

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

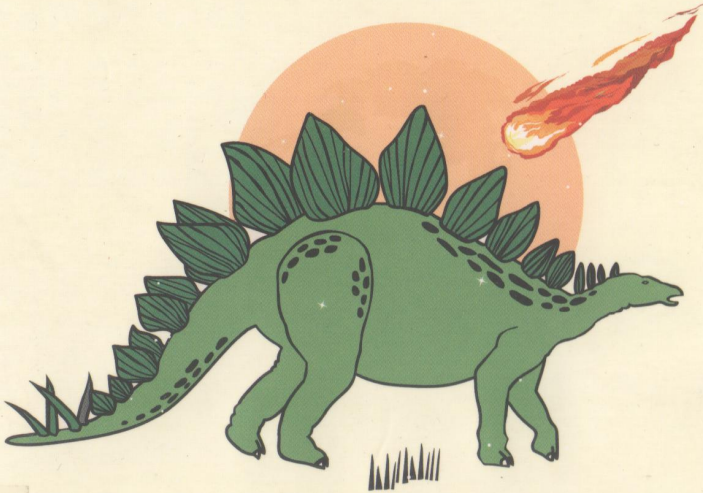
- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

SCOTT D. SAMPSON

DİNOZORLARIN DESTANSI YOLCULUĞU

“Dinazorlar hakkında en geniş tabanlı, kapsayıcı kitap.”

Prof. Philip J. Currie, Dinazor Paleobijolojisi Kürsüsü



Yaşam Ağındaki Fosil İplikler

Dinozorların Destansı Yolculuğu: Yaşam Ağındaki Fosil İplikler

© 2011, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Dinosaur Odyssey: Fossil Threads in The Web of Life

© 2009, Scott D. Sampson

Kitabın Türkçe yayın hakları Brockman, Inc 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 Cankocak

Redaksiyon Mehmet Ata Arslan

Kapak Tasarımı Füsün Turcan Elmasoğlu

Sayfa Tasarımı Mürüvet Durna

ISBN 978-605-171-148-5

1. Basım: Ekim 2015

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

SCOTT D. SAMPSON

DİNOZORLARIN DESTANSI YOLCULUĞU

Yaşam Ağındaki Fosil İplikler

Çeviri
Tufan Göbekçin

ALFA BİLİM

**Küçük bir çocuğun dinozorlara tutkusunu ateşleyen ve besleyen
annem Catherine June Sampson'a...**

İÇİNDEKİLER

Önsöz, 7
Teşekkürler, 13

Giriş	17
Defîne Adası	21
Parıldayan Kertenkeleler	47
Katılımcılar	69
Gezinen Kıtalar ve Dünya Turuna Çıkan Dinozorlar	93
Güneş'le Beslenme	117
Yaşam Nehri	141
Yeşil Geçiş	163
Yırtıcılar Takımı	191
Gizli İplikler	219
Boynuz Kafalılar ve Ördek Gagalılar	247
Yaşama Elverişlilik Hipotezi	273
Sindirellazor	299
Jurassic Park Rüyaları	325
Batı Yakası Hikâyesi	351
Tüm Yaratıklar Gibi	381
Mezardan Fısıltılar	405

Ek Kaynaklar, 421
Sözlük, 441
Dizin, 459



ÖNSÖZ

Bir mısır gevreği kutusunun içinden ilk dinazorumu "çıkardığımda" daha altı yaşındaydım. O plastik model, hayal gücümü öylesine güçlü bir şekilde etkiledi ki Kanada'nın Toronto kentindeki Royal Ontario Müzesinde bulunan dinazor galerilerine düzenli olarak ziyaretler gerçekleştirmeye başladım. Haftada birkaç defa evimin yakınlarındaki Sixteen Mile Deresinin yolunu tutup Ordovisyan tortul tabakalarının oluşturduğu kayalıkların arasında dolaşır ve deniz omurgasız fosillerini toplarken dinazorları keşfetiğime dair hayaller kurardım. Herhangi bir yerden fosiller hakkında elime geçen kitapları tekrar tekrar okumuştum. Roy Chapman Andrews'un yazdığı *All about Dinosaurs* [Dinazorlar Hakkında Her Şey] kitabını 11 yaşındayken okuduktan sonra, dinazor avcısı olmak istediğimi biliyordum. Yazıya dökülen sözler öylesine etkileyiciydi ki! Ne yazık ki 1950'lerde ve 1960'larda dinazorlar hakkındaki ayrıntılı bilgilere duyduğum doyumsuz iştahımı karşılamak için görece çok az yazılı materyal vardı. Dinazorlar halk arasında çok popülerdi ama onlar üzerine çok az bilimsel araştırma yürütülüyordu. Komik kitaplar, bilimkurgu öyküleri ve dinazorların ufak da olsa bahsi geçen her şeyi okuyarak boşluğu doldurmaya çalıştım.

Dinazorlar hakkındaki bilimsel araştırmalar, 1962'de John Ostrom adındaki genç bir bilim insanı, Montana'da et yiyen küçük bir dinazorun örneklerini keşfettiği zaman bir dönüm noktasına ulaşmıştır. Keşif ilk başta neredeyse dikkatlerden kaçmıştır; ama 1969'da *Deinonychus antirrhopus* adlı etkili çalışması yayımlandıktan sonra bir şeyler gerçekten de değişmeye başlamıştır. Robert T. Bakker'ın 1975'te *Scientific American* dergisinde yayımlanan makalesi, başlığıyla bunu resmi hale getirmiştir: "Dinazor Rönesansı."

1970'li yıllardan sonra yayımlanan bilimsel makale sayısı her yıl artmıştır ve popüler kitaplar yeni dinazor keşiflerine ayak uy-

durmuştur. 1976'da Edmonton'daki Alberta Şehir Müzesinde dinozor toplayıcısı ve araştırmacısı olarak ilk işime başladım. Birçok kaynaktan etkilenmiş olsam da, özellikle 1997'de yayımlanan bir kitap benim yaklaşımıyı şekillendirdi. Eli Kish'in muhteşem çizimleri ve Susanne Swibold'un göz kamaştırıcı fotoğraflarıyla zenginleştirilen Dale A. Russell'ın *A Vanished World: The Dinosaurs of Western Canada* [*Kaybolmuş Dünya: Batı Kanada Dinozorları*] adlı kitabı, dinozor dünyasına hayat vermek için bilimlerin geniş bir yelpazesini bir araya getirdi. Ottawa'daki Ulusal Doğa Bilimleri Müzesinde (bugünkü adıyla Kanada Doğa Müzesi) küratör olan Russell, çoklu-disipliner araştırma programları geliştirmekte zamanının ötesindeydi. Drumheller'daki Royal Tyrrell Paleontoloji Müzesinin sergi, küratörlük ve araştırma programlarının geliştirilmesinde onun açtığı yoldan ilerledim.

Herhangi bir eserin önemini değerlendirmek güçtür. Bilimsel doğruluk ve sunum bakımından zayıf bulduğum kitaplar var. Yine de bu kitaplar bir tek kişinin bile hayal gücünü besliyorsa, bundan nasıl şikayetçi olabilirim? Öte yandan son yıllarda dinozorlar hakkında yazılmış birçok iyi kitap var. Mükemmel bulduğum bazı kitapların çok kısa zamanda baskısı tükendi ve büyük olasılıkla mesleğimizin kamuoyu nezdindeki algısına çok az etkisi oldu. Bazı kitaplar daha dar bir odağa sahipti ama önemli bir ihtiyaca yanıt verdi. Fakat Russell'ın kitabı kadar geniş tabanlı, kapsayıcı ve çoklu-disipliner bir kitaba hiç rastlamadım. En azından Scott Sampson'ın *Dinozorların Destansı Yolculuğu* kitabını okuyana kadar.

Dinozorların Destansı Yolculuğu yalnızca dinozorları değil, onların ekosistemlerini paylaşan bakterilerden kuşlara kadar sayısız yaşam formunu inceler. Bu, yaşam formlarının karmaşık, karşılıklı bağımlı sistemler oluşturmak uğruna nasıl etkileşime geçtiğini göstermek için bilhassa yapılmıştır. Fakat *Dinozorların Destansı Yolculuğu*, dinozorların dinamik dünyasının yanı sıra paleontoloji bilimini keşfederek Russell'ın kitabının ötesine geçer.

Bu kitabın yazarını, 20 yılı aşkın bir süre önce henüz bir lisans öğrencisiyken tanıdım. O tarihte bile Scott Sampson'ın dikkate değer bir dinozor paleontoloğu olacağı anlaşılıyordu. İlgili alanları

çok genişti ve şekerdeki bir çocuk gibi, bir tek yöne odaklanmakta zorlanıyordu. Neyse ki Rockies Müzesinden Jack Horner, iki yeni boynuzlu dinazor türünün açıklamasını kapsayan ideal bir projeye sahipti. Sadece hayvanları adlandırmak ve ilişkilerini çözmekle yetinmeyen Scott, onları çok benzersiz kılan biyolojilerinin boyutlarını ortaya çıkarmak için sınırları zorladı. Ortaya çıkan doktora tezi örnek nitelikteydi ve birçok etkili makalenin yayımlanmasına yol açtı.

Şimdiye kadar evrimleşen hayvanların en başarılı ve büyüleyici gruplarından biri olan dinazorlar bu kitabın kalbi ve ruhudur. Scott dinazorların tarihini destansı bir öyküye dönüştürmeyi başarmıştır. Dinazorlar Triasik Dönemin sonlarında ortaya çıkmış ve tüm Jura ve Kretase Dönemi boyunca gezegene egemen olmuştur. Aslında dinazorların yaşayan mirasçıları –kuşlar– bugün bile memelilerden daha çeşitlidir. Dinazorlarla aynı soy ağacının dalında bulunan kuşların 10.000’den fazla türü vardır. Buna karşın sürüngenler ve amfibilerin 6000 türü ve memelilerin 4000 türü vardır. Yine de bu yaşayan dinazorlar, sayısal olarak balık, böcekler ve diğer organizma gruplarının gerisindedir.

Dinazorlar, büyüklükleri ve çeşitlilikleriyle Mezozoik dünyaya egemen olmuşsa da, o dönemin daha küçük sakinlerinden sayıca daha az olmuştur. Bizim gibi onlara da sivrisinekler, sinekler ve keneler musallat olmuştur. Çoğu insan, dinazorların dünyaya hükmettiği devirlerde memelilerin var olmadığını veya nadir olduğunu varsaysa da, bu devasa dinazorlardan çok daha fazla tüylü hayvanlar her zaman var olmuştur. Belirli ekosistemler, muhtemelen dinozorlara kıyasla daha büyük bir memeli çeşitliliğine ev sahipliği yapmıştır. Memeliler, *Sinosauropteryx* gibi küçük dinazorların avlanıp yiyebileceği kadar yaygındı; bu çok kısa tüylü dinozorun Çin’in kuzeydoğusunda ortaya çıkarılan bir örneğinin midesinde iki memeliye rastlanmıştır. Her zaman memeliler mi av olmuştur? Görünüşe göre hayır. Dünyanın aynı bölgesinde *Repenomamus* olarak bilinen köpek büyüklüğündeki bir memeli, midesinde bebek dinozorla keşfedilmiştir!

Dinazorlar, memeliler ve diğer tüm yaşam formları arasındaki etkileşimler, bu kitabın önemli bir temasını oluşturur. Evrim ve

nesil tükenmesi, hayat tiyatrosundaki oyuncuların sürekli değişmesini, ama temelde oyunun aynı kalmasını gerektirir. Dinozorlar Mezozoik dönemlerde "hayat oyununun" en çarpıcı versiyonlarından bazılarını sahnelemiştir ve onların performanslarından bir şeyler anlayıp öğrenmeyi umuyorsak, bu oyunda iyi birer dublör olmamız gerekir.

Bu kitap, günümüzde paleontologların dinozorların incelenmesine nasıl yaklaştığını göstermekle kalmayıp 21. yüzyılın başlarında bu popüler bilimin durumunu belgelemeyi de mukemmelen bir biçimde başarmaktadır. Çok yaratıcı insanların yeni araçlar ve teknikleri kullanmasıyla, dinozor biyolojisinin heyecan verici yönleri açığa çıkmaktadır. *Dinozorların Destansı Yolculuğu* dinozorlar hakkındaki sonsöz olmayacaktır; zaten böyle bir amacı da yoktur. Bu hayvanlar hakkında bildiğimiz ne kadar şey varsa, öğrenmemiz gereken de o kadar çok şey vardır. Daha binlerce örnek keşfedilmeyi beklemektedir ve bunların içinde en deneyimli dinozor avcılarını bile şaşırtacak tuhafılıkta formlar da olacaktır.

Anaokulu öğretmenlerinden yüksekokullardaki öğretim görevlilerine kadar tüm eğitimciler, dinozorlara duyduğumuz ilginin derin zamanın doğasını, evrimin destanını ve nesil tükenmesinin kaçınılmazlığını anlatmak için etkili bir araç olduğunun uzun süredir farkındalar. Dinozorlar hakkındaki genel kitapların çok azı, Scott Sampson'ınkinden daha okunur, daha bütünlüklü bir yaklaşıma sahiptir. Sampson kitabı, konuyla ilgili ilgi çekici kişisel öyküleri anlatarak ve biraz da mizah katarak büyüleyici bir şekilde yazmıştır. İçeriğinin muazzam genişliği dikkate alındığında, *Dinozorların Destansı Yolculuğu*'nun 1970'lerde başlayan Dinozor Rönesansı'ndan beri genel kitleye hitap eden en iyi kitap olduğunu düşünüyorum. Üniversitedeki derslerimden birinde kullandığım kaynakların büyük bir kısmını kapsayan bu kitap, tam da yazmak isteyeceğim türde bir kitap. Yaklaşım kursosuz: biyolojik (ve bir ölçüde jeolojik) fikirleri, dinozorları bir kanca misali kullanarak öğretmek. Dinozorları tanıtan bir kitap olmaktan öte, okuyucuları konunun derinlerine yönelten, paleontologların yanıtını aradığı en önemli soruları araştıran ve bu

en büyük veya en tuhaf türü adlandırmanın çok ötesine geçen sonuçları açıklayan bir kitap. *Dinozorların Destansı Yolculuğu* aslında dinozorları evrimleşen bir gezegenin bağlamına yerleştirir. Birçok okuyucuyu doğanın önemini –özellikle de evrim ve ekolojiyi, yaşamın kökenini ve nesil tükenmesinin kaçınılmazlığını– düşünmeye sevk edecektir. Scott Sampson, geçmiş ve bugünü yan yana getirerek, bugün hızla değişen, sürekli evrimleşen dünyamızda iklim değişimiyle ve nesil tükenmesiyle başa çıkmaya çalışırken dinozorların antik dünyasını anlamının her zamankinden önemli olduğunu göstermiştir.

Prof. Philip J. Currie
Kanada Dinozor Paleobiyolojisi
Araştırma Kürsüsü Başkanı
Alberta Üniversitesi

TEŞEKKÜRLER

Dinozorlar popüler kültürde belirgin bir yer tutmasına rağmen, görece çok az kişi onların incelenmesini meslek edinir. Birçok okuyucu, dünya üzerinde yaklaşık yüz kadar profesyonel dinozor paleontoloğunun aktif olarak çalıştığını öğrenince şaşıracaktır. Küçük bir topluluğuz ve birçoğumuz birbirini tanıyor. Omurgalılar Paleontolojisi Derneğinin [Society of Vertebrate Paleontology] yıllık toplantıları gibi konferanslar, fikir alışverişinde bulunmak ve en son araştırmaları öğrenmek için eşsiz fırsatlar sunar. Geçmiş ve bugünkü tüm paleontologları ve özellikle de bu kitabın omurgası, eti ve kanını oluşturan araştırmaları gerçekleştiren dinozor araştırmacıları tüm içtenliğimle teşekkür ediyorum. Bilim, kümülatif bir süreçtir ve burada sunulan sonuçlar Sör Richard Owen, Charles Sternberg ve Edwin Colbert gibi daha önceki araştırmacıların kavrayışlarının yanı sıra, günümüzdeki dinozor paleontologları kuşağını temel almaktadır. Ayrıca tarihsel bilimlerin bu enerjik dalının ilerlemesinde önemli bir rol oynayan Omurgalılar Paleontolojisi Derneğine teşekkür ediyorum.

Paleontolojinin, gönüllülerin araştırmalara önemli katkılarda bulunduğu çok az bilimden biri olduğunu öğrenmek de birçoklarını şaşırtacaktır. Üyesi olduğum Utah Doğa Tarihi Müzesinde elliden fazla gönüllüden oluşan harika bir ekip, fosillerin bulunup çıkarılmasından bu antik kalıntıların hazırlanıp küratörlüğünün yapılmasına kadar her şeye katkıda bulunuyor. Joe Gentry, Jerry Golden, Jay Green ve Sharon Walkington gibi bu ekibin birçok üyesi, fosilleri aramak veya kırılgan kemiklerin etrafındaki kaya tabakasını özenle ayırmak için her yıl yüzlerce saatini zorlu arazi şartlarında geçiriyor. Bu kitapta sunulan bilimin büyük bir kısmı, derinden müteşekkir olduğum gönüllülerin adanmışlığı, sabrı ve gayretinin doğrudan sonucudur.

