsis SJ, Arrhenius G, McKeegan KD, Harrison TM, Nutman AP ve Friend CR., "Evidence for life on Earth before 3,800 million years ago", Nature 384(1996), s. 55-59.

Muller M ve Martin W., "The genome of Rickettsia prowazekii and some thoughts on the origin of mitochondria and hydrogenosomes", Bioessays 21(1999), s. 377-381.

Pace NR., "A molecular view of microbial diversity and the biosphere", Science 276(1997), s. 734-740.

Sapp J., "Evolution by association: A history of symbiosis", New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1994.

Wills C ve Bada J., "The spark of life: Darwin and the primeval soup", Cambridge, Mass., Perseus Yayınları, 2000.

Woese C., "The universal ancestor", Proceedings of the National Academy of Sciences 95(1998), s. 6854-6859.

Bölüm 6: RASLANTISAL ALET ÇANTASI: HAYVAN EVRİMİNDE DEĞİŞİM VE KISITLAMALAR

Allman IM., "Evolving brains", New York, Bilimsel Amerikan Kitaplığı/Freeman, 1999.

Arthur W., "The origin of animal body plans: A study in evolutionary developmental biology", Cambridge, England 8c New York, Cambridge Üniversitesi Yayınları, 1997.

Averof M ve Patel NH., "Crustacean appendage evolution associated with changes in Hox gene expression", Nature 388(1997), s. 682-686.

Bateson W., "Materials for the study of variation treated with especial regard to discontinuity in the origin of species", Londra, Macmillan, 1894.

Briggs DEG., Erwin DH ve Collier FJ., "The fossils of the Burgess Shale", Washington, Smithsonian Enstitüsü Yayınları, 1994.

Budd GE ve Jensen S., "A critical reappraisal of the fossil record of the bilaterian phyla", Biological Reviews of the Cambrian Philosophical Society 75(2000), s. 253-295.

Butterfield NJ., "Plankton ecology and the Proterozoic to Phanerozoic transition", Paleobiology 23(1997), s. 247-262.

Carroll RL., "Vertebrate paleontology and evolution", New York, Freeman, 1988.

Conway Morris S., "The Cambrian 'explosion': Slow fuse or megatonnage?", Proceedings of the National Academy of Sciences 97(2000), s. 4426-4429.

Conway Morris S., "The crucible of creation: The Burgess Shale and the rise of animals", Oxford ve New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1998.

Conway Morris S., "Showdown on the Burgess Shale: The challenge", Natural History, Arahk 1998, s. 48-55.

Eldredge N., "Time frames: The rethinking of Darwinian evolution and the theory of punctuated equilitria", Londra, Heinemann, 1986.

Fortey RA., "Life: A natural history of the first four billion years of life on Earth", New York, Knopf, 1998.

Ganfornina MD ve Sanchez D., "Generation of evolutionary novelty by functional shift", Bioessays 21(1999), s. 432-439.

Gee H., "Before the backbone: Views on the origin of the vertebrates", Londra, New York, Chapman & Hall, 1996.

Gee H., "Shaking the tree: Readings from nature in the history of life", Chicago, Chicago Üniversitesi Yayınları, 2000.

Gehring WJ., "Master control genes in development and evolution: The homeobox story", New Haven, Conn., Yale Üniversitesi Yayınları, 1998.

Gerhart J ve Kirschner M., "Cells, embryos, and evolution: Toward a cellular and developmental understanding of phenotypic variation and evolutionary adaptability", Maiden, Mass., Blackwell Science, 1997.

Gould SJ., "Ontogeny and phylogeny", Cambridge, Mass., Belknap Yayınları, 1977.

Gould SJ., "Wonderful life: The Burgess Shale and the nature of history", New York, Norton, 1989.

Hoffman PF, Kaufman AJ, Halverson GP ve Schrag DP., "A neoproterozoic snowball earth", Science 281(1998), s. 1342-1346.

Holland LZ ve Holland ND., "Chordate origins of the vertebrate central nervous system", Current Opinion in Neurobiology 9(1999), s. 596-602.

Keys DN, Lewis DL, Selegue JE, Pearson BJ, Goodrich LV, Johnson RL, vd., "Recruitment of a hedgehog regulatory circuit in butterfly eyespot evolution", Science 283(1999), s. 532–534.

Knoll AH ve Carroll SB., "Early animal evolution: Emerging views from comparative biology and geology", Science 284(1999), s. 2129-2137.

Lundin LG., "Gene duplications in early metazoan evolution", Seminars in Cellular and Developmental Biology 10(1999), s. 523-530.

McNamara KJ., "Shapes of time: The evolution of growth and development", Baltimore, Johns Hopkins Üniversitesi Yayınları, 1997.

O'Leary M ve Uhen M., "The time of origin of whales and the role of behavioral changes in the terrestrial-aquatic transition", Paleobiology 25(1999), s. 534-556.

Prothero DR ve Prothero DA., "Bringing fossils to life: An introduction to paleobiology", New York, McGraw-Hill, 1997.

Shankland M ve Seaver EC., "Evolution of the bilaterian body plan: What have we learned from annelids?", Proceedings of the National Academy of Sciences 97(2000), s. 4434-4437.

Shubin N, Tabin C ve Carroll S., "Fossils, genes and the evolution of animal limbs", Nature 388(1997), s. 639-648.

Sumida SS ve Martin KLM., "Amniote origins: Completing the transition to land", San Diego, Academic Yayınları, 1997.

Williams GC., "The pony fish's glow: And other clues to plan and purpose in nature", New York, Basic Yayınevi, 1997.

Zimmer C., "At the water's edge: Macroevolution and the transformation of life", New York, Free Yayınları, 1998.

Zimmer C., "In search of vertebrate origins: Beyond brain and bone", Science 287(2000), s. 1576-1579.

Bölüm 7: YOKOLUŞ: YAŞAM NASIL YOK OLDU VE YENİDEN BAŞLADI

Bowring SA, Erwin DH ve Isozaki Y., "The tempo of mass extinction and recovery: The end-Permian example", Proceedings of the National Academy of Sciences 96(1999), s. 8827-8828.

Burney DA., "Holocene lake sediments in the Maha'ulepu Caves of Kaua'i: Evidence for a diverse biotic assemblage from the Hawaiian lowlands and its transformation since human arrival", Ecological Monographs, basım aşamasında.

Chapin FSr, Zavaleta ES, Eviner VT, Naylor RL, Vitousek PM, Reynolds HL, vd., "Consequences of changing biodiversity", Nature 405(2000), s. 234-242.

Cohen AN ve Carlton JT., "Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary", Science 279(1998), s. 555-558.

Daszak P, Cunningham AA ve Hyatt AD., "Emerging infectious diseases of wildlife: Threats to biodiversity and human health", Science 287(2000), s. 443-449.

Dobson AP., "Conservation and biodiversity", New York, Bilimsel Amerikan Kitaplığı, 1996.

Drake F., "Global warming: The science of climate change", New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 2000.

Erwin DH., "After the end: Recovery from extinction", Science 279(1998) s. 1324-1325.

Erwin DH., "The great Paleozoic crisis: Life and death in the Permian", New York, Columbia Üniversitesi Yayınları, 1993.

Erwin DH., "Life's downs and ups", Nature 404(2000), s. 129-130.

Flannery TF., "The future eaters: An ecological history of the Australasian lands and people", New York, George Brazilier, 1995.

Gaston KJ., "Global patterns in biodiversity", Nature 405(2000), s. 220-227.

Holdaway RN ve Jacomb C., "Rapid extinction of the moas (Avs: Dinornithiformes): Model, test, and implications", Science 287(2000), s. 2250-2254.

Inouye DW, Barr B, Armitage KB ve Inouye BD., "Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species", Proceedings of the National Academy of Sciences 97(2000) s. 1630-1633.

Kaiser J., "Does biodiversity help fend off invaders?", Science 288(2000), s. 785-786.

Kasting JF., "Long-term effects of fossil fuel burning," Consequences 4(1998), s. 55-27.

Kemp TS., "Mammal-like reptiles and the origin of mammals", Londra ve New York, Academic Yayınları, 1982.

Kirchner JW. ve Weil A., "Delayed biological recovery from extinctions throughout the fossil record", Nature 404(2000), s. 177-179.

Kyte F., "A meteorite from the Cretaceous/Tertiary boundary", Nature 396(1998), s. 237-239.

Lawton JH ve May RM., "Extinction rates", Oxford ve New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1995.

MacPhee RDE., "Extinctions in near time: Causes, contexts, and consequences", New York, Kluwer Academic/Plenum Yayınları, 1999.

McCann KS., "The diversity-stability debate", Nature 405(2000), s. 228-233.

Miller GH, Magee JW, Johnson BJ, Fogel ML, Spooner NA, McCulloch MT, vd., "Pleistocene extinction of Genyornis newtoni: Human impact on Australian megafauna", Science 283(1999), s. 205-208.

Mooney HA, Hobbs RJ (ed.), "Invasive species in a changing World", Washington, D.C., Island Yayınları, 2000.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GA ve Kent J., "Biodiversity hotspots for conservation priorities", Nature 403(2000), s. 853-858.

National Research Council (U.S.). Board on Biology. (ABD Doğa Araştırma Konseyi Biyoloji Kurulu), "Nature and human society: The quest for a sustainable World", Washington, D.C., Ulusal Akademi Yayınları, 2000.

Norris RD, Firth J, Blusztajn JS ve Ravizza C., "Mass failure of the North Atlantic margin triggered by the Cretaceous-Paleogene bolide impact", Geology 28(2000), s. 1119-1122.

Pimm S ve Askins R., "Forest losses predict bird extinctions in eastern North America", Proceedings of the National Academy of Sciences 92(1995), s. 10871-10875.