Grand Staircase-Escalante Ulusal Anıtı ve Arazi İdaresi Bürosu, şu anda yürütmekte olduğum araştırmanın merkezi ve kitabın bölümlerinden birinin odağı olan Utah'taki Kaiparowits Havzası

Projesine sürekli bir destek sağlıyor. Özellikle Grant-Staircase-Escalante Ulusal Anıtından Alan Titus, bu projenin başarıya ulaşması için temel bir rol oynamaktadır. Madagaskar'daki Mahajanga Havzası Projesine sundukları cömert destekten ötürü Armand Rasomiamanana (d'Antananarivo Üniversitesi), Benjamin Andriamihaja (Tropikal Ekosistemlerin Korunması Enstitüsü), Berivotra köylüleri ve saha çalışmalarına katılan çok sayıdaki öğrenci ve gönüllüye de teşekkür borçluyum.

Bilimler içinde paleontoloji tutumludur (ve dolayısıyla sağlam bir yatırımdır). Epeyce boş vakti olan birilerinin, bir tek uzay mekiği fırlatmanın tüm dinazor paleontolojisi tarihindeki harcamalardan daha masraflı olduğunu hesapladığı anlatılır. Her şeye rağmen yeterli maddi kaynak paleontolojik araştırmalarda önemlidir ve ABD Arazi İdaresi Bürosu, Ulusal Bilim Vakfı, National Geographic Society, Discovery Channel, Dinosaur Society ve Utah Üniversitesine çalışmama sunmuş olduğu cömert desteklerden ötürü teşekkür ederim.

Bu kitap, Salt Lake City'de yaşadığım ve Utah Üniversitesinde iki ayrı görevde çalıştığım sırada tasarlandı, geliştirildi ve yazıldı. Utah Doğa Tarihi Müzesinin personeline, fakültenin Jeoloji ve Jeofizik Bölümü öğretim üyelerine destekleri için şükran borçluyum. Utah Müzesinin omurgalılar paleontolojisi programını geliştirmek için benimle birlikte çalışan Mike Getty'ye özel olarak teşekkür ediyorum. Yüksek lisans öğrencilerim Bucky Gates, Mark Loewen, Eric Lund, Joe Sertich, Josh Smith ve Lindsay Zanno'ya yıllar boyunca burada sunulan fikirlerin birçoğunu benimle tartıştıkları için çok teşekkür ediyorum. Özellikle Mark Loewen, sık sık ofisimin kapısını çaldı ve bu kitapta sunulan fikirlerin birçoğunun geliştirilmesine katıldı. Yedi yıl boyunca Dinazorların Dünyası dersimi alan yüzlerce lisans öğrencime de minnettarım; bu kitaptaki konuların ve yaklaşımların birçoğu için bilmeden de olsa bir sınama zemini sundular.

Bilim alanındaki bir kariyere, büyük ölçüde meslektaşlarla etkileşimler yön verir. Doktora tezim için harika bir fosil örneğini bana sunduğu ve sonrasında da desteğini hiçbir zaman esirgemediği için Jack Horner'a şükran borçluyum. David Krause, Madagaskar'da çalışmak gibi muhteşem bir erken kariyer fırsatı

tı sunarak kariyerimin seyrini (ve nihayetinde bu kitabın seyrini) değiştirdi; arkadaşlığı ve Madagaskar'daki çocuklara yardım etme gayretleri için kendisine teşekkür ediyorum. Peter Dodson, Jim Farlow ve Dale Russell dinazorları anlamam için daha geniş, ekolojik-evrimsel bir yaklaşım benimsemem için bana ilham verdi. Larry Witmer, Matt Carrano, Cathy Forster ve Michael Ryan kariyerimin farklı aşamalarında başlıca çalışma arkadaşlarım oldu ve birlikte yürüttüğümüz projeler, düşüncelerimin şekillenmesinde önemli rol oynadı.

Bu kadar geniş kapsamlı bir kitap yazarken, meslektaşlardan gelen geri bildirimler vazgeçilmez bir unsurdur. Birçok meslektaşım bir veya birkaç bölümün taslağını okuyarak yorumlar yaptı: Michael Benton, Matt Carrano, Karen Chin, Doug Emlen, Andrew Farke, Jim Farlow, David, Fastovsky, Nick Fraser, Mike Getty, Thomas Holtz, Jack Horner, Randy Irmis, Kirk Johnson, David Krause, Mark Loewen, Dale Penner, Eric Rickart, Judy Scotchmoor, Alan Titus ve Lindsay Zanno. Philip Currie ve Greg Erickson bir adım daha ileriye giderek tüm kitabın taslağını okudular ve ortaya çıkan ürünü önemli ölçüde iyileştiren önemli katkılarda bulundular. Phil'e ilk zamanlarda dinazor araştırma merakımı teşvik ettiği ve o gün bugündür sürekli destek olduğu için de teşekkür ediyorum. Dostum Kirk Johnson'a, tüm paleobotanik konulardaki cömert yardımlarından dolayı saygılarımı sunuyorum.

Olağanüstü bir paleo-ressam olan Michael Skrepnick'e bölümlerin başlarındaki resimler ve kitabın içinde eklenen daha birçok çizimden dolayı şükran borçluyum. Marjorie Leggitt, Mark Loewen, Lukas Panzarın ve Lindsay Zanno'nun sanatsal yetenekleri, kitabın sayısız orijinal figürüne özgürce yansıdı. Mark Loewen'in figürler son şeklini alana dek yorulmak bilmeden kılavuzluk etmesi de, kitabın tamamlanmasında ek bir eleştirel unsurdu.

Dirayetli ve bilgece tavsiyelerinden dolayı yayın temsilcilerim Katinka Matson ve John Brockman'a çok teşekkür ederim. Sabırlı editörüm Blake Edgar ve kitabın ürün direktörü Scott Norton başta olmak üzere California Üniversitesi Yayınlarına da teşekkürler.

Tim (T.J.) Moore ve Dale Penner bu süreçteki kritik zamanlarda destek sundu ve birlikte yürüyüşler yaptığımız John Gillette, yaz-

ma sürecinin daha sonraki aşamalarında hem odaklanmamı hem de mizah katmamı sağladı. Bu projeyle uğraşmamı (ve tamamlamamı) mümkün kılan sarsılmaz cesareti, güveni ve sevgiyi sunduğu için eşim Toni'ye en sıcak teşekkürlerimi sunuyorum. Son olarak her şeyin başlamasını sağlayan annem June Sampson'a her zaman müteşekkirim.

GİRİŞ

Dinozorların Destansı Yolculuğu iki dünyayı keşfeder: dinozorların antik dünyası ve günümüzdeki dinozor paleontolojisinin dünyası. Güncel bilimi bu alandaki kişisel öykülerle birleştiren bu kitap, süper-kıta Pangaea'daki mütevazı kökenlerden, gezegenin gelmiş geçmiş en büyük kara hayvanları olan dinozorların, nihayetinde beklenmedik katastrofik ölümlerine kadar tüm tarih öncesi öyküsünü anlatır. Yalnızca dönemin "karizmatik megafauna"sına odaklanmak yerine, Dünya'daki değişen yaşam ağını ve dinozorların bu evrimsel dramda oynadığı rolleri inceler. En son keşifler ve ihtilaflar da bu öyküye dahil edilmiştir. Dinozorlarda devasa vücut boyutları neden bu kadar çok kez evrimleşmiştir? Bu ünlü tarih öncesi hayvanlar endotermik midir, yoksa ektotermik mi? Mezozoik zamanın sera dünyası, hangi bakımlardan bizim dünyamızdan farklıdır ve hangi bakımlardan ona benzer? Dinozorların nesli nasıl tükendi ve bugünkü hayatlarımız için ne anlam taşıyorlar? *Dinozorların Destansı Yolculuğu* bu soruların ve daha birçok sorunun yanıtlarını aramaktadır.

Bir paleontoloğun dinozor paleontolojisinin keskin kenarını sentezlemeye dönük en son girişimi, muhtemelen Robert Bakker'ın 1986 yılında yayımlanan *The Dinosaur Heresies* [*Dinozor Sapkınlıkları*] adlı kitabıdır. 1970'lerdeki "Dinozor Rönesansı'nın" önde gelen figürlerinden biri olan Bakker, bu hayvanları "ahmak" sürüngenlerden ziyade modern zamanların memelilerine ve kuşlarına çok benzer bir şekilde –sıcakkanlı, aktif ve zeki– çok dinamik hayvanlar olarak betimlemiştir. Bakker'ın dinozorlara ilişkin bu yenilenmiş bakışı popüler hale getirme çabaları, Jack Horner gibi diğer paleontologların çabalarıyla birleşerek dinozorlara duyulan popüler ilgiyi canlandırmış ve nihayetinde *Jurassic Park* gibi kitaplar ve filmler ortaya çıkmıştır.

Dinozor paleontolojisi de Dinozor Rönesansı'nın ardından ciddi bir yükseliş yaşamıştır. Bu aşırı doldurulmuş devler, bataklıkta yaşama ve kuyruğunu sürüme uyumsuzluğundan kurtularak hey-

canlı genç bilim insanlarının önemli bir araştırma odağı haline gelmiştir. Aslında 1980'lerin ortasından itibaren yaşanan çeyrek yüzyıl dinazor biliminde gelmiş geçmiş en aktif dönemi temsil eder. Sonuç olarak, geçmiş 25 yılda tüm tarihtekinden daha çok dinazor adlandırılmıştır. Bitki yiyen therizinosaur lar ve et yiyen abelisaurlar gibi tüm dinazor grupları, 1990'lardan önce neredeyse hiç bilinmemekteydi. Bu yaratıkların birçoğu, Mezozoik Dünya ya yepyeni bir pencere açan Güney Yarımküre kıtalarında keşfedilmiştir. Asya'daki saha çalışması, *T. rex* ile şükran günü hindisi arasındaki yakın evrimsel ilişkiyi belgeleyen tüylü dinazorların şaşırtıcı ve olağanüstü bir koleksiyonunu ortaya çıkarmıştır. Bu esnada Kuzey Amerika'da araştırmaların hızı çok artmıştır ve dinozorların çoğalması, büyümesi, davranışı ile ekolojisi hakkında şaşırtıcı kavrayışlar sunmuştur. Bu dönem, dinozorların incelenmesinde ileri teknolojinin ilk kapsamlı kullanımına tanıklık etmiştir. Elektron mikroskobisi, histoloji ve bilgisayarlı tomografik tarama gibi teknikler, daha önce yanıtlanamayan sorulara çarpıcı yanıtlar getirmiştir.

Bugüne kadar genel okuyucuya hitap eden hiçbir kitap, bilimlerin en popülerindeki bu heyecan verici dönemi ele almamıştır. *Dinozorların Destansı Yolculuğu* bu boşluğu doldurmaktadır. Bütün bilimlerin, Albert Einstein'ın şu düsturunu benimsemesi gerektiğini düşünüyorum: "Her şeyi, mümkün olabildiğince basit kılın ama daha basit kılmayın." Bu kitabın başından sonuna, bu amaca ulaşmak için elimden geleni yaptım. Elbette ki biraz teknik terminoloji kullanmak kaçınılmazdır, ama birçok okuyucuya tanıdık gelmeyebilecek terimler (metinde büyük harflerle belirtilmiştir) kitabın sonundaki sözlükte tanımlanmıştır. Genel okuyucuya hitap eden her bilim kitabında olduğu gibi, bu benimsemiş olduğum perspektifi temsil etmektedir. Basitliğin yanı sıra dinazor uzmanları tarafından tartışılan çeşitli görüşlerin dengeli bir sentezini sunmaya çalışsam da, nihai sonuç kaçınılmaz olarak kendi profesyonel deneyimlerimi ve yargılarımı yansıtmaktadır.

Öykü, her biri öncekinden daha bütünleyici olan üç temel bölümde adım adım ilerlemektedir. Birinci Bölümdeki girizgâhın ardından ilk kısım (İkinci Bölümden Beşinci Bölüme kadar) Mezozoik yaşam ağını yeniden inşa etmek için gerekli ham malzemele-

rin bazılarını sunar. İlk olarak, 14 milyar yıl önce yıldız tozlarıyla başlangıcından yaklaşık 230 milyon yıl önce dinozorların Triasik kökenine kadar Mezozoik Dünyayı ortaya çıkaran hayranlık uyandırıcı evrimsel tarih sunulur. Üçüncü Bölüm odağı, Mezozoik Dünya'nın fiziksel boyutlarına getirir ve Dünya'nın iç kısmının kararsız dinamikleri ile günümüzde küresel ısınmanın en korkunç projeksiyonlarının çok ötesine geçen sera iklimleri gibi konuları işler. Son olarak Dördüncü ve Beşinci Bölüm, sırasıyla ekoloji ve evrimi inceler. Ekoloji ve evrim, bu kitabın çifte teması ve dinozorların dünyasının inşasına (ve yeniden inşasına) yön veren ikiz kuvvetlerdir.

Kitabın ikinci kısmı (Altıncı Bölümden Onuncu Bölüme kadar) daha derinlere inerek dinozorları tarih öncesi yaşam ağlarıyla bütünleştirir ve sayısız eleştirel ipliği dokumak için daha önce açıklanan hammaddelemlerden yararlanır. Bu kısımdaki bölümler, enerji akışını ve gıdaların döngülerini inceler; ilk olarak bitkilerden otçullara, daha sonra otçullardan etçillere, son olarak da tüm bu yaşam formlarından ayrıştırıcılara ve tekrar bitkilere uzanan döngüyü ele alır. Dinozorlar bu antik ilişkiler ağında bitkilerin ve etin egemen, büyük vücutlu, karada yaşayan tüketicileri olarak hak ettikleri yeri alır. Daha sonra, neden bu kadar çok dinozorun hem büyük hem de gerçekten garip olduğunu açıklamak için göz alıcı boynuzlar, ibikler, dikenler ve diğer kemiksi "teçhizatlar" inceleneyecektir. Ayrıca dinozorların fizyolojisi –ünlü endotermik-ektotermik tartışması– ele alınacaktır. Burada metabolizmanın evrimini devlerin yinelenen görüntüsüne bağlayan yeni bir hipotez sunacağım.

Bu kitabın son kısmı (On Birinci Bölümden On Beşinci Bölüme kadar) en sentetik kısımdır. Daha önceki bölümlerin eko-evrimsel iplikleri burada Mezozoik ağları örmek için kullanılacak ve dinozorların destansı yolculuğunun güncel bir özeti sunulacaktır. Triasik Dönemde dinozorların kökeniyle başlayacağız ve karadaki bu muhteşem başarının iyi talihin mi, yoksa evrimsel üstünlüğün mü bir sonucu olduğunu araştıracağız. Zamanda Jura Dönemine ilerleyerek derin bir paleontolojik muammanın yanıtını arayacağız: Birçoğu modern zamanlardaki fillerden daha büyük olan bu kadar çok dinozor türü nasıl yan yana yaşamayı başarabildi?

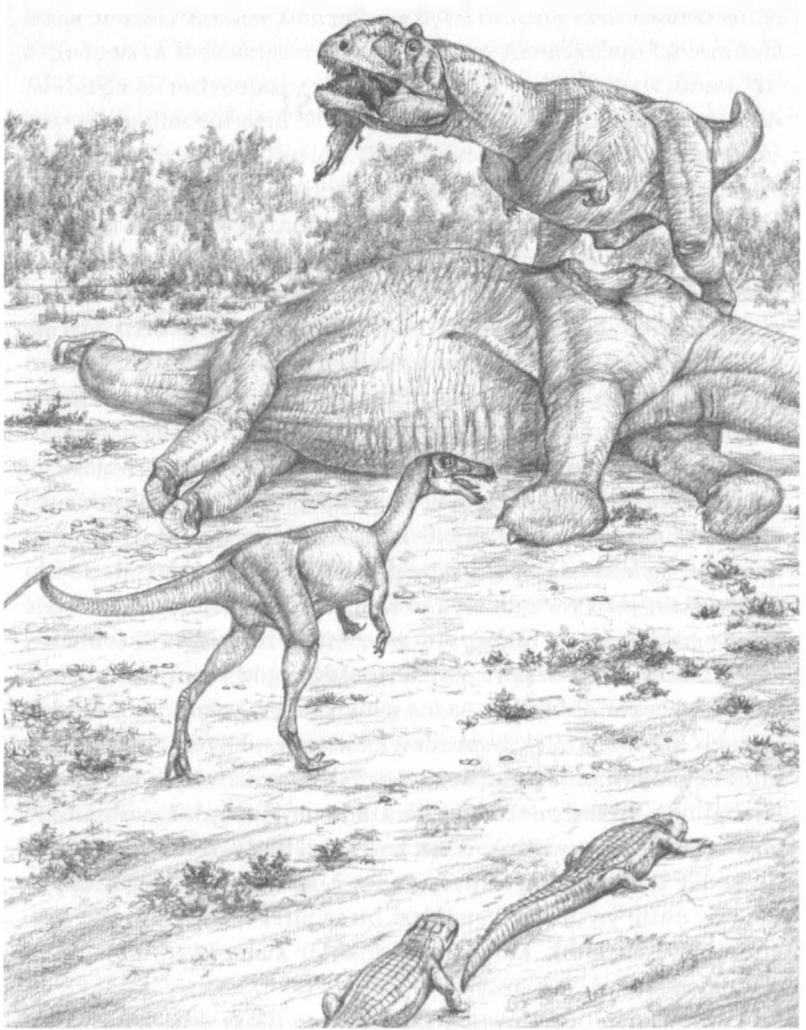
Daha sonraki Kretase Döneminde öykü dinazor evrimindeki en iyi bilinen vaka incelemesine yönelir: Kuzey Amerika'nın batısındaki adalarda on milyonlarca yıldır var olan formların geçit töreni. Nihayetinde dinazorların elbette ki nesli tükenmiştir. Acaba gerçekten tükenmiş midir? Destan, 65,5 milyon yıl önce dinazorların ortadan kaybolmasına ve günümüze kadar ulaşan mirasına yönelir. Son olarak, sonsöz dinazorların insanlar için anlamını araştırır. Dinazorların bize öğreteceği çok şeyin olduğunu ve hatta türümüzün hayatta kalmasında önemli bir rol üstlenebileceğini ileri sürer.