Pimm S ve Raven P., "Biodiversity: Extinction by numbers", Nature 403(2000), s. 843-845.

Powell JL., "Night comes to the Cretaceous: Dinosaur extinction and the transformation of modern geology", New York, Freeman, 1998.

Prothero DR ve Prothero DA., "Bringing fossils to life: An introduction to paleobiology", New York, McGraw-Hill, 1997.

Purvis A ve Hector A., "Getting the measure of biodiversity", Nature 405(2000), s. 212-219.

Quammen D., "Planet of weeds", Harper's 297(1990), s. 57-69.

Quammen D., "The song of the dodo: Island biogeography in an age of extinctions", New York, Scribner, 1996.

Ricciardi A ve Maclsaac HJ., "Recent mass invasion of the North American Great Lakes by Ponto-Caspian species", Trends in Ecology and Evolution 15(2000), s. 62-65.

Rosenzweig ML., "Species diversity in space and time", Cambridge, Cambridge Üniversitesi Yayınları, 1995.

Sala OE, Chapin FS, 3rd, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, vd., "Global biodiversity scenarios for the year 2100", Science 287(2000), s. 1770-1774.

Shackleton, NJ., "The 100,000-year ice-age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity", Science 289(2000), s. 1897-1902.

Sheehan PM, David E. Fastovsky DE, Barreto C ve Hoffmann RG., "Dinosaur abundance was not declining in a '3 m gap' at the top of the Hell Creek Formation, Montana and North Dakota", Geology 28(2000), s. 523-526.

Simberloff D., Schmitz DC ve Brown TC., "Strangers in paradise: Impact and management of nonindigenous species in Florida", Washington, D.C., Island Yayınları, 1997.

Smil V., "Cycles of life: Civilization and the biosphere", New York, Bilimsel Amerikan Kitaplığı/Freeman, 1997.

Stott PA, Tett SFB, Jones GS, Allen MR, Mitchell JFB ve Jenkins GJ., "External control of 20th century temperature by natural and anthropogenic forcings", Science 290(2000), s. 2133-2137.

Thornton IWB., "Krakatau: The destruction and reassembly of an island ecosystem", Cambridge, Mass., Harvard Üniversitesi Yayınları, 1996.

Van Driesche J ve Van Driesche R., "Nature out of place: Biological invasions in the global age", Washington, D.C., Island Yayınları, 2000

Vitousek PM, D'Antonio CM, Loope LL ve Westbrooks R., "Biological invasions as global environmental change", American Scientist 84(1996), s. 468-479.

Ward PD., "The call of distant mammoths: Why the ice age mammals disappeared", New York, Copernicus, 1997.
Ward PD., "The end of evolution: On mass extinctions and the preservation of biodiversity", New York, Bantam Yayınevi, 1994.
Ward PD., Montgomery DR ve Smith R., "Altered river morphology in South Africa related to the Permian-Triassic extinction", Science 289(2000), s. 1740-1743.
Wilson EO., "The diversity of life", Cambridge, Mass., Belknap Yayınları, 1992.

Bölüm 8: EŞ EVRİM: YAŞAMIN AĞINI ÖRERKEN

Barlow C., "The ghosts of evolution: Nonsensical fruits, missing partners, and other evolutionary anachronisms", New York, Basic Yayınevi, 2001.
Brodie ED, III ve Brodie ED, Jr., "Predator-prey arms races and dangerous prey", Bioscience 49(1999), s. 557-568.
Buchmann SL ve Nabhan GP., "The forgotten pollinators", Washington, D.C., Island Yayınları, 1996.
Currie CR, Mueller UG ve Malloch D., "The agricultural pathology of ant fungus gardens", Proceedings of the National Academy of Sciences 96(1999), s. 7998-8002.
Darwin C., "On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects, and on the good effects of intercrossing", Londra, John Murray, 1862.
DeMoraes CM, Lewis WJ, Pare PW, Alborn HT ve Tumlinson JH., "Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids", Nature 393(1998), s. 570-573.
Diamond J., "Ants, crops, and history", Science 281(1998), s. 1974-1975.
Ehrlich PR. ve Raven PH., "Butterflies and plants: A study in coevolution", Evolution 18(1964), 586-608.
Evans EP., "The criminal prosecution and capital punishment of animals", Londra, Faber & Faber, 1987.
Farrell BD., "'Inordinate fondness' explained: Why are there so many beetles?", Science 281(1998), s. 555-559.
Georghiou GP ve Lagunes-Tejeda A., "The occurrence of resistance to pesticides in arthropods", Roma, BM Gıda ve Tarım Örgütü, 1991.
Melander AL., "Can insects become resistant to sprays?", Journal of Economic Entomology, 7(1914), s. 167-173.
Mueller UG, Rehner SA ve Schultz TR., "The evolution of agriculture in ants", Science 281(1998), s. 2034-2038.
Murray DR., "Seed dispersal", Sydney ve Orlando, Academic Yayınları, 1986.
National Research Council (U.S.). Committee on Strategies for the Management of Pesticide Resistant Pest Populations [ABD Ulusal Araştırma Konseyi, Tarım İlaçlarına Dirençli Böcek Popülasyonlarının İdaresi için Stratejiler Komitesi], "Pesticide resistance: Strategies and tactics for management", Washington, D.C., Ulusal Akademi Yayınları, 1986.
Pimentel D., "Techniques for reducing pesticide use: Economic and environmental benefits", Chichester, İngiltere ve New York, Wiley, 1997.
Pimentel D., Lach L, Zuniga R ve Morrison D., "Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States", Bioscience 50(2000), s. 53-65.

Pimentel D. ve Lehman H., "The pesticide question: Environment, economics, and ethics", New York, Chapman & Hall, 1993.
Sheets TJ ve Pimentel D., "Pesticides: Contemporary roles in agriculture, health, and environment", Clifton, N.J., Humana Yayınları, 1979.
Thompson JN., "The coevolutionary process", Chicago, Chicago Üniversitesi Yayınları, 1994.
von Helversen D ve von Helversen O., "Acoustic guide in bat-pollinated flower", Nature 398(1999), s. 759-760.
Winston ML., "Nature wars: People vs. pests", Cambridge, Mass., Harvard Üniversitesi Yayınları, 1997.

Bölüm 9: DOKTOR DARWIN: EVRİMSEL TIP ÇAĞINDA HASTALIKLAR

Carrington M, Kissner T, Gerrard B, Ivanov S, O'Brien SJ ve Dean M., "Novel alleles of the chemokine-receptor gene CCR5", American Journal of Human Genetics 61(1997), s. 1261-1267.
Chadwick D ve Goode J., "Antibiotic resistance: Origins, evolution, selection, and spread", New York, Wiley, 1997.
Cohen J., "The hunt for the origin of AIDS", Atlantic Monthly 286(2000), s. 88-103.
Ewald P., "The evolution of infectious diseases", Oxford, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1997.
Farmer P., "Social inequalities and emerging infectious diseases", Emerging Infectious Diseases 2(1996), s. 259-269.
Gao F, Bailes E, Robertson DL, Chen Y, Rodenburg CM, Michael SF, vd., "Origin of HIV-1 in the chimpanzee Pan troglodytes troglodytes", Nature 397(1999), s. 436-441.
Garrett L., "Betrayal of trust: The global collapse of public health", New York, Hyperion, 2000.
Hahn BH, Shaw GM, De Cock KM ve Sharp PM., "AIDS as a zoonosis: Scientific and public health implications", Science 287(2000), s. 607-614.
Lawrence JG ve Debman H., "Molecular archaeology of the Escherichia coli genome", Proceedings of the National Academy of Sciences 95(1998), s. 9413-9417.
Levy SB., "The antibiotic paradox: How miracle drugs are destroying the miracle", New York, Plenum Yayınları, 1992.
Levy SB., "The challenge of antibiotic resistance", Scientific American 278(1998), s. 46-53.
Nesse RM ve Williams GC., "Why we get sick: The new science of Darwinian medicine", New York, Times Yayınevi, 1994.
Ploegh HL., "Viral strategies of immune evasion", Science 280(1998), s. 248-253.
Stearns SC., "Evolution in health and disease", Oxford ve New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1999.
Weiss RA ve Wrangham RW., "From Pan to pandemic", Nature 397(1999), s. 385-386.
Witte W., "Medical consequences of antibiotic use in agriculture", Science 279(1998), s. 996-997
Zimmer C., "Parasite rex: Inside the bizarre world of nature's most dangerous creatures", New York, Free Yayınları, 2000.

Bölüm 10: TUTKUNUN MANTIĞI: CİNSELLİĞİN EVRİMİ

Alcock J., "Animal behavior: An evolutionary approach", Sunderland, Mass., Sinauer Associates, 1998.

Andersson MB., "Sexual selection", Princeton, N.J., Princeton Üniversitesi Yayınları, 1994.

Andrade MCB., "Sexual selection for male sacrifice in the Australian redback spider", Science 271(1996), s. 70-72.

Birkhead TR., "Promiscuity: An evolutionary history of sperm competition", Cambridge, Harvard Üniversitesi Yayınları, 2000.

Birkhead TR. ve Møller AP., "Sperm competition and sexual selection", San Diego ve Londra, Academic Yayınları, 1998.

Boesch C ve Boesch-Achermann H., "The chimpanzees of the Taø Forest: Behavioural ecology and evolution", Oxford 8c New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 2000.

Cronin H., "The ant and the peacock: Altruism and sexual selection from Darwin to today", New York, Cambridge Üniversitesi Yayınları, 1991.

Dawkins R., "The selfish gene", New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1976. [Gen Bencildir, çev. Asuman Ü. Müftüoğlu, TÜBİTAK Yayınları, 2004]

Dusenbery DB., "Selection for high gamete encounter rates explains the success of male and female mating types", Journal of Theoretical Biology 202(2000), s. 5-SO.

Gould JL ve Gould CG., "Sexual selection", New York, Bilimsel Amerikan Kitaplığı/Freeman, 1989.

Haig D., "Genetic conflicts in human pregnancy", Quarterly Review of Biology 68(1993), s. 495-532.

Hausfater G ve Hrdy SB., "Infanticide: Comparative and evolutionary perspectives", New York, Aldine, 1984.

Holland B ve Rice WR., "Experimental removal of sexual selection reverses intersexual antagonistic coevolution and removes a reproductive load", Proceedings of the National Academy of Sciences 96(1999), s. 5083-5088.

Hrdy SB., "Mother nature: A history of mothers, infants, and natural selection", New York, Pantheon Yayınevi, 1999.

Møller AP ve Swaddle JP., "Asymmetry, developmental stability, and evolution", Oxford, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1997.

Petrie M., "Improved growth and survival of offspring of peacocks with more elaborate trains", Nature 371(1994), s. 598-599.

Petrie M., Krupa A ve Burke T., "Peacocks lek with relatives even in the absence of social and environmental cues", Nature 401(1999), s. 155-157.

Pizzari T ve Birkhead TR., "Female feral fowl eject sperm of subdominant males", Nature 405(2000), s. 787-789.

Rice WR., "Sexually antagonistic male adaptation triggered by experimental arrest of female evolution", Nature 381(1996), s. 232-234.

Ridley M., "The Red Queen: Sex and the evolution of human natüre", New York, Penguin Yayınevi, 1995. [*Kızıl Kraliçe Cinsellik ve İnsan Doğasının Evrimi*, çev. Erhun Yücesoy, Yapı Kredi Yayınları, 2010]

Waal FBMd., "Chimpanzee politics: Power and sex among apes", Baltimore, Md. ve Londra, Johns Hopkins Üniversitesi Yayınları, 1998.

Waal FBMd., "Good natured: The origins of right and wrong in humans and other animals", Cambridge, Mass., Harvard Üniversitesi Yayınları, 1996.
Waal FBMd. ve Lanting F., "Bonobo: The forgotten ape", Berkeley, Calif., California Üniversitesi Yayınları, 1997.
Welch AM, Semlitsch RD ve Gerhardt HC., "Call duration as an indicator of genetic quality in male gray tree frogs", Science 280(1998), s. 1928-1930.
Wrangham RW., "Subtle, secret female chimpanzees", Science 277(1997), s. 774-775.
Wrangham RW. ve Peterson D., "Demonic males: Apes and the origins of human violence", Boston, Houghton Mifflin, 1996.

Bölüm 11: DEDİKODUCU MAYMUN: İNSAN EVRİMİNİN TOPLUMSAL KÖKENLERİ

Allman JM., "Evolving brains", New York, Bilimsel Amerikan Kitaplığı/Freeman, 1999.
Barkow JH, Cosmides L ve Tooby J., "The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture", New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1992.
Baron-Cohen S, Tager-Flusberg H ve Cohen DJ., "Understanding other minds: Perspectives from developmental cognitive neuroscience", Oxford ve New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 2000.
Buss DM., "The dangerous passion: Why jealousy is as necessary as love and sex", New York, Free Yayınları, 2000.
Buss DM., "Evolutionary psychology: The new science of the mind", Boston ve Londra, Allyn & Bacon, 1999.
Buss DM., Haselton MG, Shackelford TK, Bleske AL ve Wakefield JC., "Adaptations, exaptations, and spandrels." American Psychologist 53(1998), s. 533-548.
Cosmides L., "The logic of social exchange: Has natural selection shaped how humans reason? Studies with the Wason selection task", Cognition 31(1989), s. 187-276.
Coyne JA ve Berry A., "Rape as an adaptation", Nature 404(2000), s. 121-122.
Cummins DD ve Allen C., "The evolution of mind", New York & Oxford, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1998.
Darwin C., "The descent of man and selection in relation to sex", Londra, John Murray, 1871.
Deacon TW., "The symbolic species: The co-evolution of language and the brain", New York & Londra, Norton, 1997.
Dunbar RIM., "Grooming, gossip and the evolution of language", Londra, Faber & Faber, 1996.
Emlen ST., "An evolutionary theory of the family", Proceedings of the National Academy of Sciences 92(1995), s. 8092-8099.
Fitch WT., "The evolution of speech: A comparative review", Trends in Cognitive Sciences 4(2000), s. 258-267.
Gagneux P, Wills C, Gerloff U, Tautz D, Morin PA, Boesch C, vd., "Mitochondrial sequences show diverse evolutionary histories of African hominoids",

Proceedings of the National Academy of Sciences 96(1999), s. 5077-5082.
Gould SJ., "The pleasures of pluralism", New York Review of Books, 26 Haziran 1997, s. 46–52.
Gould SJ. Ve Lewontin RC., "The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: A critique of the adaptationist programme", Proceeding of the Royal Society of London Series B 205(1979), s. 581-598.
Hare B, Call J, Agnetta B ve Tomasello M., "Chimpanzees know what conspecifics do and do not see", Animal Behaviour 59(2000), s. 771-785.
Hauser M., "Wild minds: what animals really think", New York, Henry Holt, 2000.
Holden C., "No last word on language origins", Science 282(1998), s. 1455-1459.
Hrdy SB., "Mother nature: A history of mothers, infants, and natural selection", New York, Pantheon Yayınevi, 1999.
Johanson DC ve Edgar B., "From Lucy to language", New York, Simon & Schuster, 1996.
Kegl J., "The Nicaraguan sign language project: An overview", Signpost 7(1994), s. 24-31.
Kegl J., Senghas A ve Coppola M., "Creation through contact: Sign language emergence and sign language change in Nicaragua", DeGraff M (ed), "Language contact and language change: The intersection of language acquisition, Creole genesis, and diachronic syntax", Cambridge, Mass., MIT Yayınevleri, 1999 içerisinde basılmıştır. s. 179–237.
Klein RG., "The human career: Human biological and cultural origins", Chicago, Chicago Üniversitesi Yayınları, 1999.
Miller GF, "The mating mind: How sexual choice shaped the evolution of human natüre", New York, Doubleday, 2000. [*Sevişen Beyin*, çev. M. Asım Karaömeroğlu, NTV Yayınları, 2010]
Nowak MA ve Krakauer DC., "The evolution of language", Proceedings of the National Academy of Sciences 96(1999), s. 8028-8033.
Nowak MA ve Krakauer DC. ve Dress A., "An error limit for the evolution of language", Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences 266(1999), s. 2131-2136.
O'Connell JF, Hawkes K ve Blurton Jones NG., "Grandmothering and the evolution of Homo erectus", Journal of Human Evolution 36(1999), s. 461-485.
Osborne L., "A linguistic big bang", New York Times Dergisi, 24 Ekim 1999, s. 84-89.
Penton-Voak IS, Perrett DI, Castles DL, Kobayashi T, Burt DM, Murray LK, vd., "Menstrual cycle alters face preference", Nature 399(1999), s. 741-742.
Perrett DI, Lee KJ, Penton-Voak I, Rowland D, Yoshikawa S, Burt DM, vd., "Effects of sexual dimorphism on facial attractiveness", Nature 394(1998), s. 884-887.
Perrett DI, May KA ve Yoshikawa S., "Facial shape and judgements of female attractiveness", Nature 368(1994), s. 239–242.
Pinker S., "How the mind Works", New York, Norton, 1997.
Pinker S., "The language instinct", New York, Morrow, 1994.
Richmond BG ve Strait DS., "Evidence that humans evolved from a knuckle-walking ancestor", Nature 404(2000), s. 382-386.
Sahlins MD., "The use and abuse of biology: An anthropological critique of sociobiology", Ann Arbor: Michigan Üniversitesi Yayınları, 1976.

Scheib IE, Gangestad SW ve Thornhill R., "Facial attractiveness, symmetry and cues of good genes", Proceedings of the Royal Society of London Series B 266(1999), s. 1913-1917.

Segerstrøle UCO., "Defenders of the truth: The battle for science in the sociobiology debate and beyond", New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 2000.

Singh D., "Adaptive significance of female physical attractiveness: Role of waist-to-hip ratio", Journal of Personality and Social Psychology 65(1993), s. 293-307.

Tattersall I ve Schwartz JH., "Extinct humans", Boulder, Colo., Westview Yayınları, 2000.

Thornhill R ve Gangestad SW., "Facial attractiveness", Trends in Cognitive Sciences 3(1999), s. 452-460.

Thornhill R ve Moller AP., "Developmental stability, disease and medicine", Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 72(1997), s. 497-548.

Thornhill R, Moller AP. ve Palmer C., "A natural history of rape: Biological bases of sexual coercion", Cambridge, Mass., MIT Yayınevleri, 2000.

Waal FBMd., "The chimpanzee's service economy: Food for grooming", Evolution and Human Behaviour 18(1997), s. 375-386.

Wedekind C, Seebeck T, Bettens F ve Paepke AJ., "MHC-dependent mate preferences in humans", Proceedings of the Royal Society of London Series B 260(1995), s. 245-249.

Whiten A., "Social complexity and social intelligence", J Goode J (ed.), "The nature of intelligence", New York, Wiley, 2000 içerisinde basılmıştır. s. 185-201.

Whiten A. ve Byrne RW., "Machiavellian intelligence II: Extensions and evaluations", Londra ve New York, Cambridge Üniversitesi Yayınları, 1997.

Whiten A., Goodall J, McGrew WC, Nishida T, Reynolds V, Sugiyama Y, vd., "Cultures in chimpanzees", Nature 399(1999), s. 682-685.