Dinazorların Destansı Yolculuğu nihayetinde dinazorlar hakkındaki bir kitaptan fazlasıdır. Dinazorların başrol üstlendiği, dünyanın işleyişini anlatan bir kitaptır. Ekoloji ve evrim temalarını vurgulayarak, geçmişteki veya günümüzdeki herhangi bir ekosistemin, anbean enerji akışının (ekoloji) milyonlarca yıllık bilgi akışıyla (evrim) bir arada birikmesinden oluştuğunu göstermeye çalışacağım. Nesil tükenmesi ve küresel ısınma gibi burada ele alınan birçok konu, günümüzde hayatlarımızla doğrudan bağlantılıdır. Bu kitap dinozorlara ve bilime ilgi duyan herkese hitap etmeyi amaçlasa da özellikle bilim eğitimcilerinin burada sunulan yaklaşımlardan bazılarını benimsemesini ve dinazorları daha genel konuları işlemenin bir aracı olarak kullanmasını umuyorum. Son olarak, okuyucuların dinazorların destansı yolculuğunu uzak bir coğrafyadaki tarih öncesi canavarların masalıymış gibi görmemesini, kendi devam eden öykümüzdeki önemli bir bölüm olarak değerlendirmesini umut ediyorum.

DEFİNE ADASI

Birden haykırışlar yankılandı. Çalışma arkadaşlarım hızla tepeyi tırmandılar. Madagaskar'ın bunaltıcı öğlen sıcağı artık mesele değildi. Önümde, az önce yerinden çıkarılmış tortul tabakasının altında dört diş parlıyordu. 65 milyon yılı aşkın bir süreden sonra ilk kez gün ışığıyla buluşuyorlardı. Her birinin ucunda ince tırtıklar olan bu keskin, kıvrımlı, çikolata kahverengisi objelerin, bir zamanlar et yiyen bir dinazorun –bir theropodun– ağzında dizili olduğunu birçok çocuk bile bilebilirdi. En iyisi de, bu dişler halen bir çene kemiğine bağlı haldeydi. Kazı çalışmaları ilerledikçe her dişin yerli yerinde olduğu eksiksiz ve bozulmamış bir çene ortaya çıktı. Sonraki birkaç gün olağandışı bir şekilde korunmuş aynı kafatasından başka kemikler bulduk: göz yuvarının bir kısmı, dişlerin yer aldığı bir başka çene kemiği, burun bölgesinden budaklı bir kemik. Çok geçmeden kafatasının büyük bir kısmının burada gömülü olduğu ortaya çıktı; fakat kemikler tek tek parçalar halinde birkaç metre karelik alana yayılmıştı.. Heyecanımızı gizlemekte zorlanıyorduk. Saha paleontolojisi, uzmanlık ve ustalık kadar talihe de bağlıdır ve kader bizim yüzümüze gülmüştü. Yine de antik yırtıcının kemikleri birer birer ortaya çıktıkça gerginleşmeye başladık. Kafatasının anahtar kısmı kayıptı ve gizem çözülmemişti.

Lewis Carroll'ın *Through the Looking-Glass and What Alice Found There* [Aynanın İçinden Alice Harikalar Diyarında] adlı klasik öyküsünde, Alice kendisinininkine benzer bir dünya bulmak için aynaya bakar ama bambaşka bir dünya bulur. Aynadan yansıyan dünya görüntüsü, Alice'in nerede durduğuna ve aynayı nasıl tuttuğuna göre önemli ölçüde değişir. Alice, bu mucizeleri bizzat deneyimlemek için aynanın içine adım attığını düşler. Alice gibi paleontologlar da uzak dünyaların görüntülerini yakalamak için



Madagaskar'daki bir taşkın yatağında trafik sıkışıklığı. En üstteki avcı –abelisaur theropod *Majungasaurus*– yerdeki bir sauropodu –*Rapetosaurus*– yerken, fırsatçı *Masiakasaurus* sabırsızlıkla kalıntıları bekliyor. Bir çift *Simosuchus* –tuhaf, küt burunlu, timsah benzeri otçul– ise geçişi sırasında hızlıca duruma göz atıyor.

zamanın aynasına bakmaya çalışır. Biz de bakış açımızın Alice'in-ki gibi neler gördüğümüze, aynayı nasıl tuttuğumuza ve aslında hangi aynayı seçtiğimize bağlı olarak her zaman sınırlı olduğunu görürüz. Ve biz de bu dünyalara bizzat tanıklık ettiğimizi düşünürüz. Antik diyarlara ve canlılarına pencereler açmaya dönük bu çabalar, antik yaşamın incelemesi olarak PALEONTOLOJİ bilimini teşkil eder.

Özel uzmanlık alanım olan dinazor paleontolojisi, özgün bir meslek. Her şey bir yana, altı yaşındaki bir sürü çocuğun kiskanacağı bir mesleğe sahip olmayı kaç kişi ister? Dinazor paleontoloğu olduğunuzu söylediğinizde çoğu kez alışılmış sorularla karşılaşsınız: "Nerelerde kazı yapacağınızı nasıl belirliyorsunuz? En büyük dinazor hangisiydi? Dinazorların neslinin neden tükendiğini düşünüyorsunuz?" Bu sorular arasında en şaşırtıcı ve korkutucu olanı ise şu: "Dinazorlar hakkında zaten her şeyi bilmiyor muyuz?"

İnsanlar bilimi, yüzyıllardır devam eden aşamalı, istikrarlı bir bilgi birikimi olarak düşünme eğilimindedir. Bu nedenle de, sık sık günümüzdeki bilim insanlarının zaten muazzam boyutlardaki yerleşmiş bilgi dağına önemsiz kırıntılar eklediği zannedilir. Bu bakış doğru olmaktan çok uzaktır. Doğanın gizemlerinin büyük bir çoğunluğu halen keşfedilmeyi beklemektedir. Biyolog ve çevreci David Suzuki bunu şu sözlerle anlatır: "Adeta elimizde bir mumla mağaranın içinde dikiliyor gibiyiz; alev karanlığa güçbe-la nüfuz ediyor ve önümüzde kaç adet mağaranın uzandığını bilmek bir yana, mağaranın duvarlarının nerede olduğuna dair hiçbir fikrimiz yok. Zamandan ve mekândan bağımsız, evrenin geri kalanıyla ilişkimizi kesmiş bir şekilde karanlıkta dikiliyoruz ve burada tek başımıza ne yaptığımızı anlamaya çalışıyoruz."¹ Ben ezici cehaletimizden dolayı şaşkınlığa düşmek yerine, dünyanın derinliklerinde gömülü olan, müze dolaplarında özenle korunan, hayal gücümüzün köşelerinde saklanan ve sabırla bizi bekleyen yeni keşiflerin çokluğundan ilham aldım. Bir paleontolog olmak için heyecan verici bir zaman.

Bilimin başlıca amacı, doğanın işleyişini mümkün olabildiğince net bir şekilde anlamak ve açıklamaksa, kesinliğin nadir bulu-

¹ Suzuki 1997:20.

nan bir şey olduğu ortaya çıkar. “Bilimsel olgulardan” söz etmek, bir oksimoron kullanmakla sınır komşusudur. Birçok bilim insanı, kavranacak bir tek fiziksel gerçekliğin bulunduğunu kabul edecektir. Son zamanlarda popüler bir televizyon programının sloganında söylendiği gibi, “doğru orada, dışarıda.” Fakat elimizden gelenin en iyisi, alternatif açıklamalar veya HİPOTEZLER olarak formüle edilen doğruya tekrar tekrar yaklaşmak. Bilimsel metot, bu alternatifleri arasında sıralama yapmayı içerir. Sonuç olarak sınanabilirlik, sürecin bütünüleyici bir parçasıdır ve yalnızca kütleçekim ile evrim gibi en güçlü teoriler onlarca yıllık sınamalara direnebilir ve olgu olarak kabul edilir.

Peki, paleontologlar fikirleri nasıl sınarlar? Paleontoloji, tıpkı jeoloji gibi tarihsel bir bilimdir; ağırlıklı olarak geçmiş olayları anlamak ve yorumlamakla ilgilenir. Tarihsel bilimler, fizik ve kimya gibi tarihsel olmayan alanlardan en azından bir temel açıdan farklılaşır. Paleontologlar bir hipotezi doğrudan deneyle sınamazlar, çünkü geçmiş olayları yeniden üretebilmek olanaksızdır. Örneğin bir dinozoru DNA’sından klonlanmak gibi çok düşük bir olasılık ya da bir zaman makinesi icat etmek gibi daha da düşük bir olasılık dışında, *Tyrannosaurus rex*’in metabolizmasını doğrudan inceleyemeyeceğimiz açıktır. Keza jeologlar da antik kıtaların ayrılımlarını ve birleşmelerini gözlemleyemez. Yeniden üretilebilirliğe –benzer sonuçları sınamak için aynı deneyi birden çok kez uygulama yeteneğine– yapılan güçlü vurgu göz önünde bulundurulduğunda, tarihsel bilimlerin sonuçları yineleyemediği için bilimsel disiplin olarak görülmemesi gerektiğini savunanlar bile çıkmıştır.

Yine de tarihsel bilimler, en azından bir ölçüde, zarif bir boşluktan faydalanarak zamanın okunun muammasından kurtulabilmektedir. Zamanın amansız işleyişi, geçmiş olayların yeniden üretilmesini engellese de, bu tür olayların birden çok örneğini gözlemlemek mümkündür. Bu örnekler ortaya konan bir hipotezle tutarlıysa, hipotez destek bulur. Değilse, hipotez yanlışlanır ya da en azından daha detaylı bir incelemeye konu olur.

Örneğin evrimi ele alalım. Darwin’in teorisi, geçmişteki ve bugünkü tüm organizmaların ortak bir atadan geldiğini ve yaşamın basit, tek hücreli başlangıçlardan evrimleştiğini ifade eder.

Böylece belirli organizma gruplarının ortaya çıkış sıralamasının evrimin dallanma modeline uygun olması, zaman içinde gittikçe karmaşığa doğru bir eğilim izlemesini öngörürüz. Kökeninin varsayılan tarihinden çok önce yaşamış herhangi bir hayvanın keşfi, evrimi çürüten ikna edici bir kanıt olacaktır. Mesela 400 milyon yıl öncesine ait bir tavşanın (ya da insan veya dinazorun) fosilleşmiş kalıntıları böyle bir kanıt teşkil edebilirdi. Dünya tarihinin büyük bir kısmında, gezegenin dört bir yanındaki kayalıklerde yüzlerce paleontoloğun çalıştığı hesaba katıldığında, evrim teorisini çürütmek için her yıl yüz binlerce fırsat söz konusudur. Yine de organizma gruplarının belirli bir yaş aralığındaki kayalarla sınırlandığını görmeye devam ederiz. Mezozoik Zamandan kalma dinazorların peşinde koştuğum bunca yıl, insanları bir kenara bırakın, kediler, balinalar veya yer domuzları (karınca yiyen) gibi gelişmiş memelilerin hiçbir izine rastlamadım. Paleontoloji alanındaki tüm meslektaşlarım için de aynı şey geçerli olmalı, çünkü bu tür bir bulgu dünya çapında manşet olurdu ve potansiyel olarak her türlü akademik övgüyü ve araştırma fonunu beraberinde getirirdi. Kısacası geçmiş olguların birden çok örneğinin incelenmesi aracılığıyla paleontoloji ve jeoloji sinanabilir hale gelir.

Bilim, düzensiz bir tempoyla ilerler. Araştırma, bilimsel düşünceye yön veren özel bir teorik çerçevede veya "paradigma"da gerçekleşir. Bazen dramatik bir keşif tarafından tetiklenen yeni bir çıkır açıcı teorinin, tüm bilimsel alanı varsayımlarını yeniden gözden geçirmeye ve yeni türden sorular sormaya yönlendirdiği olur. Eski teorik çerçevenin yeniden yapılandırılmasını veya hatta toptan değiştirilmesini gerektirdiği için, bu boyutlardaki bir temel atılıma PARADİGMA DEĞİŞİMİ denir. Bilim tarihindeki paradigma değişiminin başlıca örnekleri, Kopernikçi ve Darwinci devrimlerdir. Bunların ilki, o tarihte geçerli olan Dünya'yı merkez alan sabit ve sonlu bir evren bakışını ortadan kaldırarak, insanları kendi gezegenlerinin göksel odaktan çok uzak olduğunu görmeye zorlamıştır. İkincisi ise; *Homo sapiens*'i evrimsel değişimin dipsiz okyanusundaki son dalgayı temsil etmekten öteye geçmeyen milyonlarca türden biri olarak konumlandırarak, bizi merkeziliğin kaidesinden daha da uzaklara savurmuştur. Önemli biçimde,

Kopernikçi devrim gibi ender istisnalar dışında, paradigma değişimleri geçmiş fikirlerin topluca terk edilmesini gerektirmez. Bilim, daha önceden var olanları temel alarak gelişir ve bilimdeki birçok fikir, değişmesinin pek muhtemel olmadığı noktasında büyük bir güvenle bilinir. Fakat binanın mimarisi değiştikçe, zaman zaman geniş çaplı yenileştirmelere ihtiyaç duyulur.

1960'ların sonundan itibaren, dinazor paleontolojisi kendi mütevazı paradigma değişimini yaşamıştır. Doğum oranlarında ani bir artışın yaşandığı kuşağın bir çocuğu olarak, paleontolojiyle ilk karşılaşmam bu değişimden hemen önce gerçekleşmişti. O zamanlar dinozorlar miskin, ahmak dev yaratıklar olarak görülüyordu. Sadece başlarının üst kısmı görünecek şekilde tamamen suya gömülmüş uzun boyunlu sauropodların (namı değer "brontosaurların") büyüleyici çizimleriyle dolu büyük dinazor kitaplarının sayfalarını çevirdiğimi sevgiyle anımsıyorum. Egemen düşünce, bu hayvanları karada yaşamlarını sürdüremeyecek kadar iri görüyordu. Yeryüzünde yürüyen dinozorlar genellikle ağır ve hantal olarak betimleniyordu. *Tyrannosaurus* gibi büyük iki ayaklı ETÇİLLER, dik vücutlar ve arkalarında sürünen büyük kuyruklarıyla Godzilla-vari bir biçimde resmediliyordu. *Stegosaurus* gibi dört ayaklı bitki yiyiciler, yayılmış, kertenkele benzeri ön uzuvlar, yere yakın bedenler ve peşleri sıra sürüklenen kuyruklarıyla tasvir ediliyordu. Genel izlenim, antik coğrafyalarda hantal hantal yürüyen ve onları bugünden yarına güçbela taşıyabilen beyinlere sahip olan tuhaf yaratıklarından biri oldukları yönündeydi.

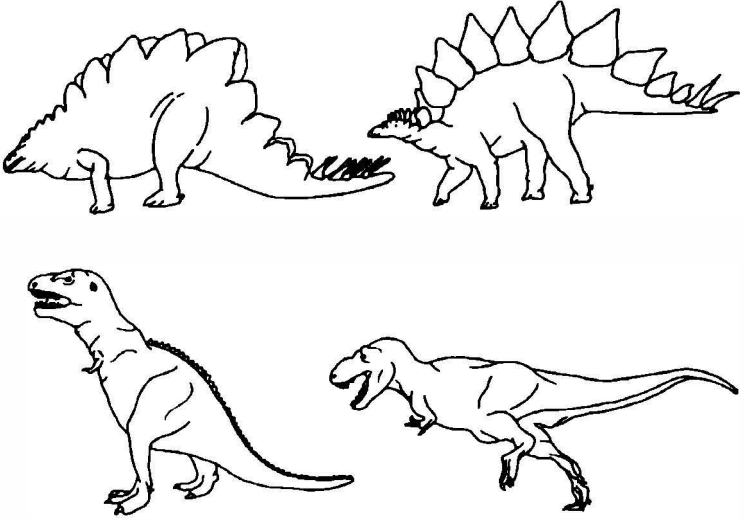
Sonra, neredeyse bir gecede, dinozorlar adeta çarpıcı bir makyaj yapıldı. Sauropodlar sudan çıkarak arazide fillere benzer bacaklarıyla çalım satarak yürümeye başladı ve bilim insanları, su basıncı göğüs boşluğuna baskı uyguladığı için bu dev yaratıkların suya dayalı bir yaşam tarzı sürmesinin olanaksız olduğunu ileri sürdü. Bu arada *T. rex* daha gösterişli, yatay bir vücut duruşuna kavuştu. Artık faydasız bir şekilde arkasından sürüklenmeyen katı kuyruğun, baş ve gövdeyi dengelemek için geriye doğru izdüşümü alındı. *Stegosaurus* ve zırhlı, dört ayaklı akrabası da dönüşüme uğradı; dik uzuvlar ve çevik, havalanmış, potansiyel olarak ölümcül kuyruklarla donatıldı. Bunlar gibi rekonstrüksiyonlar, çok daha aktif, çevik hayvanları işaret etti. Yeniden tasarlanmış

bedenlerin yanı sıra, zihinde yeniden canlandırılan bu dinazorların daha akıllı oldukları ve takım avlanması, sürüleşme ile aile bakımı gibi davranışlar sergiledikleri kabul edildi.