Wilson EO., "Sociobiology: The new synthesis", Cambridge, Mass., Belknap Yayınları, 1975.

Wright R., "The moral animal: Evolutionary psychology and everyday life", New York, Pantheon Yayınları, 1994.

Bölüm 12: MODERN HAYAT, MÖ 50 BİN: İNSANLIĞIN DOĞUŞU

Bertranpetit J., "Genome, diversity, and origins: The Y chromosome as a storyteller", Proceedings of the National Academy of Sciences 97(2000), s. 6927-6929.

Blackmore SJ., "The meme machine", Oxford ve New York, Oxford Üniversitesi Yayınları, 1999.

Cavalli-Sforza LL., "Genes, peoples, and languages", New York, North Point Yayınları, 2000.

Chauvet J-M, Brunel Deschamps E ve Hillaire C., "Dawn of art: The Chauvet Cave, the oldest known paintings in the World", New York, Abrams, 1996.

Dyson G., "Darwin among the machines: The evolution of global intelligence", Reading, Mass., Addison-Wesley, 1997.

Ehrlich P., "Human natures", Washington, D.C., Island Yayınları, 2000.

Holden C ve Mace R., "Phylogenetic analysis of the evolution of lactose digestion in adults", Human Biology 69(1997), s. 605-628.

Klein RG., "The human career: Human biological and cultural origins", Chicago, Chicago Üniversitesi Yayınları, 1999.

Krings M, Capellia C, Tschendtscher F, Geisert H, Meyer S, von Haeseler A, vd., "A view of Neandertal genetic diversity", Nature Genetics 26(2000), s. 144-146.

Krings M, Geisert H, Schmitz RW, Krainitzki H, Pääbo S., vd., "DNA sequence of the mitochondrial hypervariable region II from the neandertal type specimen", Proceedings of the National Academy of Sciences 96(1999), s. 5581-5585.

Krings M, Stone A, Schmitz RW, Krainitzki H, Stoneking M ve Pääbo S., "Neandertal DNA sequences and the origin of modern humans." Cell 90(1997), s. 19-30.

Lewontin RC., "Human diversity", New York, Freeman, 1995.

Mithen SJ., "The prehistory of the mind: A search for the origins of art, religion and science", Londra, Thames 8c Hudson, 1996. [*Aklın Tarih Öncesi*, çev. İrem Kutluk, Dost Kitabevi, 2000]

Nemecek S., "Who were the first Americans?", Scientific American 283(2000), s. 80-87.

Ovchinnikov IV, Gotherstrom A, Romanova GP, Kharitonov VM, Liden K ve Goodwin W., "Molecular analysis of Neanderthal DNA from the northern Caucasus", Nature 404(2000), s. 490-493.

Pääbo S., "Human evolution", Trends in Cell Biology 9(1999), s. 13-16.

Pääbo S., "Neolithic genetic engineering", Nature 398(1999), s. 194-195.

Richards MP, Pettitt PB, Trinkaus E, Smith FH, Paunovic M ve Karavanic I., "Neanderthal diet at Vindija and Neanderthal predation: The evidence from stable isotopes", Proceedings of the National Academy of Sciences 97(2000), s. 7663-7666.

Shen P, Wang F, Underhill PA, Franco C, Yang WH, Roxas A, vd., "Population genetic implications from sequence variation in four Y chromosome genes", Proceedings of the National Academy of Sciences 97(2000), s. 7354-7359.

Shreeve J., "The Neandertal enigma: Solving the mystery of modern human origins", New York, Morrow, 1995.

Tattersall I., "Becoming human: Evolution and human uniqueness", New York, Harcourt Brace, 1998.

Zimmer C., "After you, Eve", Natural History Mart 2001, s. 32-35.

Bölüm 13: TANRI'DAN NE HABER?

Behe MJ., "Darwin's black box: The biochemical challenge to evolution", New York, Free Yayınları, 1996. [*Darwin'in Kara Kutusu*, çev. Gürkan Bayır, Kesit Yayınları, 2007]

Cartmill, M., "Oppressed by evolution", Discover Mart 1998, s. 78-83.

Chen L, DeVries AL ve Cheng CH., "Evolution of antifreeze glycoprotein gene from a trypsinogen gene in Antarctic notothenioid fish", Proceedings of the National Academy of Sciences 94(1997), s. 3811-3816.

Cheng CH ve Chen L., "Evolution of an antifreeze glycoprotein", Nature 401(1999) s. 443-444.

Darwin C., "Autobiography and selected letters", New York, Dover Yayınları, 1958.
Dawkins R., "Unweaving the rainbow: Science, delusion, and the appetite for wonder", Boston, Houghton Mifflin, 1998. [*Gökkuşağını Çözmek*, çev. Gül Greenslade, Kuzey Yayınları, 2012]
Dupree, A. H., "Asa Gray, 1810-1888", Cambridge, Mass., Harvard Üniversitesi Yayınları, 1959.
Gasman, D., "The scientific origins of National Socialism: social Darwinism in Ernst Haeckel and the German Monist League", New York, Elsevier, 1971.
Gould SJ., "Rocks of ages: Science and religion in the fullness of life", New York, Ballantine, 1999.
Gould SJ., "Non-overlapping Magisteria", Skeptical Inquirer 23(1999), s. 55-61.
Haeckel EHPA ve Lankester ER., "The history of creation: or, The development of the earth and its inhabitants by the action of natural causes", Londra, Henry S. King, 1876.
Larson EJ., "Summer for the gods: The Scopes trial and America's continuing debate over science and religion", Cambridge, Mass., Harvard Üniversitesi Yayınları, 1998. [*Yüzyılın Davası*, çev. Turan Parlak, İzdüşüm Yayınları, 2000]
Miller KB., "Theological implications of an evolving creation", Perspectives on Science and Christian Faith 45(1993), s. 150-160.
Miller KR., "Finding Darwin's god: A scientist's search for common ground between God and evolution", New York, Cliff Street Yayınevi, 1999.
Moore JR., "Of love and death: Why Darwin 'gave up Christianity'", JR Moore (ed.), "History, humanity, and evolution: Essays for John C. Greene", Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1989 içerisinde yayımlanmıştır. s. 195-229.
National Academy of Sciences [Ulusal Bilimler Akademisi], "Science and creationism: A view from the National Academy of Sciences", Washington, D.C., Ulusal Akademi Yayınları, 1999.
Numbers RL., "The creationists", New York, Knopf, 1992.
Orr HA., "Darwin v. intelligent design (again)", Boston Review Aralık 1996, s. 28-31.
Peel JDY., "Herbert Spencer: The evolution of a sociologist", New York, Basic Yayınevi, 1971.
Pennock RT., "Tower of Babel: The evidence against the new creationism", Cambridge, Mass., MIT Yayınları, 1999.
Wilson EO., "The biological basis of morality", Atlantic Monthly 281(1998), s. 53-70.
Wilson EO., "Hardwired for God". Forbes dergisinin ASAP ekinde yayımlanmıştır, 1999 s. 132-134.
Wilson EO., "Naturalist", Washington, D.C., Island Yayınları, 1994.
Wilson EO., "The two hypotheses of human meaning", The Humanist, 1999

DİZİN

(SIV) [maymun bağışıklık yetmezlik virüsleri] 289

Acanthostega 187, 188
acritarch 179
Adami, Christoph 142
Afrika 10, 11, 115, 136, 139, 186, 187, 200, 203, 204, 231, 237, 242, 248, 257, 273, 288-291, 294, 336, 337, 339, 340-345, 351, 352, 355, 366, 378-381, 383-385, 388-390, 392-394, 401, 416, 433
  AIDS ve HIV 288-292
  insan evrimi 335-345
ahır kırlangıçları 311, 312, 318
AIDS 31, 286-291, 293, 294, 429, 449
Aiello, Lesley 375
akciğerler 415, 416
akciğerli balık 66, 67, 185-187, 415
Akıllı Tasarım 415, 416, 418, 419, 421-423, 428
akrep sinekleri 362
alel 127
Alexander Pope 45
algler 113, 212, 429
alg yiyiciler 179
Almanya 338, 365, 404
Alvarez, Luis 219
Alvarez, Walter 219
Amazon 246
Ambulocetus 28, 193, 194
Amerika Birleşik Devletleri (ABD
  ABD'de Darwinci evrim kuramlarına karşılıklar 401
amfibiyanlar 114, 115, 204
amino asit 120, 121, 152, 155, 385
And Dağları 55, 59
Andersson, Siv 163
Andrade, Maydianne 24, 314
Andrewsarchus 193
Angraecum sesquipedale 253, 257
Anopheles gambiae 394
Antarktika 226, 228, 391
antibiyotik direnc 28, 31, 283, 285
antifriz 417, 418, 421
antijenler 140, 141
antikorlar 140, 141
Archeoglobus fulgidus 157
Archonata 218
Ardipithecus ramidus 340
arıkuşlar 324, 325, 354, 355
arılar 254, 264, 269, 276, 321, 322
Arjantin 39, 52, 53
Arkansas 409
arkea 150, 151, 153, 156-158, 161
arketip 80, 83, 90, 91
armadillolar 217, 218
aslanlar 319, 320, 321, 327, 344, 350, 352
Asteral 263
aşı 429
ateş 231, 242, 339
atlar 130, 131, 168, 191, 217, 228, 229
atom yapısı 101
Australopithecus afarensis 341, 342, 367
Australopithecus anamensis 340
Avida 142-144
avlanma 178, 179, 200, 227, 231, 236, 237, 240, 244, 387, 388