Dinozorlara ilişkin kavrayışımızdaki bu temel değişime neden olan şey neydi? Cevap keşif ve içgörünün birleşiminin tetiklediği bir paradigma değişimidir. En önemli FOSİL keşfi, 1964'te Yale Üniversitesinin Montana'ya düzenlediği bir keşif gezisinde ortaya çıkarılan orak pençeli "yırtıcı kuş" theropoddu. Devrimci içgörü, Yale Üniversitesinde görev yapan paleontolog John Ostrom'dan geldi. 1969'da *Deinonychus* ("korkunç pençe") adını verdiği bu olağandışı avcıyı betimlerken, en azından bazı dinozorların daha önce varsayıldığından çok daha aktif olduğunu ileri sürdü. Kısa bir süre sonra, *Deinonychus* ve onunla bağlantılı yırtıcıların iskeletlerinde kuş benzeri birçok özelliğe rastlayan Ostrom, 19. yüzyılda hâkim olan, kuşların dinozorlardan evrimleştiği görüşünü yeniden gündeme getirdi. Theropod dinozorları kuşlarla bağlantılandıran sayısız kemik karakteristiğini katalogladı ve kendisinden sonra bu konu üzerinde çalışanlar, bunlara yenilerini ekledi. Paylaşılan gelişmiş özelliklerin toplam sayısı yüzün üzerindedir. Günümüzde birçok uzman, kuşların doğrudan dinozorların soyundan geldiğini ve bu nedenle, kelimenin gerçek anlamıyla, dinozorların kendisi olduğunu kabul etmektedir.

Yeni kanıtlar ve taze bir bakış açısıyla karşılaşan paleontologlar, dinozorların tümünü kertenkeleden çok kuşlara benzer görmeye başladı. Araştırmacılar mevcut müze koleksiyonlarına döndü ve uzun süredir sahip olunan görüşleri ve önyargıları yeniden değerlendirmeye başladı. Çok geçmeden, iki ayaklı etçiller ve OTÇULLAR'ın iskeletleri daha yatay bir duruşa sahip olacak şekilde yeniden tasarlandı. Dinozor izlerinin keşfinde sürüklenen kuyruklara rastlanmaması bu yenilenmiş duruşu daha da destekledi.

Bu paradigma değişimi, yeni araştırma programları ve ateşli tartışmalar doğurmuştur. Dinozorlar endotermik miydi? Bazı formlar aile bakımı davranışını sergiliyor muydu? Farklı dinozor gruplarının entelektüel ve davranışsal yetileri neydi? Paleontologlar bu soruları yanıtlama gayreti içinde canlı hayvanlarla ayrıntılı anatomik karşılaştırmalardan fosillerin bilgisayarlı tomografik taramalarına kadar eski ve yeni çok çeşitli analitik



Şekil 1.1: Daha önceki, “Rönesans öncesi” duruşları (solda) ve daha güncel, “Rönesans sonrası” duruşları gösteren *Stegosaurus* (üstte) ve *Tyrannosaurus* (altta) rekonstrüksiyonları.

araçlara başvurmıştır. Son derece aktif araştırmalarla geçen birkaç on yıl, birçoğu bu kitapta incelenen sayısız kavrayışa yol açmıştır.

Kültürel ve bilimsel eğilimlerde çoğu zaman görüldüğü gibi, bir paradigma değişiminin sarkacı bir kez hareket ettikten sonra geniş bir yay çizme eğilimindedir. Dinozorlarda da kesinlikle aynı şey olmuştur. John Ostrom paradigma değişimini başlatmıştır ve Ostrom’un ateşli, ikon kırıcı öğrencisi ve dinozor rönesansının coşkulu bir savunucusu olan Robert Bakker sonraki patlamanın yakıtını temin etmiştir. Ostrom’un daha aktif, potansiyel olarak endotermik dinozorlar argümanının üstünden çok geçmeden, Bakker sauropodları sudaki uyusukluklarından kurtarmış ve hatta yağmacı theropodlarla mücadele etmek için arka bacaklarının üzerinde şaha kalkmış halde betimlemiştir. Benzer bir şekilde *Tyrannosaurus* ile büyük etçil akrabası da artık biçimsiz ve hantal dev yaratıklar olmaktan çıkıp saatte 65 kilometre (40 mil) hızla koşabilen çevik avcılar olarak betimlenmiştir. Bunları, sürüler halinde dolaşan ve kendilerinden çok daha iri avları yakalamak için kurnazlık ve iş-

birliğinin birleşiminden faydalanan *Deinonychus* ve *Velociraptor* gibi küçük yırtıcı kuş benzeri, orak pençeli theropodlar izlemiştir. *Jurassic Park* film serisi, sinema perdesi aracılığıyla bu yeni fikirleri geniş kitlelere tanıtmış ve bilimi kırılma noktasına getirmiştir.

Günümüzde, paleontologlar dinazorların ve dünyalarının daha titiz, işlenmiş ve şüphesiz daha zengin rekonstrüksiyonlarını üretirken, sarkaç ortaya doğru geri gelmektedir. *Tyrannosaurus* ve diğer büyük theropodların daha önce rapor edilen cipleri takip eden dikkat çekici hızlara ulaşamadığını ve muhtemelen gerçek anlamda koşmadığını gösteren yakın tarihli bir çalışma bunun bir örneğidir. Hatta *T. rex*'in, uzun süredir betimlendiği gibi, avcı tiran-kral olmayıp ölümlerin kalıntılarından beslenen mütevazı bir leşçil olduğu da ileri sürülmüştür. Bitki yiyen dinazorlar için de aynı türden bir tetkik uygulanmaktadır. Araştırmacılar, sauropodların arka bacakları üzerinde şaha kalkıp kalkamayacağını sorgulamıştır. Bazı araştırmacılar, bu başarılı dev yaratıkların diğer şeylerin yanı sıra kafaya kan pompalamanın gücüyle uzun boyunlarını yatay çizginin çok yukarılarına kaldıramayacağını bile ileri sürmüştür.

16 Temmuz 2005'te John Ostrom 77 yaşındayken aramızdan ayrıldı. Ölümünden birkaç yıl önce bana kariyerinin başlarına geri dönebilmek için her şeyini verebileceğini itiraf etmişti. Dinazor paleontolojisindeki yeni keşif çağından ve yapılmayı bekleyen heyecan verici çalışmalardan söz etmişti. John, her şeye rağmen büyük bir çoğunluğumuzun aksine derin ve ölümsüz bir miras bıraktı. John'un keşifleri ve vizyonu, dinazorları algılayışımızda bir devrimi tetikledi. Uzun süre önce ölmüş yaratıklara yeni gözlerle bakabilmemize ve daha önce hiç akla gelmemiş soruların yanıtlarını aramamıza imkân tanıyan gerçek bir paradigma değişimini getirdi. John'un birçok öğrencisi bu alanda lider hale geldi ve onun başlattığı dinazor rönesansı uzun süre önce ölmüş olmalarına rağmen birdenbire daha büyüleyici hale gelen bu yaratıkları araştırmaya hevesli yeni bilim insanı kuşaklarına yol gösterdi. Günümüzde dünya genelinde 100 kadar dinazor paleontoloğu görev yapmaktadır. Bu, şimdiye kadarki en yüksek sayıdır. Üstelik son 25 yılda adlandırılan yeni dinazor türü sayısı, tüm tarihteki adlandırılan dinazor türü sayısını geride bıraktı ve ufukta herhangi bir değişiklik görünmüyor.

Bu uğraşa dahil olanların gözünde bile, dinazorları araştırmayı romantize etmek çok caziptir. Fakat saha çalışmasının büyük bir kısmı romantik olmaktan çok uzaktır: sıcak hava, böcekler, Ay yüzeyine benzer ıssız coğrafyalarda yürütülen zahmetli çalışmalar genellikle gündelik rutinin büyük bir kısmını oluşturur. Kullanım suyu eksikliği, aççılık seçeneklerinin kısıtlılığı ve küçük bir grupla açık havada yaşamak da bu listeye eklenince, birçok kişi bundan vazgeçmeyi seçecektir. Peki, dünyanın dört bir yanındaki bu “çorak arazilerde” araştırmalar yapmayı neden göze alıyoruz ve bu zorlu koşullara aralıksız olarak haftalarca veya hatta aylarca neden katlanıyoruz?

Öncelikle fosil avcılığı bir tür zamanda seyahattir. Kumtaşları ve kilaşlarının dik yamaçlarını tırmanırken, bir kaya katmanında bulunan fosilleşmiş kafatası parçası, birkaç adım ileride ayak parmağı kemiğine rastladığım bir hayvandan ayrı olarak binlerce, yüz binlerce, hatta milyonlarca yıl önce yaşamış bir hayvandan gelebilir. İyi bir günde, 75 milyon yaşındaki bir çene parçasını almak için eğildiğimde, zamanın büyüğü ansızın kendini gösterebilir ve beni birdenbire Kretase Dönemine geri götürebilir. Gölgelere gizlenmiş bir halde, ördek gagalı devasa dinazorun geniş gagasıyla çam ağacının iğne yapraklarını yediğini ve bu yeşil enerjiyi ürkütücü dişleriyle dilim dilim ettiğini izlerim. Bu iri hayvanın sabah ayazında havayı nasıl içine çektiğini dinlerim ve küflü kokusunu alırım. Hatta bir an için o dinazor olurum ve dünyasını *hissederim*. Bu his sona erip günümüze döndüğümde, bu deneyim beni derin zamandaki yaşam ile enerjinin tek ve kesintisiz akışının bir parçası olarak kendime yeni ve daha geniş bir perspektiften bakmaya çağırır. Eski bir kemik parçasının bu tür bir güce sahip olabileceğini kim düşünebilir?

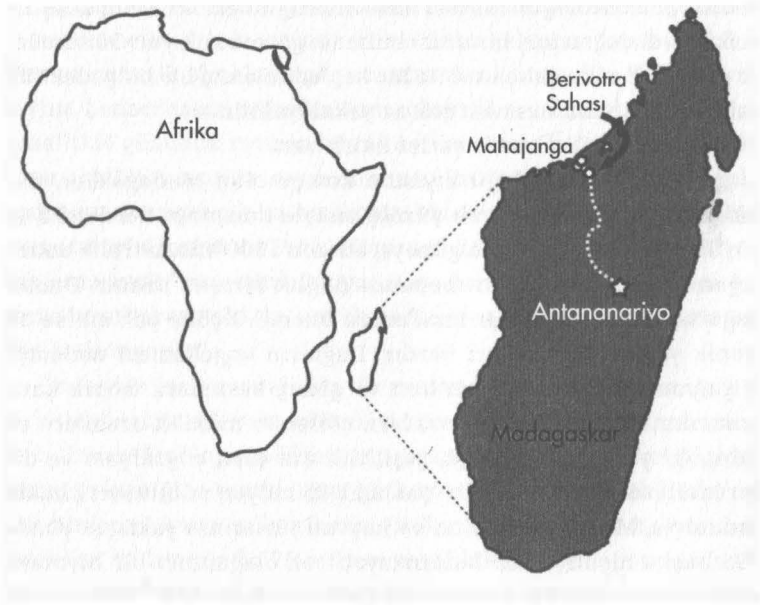
İnsanları fosilleri aramaya çeken belki de daha yaygın olan bir başka neden vardır: keşif. Daha önce hiç bilinmeyen bir antik canlıyı gören ilk kişi olmakla veya iyi korunmuş, fosilleşmiş bir iskeleti ortaya çıkaran ekibin bir parçası olmakla karşılaştırılabilecek çok az his vardır. Kayalık bir bölgede gözlerinizle yüzeyi tarayarak yürürken, belki de hemen yanı başınızda muhteşem bir tarih öncesi yaratığın kalıntılarının sizi beklediğini asla bilemezsiniz. 20. yüzyılın başlarında fosil avcılığının en parlak devrinde, gözü

pek bir paleontoloğun “kutsal kâse” niteliğindeki bir fosili araştırmak için el değmemiş bir arazi bulması görece kolaydı. Günümüzde en talihli saha çalışanı bile hiç keşfedilmemiş bir bölgedeki ilk paleontolog olma fırsatını çok az yakalayabilir.

Madagaskar’da bu tür yerler halen var.

Afrika’nın güneydoğu kıyısına komşu olan Madagaskar, California eyaletinden büyük yüzölçümüyle dünyanın dördüncü en büyük adasıdır. Kuzeyden güneye, adanın 1500 kilometrelik uzunluğunun büyük bir kısmı boyunca dağlık bir sırt uzanır. Bunun doğu tarafında, insanlar tarafından önemli ölçüde yok edilse de tropik yağmur ormanları vardır. Dağların engellemesi nedeniyle yağmur almayan adanın batı ve güney kesimleri, tropik kuru ormanlar, dikenli bitki ormanları, çöller ve makilik arazilere ev sahipliği yapar. Büyüklüğü, çeşitlilik arz eden coğrafyası ve diğer kıtalardan uzun süredir (yaklaşık 85 milyon yıldır) ayrı olması nedeniyle, Madagaskar bitki ve hayvan türlerinin yaklaşık yüzde 80’i başka hiçbir yerde bulunmayan çok olağandışı bir biyotaya sahiptir. Bunların açık arayla en ünlüsü, günümüzde 70’ten fazla türü olan ve yalnızca Madagaskar’da bulunan primat grubu olan lemurlardır. İnsanlar adaya yaklaşık 2000 yıl önce, muhtemelen Güneydoğu Asya’dan gelerek yerleşmiş ve çok geçmeden en büyük hayvanların hemen hepsinin neslinin tükenmesine yol açmıştır. En son tükenen türler, goril büyüklüğündeki lemurlar, cüce su aygırları ve uçamayan dev fil kuşlarıdır. Güzel havası, bol gıdası ve gözden uzak sayısız koyu sayesinde Madagaskar 15. yüzyılın sonları ile 16. yüzyılın başlarında onlarca yıl korsanların sığınağı ve kalesi olmuştur. William Kidd, John Bowen ve Thomas Tew gibi kötü şöhretli figürler, Kızıldeniz, İran Körfezi ve Hint Okyanusunda ticaret gemilerini yağmalayarak ipek, kumaş, baharat, mücevher, altın, gümüş ve sikkeler çalmıştır.

Farklı türden bir hazinenin peşindeki David Krause, Stony Brook Üniversitesinde görev yapan bir memeli paleontologu olarak, 1990’ların başında Madagaskar’a bir sefer başlatmıştır. Madagaskar’ın eşsiz bitkiler ve hayvanlarının olağanüstü hazinesinin nereden geldiğini merak etmiştir. Lemurlar ve diğer modern formların ataları, Madagaskar bundan 85 milyon yıl önce bir ada haline geldiğinde mevcut muydu? Yoksa adanın diğer kıtalarla,



Şekil 1.2: Afrika'yla ilişkili olarak Madagaskar haritası. Madagaskar'ın yakından görünümü (sağ tarafta, gölgeli) ülkenin başkentini (Antananarivo), Mahajanga kentini, geç Kretase devrinden dinazor ve diğer omurgalıların fosillerinin bolca bulunduğu Berivotra araştırma bölgesini göstermektedir.

örneğin Afrika'yla arasındaki dağ geçitlerini geçerek çok sonraya gelmişlerdi? Yanıtlar için bakmayı düşünebileceğiniz ilk yer, adada korunan fosil kayıtlarıdır. Ama ne yazık ki dinazorların 65 milyon yıl önce neslinin tükenmesinden bu yana Madagaskar'da çok yakın geçmişe (yaklaşık 26.000 yıl öncesine) ait olanlar dışında neredeyse hiçbir kara hayvanının fosil kaydı yoktur. Bugünkü Madagaskar FAUNA'sının kökenlerini araştırmak için Dinazor Çağının sonuna, geç Kretase devrinin fosil zengini kalıntılarına dönmek gerekir.