Avrupa 44, 48, 94, 99, 129, 231, 243, 244, 246, 276, 291-294, 345, 360, 376, 380, 383, 385, 386, 389-392, 398, 404, 437
CCR5 292-294
Avustralya 58, 66, 109, 110, 159, 186, 200, 226, 229, 230, 231, 241, 242, 248, 299, 313, 380, 391
ayılar 190, 193, 218, 228, 318

babunlar 346, 348, 368
bacaklar 186-188, 191, 193-195
Bacillus thuringiensis 270
Baer, Karl von 67, 90
bağışıklık sistemi 288, 294, 360
bakteri 28, 30, 31, 140, 212, 270, 273, 429
antibiyotik direnç 279-281
eşevrim 300
balıklar 66, 149, 418
balinalar 143, 178, 189-196, 218, 225
balkuşu 234
Baron-Cohen, Simon 347
Bastlosaurus 195
bataklık kiraz kuşları 318
Bateson, William 169
batraklar 166, 176-178
baykuş 234, 235
Beagle 7, 35, 36, 39-41, 49-54, 56, 58-60, 68, 69, 73-75, 78, 95, 433, 439
Beaufort, Francis 40, 41
Becquerel, Henri 101
Behe, Michael 421
Berry, Andrew 363
beyin 176-178, 180
insan beyni 92, 93, 364, 366, 367, 389
kuyruksuz maymun 92, 93
sosyal zekâ 347-350
zihin kuramı 349
B hücreleri 139-141
Bigland, John 190
bilim
din 74, 404, 411, 433, 434, 436, 437
yaradılış bilimi 411, 415
Binumarien halkı 353
bitkiler 109, 113, 114, 149, 150, 156, 205, 212, 226, 228
Bivelich, Alexander 279
biyoçeşitlilik 229, 244, 248
biyokimyasal savaş 259
biyoteknoloji 429, 430
Bmp-4 175
Boag, Peter 134
bonobolar 326, 328-330, 338
Bowring, Samuel 206
böcekler 65, 69, 70, 113, 115, 124, 128, 136, 170, 171, 174, 239, 241, 262-265, 429
böcek yiyenler 218
Brezilya 38, 52, 66, 186, 248, 257, 272
Bridges, Calvin 170, 171
Britanya Bilimsel İlerleme Kurumu 93
Brocks, Jochen 109
Brodie III, Ed 24
Brodie Jr, Ed 24
Brodie Jr, Edmund 259, 260
Brooks, Thomas 240
Bryan, William Jennings 408, 430
bryozoanlar 179
Bt genleri 270
Burney, David 24, 232, 233
Buss, David 359, 360, 365
buzul çağlar 137, 178, 179, 228, 230, 231
buzullar 137, 178, 228, 230, 247
Büyük Göller 242-244

Campbell, George 144
Campylobacter 286
Cape Verde Adaları 53
Carnegie, Andrew 405
Carolina muhabbetkuşu 239
Cassia grandis 275
Cavalli-Sforza, Luigi 395
CCR5 reseptörü 292, 293
Cech, Thomas 154
Chambers, Robert 76, 90, 93
Chauvet, Jean-Marie 377
Cheng, Chi-Hing C. 417
Chicxulub 223
Chomsky, Noam 369
chordin 174-176
cırcır böcekleri 310
ciklet balıkları 136, 137, 180, 188, 197
Clack, Jennifer 187
Claraia 212
coelacanth 187
coğrafya 185, 227

Cosmides, Leda 356
Coyne, Jerry 363, 424
Cro-Magnon 380, 381, 388
Curie, Pierre ve Marie 101
Currie, Cameron 273
Cuvier, Georges 43, 44, 174, 439
Çevre Koruma Örgütü 270
çiçek hastalığı 40, 390
Çin 176, 206, 237, 246, 248, 266, 273, 335, 340, 386

Daeschler, Ted 188
Darrow, Clarence 407, 408
Darwin, Charles 23, 35, 37, 47, 61, 73, 117, 439, 440
  Beagle'ın yolculuğu 35, 433
  Beagle yolculuğu 73, 95
  cinsel seçilim 306-308
  dünyanın yaşı 100, 101, 107, 117
  Huxley 30, 82-84, 91-96, 101, 337, 338, 437, 440, 442
  insan evrimi 335, 336
  Wallace 84, 85
Darwin, Anne 435
Darwin, Emma (Charles'ın eşi) 73
Darwin, Erasmus (Charles'ın ağabeyi) 36
Darwin, Erasmus (Charles'ın Büyük babası) 46
Darwin, Henrietta 434
Darwin, Leonard 434
Darwin, Robert (Charles'ın Babası) 36-38, 41, 434
Darwin, Susan (Charles'ın kız kardeşi) 55
Darwin, Susannah (Charles'ın Annesi) 36
Darwin'in Kara Kutusu 421
Darwin'in Tanrı'sını Bulmak 431
Davis, Percival 413
Dawkins, Richard 396, 423
DDT 267, 268
deizm 432
denizanası 111, 173
denizayısı 80, 90, 225
denizhıyarları 420
deniz kabukluları 136
deniz kalemleri 38, 47, 110
deprem 50, 54-56, 68, 224
Deschamps, Eliette Brunei 377
deve 226
deve kuşları 64
develer 218, 229, 275
de Waal, Frans 24, 330
dil 367, 368, 370-372, 374, 375
din 12, 32, 38, 77
diploblast 111
diploblastlar 173
dişler 275, 340
Dixon, Andrew 318
DNA 120-122, 126, 140, 141, 283, 286, 287, 292, 293, 320
  kültür 391, 394, 395
  yaşam ağacı 150, 152
Dobzhansky, Theodosius 125, 441
doğal seçilim 28, 30, 31, 75, 81, 88-91, 202, 213, 366, 404, 426, 429
domuzlar 235, 236, 240
Doolittle, Russell 419
Doolittle, W. Ford 162
Dorudon 195
dört ayaklılar 115, 186-189, 205, 416
Dpp 174, 175
Draper, John William 93
Drosophila melanogaster 125, 126
Drosophila pseudoobscura 126
Dunbar, Robin 24, 348, 350, 367
Dusenbery, David 304
dünya 42-46
  dünyanın yaşı 42, 100, 101, 103, 106, 107, 117

Echinogammarus 243
Ediakara faunası 110
Ediakaralar 110, 112, 113, 115, 174
Edinburgh 37, 38, 47, 91, 435
Edmund, III 259, 260
Ehrlich, Paul 261
eklem bacaklılar 65, 112, 171, 174-176, 205
ekosistem 180, 200, 206, 207, 209-211, 213, 224, 225, 227, 241, 242, 244
embriyo 66,-68, 90, 111, 112, 167, 170, 171, 173, 175
embriyoloji 77
Emlen, Stephen 24, 320, 324, 355
Endonezya 84, 85, 187, 248, 345, 386
enzimler 154, 158, 258, 287, 391, 392

Epperson, Susan 409
Escherichia coli 157, 285
eş evrim 253, 254, 256, 259, 260, 261, 263-265, 268- 270
eşeyli üreme 300, 302, 304
Etiyopya
  en erken insangilin keşfi 339, 341
Etiyopyalı 340
etoburlar 227, 228
Eurypterid 206
evrimsel psikoloji 356, 361
Ewald, Paul 295, 296

fare 171-173, 276, 316
Farrell Brian 24, 263
Feldman, Marcus 126
fenilketonüri 394
feromon 304, 305
Fildişi Sahilleri'nde yaşayan şempanzeler 395
Filipinler 248
filler 44, 130, 196, 225
filum 110, 112, 179
Fisher, Ronald 123, 308
FitzRoy, Robert 39
Flannery, Tim 231
Fleming, Sir Alexander 282
Formica karıncaları 322
Fortas, Abe 409
fosiller 110-114, 230, 380, 416, 428, 430
  fosillerin yaşı 107
fotosentez 58, 162, 178, 206, 258, 262
Frair, Wayne 413
Fransa 44, 48, 338, 377

Galapagos Adaları 56-58
gamet 304
Gen Bencildir 396
Genetik ve Türlerin Kökeni 125, 127-130
gen/genetik 117-131
  Mendel'in çalışmaları 118-120
  özgecilik 322, 325, 326
genom 127, 157, 161, 165, 291
genomun 394
genyornis 230
Geoffroy Saint-Hilaire, Etienne 64
Geospiza *bkz.* İspinoz
Geospiza fortis *bkz.* İspinoz
gergedanlar 218, 225, 229
Gerhart, John 175
geyik 228, 237, 378, 380, 387
Gingerich, Philip 191
gingko ağaçları 263
Glires 218
Goethe 65
Gonorrhea 285
goriller 92, 337-339
Gould, James 68
Gould, Stephen Jay 3, 7, 21, 24, 32, 365, 396
göz 89, 168, 176, 177, 180-184, 396
Grant, Peter ve Rosemary 133
Grant, Robert 37, 47
Graves, Bill 427
Gray, Asa 402, 430, 436, 437, 455
Grönland 107, 108, 159, 187, 206, 281, 378
  Acanthostega 187
  Ichthyostega 187
  Yaşamın en erken kanıtları 107
Guam 241
Güney Amerika 39, 41, 52-54, 56, 57, 68, 70, 135, 227, 228, 230, 240, 242, 248, 256, 297, 433
Gürcistan 344
güve 253, 254, 257, 270
gymnosperm (Açık tohumlu bitkiler 264

habitat, yokoluş 236-238, 240, 244, 245, 247-249
Hadrothemis defecta 313
Hadza 345
Haeckel, Ernst 404, 455
Hahn, Beatrice 24, 290
Haig, David 316
Haiti 222, 223
Haldane 263
halkalı solucanlar 110
Halkieria 112
Hamilton, William 302, 321
Hare, Brian 349
Hawaii 232-235, 240-242, 359
Hawkes, Kristen 24, 345, 353
Heinrich, Bernd 276
hemofil 419
hemoglobin 392, 393, 422