Krause, adanın kuzeybatısında, Mahajanga adındaki hareketli liman kentinden karayoluyla bir saatlik mesafedeki küçük Berivotra Köyünü çevreleyen kayalıkları araştırmaya karar vermişti. Madagaskar'ın büyük bir kısmı gibi, Berivotra'nın çevresindeki arazi de uzun süre önce insanlar tarafından ağaçsız bırakılmıştır. Her yıl otlakların bilerek veya bilmeyerek yakılmasının yanı sıra

tarım ve hayvancılık günümüzde orman ekosisteminin yeniden tutunamamasına neden olmaktadır. Bu geniş habitat kaybı, adanın dört bir yanındaki ekosistemleri tüketmiştir. Bizim çalıştığımız kuzeybatı da dahil olmak üzere birçok bölge, mızrak otlarının egemenliğindedir; bu, adını kesinlikle hak eden işgalci bir egzotik türdür. Ormanların yok olması yaygın toprak erozyonuna da yol açmıştır. Her yıl muson yağmurları, en dıştaki kırmızı toprak tabakasını aşındırır ve bu topraklar Betsiboka gibi nehirler aracılığıyla Hint Okyanusuna dökülür. Havadan bakıldığında tüm adada iç kanama yaşanmış gibi görünür ve bu niteleme gerçeklikten çok da uzak değildir. İronik bir biçimde, bu süregelen doğa katliamı bitkilerin asgari düzeyde olduğu bölgeleri araştıran ve antik kemiklerin gün yüzüne çıkması için erozyona bel bağlayan biz paleontologların işini kolaylaştırır.

Berivotra'da başlayan saha çalışması, körü körüne bir deneme değildir. Madagaskar'ı işgal eden Fransa, 1896'da burayı kendi kolonisi ilan etmişti. Bir önceki yıl Félix Salètes adındaki Fransız askeri hekim, Mahajanga'dan (Fransızca adıyla Majunga) yaklaşık 45 kilometre mesafede geçici bir hastane inşa etmekle görevlendirildi. Salètes bölgenin paleontolojik potansiyelinin farkına varmış. Bölgeyi bizzat kontrol etmek için yeterli zamana sahip olmadığından, alay kurmay subayı Landillon'ı fosilleri araştırmaya göndermişti. Landillon bu görevde çok başarılı olmuş ve çok çeşitli fosiller toplamıştır. Gemilerle Paris'e gönderilen fosiller, ünlü Fransız paleontolog Charles Depéret tarafından incelenmiştir. Depéret koleksiyondan iki büyük dinazor tanımlamıştır: bir otçul olan uzun boyunlu bir sauropod ve *Megalosaurus crenatissimus* adını verdiği etçil bir theropod. *Megalosaurus* daha önceden Avrupa'daki birçok bölgeden bilinen bir türdür ve Madagaskar'daki örnek, yalnızca iki diş, üç OMUR (omurga ögesi) ve bir tek ayak parmağı kemiği baz alınarak tanımlanmıştır. 20. yüzyılın ortasında bölgedeki büyük bir yeni yol çalışmasının ardından yine bir Fransız olan René Lavocat, Berivotra civarındaki kalıntıları araştırmıştır. Lavocat, görünüşe göre birkaç kazı gerçekleştirmiş ama yine de erozyonun açığa çıkardığı birçok fosil toplamıştır. Bunlardan biri, Lavocat'ın *Megalosaurus*'dan yeterince farklı olarak görüp *Megalosaurus* adını verdiği türün parçalı alt çene (dentary) kemiğidir.

Öykümüz daha sonra 1976 yılına sıçrar. Paris'te bir depoda tutulan Madagaskar fosilleri, Paris'teki Doğal Tarih Müzesinde görev yapan Fransız paleontolog Philippe Taquet'ye gönderilmiştir. Taquet koleksiyondaki bir kemik külçesinin, beyin bölgesinin üstündeki kafatası parçası olduğunu fark etmiştir. Bu, kubbe şeklinde pürüzlü bir yapıyla kaplı alışılmadık bir örnektir. Fosille ilgili notlar, örneğin 20. yüzyılın başında Madagaskar'ın kuzeybatısındaki "Majunga Bölgesi"nde toplandığını belgelese de bunun dışında çok az şey bilinmektedir. Taquet, günümüzde Smithsonian Ulusal Doğa Tarihi Müzesinde görev yapan Hans-Dieter Sues'le birlikte 1979'da bu örneği açıklayan ve bunun pachycephalosaurlar olarak bilinen kubbe başlı otçul dinozorlar grubuna ait olduğu sonucuna ulaşan bir makale yayımlamıştır. Buna yeni bir isim vermişlerdir: *Majungatholus atopus*. *Majungatholus*'u pachycephalosaur olarak tanımlamak, bariz kemikli kubbesi nedeniyle makul görünmüştür. Yine de bu iddia, pachycephalosaurların bu tek parça örnek dışında yalnızca Kuzey Yarımküre kıtalarından biliniyor olması (ki halen öyledir) nedeniyle dikkate değerdir. Görünüşe göre *Majungatholus* evinden çok uzaktadır.

David Krause ve Stony Brook Üniversitesi/ Antananarivo Üniversitesinin 1993'teki ortak seferi, Madagaskar'da Mezozoik memelilerin ilk kanıtlarını bulmayı amaçlamıştır. Ekip Berivotra'ya varır varmaz araçlarından inip yakınlardaki kayalıklarda fosil aramaya başlamıştır. (Bu, Kuzey Amerika'dan yapılan çok uzun bir yolculuktur ve ekiptekiler genellikle hedeflerine ulaşır ulaşmaz fosil bulmak ister.) Dakikalar içinde, keskin gözler kısmi bir memeli dişinin keşfini yapmıştır; proje için muazzam bir başlangıç. Bu, altı haftalık saha çalışmasında bulunan tek memeli fosili olarak kalsa da, ekip birçok dinozor kalıntısı ve birçok da omurgalı hayvan kalıntısı bulmuştur. Dinozor bulguları, David'i dinozor paleontologlarından yardım almaya sevk etmiştir: ilk önce Pennsylvania Üniversitesinden Peter Dodson ve daha sonra Cathy Forster (günümüzde George Washington Üniversitesinde görev yapmaktadır) ve ben.

1995'teki bir sonraki saha çalışmasında, çok sayıda dinozor kemiğinin yer aldığı daha da çok fosil bulduk. Fakat ilginç bir biçimde, bu varsayılan kubbe başlı pachycephalosaurun başka

hiçbir işareti yoktu. Paris'teki Ulusal Doğa Tarihi Müzesindeki orijinal örneği yakından incelediğimizde, *Majungatholus*'un bitki yiyen bir pachycephalosaur olmayabileceğinden şüphe ettik. Kubbenin kendisinin, bu grubun diğer üyelerinde görülenlerin aksine pürüzlü, buruşuk bir dokuyla kaplı olduğunu fark ettik. Dahası birkaç anatomik özellik, kısmi kafatasının bir etçil dinozora ait olabileceğini gösteriyordu. *Majungatholus* ve *Majungasaurus*'un bir ve aynı hayvan olabileceğine epeyce ikna olduk; ama bunu kanıtlamak için daha fazla fosile ihtiyacımız vardı.

1996 sezonunun başlarında, gelecek vaat eden bilindik bir bölgeyi araştırdık. Alçak tepede dolaşırken, erozyonun açığa çıkardığı küçük bir omur fark ettim ve bir theropod kuyruğunun parçası olduğunu anlayınca heyecanlandım. Kaya çekici ve kazması kullanarak bir başka kuyruk omurunu çıkarmak yalnızca birkaç dakika aldı ve sonra bir yenisi. Büyük bir hevesle, kuyruğu deyim yerindeyse tepenin içine kadar kovaladık. Birkaç saat sonra, birçok omurun ardından bir kaya külçesini kaldırarak büyük bir kol kemiği bulduk. Bu, iskeletin büyük bir kısmının bölgede gömülü olabileceğini gösteren bir ipucuydu. Ama çok geçmeden kol kemiğinin bu bölgedeki en yaygın dinozor türü olan otçul bir sauropoda ait olduğu netleşti. Üzüntüye kapıldık, çünkü bölgenin farklı türden hayvanların kemiklerinin iç içe geçtiği bir yer olduğu ortaya çıkmıştı.

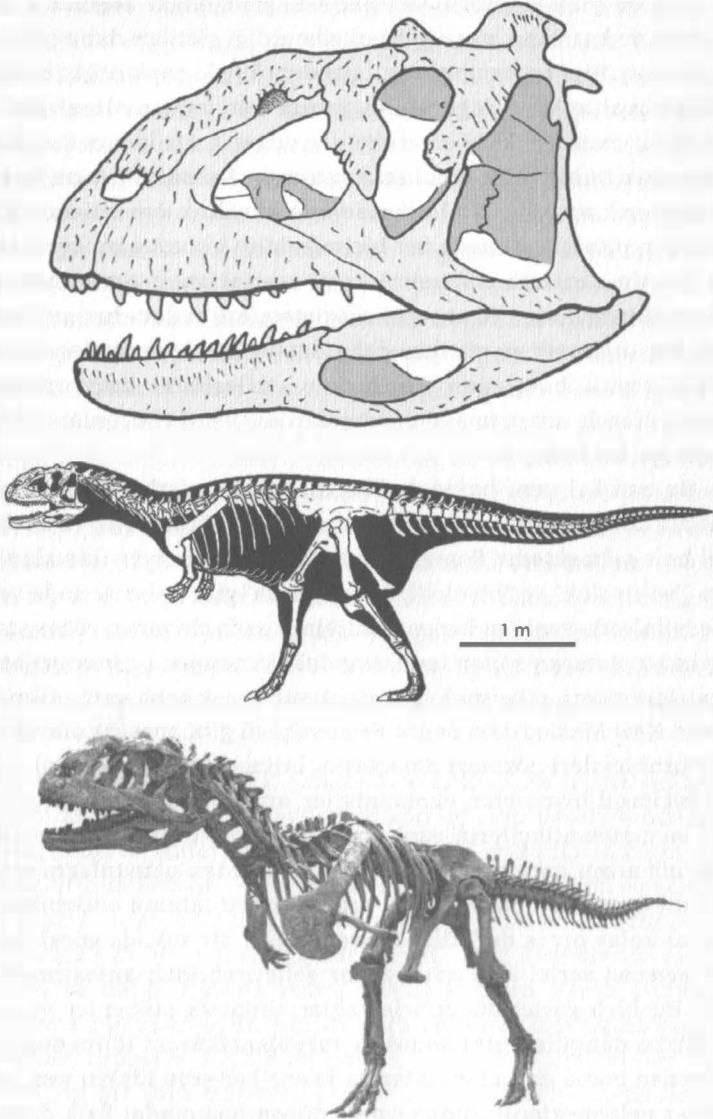
Sonra, tıgımla bir tortu parçasını kaldırınca, bu bölümün başında sözünü ettiğim dört parlak dişle karşılaştım. Ekip bu küçük alanı kazmaya devam etti. Kafatasının üst kısmının ortaya çıkmasını beklerken, Kretase Döneminde yaşamış yırtıcının başka kafatası kemiklerine ulaştık. Peter Dodson, dişlerle dolu olağanüstü bir alt çene kemiği çıkardı. Cathy Forster, yüzün yan kısmının büyük parçalarını buldu. En sonunda, kafatasının çatısının arka kısmı ortaya çıktı. Çok uzun süre önce hayvanın beyninin yer aldığı kemikli bölümün geri kalanına yapışık haldeydi. Tahmin edildiği gibi yuvarlak, pürüzlü, kubbe benzeri bir yapı vardı. Artık sözde ahmak otçul *Majungatholus* ile en gelişmiş yırtıcı *Majungasaurus*'un aynı hayvan olduğuna dair ikna edici bir kanıtımız vardı. Hipotez doğrulandı ve gizem çözüldü. Pachycephalosaurılar, Madagaskar'a yerleşmemişti. Ada, kubbe başlı garip bir etçile ev sahipliği yapmıştı. İlk önce *Majungasaurus* adlan-

dırıldığı için ve nihayetinde bunu *Majungatholus*'tan ayırt edemediğimizden, eski isim öncelik kazandı ve günümüzde de bunu kullanmaya devam ediyoruz.

Kırılğan kafatası öğeleri çıkarıldıktan sonra New York'a gönderildi, kayalık MATRİS'inden temizlendi ve sonunda kalıba dökme olarak bilinen işlem kullanılarak kopyalandı. Kopyalar, kafatasının orijinal görünümünü yeniden inşa etmek için birleştirildi. Şaşırtıcı bir biçimde, kemikler birbirlerine neredeyse kusursuz bir şekilde uydu. Kafatası öğelerinin, gömüldükten sonra minimum düzeyde bozulmuş olduğu anlaşılıyordu. Kalıp setinin, çocuklar için bir dinazor-kafatası takımı olarak piyasaya sürülebileceği şakasını yaptık. Bu nefis örneği açığa çıkarmak, kariyerimdeki önemli bir keşifti; ama en iyi olmasını ummadığım bir keşif.

20. yüzyılın sonuna doğru bilimin temelleri bir kez daha sarsılmaya başladı. Sarsıntıları, bir diğer büyük ölçekli paradigma değişimi tetiklemiş görünüyordu. 400 yılı aşkın bir süredir, doğanın bilimsel kavrayışına Francis Bacon, René Descartes ve Isaac Newton gibi 16. ve 17. yüzyıl bilim insanlarının ilham verdiği mekanikçi dünya görüşü egemen olmuştu. Bu perspektifin temel varsayımı, Evren'in bir makine olduğu ve gizemlerinin yalnızca doğanın daha da küçük parçalara ayrılıp sınıflandırılması yoluyla açığa çıkarılabileceğiydi. Çoğu zaman İNDİRGE MECİLİK olarak adlandırılan bu atomcu yaklaşım, kozmik ölçekten atomaltı ölçeğe kadar evrenin yapısı ve fonksiyonu hakkında önemli kavrayışlar sunmuştu. Bu kavrayışlara, uydular, bilgisayarlar ve yapay kalpler gibi sayısız teknolojik yenilik eşlik etmişti. Akademik alanda, bilim insanları doğanın gittikçe daha küçük birimlerine odaklandıkça yepyeni disiplinler ortaya çıkmaya devam etti. Günümüzde biyolojinin ekoloji, sistematik, gelişimsel biyoloji, fizyoloji, hücre bilimi, genetik ve moleküler biyoloji gibi araştırma alanları mevcuttur.

Doğanın ayrıntılarına o kadar yoğunlaştık ki, bilimin genelinde kabul gören ayrı disiplinlerin insanlar tarafından icat edildiğini –yani evrenin kendisinin nasıl yapılandığıyla değil, bilimsel araştırmanın nasıl uygulanacağıyla ilişkili kategoriler olduğunu– unuttuk. Dahası doğayı parçalara ayırma eğilimi, büyük başarılarına rağmen, karşılıklı bağlantıları kavrayabilme yeteneğimizi önemli ölçüde kısıtladı.



Şekil 1.3: Madagaskar'da geç Kretase devrinden (yaklaşık 70 milyon yıl öncesine ait) abelisaur theropod *Majungasaurus*'un kafatasının yandan görünümü (üstte), iskeletinin illüstrasyonu (ortada) ve inşa edilmiş iskeletin fotoğrafı (altta).

Son on yıllarda doğal olguların başlangıçtaki koşullara çok duyarlı ve karmaşık olma eğilimi gösterdiği gittikçe daha çok belirlenmiştir. Yani başlangıç koşullarındaki küçük çaplı değişiklikler, büyük çaplı etkiler doğurabilir. Bunun için yaygın olarak kullanılan bir metafor “kelebek etkisi”dir; örneğin Afrika’nın Kalahari savanasında bir kelebeğin kanat çırpması Kansas, Wichita’da kasırgaya yol açabilir. Bir başka deyişle küçük ve önemsizmiş gibi görünen olaylar orantısız bir biçimde büyük sonuçlar doğrulanabilir. Bu tür dinamik sistemlerin davranışını anlamanın anahtarı –hava durumundan finansa ve ekosistemlere kadar– her şeyi parçalarına ayırmak ve gittikçe daha detaylı bir biçimde incelemek değil, çeşitli bileşenlerin birbiriyle etkileşimini araştırmaktır. Sonuç olarak, araştırmacılar parçalardan ziyade bütünlere odaklanmaya başlamıştır.

Bu radikal yeni bakış, bağlantılar hakkındadır. Günümüzde birçok disiplin, etkileri hissederek gittikçe bütünleyici ve bütünsel hale gelmektedir. Sonuç olarak bir zamanlar ayrı olan alanların “jeobiyoloji” ve “biyolojik-karmaşıklık” gibi adlar altında yeni disiplinlerde yeniden birleştirildiğine tanık oluyoruz. Tüm canlı ile canlı olmayan sistemler arasındaki karmaşık, ağ benzeri bağlantıları ortaya çıkarmak için günümüzde çok çaba sarf edilmektedir. New Mexico’daki Santa Fe Enstitüsü gibi spesifik olarak bu tür problemleri çözmeyi amaçlayan bilimsel düşünce kuruluşları, evrimsel biyologlar, ekonomistler, antropologlar, meteorologlar ve matematikçilerin yanı sıra daha birçok alandan temsilcileri bir araya getirmektedir. Farklı alanlardan uzmanların ortak bir dil üzerinde uzlaşmasının ardından (bu tahmin edilebileceği kadar kolay bir iş değildir) dünyayı farklı bir şekilde görebildiği ve heyecan verici yeni kavrayışlar geliştirebildiği anlaşılmaktadır. Bu birleştirici düşünürler ağlar, dinamik sistemler ve geri bildirim döngüleri gibi konuları vurgulamaktadır. İklim değişikliğinden borsa dalgalanmalarına kadar her şeye ilişkin yeni modeller gelişmektedir. İndirgemeci dünya bakışında, fizik doğaya ilişkin en derin kavrayışları sunan “en saf” bilim olarak görül müştür. Yeni ve daha geniş perspektifte, bilim insanları bağlantıları araştıran EKOLOJİ gibi daha bütünleyici disiplinlere önem vermektedir.