Henslow, John Stevens 39
HIV 289
HIV-1 289-291
HIV-2 290, 291
HIV virüsü 287, 288, 291-93
HIV virüsü [İnsan bağışıklık yetmezliği virüsü] 286
hıyarcıklı veba 288, 292, 294
hidroid 243, 244
Hillaire, Christian 377
Himalayalar 226
Hirsch, Vanessa 290
Hoffman, Paul 178
Holloway, Linda 427
Homo 344, 345
Homo erectus 365, 367, 380, 383, 386
Homo ergaster 344
Homo neanderthalensi bkz. Neandertal adamı
Homo sapiens 16, 30, 32, 114, 249, 381, 383, 385, 386, 391, 412, 433
Hooker, Joseph 75, 81, 94, 95
hormon 125, 173
Hox genler 170-172, 177, 180
Hrdy, Sarah Blaffer 367
Humbolt, Alexander von 38
Hunt, Kevin 341
Hutton, James 42
Huxley, Thomas Henry 30

Ichthyostega 186-188
ıstakoz 64, 79, 169, 173
iguana 57, 185
iiwi 234
iklim 207, 208, 225, 226, 228, 230, 231, 246 *bkz.* küresel ısınma
ilaçlar 155, 266-270, 280, 282-284
İncil 38, 42, 74, 94, 95, 100, 402, 403, 410, 415, 433
incir ağaçları 210
İnsan Evrimi 335
insangiller 339-346
İnsanın Kökeni 337
insanın kökeninin Afrika'dan çıktığı tezi 381
İnsanın Kökeni ve Cinsiyete Bağlı Seçilim 337
insülin (IGF2) 316
iridyum 219-223
ispinozlar 28, 57, 68-71, 133-136, 268, 414
İsrail, Neandertal fosilleri 383
işaret dili 371

jakanalar 320, 331
Janzen, Daniel 274
Jenyns, Leonard 40
jeoloji 63, 95, 206, 207
Jicaro 276
Johanson, Donald 341
Johnson, Phillip 423
Joyce Gerald 154

kalıtım 36, 86, 90, 117-120, 122, 124-126, 131 *bkz.* DNA, genler/genetik, genomlar, mutasyonlar, doğal seçilim
Darwin'in anlamaktaki başarısızlığı 115, 117, 118, 149
pangenesis *bkz.* NA, gen/genetik, genom, mutasyon, doğal seçilim
kalker 206
Kambriyen Öncesi Dönem 107, 111, 113, 178, 179
kamçı kuyruklu kertenkele 300, 301
kamışlar 212
Kanada 98, 99, 126, 129, 225, 234, 247, 266
kanguru 180, 216, 217, 229, 231, 232
Kanzi 342, 343
kaplumbağalar 203, 204, 213
kapsayıcı uyumluluk 322-325
kara ölüm 291, 292
Kara Ölüm (veba) 288
karbondioksit 161, 162, 178, 206, 207, 224-226, 228, 246, 249, 258
karbonla tarih ölçme 378
karıncalar 271-274, 300, 352
karıncayiyenler 217, 218
Kasting, James 249
kaya balığı 243
keçiler 234, 235, 237, 240
kediler 86, 218, 225, 227, 289
Keeling Adaları 53
Kegl, Judy 24, 370
Kentucky Baptistleri ve Scopes Vakası 406

Kenya 10, 239, 240, 248, 324, 340, 341, 355
kertenkele 203, 210, 230, 242, 300
keseliler 114, 216, 232, 242
keseli sıçan 217, 227
kırlangıçlar 310
kıskançlık 360, 361
Kızıl Kraliçe hipotezi 302-304
Kipling, Rudyard 364
Klein, Richard 24, 383, 388
klon 301-304, 315
kloroplast 156, 161-63
Knoll, Andrew 24, 207
kolera 295, 296
Komdeur, Jan 317
Kosta Rika 225, 274-276
Koza, John 144
köktendincilik 406
köpek balıkları 185
Krakatau 208-212, 221, 238, 447
Kreisworth, Barry 284
Kretase Dönemi 196, 218-220, 222-224, 226
Krings, Matthias 385
kromozom 121, 126, 302, 381
  Y kromozomu 384
K-T sınırı 222, 223
kurbağa balıkları 188
kurbağalar 114, 150, 171, 175, 181, 242
kurşun 102-106, 108
kurtlar 228, 297
kuşlar 29, 90, 108, 114, 128, 230, 231, 233-236
kuyrukluyıldız 152, 221
kuyruksuz maymunlar 11, 12, 16, 18, 48, 92, 93, 339, 340, 346, 422
Kuzey Amerika 44, 99, 224, 226, 228-231, 234, 236, 240, 243, 246, 247, 276, 404
Kuzey fok balıkları 305
kükürt 265-267
kültürel evrim 394, 396
kültür evrimi 397
küresel ısınma 207, 246, 247, 249
Kyte, Frank 223

Lacalli, Thurston 24, 183
laktaz 391, 392
Lamarck, Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet 47-49, 64-66, 71, 117, 130, 397, 405
Lawson, Nicholas 58
Leakey, Maeve 340
lemurlar 230, 348
Leopold, Nathan 407
lepistes 132, 133, 149, 268, 414
Lewontin, Richard 365
Linnaeus, Carl 119
Linnean Topluluğu 85
Lipson, Hod 144
Livingstone, David 437
Loebin, Richard 407
löp yüzgeçliler 186-189
Lucy 341, 342
Lull, Richard 186
lycopsidler 249
Lyell, Charles 50, 52
Lystrosaurus 205

MacArthur, Robert 211
Madagaskar 230, 231, 236, 248, 253, 257
mağara resimleri 377-379, 383
Mahaulepu 232, 233, 235-237, 240, 244
malation 268
Malthus'un nüfus kuramı 70
mamut 44, 229
mangabey maymunları 290, 291
mantarlar 109, 150, 258, 259
Marco Polo 398
martılar 129
mastodonlar 229, 230
Mauritius 244
Mayıs sinekleri 318
maymunlar 217, 227, 346
  mangabey maymunları 290, 291
  vervet maymunu 346, 372
Mayr, Ernst 20, 128, 409
Meishan buluntuları 206
Meksika 126, 220, 222, 223, 237, 247, 273, 303
Melander, A. L. 266
memeliler 29, 66, 67, 89, 90, 114, 115, 149, 214-218, 224-228
memler 396
Mendel, Gregor 118, 119, 442
mercan resifler 58, 59, 69, 86, 110, 188, 244

mesonychid 191-193, 196
meteorit 105, 152
Meteorlar *bkz.* **Gök taşları**
meyve sinekleri 125-127, 131, 133, 169, 171, 172, 175, 281, 312, 313, 315, 316, 429
Mezozoik Dönem 201, 203, 216
Mısır 48, 191, 195, 219, 413
Microsoft 143
midye 243, 244, 248
Miller, Keith 431
Miller, Kenneth 24, 431
Mithen, Stephen 390
mitokondri 161-165
Mitokondriyal Havva 383
miyoglobine 422
Moby Dick 190
Monizm 404-406
monokültür 270
Morgan, Thomas Hunt 125
Morris, Henry 410, 412
Moschorinus 205
Mueller, Ulrich 24, 272
Muller, Paul 267
Murray, John 85, 439, 440, 448, 451
mutasyon 122-127, 131, 132, 156-158, 160, 165, 181, 283, 284, 301, 303, 421
Müller, Miklos 164
mürekkep balıkları 183, 185
Myanmar *bkz.* Burma
Mycobacterium tuberculosis 278, 279

Napolyon 48, 164, 436
Neandertal Adamı 338
neokorteks 215, 348, 349, 367
Newton 96, 411, 412, 436, 438
Nikaragua işaret dili 369, 374
Nil tatlı su levreği 138
notokord 176
Notothenioidler 417, 418
Novacek, Michael 216
Nowak, Martin 24, 372
Nuh Tufanı 42, 44, 95, 410

O'Brien, Stephen 291
Ofria, Charles 142
okaliptüs 231
Oken, Lorenz 66
oksijen 105, 161, 164, 224, 392, 416
okyanus 42, 50, 108, 114, 200, 212, 213, 222, 226
  Kambriyen Dönem Patlaması 178, 179
O'Leary, Maureen 24, 193
omurgalılar 65-67, 80, 90, 112, 114, 166, 168, 170, 174-178, 183-185, 196, 213, 216, 218
omurgasızlar 65, 90, 114, 115, 170, 174, 179, 201, 240, 340
Opabinia 112
orak hücreli anemi 392-394
orangutan 71, 84, 92, 342
orkide 253-257, 275
ormanlar 113, 211-213, 228, 229, 237, 238, 246-248
ornitorenk 66, 67, 216
Orr, H. Allen 423
Osborn, Henry Fairfield 130
Otizm 348
Overton, William 411
Owen, Fanny 72
Owen, Richard 67, 83, 91, 440
ökaryotlar 109, 114, 149-151, 156, 158, 161, 164
ön uyum 188
ördekler 234, 236, 317
örümcekler 299-301, 313

Pääbo, Svante 385
Pakicetus 192-194
Paleozoik Dönem 201, 203
Paley, William 45, 416
Palmer, Craig 362
pangea 229
pangenesis 117
pankreas 417, 418
Pan troglodytes troglodytes 290
parazitler 280-282, 301-304, 309
Paris 47, 64, 266
Patagonya 52, 55, 70
Patterson, Claire 105
Pax-6 geni 172
penisilin 282, 283, 285
Penton-Voak, Ian 359
Permiyan-Triyasik yokoluş 205-208
Perrett, David 358

Petrie, Marion 24, 306, 308, 311, 323
Phillips, John 201, 203
Pigmeler 365
Pimm, Stuart 24, 239, 245
Pinker, Steven 24, 370
Piramitler 219, 413
pire otu 266
plankton 218, 221, 224, 228, 243, 429
Plasmodium 297, 393
Plasmodium falciparum 393
plazmid 157
Pleistosen Dönem 275, 352, 358, 359
plütonyum 221
Pollack, Jordan 144
Pope, Alexander 45
Povinelli, Daniel 350
primat 114, 218, 225, 226, 237
prokaryotlar 151
protein 120-123, 167, 269, 282, 283
  yaşam ağacı 150-153, 156-159
protozoa 113, 151, 277, 281, 300
pterosaur 220

radyoaktivite 100, 103, 104
Ramsay, Marmaduke 38, 39
Raven, Peter 261
retina 181-185
Reznick, David 132
Rice, William 315
Rickettsia prowazekii 163
Rio de Janeiro 52, 53
RNA 120, 121, 141, 151, 154-156, 158, 160, 281, 286, 417, 418, 443
robotlar 144, 145
Rodhocetus 195
Romer, Alfred 187
Russell, Dale 220
Russell, Paul 267
Rusya 164, 243, 279, 280, 284, 285, 390
Rutherford, Ernest 103

sağır çocuklar ve dil 369
salyangoz 66, 234, 236, 366, 388
sanat 379, 387-390
San Jose pulu 266
sauropodlar 224
Sauroposeidon 216
Schultz, Ted 272
Scopes, John 407
Scott, Eugenie 24, 428
Sedgwick, Adam 38, 45, 67, 77
semender 259-261, 299
Senozoik Dönem 201
Sepkoski, John 202
sera gazları 246
Serapis 50, 52
Seyşel çalı bülbülü 317
Shackleton, Nicholas 228
sıçanlar 235, 236, 240
sırtlan 338
sıtma 241, 267, 296, 297, 392-394, 429, 430
Sibirya 44, 128, 129, 207, 222, 382
simbiyoz 162
Simpson, George Gaylord 130, 133
sincaplar 89
sinekler 72, 362
Singh, Devendra 358
sinir sistemi 65, 173, 174
Sinodontlar 214
sivrisinekler 241, 267, 296, 297, 392
siyanobakteriler 109, 114, 150, 156, 159, 162, 163, 209
sog 174, 175
sosyal Darwinizm 405, 406, 436
sosyal zekâ 347-349
Sosyobiyoloji 352, 353
Spencer, Herbert 404, 455
sperm 117, 121, 299, 300, 302-306, 321
Steubing, Elizabeth 401
Stoneking, Mark 385
Streptococcus 285
Streptomyces 273, 274
Stringer, Christopher 381
suaygırı 203
Sudan'daki Nuerler 353
Sumatra gergedanlar 275
Summer, William Graham 405
Sundstrom, Liselotte 322
sülfat (SO4) 207
sümerler 265
süngerler 47, 173, 212
sürüngenler 29, 66, 114, 149, 196, 213
synapsid 198, 203-205, 213-215
Şekerkamışı kurbağaları (bufo marinus) 241

şempanze 30, 92, 115, 237, 281, 328-330, 334, 337-341, 343
beyin 336, 344, 348, 349
erken insangiller 341
insanların yakın kuzenleri 339, 340
Şili 68, 79, 81, 230, 248, 297, 391

tanrı 38, 80, 95, 401
Akıllı Tasarım 415, 416
tavuklar 235, 240, 286
tavus kuşları 299, 300, 306-309, 311, 323
Tecavüzün Doğal Tarihi 362, 363
Tehlikeli Tutku 365
teknoloji 142, 238, 335, 336, 389, 396, 398
Tersiyer Dönem 219, 225
testosteron 309, 360
Thewissen, Hans 193, 194
Thornhill, Randy 362
Tierra del Fuego 39, 53, 56
tifüse 163
timsahlar 204, 213
Tooby, John 366
topminnow 303, 304
Toth, Nicholas 342
trilobitler 205
triploblastlar 111, 112, 173
Trivers, Robert 325, 367
tsunami 222, 223, 235
tüberküloz 278-280, 284, 285, 424
Türkiye'deki mağaralar 388
türler 45, 47, 48, 66, 88, 127, 128, 134-139
türlerin çeşitliliği 210-212
Türlerin Kökeni 7, 30, 32, 63, 76, 82, 85, 86, 89, 92, 93, 95, 96, 99, 100, 117, 118, 125, 127-130, 190, 199, 255-257, 336, 337, 402, 406, 414, 430, 437-440
Tyrannosaurus rex 224

Ungulata 218
uranyum 102-106, 108, 113, 206
Üvey anne ve babalar ile üvey çocuklar 361

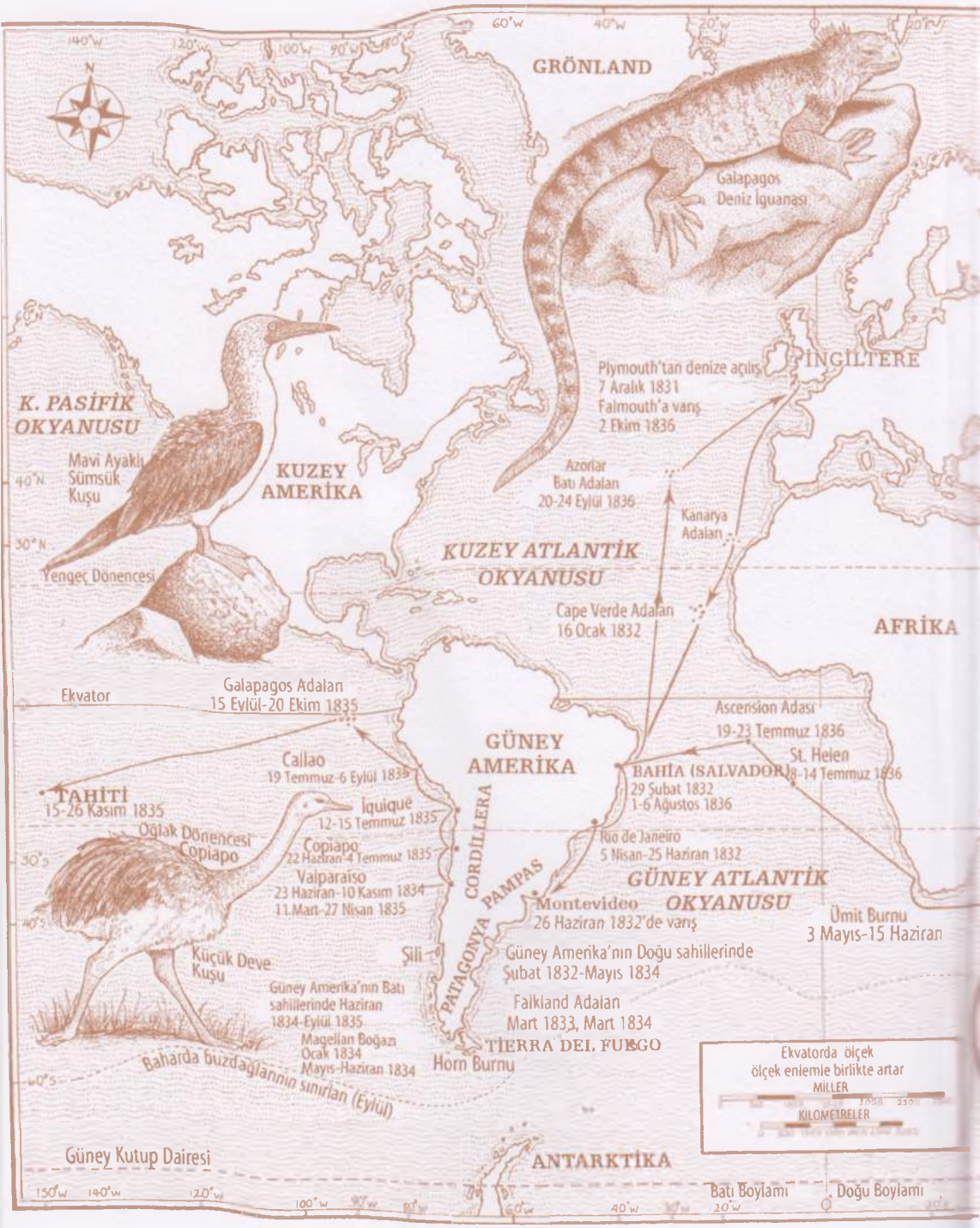
Viktorya Gölü 136, 137
virüsler 157, 242, 281, 286, 287
volkanlar 42, 56, 69, 89, 107, 160, 178, 200
Vrijenhoek, Robert 300, 303