Geleneksel olarak, paleontoloji diğer bilimlerin indirgemeci öncülüğünü takip etmiş ve yaşamın tarihini en küçük tanımlanabilir birimlere ayırmıştır: yeni türleri keşfedip adlandırmaya ve bunların evrimsel ve zamansal ilişkilerini değerlendirmeye yönelmiştir. Bu yaklaşım, örüntülerin keşfine –kim, ne, nerede ve ne zaman sorularına yanıt verilmesine– imkân tanımıştır; ama bunu sürecin harcanması –nasıl ve neden sorularının– pahasına yapmıştır. Ben de bu noktada farklı değilim; kendi çalışmalarımın büyük bir kısmı aynı açıklayıcı şemsiyenin altındadır. Kısım, örüntülere odaklanmak akla çok uygundur çünkü dinazor türleri genellikle yalnızca bir veya iki parçalı örneklerle temsil edilir. Her alan, daha bütünsel incelemelere girişmeden önce temel verileri toplama döneminden geçmek zorundadır. Her şeye rağmen, son yıllarda daha bütünsel, bağlantıları temel alan incelemelere doğru ince bir değişim mevcuttur. Dinazor uzmanları jeokimya, PALEOBOTANİ, jeofizik ve paleoekoloji gibi başka disiplinlerden uzmanlarla daha çok etkileşim kurmaktadır. Dinazorlara değişmez bir spot ışığı tutmak yerine, Mezozoik ekosistemlerin geri kalanını yeniden inşa etmek için çok çaba sarf edilmektedir. Bu işbirlikleri, meyvelerini yeni vermeye başlamıştır ve kendi adıma dinazor paleontolojisinde heyecan verici yeni bir çağ bekliyorum.

1996'daki başarılı saha çalışmasının ardından, ilk tropik yağmur ormanı ziyaretimi gerçekleştirmek için üç ekip üyesiyle birlikte Madagaskar'ın güneyine gittim. Hedefimiz, ormanlarla kaplı dik yamaçların muazzam çeşitlilikteki bir yaban yaşamına ev sahipliği yaptığı adanın yüksek platosunun kenarındaki Ranomafana Milli Parkıydı. Buradaki engebeli arazi, ağaç kesimlerini sınırlandırmıştı ve bölge 1986'da resmi olarak koruma altına alınmıştır. Temiz bir akarsuyun yanına çadırlarımızı kurduktan sonra lemuruları aramaya koyulduk; parkta 12 türü bilinmektedir. Sık kullanılan bir yolu izleyerek ormanın derinliklerine ilerledik ve ağaçların tepelerinde hareketlenmeleri bekledik. Ağaçları likenler ve yosunlar kaplamıştı; su yollarında ise büyük bambular ve orkideler sıralıydı. British Columbia'nın yabanıl arazilerinde kamp kurup yürüyüşler yaparak yetiştığım için yaban oyununa alışkındım. Bu deneyiminin faydasını görmeyi bekliyordum ve

yanımdakiler de aynı ölçüde kendilerine güveniyordu. Fakat birkaç saat sonra tek bir lemur bile görmeden yorgun argın kampa döndük. Çok geçmeden bölgenin detaylı bilgisene sahip olmak gerektiğini öğrendik.

Ertesi sabah Madagaskarlı iki park görevlisinden yardım aldık. Dakikalar içinde günün ilk lemurlarının yerini tespit ettiler. Gördüklerimiz Milne-Edwards lemuruydu: ağaç gövdelerinden fırlayan şaşırtıcı primat atletler. Havadayken görünüşe göre ekotermik bir başka ağaca konmak için uygun bir pozisyon alana dek vücutlarını döndürürler. Ağaçlar arasında 2 ila 6 metre kadar uzun mesafelere sıçrayabilirler. Bu akrobatik gösterinin seçkin konukları olduğumuz için kendimizi talihli hissettik. Sonraki üç saat boyunca üç lemur türü daha gördük ve gece yaptığımız orman yürüyüşünde bir dördüncüsüne rastladık.

Lemurlar ve birkaç kuşun yanı sıra her biri kamuflaj ustası olan bukalemunlar ve büyük yaprak kuyruklu gekolar gibi birçok sürüngen gördük. Sayısız böceğe –tırtıllar, kelebekler, karıncalar, peygamber develeri ve çalı çekirgeleri veya çomak böceği– rastladık. Çalı çekirgeleri, bir Tolkien rüyasından fırlamış gibi yarı bitki, yarı hayvan görünen olağanüstü yaratıklardır. Ormanın toprağı da sayısız küçük canlıyla –uyuzböceği, kancalıkurtlar, tardigradlar ve benzeri– doludur ama çok küçük oldukları için bunlar fark edilmez. Nihayetinde her ekosistemdeki gerçek eylem mikroskobik sahada gerçekleşir. Habitatın çeşitliliğinin büyük bir kısmı, görünüşe göre sınırsız bakteri formlarındadır. Bir avuç orman toprağı, binlerce farklı bakteri çeşidi ve gerçek anlamda milyarlarca bakteri içerebilir.

Tüm bu baş döndürücü çeşitlilik, karmakarışık ilişkilerle iç içe geçer. Bakteriler topraktan nitrojen alır ve bunu bitkiler tarafından kullanılabilir bir forma dönüştürür. Lemurlar, kuşlar, yarasalar ve çeşitli böcekler, çiçek polenlerini yayarak ve tohumları dağıtarak bitkilerin çoğalmasına katkıda bulunur. Diğerlerinin yanı sıra kın kanatlılar ve sinekler, gübreyle beslenir ve tüm orman sakinlerinin kalıntılarını geri dönüşüme sokar. Bu sayısız detaya odaklanmak, ciltlere yayılan bir çalışma ortaya çıkarabilir ama tüm yağmur ormanının işleyişi hakkında çok az şey söyler. Bu yerin veya herhangi bir doğal habitatın öyküsünü anlatmak için bu

türden bir karmaşıklığı nasıl çözmeye başlayabiliriz? E'yle başlayan iki sözcük iyi bir başlangıç noktasıdır: ekoloji ve *evrim*.

Ekoloji ve evrim, ayın madeni paranın iki yüzü gibidir. Ekoloji, tüm organizmalar ve çevrelerini bağlayan karmaşık ilişkilerin bir açıklamasını sunar. Evrim, zaman içinde yaşanan organik değişimdir ve olağanüstü canlı dünyasını üreten tüm biyolojik süreçleri kapsar. Bu iki tema birbirinden ayıramaz. Evrim olmadan ekoloji, zaman derinliğinden yoksun kalarak büyük ölçüde ilişkilerin bir açıklaması olmaktan öteye geçemez. Evrimin bakış açısı olmaksızın bir ekosistemi kavramaya çalışmak, bir kişinin hayat deneyimleri hakkında hiçbir şey bilmeksizin onu anlamaya çalışmak gibidir. Benzer bir şekilde, ekoloji olmadan da evrimin süreçleri ve etkileri doğru kavranamaz, çünkü evrim ekolojik tiyatronun sahnesinde gerçekleşir.

Ekolojinin dar zaman dilimi bakış açısından Ranomafana yağmur ormanı (aslında her ekosistem), tüm oyuncularını enerji akışını ve besin döngüsünü sürdüren birlikte dokunmuş bir ilişkiler ağıdır. Besin ağının tabanında, eğreltiotlarından dev tropik sert ağaçlara kadar güneş enerjisini kullanarak kendi besinini yaratan üreticiler vardır. Bu enerjinin büyük bir kısmı, durgun ısı olarak çevreye sızar; böylece orman serin kalır ve bolca bulut oluşur. Fakat sistemi hareketli tutmak için yeterli miktarda enerji çeşitli seviyelerdeki tüketicilere aktarılır. Önce bitkilerle beslenen birincil tüketiciler gelir; bunlar çeşitli böcekler, kuşlar ve lemurları içerir. Birincil tüketiciler, bir dizi etçil tarafından tüketilir ve bu etçillerin bazıları da diğer etçillerinden beslenerek daha da yüksek seviyeye yükselir. Ranomafana yağmur ormanındaki bu ikincil tüketiciler örümcekler, yılanlar, bukalemunlar ve kuşlardır. Buradaki etçillerin en büyüğü, porsuk köpeği (dakhund) ile vaşağın talihsiz bir melezi gibi görünen kuyruk sürengillerden fossa (FOO-sa olarak telaffuz edilir) lemur yiyerek beslenir. Son olarak enerji döngüsü, ayrıştırıcılar veya döküntüyle beslenen canlıların çeşitliliğiyle tamamlanır. Bunlar çoğunlukla böcekler, bakteriler ve orman toprağının diğer küçük sakinleridir. Atıkları ve ölü organizmaları, bir sonraki üretici kuşağı tarafından kullanılabilir kimyasallara dönüştürürler. Bu çok seviyeli etkileşimler ağı, çeşitli geri bildirim döngüleriyle kendi kendine düzenlenir.

Bu türden karmaşık, birlikte dokunmuş bir biyolojik doku onlarca, yüzlerce veya hatta binlerce yıl önce birden bire var olmamıştır. Evrimci bir perspektiften, Ranomafana büyük ölçüde ortak evrimin –türlerin karşılıklı olarak birbirine etkisinin– yönlendirdiği milyonlarca yıllık benzersiz tarihsel olayların bir sonucudur. Bu şaşırtıcı yeri biraz olsun kavramak bile zaman içerisinde gelişen biyolojik dramları göz önünde bulundurmayı gerektirir. Bakterilerin birçoğu, milyarlarca yıldır çok az değişmiştir. Daha yeni diğer mikrobik formlar, bir veya birkaç türle yakın karşılıklı ilişkiler oluşturarak son derece özelleşmiştir. Önemli gruplar olarak sert ağaçlar ve çeşitli böcek formlarının kökleri, yaklaşık 400 milyon yıl önce araziye yerleşen yaşam formlarına dayanır. Yaprak kuyruklu geko, yaklaşık 300 milyon yıl önce diğer omurgalılarından dallanmış olan yumurtlayan kertenkeleler silsilesinden gelir. Kuşlar, varlıklarını ilk olarak belki de 160 milyon yıl önce uçmaya başlayan küçük, tüylü bir dinozora borçludur. İlk olarak dinozorlarla birlikte yaklaşık 125 milyon yıl önce ortaya çıkan ve daha sonra küresel flora egemenliğini sağlayan KAPALI TOHUMLULAR (çiçekli bitkiler) yağmur ormanı bitki örtüsünün büyük bir kısmının ortak atasıdır. Buna karşın lemurlar, yaklaşık 60 milyon yıl önce ilkel primat neslinden doğmuştur. Son olarak, asıl yeni sakinler, ataları yaklaşık 2000 yıl önce adaya ulaşmış olsalar da Afrika yakınlarında 7 ila 9 milyon yıl önce büyük kuyruksuz maymun neslinden ayrılan ve arka bacakları üzerinde duran hominid (insanımsı) ataların primat mirasçıları olan insanlardır. Daha önemlisi, bu organizmaların tümü daha da uzak bir geçmişte ortak bir atayı paylaşır.

Güney Hint Okyanusundaki görkemli yalıtılmışlığı içinde Madagaskar'ın eşsiz biyotasının kökenleri sorununa dönelim. David Krause'un geç Kretase devrine odaklanan projesi, hayvan nesillerinin adaya ilk nasıl ulaştıkları hakkında önemli ipuçları sunmuştur. Bugüne kadarki dokuz başarılı saha sezonu, omurgalı fosillerin kıymetli bir hazinesini ortaya çıkarmıştır. Antik kazanç, yalnızca dinozorları değil balıklar, kurbağalar, kertenkeleler, yılanlar, kaplumbağalar, timsahlar, kuşlar ve memelileri kapsar. Kubbe başlı theropod *Majungasaurus*'un yanı sıra, Üçüncü Bölümde tanıtacağım, *Masiakasaurus* adındaki ön dişleri dışarıda-

ki küçük yırtıcının kalıntılarını ortaya çıkardık. *Rahonavis* ya bir kuş ya da *Velociraptor*'e benzer küçük bir kuş-dışı dinazor olan kuzgun büyüklüğünde, orak pençeli, tüylü bir yırtıcıdır. Kaplumbağa kabuğu parçalarının dışında, *Rapetosaurus* gibi uzun boynlu sauropod devlerin kalıntıları Berivotra civarındaki en yaygın bulgulardır. Timsahlar burada olağandışı bir çeşitliliktedir; bugüne kadar yedi ayrı türü keşfedilmiştir. Timsahların en ilginç *Simosuchus*'tur; kısa, yuvarlak bir buruna ve basit, körleşmiş, yaprak şeklindeki dişlere sahip olan bu yassı burunlu hayvan, et seven bir timsahtan ziyade alışılmışın dışında vejetaryen bir bulldog cinsi köpek gibi görünür. Bu fosil kanıtların zenginliği, Madagaskar'ın geç Kretase devrindeki ilginç sakinlerinin, modern zamanlardaki ve nesli yeni tükenmiş karşılıklarının kıymetli ataları olduğunu gösterir. Dikkate değer bir biçimde, kesin olarak tanımlanabilen hayvanların tümü yalnızca Büyük Kızıl Adada yaşayan türleri temsil etmektedir ve bunların büyük bir çoğunluğu bilim için yenidir.

Fakat bitkiler, bakteriler ve böcekler gibi diğer birçok ekosistem bileşeni hakkında neler söylenebilir? Paleontologlar, fosil kanıtlarının büyük ölçüde kemik, diş ve kabuk gibi katı parçaların kalıntılarıyla sınırlı olmasıyla sonsuza dek kısıtlanmıştır. Dinazor kemiklerinin birçoğundaki sayısız delik ve oluk onların varlığını teyit etse de, fosilleşmiş böceklerle sahip değiliz. Her zaman her yerde olduklarını kesin olarak bilsek de bakteriler hakkında da doğrudan bir kanıt yoktur. Birçoğunun hâlihazırda yalnızca izole kemikler ve dişlerle temsil edildiği düşünüldüğünde, bu habitattan omurgalılar hakkındaki bilgilerimiz bile büyük oranda eksiktir. Bu antik ekosistemde mevcut çeşitliliğin çoğu için kanıt eksikliğine rağmen, tüm birincil ekolojik roller kesin olarak oynanmıştır. Fosilleşmiş ağaç parçaları ve zaman zaman karbonlaşmış bitki kalıntıları, bitki üreticilerin yetersiz kanıtlarını sunar. Devasa sauropodlar ve pug burunlu timsahlar gibi omurgalılar, bitki yiyenler arasındadır. Etçiller ise yırtıcı dinazorlar, yılanlar ve timsahları içerir. Son olarak dinazor kemiklerinde bolca görülen böcek delikleri, döküntüyle beslenenler kategorisinin, yani başkalarının kalıntılarıyla geçinenlerin kanıtını sunar.

Buradaki anahtar nokta, Madagaskar'ın Hint Okyanusundaki uzun ömrü boyunca (ve bir ada haline gelmeden önceki zamanlarda) çok çeşitli topluluklara ev sahipliği yapmış olmasıdır. Derin zaman perspektifinden bakıldığında, bu alt tropikal cennetteki karakterler grubu neredeyse sürekli değişmiştir. Bu zamana kadar, paleontolojik keşiflerimiz son biyota ile geç Kretase devrinin biyotası arasındaki yakın evrimsel bağlantıların çok az kanıtını sunmuştur. Yaklaşık 70 milyon yaşındaki dinozorları barındıran kayalarda, örneğin lemur veya bukalemun kemiğine rastlanmamıştır. Hem Kretase hem de modern ekosistemlerde bulunan kurbağalar, balıklar, kaplumbağalar, yılanlar, timsahlar ile memeliler gibi gruplar arasında, fosil kayıtları yakın akrabalık veya bazal stokların çok az işaretini sunmuştur. Bu grupların çoğunun fosil temsilcilerini bulamamış olabiliriz, ama bulunan fosil biçimlerinin büyük çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda bu pek muhtemel görünmemektedir. Bu tablo, Madagaskar'ın çok özelleşmiş modern flora ve faunasının atalarının, dinozorların ortadan kaybolmasından çok sonra Senozoik Zamandan gelmiş olduğunu ima eder. Bunun için birçok grubun atalarının üyelerinin, adayı Afrika'dan ayıran ve en yakın noktada 400 kilometre (250 mil) uzunluğunda olan geniş ve derin Mozambik Kanalı'nı geçmiş olması gerekir. Bu deniz yolcularının bazıları yüzmüş olabilir, ama geri kalanlar büyük bir ihtimalle yüzen büyük bitki birikintilerinin üzerinde gelmiştir. (İhtimal dışı gibi görünen bu senaryoyu destekler nitelikte, Karayip iguanalarının yüzen tomruklar üzerinde Mozambik Kanalı'nın genişliğine kabaca eşit olan mesafeleri kat ettiği belgelenmiştir.)