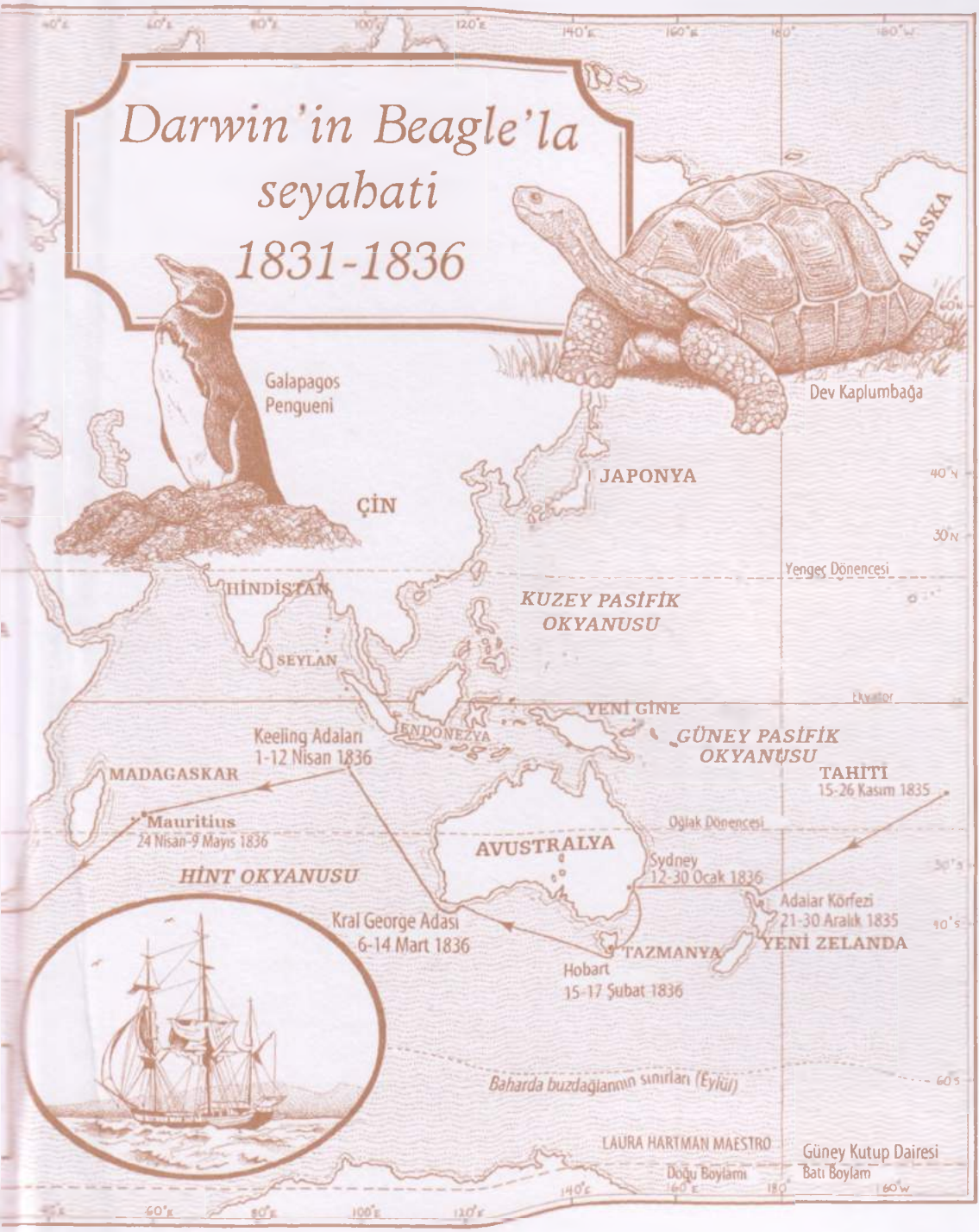
Waksmann, Selman 279, 282
Wallace, Alfred Russel 84
Ward, Peter 25, 203
Wason Testi 356, 357
Watt, James 437
Waynforth, David 357
Wedgwood, Joseph 41
Wedgwood ailesi 36
Westminster Abbey 96, 437, 438
White, Randall 388
Whiten, Andrew 25, 346, 350
Wilberforce, Samuel 93
Wilczek, Frank 2
Williams, George 181
William sendromu 346
Wilson, Allan 381
Wilson, Edward O. 352, 432
Woese, Carl 151, 158, 162
Wrangham, Richard 326, 327, 330, 349
Wright, Sewall 123

Xanthopan morgani praedicta 257

yalancı genler 423
Yaradılışın Delili 413
yarasa 79, 80, 89, 90, 180, 196, 210, 218, 225, 233
Yaratılışın Doğal Tarihinde Kaybolanlar 76
yaratılış kuramı 402-404
yaşam 98-101, 106-112, 114, 116, 118, 149
yaşam ağacı 62, 149-153, 156-159, 161, 397
yavru öldürme 320, 367
yengeç 65, 145, 172, 234, 235
Yeni Zelanda 53, 58, 230, 231, 248
Yersinia pestis 294
yılan 168, 178, 215, 241
yılanbalığı balığı (Syngnathus typhle) 311

yılaniğnesi balıkları 311, 320, 331
yokoluş 31, 44, 89, 149, 164, 199, 200, 239, 246
yokoluşlar 200
yumurtalar 117, 122, 138, 299, 300, 303, 305, 311-313, 315, 317, 318, 320, 321, 323-325
zebra midyesi 243
zirkonlar 206
zürafa 397
zürafalar 48


GRÖNLAND
Galapagos Deniz İguanası
İNGİLTERE
Plymouth'tan denize açılış
7 Aralık 1831
Falmouth'a varış
2 Ekim 1836
K. PASİFİK OKYANUSU
Mavi Ayaklı Sümsük Kuşu
KUZEY AMERİKA
Azorlar Batı Adaları
20-24 Eylül 1836
Kanarya Adaları
KUZEY ATLANTİK OKYANUSU
Yengeç Dönencesi
Cape Verde Adaları
16 Ocak 1832
AFRİKA
Ekvator
Galapagos Adaları
15 Eylül-20 Ekim 1835
Ascension Adası
19-23 Temmuz 1836
GÜNEY AMERİKA
St. Helen
8-14 Temmuz 1836
Callao
19 Temmuz-6 Eylül 1835
BAHİA (SALVADOR)
29 Şubat 1832
1-6 Ağustos 1836
TAHİTİ
15-26 Kasım 1835
İquique
12-15 Temmuz 1835
Oğlak Dönencesi
Copiapo
Copiapo
22 Haziran-4 Temmuz 1835
Rio de Janeiro
5 Nisan-25 Haziran 1832
Valparaiso
23 Haziran-10 Kasım 1834
11 Mart-27 Nisan 1835
CORDİLLERA
PAMPAS
GÜNEY ATLANTİK OKYANUSU
Montevideo
26 Haziran 1832'de varış
Ümit Burnu
3 Mayıs-15 Haziran
PATAGONYA
Küçük Deve Kuşu
Şili
Güney Amerika'nın Doğu sahillerinde
Şubat 1832-Mayıs 1834
Güney Amerika'nın Batı sahillerinde Haziran 1834-Eylül 1835
Falkland Adaları
Mart 1833, Mart 1834
Magellan Boğazı
Ocak 1834
Mayıs-Haziran 1834
TİERRA DEL FUEGO
Horn Burnu
Baharda buzdağlarının sınırları (Eylül)
Ekvatorda ölçek
ölçek enlemle birlikte artar
MİLLER
KİLOMETRELER
Güney Kutup Dairesi
ANTARKTİKA
Batı Boylamı
Doğu Boylamı


Darwin'in Beagle'la seyahati 1831-1836
Galapagos Pengueni
Dev Kaplumbağa
ALASKA
ÇİN
JAPONYA
HİNDİSTAN
SEYLAN
KUZEY PASİFİK OKYANUSU
Yengeç Dönencesi
YENİ GİNE
ENDONEZYA
Keeling Adaları 1-12 Nisan 1836
GÜNEY PASİFİK OKYANUSU
MADAGASKAR
TAHİTİ 15-26 Kasım 1835
Mauritius 24 Nisan-9 Mayıs 1836
Oğlak Dönencesi
AVUSTRALYA
Sydney 12-30 Ocak 1836
HİNT OKYANUSU
Adalar Körfezi 21-30 Aralık 1835
Kral George Adası 6-14 Mart 1836
TAZMANYA
YENİ ZELANDA
Hobart 15-17 Şubat 1836
Baharda buzdağlarının sınırları (Eylül)
LAURA HARTMAN MAESTRO
Güney Kutup Dairesi
Doğu Boylamı
Batı Boylamı

CARL ZIMMER

EVRİM

BİR FİKRİN ZAFERİ

STEPHEN JAY GOULD'UN SUNUMUYLA

Charles Darwin'in *Türlerin Kökeni* cüretkâr bir meydan okumaydı. Ne var ki bu, paleontologlarla jeologların yeryüzündeki yaşamın kronolojisini hesaplamasından, biyologların da kalıtım ve doğal seçilimin temelinde yatan molekülleri ortaya çıkarmasından çok önceydi. Carl Zimmer'in 150'yi aşkın renkli resmin yer aldığı olağanüstü kitabı, Darwin'in kuramının geniş kapsamlı içerimlerini inceleyen ve hayatlarımıza etkisini ortaya koyan zengin ve çağdaş bir evrim görüşü sunuyor. Darwinci tıp ve cinsel seçilimden, dilin kökenine, evrimsel psikolojiye ve yaratılışçılık etrafında dönen tartışmalara kadar en yeni bilgilerin yer aldığı *Evrim*, bilimsel serüvenin muhteşem hikâyesini anlatıyor. Ne de olsa hepimiz evrimin birer ürünüyüz.

"Carl Zimmer, Darwin'in ne kadar haklı olduğunu ve muhteşem fikrinin nasıl kendisinin bile tahmin edemeyeceği kadar büyük bir başarı sağladığını gösteriyor. Darwin bu kitaba bayılırdı..."

–Steve Jones, *Neredeyse Bir Balina*'nın yazarı

"Darwin hakkında hâlâ başka kitaba ihtiyacımız var mı? Evet, var, ama eğer büyük adamın fikirlerini bugüne taşıyan Carl Zimmer'in *Evrim*'i kadar iyilerse.

–*New Scientist*

ALFA
Ticarethane Sokak, No: 15, 34110
Cağaloğlu, Fatih - İstanbul
T. 0212 513 3420 (pbx)
F. 0212 519 3300
www.alfakitap.com



BİLİM EVRİM
ISBN: 978-605-106-912-8