Bu tür belirsizliklere rağmen, güneş enerjisinin geldiğinden ve besinlerin farklı kaynaklardan, çoğu zaman gösterişli yaşam biçimlerinin geçit törenini sürdürmesini sağlayacak şekilde Büyük Kızıl Adadaki ekosistemler aracılığıyla sürekli bir döngü kurduğundan emin olabiliriz. Madagaskar'daki fosil ve modern yaşam biçimleri önemli ölçüde farklılık gösterse de, adanın sakinleri aradan geçen milyonlarca yıla yayılan yakın bağları paylaşır. Birkaç örnekte bu bağlar büyük olasılıkla doğrudan evrimsel köken tarafından oluşturulsa da birçoğu doğası itibariyle ekolojiktir. Sürekli değişiklikler yaşanırken, adanın ekosistemleri boşluklar

olmaksızın varlığını sürdürmüştür. Enerjilerini Güneş'ten alan bu karmaşık üretici, tüketici ve ayrıştırıcı toplulukları zaman içinde biçim değiştiren yoğun ilişki ağları oluşturmuştur. Milenyum kadar her jenerasyonun ölümleri, bir sonraki için gıda vazifesi görmüştür ve gıdaların sürekli döngüsü, yiyen ile yenilen arasındaki ayrımı bulanıklaştırmıştır. Böylelikle Madagaskar'ın yaşam formları (ve diğer yerlerdeki) sadece mekânda değil, zamanda da birbirine bağlanabilir. Sonraki tüm jenerasyonların kaderleri, daha önce gelenlerin tümüne ayrılmaz bir şekilde bağlıdır.

Dinozorların birçok popüler tasviri, dinozor-dinozor etkileşimlerine –özellikle de avcılar ile av arasındaki ölüm-kalım mücadelesine– odaklanır. Fakat bu antik hayvanlar, biyolojik bir boşlukta var olmamıştır. Şüphesiz, kendi dünyalarına bütünsel olarak yerleşmişler ve diğer organizmalarla kapsamlı bir ilişkiler ağına katılmışlardır. Bu ilişkilerin birçoğu, fosil kayıtlarında saklı değildir ve sonsuza dek kaybolmuştur. Fakat birçoğu da titiz incelemeler sonucunda, çoğu zaman çeşitli disiplinlerden uzmanlarla işbirliği içinde ortaya çıkarılmıştır. Belli bir güvenle tahminler yapılabilecek ilişkiler de vardır; çeşitli kanıtların ortaya koyduğu bu ilişkiler, gelecekte sınanmayı beklemektedir.

Dinozorların Destansı Yolculuğu'nun geri kalanı, ekoloji ve evrimin ikiz sütunlarını tarafından desteklenen bağlantılar temelli bir yaklaşım benimseyerek dinozorların dinamik dünyasını keşfedecektir. Yaşam ağı, görünen o ki, iki farklı türden iplikle örülür: zamanın belli bir anındaki organizmaları enerji akışı üzerinden birbirine bağlayanlar (ekoloji) ve derin zamana kadar tüm yaşam formlarını genetik bilgi ve ortak atalar aracılığıyla birbirine bağlayanlar (evrim). Ekoloji çoğunlukla karşılıklı bağlantılar ve bağımlılıklarla ilgilenirken, evrim değişim ve karşılıklı ilişkilere dairdir. Bunlar bir araya geldiğinde doğal dünyayı gözlemleyebileceğimiz etkili ve yeterince kullanılmamış bir merceğe sunar.

Bu nedenle, ilerleyen bölümlerde sadece dinozorlar dünyasında kimin kimi yediğiyle ilgilenmek yerine, daha derinlere inerek daha karmaşık soruların yanıtı arayacağız. Devasa vücut büyüklükleri, dinozorlarda birbirinden bağımsız olarak neden bu kadar çok kez evrimleşti? Dinozorların Mezozoik ekosistemlerde oynadığı roller nelerdi? Kayan kıtalar ve değişen iklimler dinozor

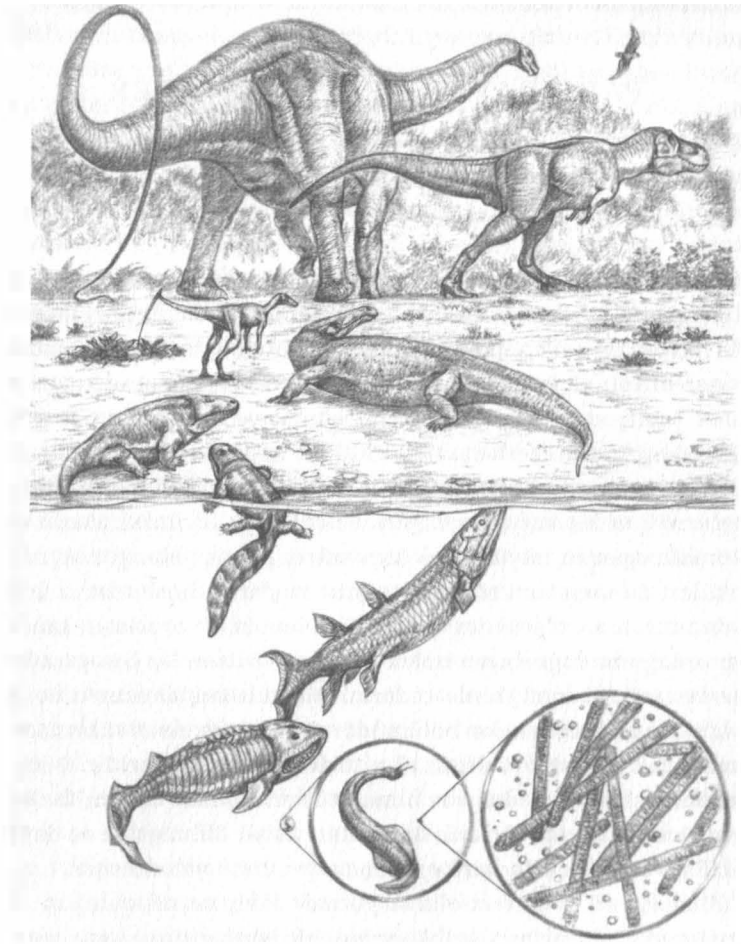
çeşitliliği ve dağılımını nasıl etkiledi? Dinozor fosil ipliklerinin birlikte dokunması, günümüzde bir parçası olabildiğimiz yaşam ağının üzerine ne gibi etkilere sahip oldu? Fosil kayıtları birçok temel konuda sessiz veya sessize yakın olduğundan, canlı âlemi üzerinde düşünmeye de hayli zaman ayrılacaktır. Temel stratejimiz, genel olarak bilim insanlarının yaptığı gibi, örüntüleri araştırmak ve bunları temeldeki süreçleri çıkarsamak için kullanmak olacaktır. Bu yolculuğa çıkarken, dinozorların kendi dönemlerinin “karizmatik megafauna”sı olduğunu göz önünde bulundurmak önemlidir. Dinozorların öyküsünü anlatmak için, bu antik dramdaki daha az gösterişli diğer oyuncuları ve yaşadıkları dünyayı da anlamamız gerekir. Amaç, dinozorlara bakmak için yeni bir ayna tutmaktır.

Sonuçta ortaya çıkan öykü, zaman içinde yeni yeni anlamaya başladığımız epik bir yolculuktur; tarih öncesi bir odesa destanıdır. Homeros’un *Odysseia*’sında kahraman Odysseus’un Truva’nın düşmesinin ardından anavatanına ulaşması on yıl sürer. Odysseus yol boyunca sayısız macera yaşar. Sonunda evine ulaştığında kendini dönüşmüş bulur. Dinozorların Mezozoik destanı, çok daha uzun (yaklaşık 160 milyon yıl) sürse de, bir o kadar macerayla dolu ve dönüşümseldir. Dinozorların ne aşırı büyük kertenkeleler ne de tam olarak kuş veya memeli olduğunu gittikçe daha çok fark ediyoruz. Hayatın tarihinde Dünya’nın biyosferini sonsuza dek değiştiren bir kara hayvanları hanedanlığı olarak benzersiz bir yere sahiptirler. Fakat dinozorlar Dünya üzerinde bir boşluğun içinden birdenbire ortaya çıkmamıştır. Evrimleşen varlıkların uzun, kırılmamış bir zincirinin birikimidirler. Bu, günümüze dek ulaşan bir zincirdir. Sadece dinozorları değil, biz insanların da dahil olduğu Dünya üzerindeki tüm yaşamı kapsayan o Büyük Öyküye dönelim.

PARILDAYAN KERTENKELELER

Dinozorlar hem ünlü hem de nesli tükenmiş olduğundan genellikle çocuklara başarısızlık timsali olarak betimlenir. Fakat yaklaşık 160 milyon yıl varlığını sürdürmek doğanın büyük başarı öykülerinden biridir. (Primatlar yaklaşık 55 milyon yıl, hominid kuzenlerimiz 7 milyon yıl varlığını sürdürmüştür ve insanların varlığını sürdürdüğü süre ise henüz 200.000 yıl kadardır.) Dinozorlar bu süre boyunca evrimleşerek olağanüstü bir form ÇEŞİTLİLİK'i oluşturmuş ve bir kutuptan diğerine her kıtaya yayılarak Mezozoik Zamanın egemen büyük kara hayvanları haline gelmiştir. Ayrıca, nesilleri de tamamen tükenmemiştir; kuşların dinozorların doğrudan torunları olduğunu ve gerçek anlamda dinozorların kendileri olduğunu doğrulayan bolca kanıt mevcuttur. On bin yaşayan tür (ve nesli tükenmiş binlerce form) arasında kuşlar uzun dinozor öyküsünün sadece en son bölümüdür. Son olarak; nesil tükenmesi, utanılacak bir istisna değil, tüm türlerin nihai kaderidir. Dünya üzerinde şimdiye kadar var olmuş türlerin yüzde 99'dan fazlası artık yoktur. Evrim, türlerin doğumları kadar ölümlerine de dayanır. Eski türlerin ortadan kaybolması yenilerin yolunu açar.

Dinozorları başarısız olarak görmek kibir ve miyoplüğün bir karışımıdır. Milyarlarca yıllık evrimi, bir ısınma süreciymişçesine kabul ederek, kendimizi evrimin kaderi olarak görmekten hoşlanı-
rız. Fakat bu türden bir insan-merkezli kibir, ciddi bir zamansal miyopluk vakası olmaksızın olası (veya en azından makul) değildir. Günümüzdeki kaygılarımızın ve hominid öncülerimizin kaygılarının çoğu yalnızca saniyeler, dakikalar, saatler ve günler sürer. Ömürlerimiz on yıllarla ölçülürken, gezegenimizin yaşı milyarlarca (binlerce milyon) yıldır! Kozmik mesafeler gibi, dünya tarihi insanın kavrayışının neredeyse ötesine uzanacak kadar engindir ve türümüzün egemen olduğu süre bunun yüzde birinden de küçüktür.



Tek hücreli bakterilerden dinozorlara yaşamın yükselişi. Aşağıdan yukarıya doğru: mavi-yeşil alg veya siyanobakteri; omurgalıların soyuna yakın kurt benzeri bir hayvan olan *Pikaia*; zırhlı bir çenesiz balık olan *Cephalaspis*; tetropodların soyuna yakın yuvarlak yüzgeçli bir balık olan *Eusthenopteron*; balık benzeri bir amfibi olan *Ichthyostega*; karada yaşayan bir amfibi olan *Eryops*; timsah benzeri bir archosaur olan *Chasmatosaurus*; archosaurlar arasında dinozorlara yakın bir tür *Lagosuchus*; sauropod dinozor *Apatosaurus*; theropod dinozor *Tyrannosaurus*; kırmızı kuyruklu bir şahin ve bir kuş theropod dinozor olan *Buteo*. Bu sekans, atalar ve torunlarının doğrudan bir çizgisini göstermez; evrim destanında dinozorlardan dallanan temsili yaşam formlarının örnekleridir.

Derin zamanın enginliğine inerken metaforlara başvurmak yararlıdır. Örneğin dünya tarihi 24 saat olsaydı, insanlar yalnızca gece yarısından önce birkaç saniyeliğine görünürdü. Bir futbol sahasının uzunluğu olarak betimlenseydi, zaman tüm mesafeyi kat edip gol çizgisinden geçtiğinde ortaya çıkardık. Eski bir İngiliz ölçü birimi olan yarda ile karşılaştırsaydık –Kral’ın burnundan ileriye doğru uzattığı elinin ucuna kadarki mesafe– orta parmağına vurulacak bir tek tırnak törpüsü darbesi insanlık tarihini yok ederdi. En çok sevdiğim karşılaştırma ise Mark Twain’e aittir: Eyfel Kulesi dünya tarihini temsil ediyor olsaydı, insanların süresi kulenin tepesindeki bilyenin üzerindeki boyanın kalınlığı kadar olurdu. Twain, insanın kibriyle alay ederek, elbette ki kulenin sırf o ince boya katmanı için inşa edildiğinin herkes tarafından anlaşılabileceğini ekler!

Kopernik’in güneş merkezli güneş sistemi ve Darwin’in yaşamın ortak soyuyla birlikte, DERİN ZAMAN’ın kavranması tüm insan düşüncesindeki en önemli keşiflerdendir; kendimize ve evrene bakışımızı sonsuza dek değiştirmiştir. En önemlisi, derin zaman insan varoluşunun süresini göz açıp kapayıncaya kadar geçen kısa bir süreye indirger.

Dünya üzerinde yaşayan milyarlarca tür içinde, jeolojik zamanın enginliğini tasavvur eden ilk türüz. Fakat zamanın çizgisel olmadığı, olayların aralıksız olarak geçmişten bugüne değişmediği bir dünya hayal edin. Bunun yerine hayatı, gerçek anlamda bir tarih teşkil etmeyen, sürekli tekrar eden döngüsel sekanslar olarak düşünelim. Kavranması zor olsa da, bu kavram insan tarihinin büyük bir kısmı boyunca insanlar için gerçekliği temsil eder ve birçok yerli kültürde model olmaya devam eder. Kültürel ekolojist David Abram’ın *The Spell of the Sensuous [Alguların Büyüsü]* kitabında ifade ettiği gibi:

“Yerli, sözlü kültürlerde ‘zaman’ adını verdiğimiz kesintisiz akış, büyük bir çoğunlukla döngüsel karakterdedir. Bu kültürlerin mensuplarının duyuları, çevrelerindeki araziyle uyumludur; halen rüzgârların ve orman kuşlarının açıklayıcı konuşmalarına aşinadırlar ve halen hissi kozmosun iştirakçisidirler. Bu tür bir dünyada zaman, Güneş ve Ay’ın döngüsel hayatından, mevsim-

lerin döngüsünden, hayvanların ölümü ve yeniden doğumundan, yeşeren dünyanın sonsuz dönüşünden ayrılmaz.”¹

Bu tür sanayileşme öncesi halklarda, eşsiz ve olağandışı olaylar bile tamamen döngüsel zaman ve yinelenen mitler olarak özüm-senir; öykü kuşaktan kuşağa aktarılırken şekil değiştirir. Abram, çizgisel zaman kavrayışının muhtemelen antik İbranilerde alfabetik yazıyla beraber ortaya çıktığını ileri sürer. Yalnızca yazılan sözcüklerle, tarihsel veya mitik olayların detayları kalıcı olarak kaydedilebilir ve tekrarlanmayan bir zaman çizgisi yaratılır.

Bilim insanlarının ışığı hem parçacık hem de dalga olarak düşünmesi gibi, yaşam ve zaman da hem doğrusal hem de döngüsel olarak görülebilir: tarihsel olayların benzersiz bir sekansı ve döngüsel süreçlerin tekrara dayalı bir kümesi. Tek başına doğrusal olarak görülüp tekrar etmeyen olaylar dizisi olarak değerlendirilirse, yaşamın tarihi her süreci kaçıırır. Buna karşın zamanın oku olmaksızın da bakış açımız eksik kalır, çünkü evrim tarih tarafından sürekli olarak sarsılan olumsal bir olgudur. Derin zamanın bilimsel “keşfi” oku büyük ölçüde uzatmış ve Dünya’ya ve evrene neredeyse akıl ermez bir insan öncesi tarih kazandırmıştır.

Derin zaman, 18. yüzyılın sonlarından itibaren kolektif insan bilincinde süzülen yeni bir kavramdır. Bu tarihten önce uzmanlar genellikle Dünya’nın yaklaşık 6000 yaşında olduğunu düşünüyorlardı. Fizikçi Isaac Newton’ın da aralarında bulunduğu birçok seçkin birey, daha net hesaplamalar yapmaya çalışmıştır. Belki de en ünlü tahmin, İncil ve diğer kaynakları uzun uzadıya inceledikten sonra Dünya’nın MÖ 23 Ekim 4004 tarihinin arifesinde yaratıldığını belirleyen Piskopos James Ussher’dan gelmiştir.

Bilim tarihçileri derin zamanın keşfini genellikle 18. yüzyılda yaşayan İskoç bilge James Hutton’a atfeder. Hutton’dan sık sık modern JEOLJİ’nin babası olarak söz edilir. Tüm kayaların gezegen genelindeki bir tek tufandan geldiğini öngören dönemin “Neptünist” teorisine karşın, Hutton doğru bir biçimde Dünya’nın içindeki ısının yeni kayaları yarattığını sonucuna ulaşmıştır. Hutton’ın *The Theory of the Earth [Yeryüzünün Kuramı]* (1775)

¹ Abram 1996:185.

kitabında ayrıntılı olarak açıklanan bu sözde "Plütonist" teori, dünya tarihini anlamanın en iyi yolunun, tarihi tekrarlanan olay döngüleri olarak değerlendirmekten geçtiğini de ileri sürmüştür. Hutton, bu olayların çok fazla zaman gerektirdiğini, zamansal kökleri daha önce düşünülenlerden çok daha derinlere götürdüğünü ileri sürmüştür. Hutton'ın görüşleri, tek biçimcilik prensibini yani geçmiş jeolojik olayların volkanik faaliyetler, Dünya'nın kabuğunun yükselmesi, rüzgâr ve sudan kaynaklanan erozyon gibi mevcut doğal süreçlerle açıklanabileceği kavrayışını doğurmuştur. Kısacası, bugün geçmişin anahtarıdır. Yeterince geniş zaman dilimlerinde, tekrarlanan olaylar gerçekten de Dünya'nın yüzeyini geri dönüştürür; rüzgâr ve su, dağ sıralarını eritirken jeolojik yükselme yeni dağ sıraları yaratır.

Hutton'ın temel kavrayışlarının birçoğu, sahada yapılan deneysel gözlemlerden kaynaklanmamıştır. Biraz ironik bir biçimde, dünya görüşü önceki bölümde açıklanan Newton'ın mekanikçi perspektifinden çok etkilenmiştir. Kozmoloji ile jeoloji arasında Newtoncu türden bağlar kurma ve seçilen disiplinin bilimsel kesinliğini artırma çabasıyla, Hutton zamanın döngüsü fikrini desteklemiştir. Zamanın okunu büyük ölçüde uzatmaktan sorumlu olan kişi, aynı zamanda zamanın döngülerinin de önemli bir savunucusu olmuştur. Hutton, ancak temel tezinin yayımlanmasının ardından bu görüşü destekleyen saha gözlemleri yapabilmıştır.

Bu gözlemlerin içinde en önemlisi, günümüzde uyumsuzluk olarak bilinen yapıların tanımlanmasıdır. Hutton, İskoçya sınırları içinde yönleri belirgin bir biçimde farklılaşan kaya katmanları veya tabakaları bulmuştur. Temel kaya katmanları neredeyse düşey yönelimliken, onların üzerini örtenler yataydı. Tortullar düzenli olarak birikmiş olsaydı, katmanların tümünün yatay olması gerekirdi. Hutton, bu örüntüyü bir dizi dinamik olayın üretmiş olması gerektiğini fark etmiştir. Asgari seviyede birbiri ardına dört adıma ihtiyaç vardı: (1) tortulların yatay olarak biriktiği başlangıç dönemi; (2) bir deformasyon veya devrilme döneminin ardından yaşanan yükselme; (3) yükselen kayalar dizisinin erozyonu ve (4) daha antik kayaların üstünde yenilenen tortullaşma (sedimentasyon) dönemi. Burada tam ta Scotsman'ın aradığı çok uzun zaman gerektiren tekrarlanan bir döngü vardır.

Hutton modern jeolojinin babasıysa, 19. yüzyılda yaşayan İngiliz Charles Lyell onun ilk oğludur. Lyell üç ciltlik ünlü çalışması *Principles of Geology* [*Jeolojinin İlkeleri*]'de (1830-1833) Hutton'ın izinden giderek Dünya'nın tarihini jeolojik zamanda biriken gündelik, yavaş akan süreçler üzerinden değerlendirmenin uygun olduğunu ileri sürmüştür. Sahada sayısız örnek belgeleyen Lyell, gezegenin zamanının enginliğinin Büyük Kanyonun derinliklerinden Himalayaların baş döndürücü doruklarına kadar bugün görülen çok çeşitli jeolojik yapıları açıklamak için yeterli olduğunu ileri sürerek, tek biçimciliğin savunucusu haline gelmiştir. Çağdaşı ve arkadaşı Charles Darwin, evrim teorisi için tek biçimci perspektifi benimsemiştir. Darwin'e göre evrim, çevremizde gördüğümüz hayatın çeşitliliğini biriktirmek için çok dipsiz bir derin zaman uçurumunda insan bakış açısıyla sezilemez bir şekilde aşama aşama gerçekleşmiştir. Darwin'in aşamalılık ve tek biçimlilik vurgusu, 1859'daki *Türlerin Kökeni* kitabındaki belki de en çok bilinen pasajında güzel bir şekilde ifade edilir:

"Doğal seçilimin, tüm dünyada her değişimi, en küçük çaplısını bile günlük ve saatlik olarak incelediği; kötü olanı reddedip iyi olan her şeyi koruduğu ve üst üste koyduğu; her organik varlığın kendi yaşamının organik ve inorganik koşullarıyla ilişkili olarak gelişiminde her zaman ve her fırsatta sessizce, belli belirsiz bir şekilde işlediği söylenebilir. Zamanın eli, çağların geçtiğini işaret edene dek bizler bu yavaş değişimleri süreç içinde hiçbir şekilde görmeyiz."

Gelgelelim tek biçimci bakışa meydan okuyanlar da eksik olmamıştır.

İnsanlar problemleri dikatomiler üzerinden tanımlamayı yeğler ve bilim insanları da istisna değildir. Tek biçimciliğe başlıca meydan okuyuş, mantıksal karşıtı olan katastrofizmdir. En parlak katastrofist, 19. yüzyılın başlarında önde gelen bir anatomist ve fosil kayıtlarında nesil tükenmesini bekleyen ilk kişi olan Baron Georges Cuvier'dir. Cuvier, bazı fosil türlerinin belirli kaya katmanlarıyla sınırlandığını fark etmiş ve hayvan gruplarının birbiri ardına neslini tüketen afet-vari olaylar dizisini ileri sürmüştür. Lyell gibi Cuvier de insan ömrünün kısalığı nedeniyle derin zama-

nın etkilerini göremediğini kabul etmiştir. Buna karşın Cuvier, kayalarda yavaşça devam eden jeolojik süreçler yerine tufan ve volkanik faaliyetler gibi çalkantılı olayların işaretlerini görmüştür. Bu olayların milyonlarca yılda bir kez gerçekleşecek kadar nadir olması durumunda, insanların deneyimlerinin tamamen dışında olacağına dikkat çekmiştir. Fakat bu tür periyodik yıkımların, zamanın derinliği göz önünde bulundurulduğunda, çevremizdeki dünyayla neticelenmesi muhtemeldir.

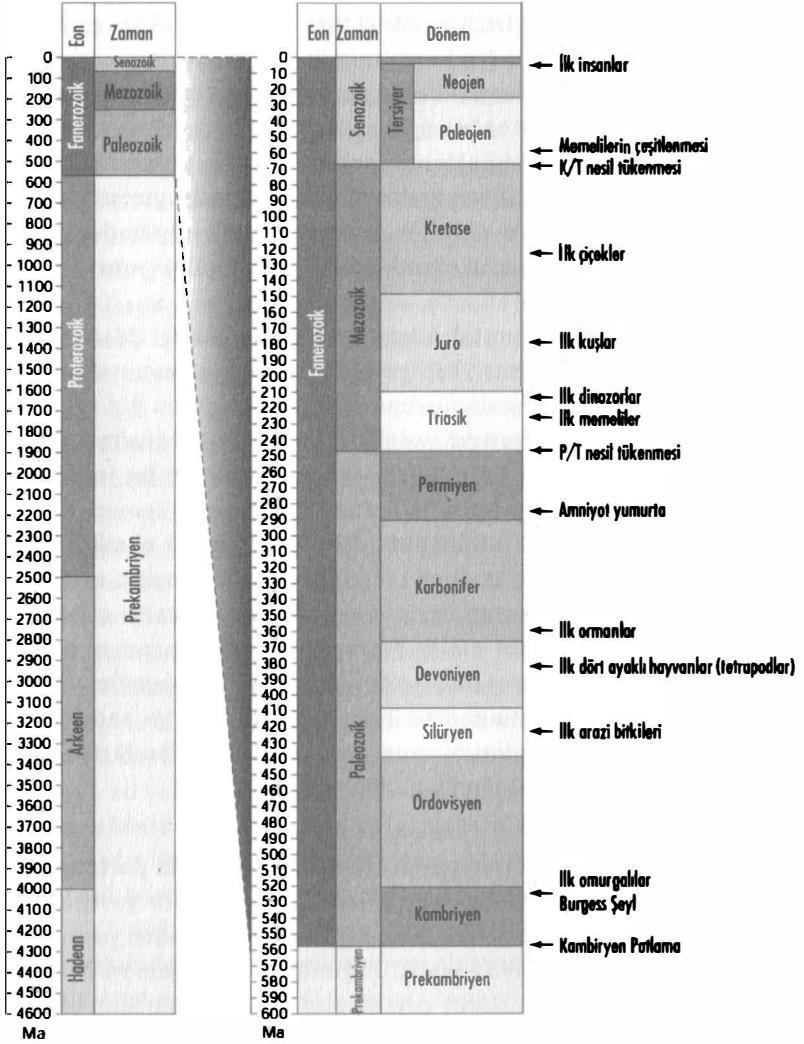
Bu kutupsal karşıtlığı nasıl bağdaştırabiliriz? Bu iki görüşten tek biçimcilik, 19. yüzyılın ortasından itibaren gelişerek modern jeoloji ve paleontolojinin yönlendirici ilkesi haline gelmiştir. Günümüzde jeolojik süreçlerin birçoğu gerçekten de kaya kayıtlarında tanımlanabilmektedir. Fakat birçok dikotomide olduğu gibi bu da sunidir, çünkü iki alternatif karşılıklı olarak birbirini dışlamaz. Bir başka deyişle katastrofik, bir kerelik olaylar, yinelenen döngüler içinde gerçekleşerek dünya tarihini şekillendirebilir. Son on yıllarda, kısmen dinazorların dünyaya bir asteroidin çarpması sonucunda öldüğü görüşünden kaynaklı katastrofizm gürültülü bir şekilde geri dönmüştür. Bu hipotez, geniş bir destek görmüştür ve diğer nesil tükenmeleri makul bir biçimde dünya dışı cisimlerin çarpmasıyla ilişkilendirilmiştir. Neden(ler) ne olursa olsun bu çok ayrı olaylar, Cuvier'i haklı çıkaracak şekilde, geri döndürülemez bir biçimde katastrofikdir. Günümüzde hem tekrarlanan döngüler hem de benzersiz tarihsel olaylar dünyanın derin tarihinin bütünlüleyici parçaları olarak kabul edilir.

Hukuk eğitimi almış olan Lyell, bilimsel dünyayı tek biçimciliğin aynı anda her yerde bulunduğuyla başarıyla ikna ederken, Avrupa'daki jeologlar jeolojik zaman skalasını bir araya getirmiştir. Zamanın en büyük ve kapsayıcı birimlerine EON adı verilmiştir. Tüm bitkiler ve birçok hayvan, yaklaşık 540 milyon yıl önce başlayan Fanerozoik Eon'la sınırlanır. Eonlar ZAMAN'lara (örneğin Mezozoik Zaman) ve onlar da DÖNEM'lere ayrılır (örneğin Jura Dönemi). EPOK adı verilen devirler ise daha da küçük birimlerdir; örneğin bugünkü Holosen veya bir önceki Pleistosen devir gibi. Çeşitli büyüklüklerdeki bu jeolojik birimler, kayalar ve fosillerin oluşumuyla ve uyumsuzlukların varlığıyla ayırt edilir. Fanerozo-

ik Eon'daki birçok alt bölüm, günümüzde kitlesel nesil tükenmesi olayları olarak kabul edilen birçok hayvan grubunun, aynı anda ortadan kaybolmasıyla örtüşür. Jeologlar da dünyanın başka bölgelerinde aynı genel kaya dizilişinin gerçekleştiğini keşfetmiştir. Araştırmacılar örneğin Kuzey Amerika'daki jeolojik birimler ile Avrupa'dakiler arasında ilişki kurabilmiştir.

Derin zamanın bilincinde olmalarına rağmen 19. yüzyıl jeologları, inceledikleri kayaların gerçek yaşını belirleyememiştir. Örneğin, dinozorların on binlerce yıl önce mi, yoksa milyonlarca yıl önce mi yaşadığını net olarak söyleyememişlerdir. Basit bir ifadeyle, uygun saate sahip değillerdi. Bilim insanları, 19. yüzyılın sonunda radyoaktivitenin keşfinden sonra bu amaç için etkili bir araç geliştirebilmiştir.

Çekirdekte aynı sayıda PROTON'a sahip olan ama yörüngesindeki ELEKTRON sayısı farklılık gösteren belirli bir kimyasal elementin türlerine İZOTOPLAR denir. Jeologlar derin zamanın saatini ölçmek için DEĞİŞKEN İZOTOPLAR'ın daha sabit hale geldiği kararlı bozunumlardan faydalanır. Spesifik bir biçimde, doğal olarak gerçekleşen radyoaktif izotopların (ebeveyn izotoplar) bolluğu, onların bozunma ürünleriyle (çocuk izotoplar) karşılaştırılır. Ebeveyn izotopların çocuk izotoplara oranı ölçüldükten sonra, bozunum başladıktan sonra geçen süreyi hesaplamak için bozunum hızı kullanılır; yani organik maddelerin (radyokarbon tarihleme örneğinde) veya kayaların (diğer birçok metotta) yaşı belirlenir. Neyse ki, radyoaktif izotoplar farklı hızlarda bozunur. Örneğin radyokarbon tarihleme, yaklaşık 60.000 yıldan daha az yaşında olan organik kalıntıların yaşını tahmin etmek için karbon-14'ün karbon-12'ye görece hızlı bir biçimde bozunmasından faydalanır. Buna karşın potasyum-40 argon-40'a 200.000 kat daha yavaş bozunarak onlarca ila yüzlerce milyon yıllık dilimde yaş tahminleri yapmaya imkân tanır. Potasyum-argon tarihleme, dinozor fosillerinin ve diğer Mezozoik kalıntıların yaşını belirlemek için yaygınca kullanılan bir metottur. Radyoaktif izotop tarihleme metoduna dayalı olarak, Dünya'nın yaşı 4,6 milyar yıl olarak tahmin edilmektedir. Astronomlar ise tamamen farklı teknikler kullanarak evrenin yaşının 14.000.000.000 (14 milyar) yıl olduğunu tahmin etmiştir, yani Dünya bu zaman diliminin yalnızca üçte birinden fazla süredir mevcuttur.



Şekil 2.1: Jeolojik zaman skalası. Soldaki sütun dünya tarihinin tüm 4,6 milyar yılını gösterir; metinde incelenen eonlar ve zamanları işaretler. Sağdaki sütun Fenozoik Eon'a (son 560 milyon yılına) odaklanarak önemli evrimsel olayların beraberinde zamanlar ve dönemleri gösterir. Her iki sütun da sol tarafta bir zaman skalası içerir ("My" kısaltması milyon yılın karşılığıdır).

Bu zamansal derinlik, yaşam ağına yeni bir perspektif sunar. Ağ uçsuz bucaksızdır; belirli bir andaki tüm BİYOSFER'i kapsar. Fakat aynı zamanda tarihsel bir boyutu da vardır; Dünya'nın süresinin büyük bir kısmını kapsar. Dolayısıyla yaşam ağı hem geniş hem de derindir. Derin zaman bakış açısından, ağ hiçbir zaman sabit veya katı değildir. Birbiriyle bağlantılı sayısız parçası, güneş enerjisinden gelen ekolojik iplikler sürekli olarak birbirinin yerini aldıkça sürekli olarak değişime uğrar. Bu esnada genetik bilgilerden gelen evrimsel iplikler de, geçici olarak onlara ev sahipliği yapan yaşam formlarıyla birlikte dönüşerek şekil değiştirir.

Tüm organizmaların tek hücreli atalardan geldiği düşünöldüğünde, yaşam ağı ilk BAKTERİ'ye kadar gerilere uzanan ve aradan geçen eonlarda sayısız dönüşöme uğrayan kesintisiz bir ağ oluşturur. Tüm soylar, ayrı ayrı genetik iplikler olarak düşünölebilir. Bazıları kendi başlarına iplikler olarak evrimleşen bu ipliklerin dallanması, yeni formların kökenine işaret eder. Zaman içinde gittikçe daha çok ipliğin birlikte dokunmasıyla ağ sürekli daha karmaşık hale gelmiştir. Özel bir ipliği seçip karmaşık evrimsel tarihinin izlerini zamanın derinliklerine kadar sürmeye çalışmak büyüleyici bir düşünce deneyidir. Somut bir derin zaman çerçevesinde, dinozorlara uzanan ipliği incelemeye çalışacağım ve sizi Büyük Patlamadan dünya üzerinde yüröyen şimdiye kadarki en büyük hayvanlara kadar evrimin destanının baş döndürücü "dinozor merkezli" yolculuğuna çıkaracağım.

Evren, yaklaşık 14 milyar yıl önce Büyük Patlamada parlamıştır; bir tek şiddetli patlamada uzay, zaman, ışık ve madde yayılmıştır. Bu "Büyük Işıma"dan sonra daha bir dakika geçmeden protonlar ve NÖTRONLAR ortaya çıkmış, çoğunlukla hidrojen ve helyum olan en basit elementlerin çekirdeğini oluşturmak için birleşmiştir. Yaklaşık 300.000 yıl sonra elektronlar bu çekirdeklerle ilk kez birleşmiş, maddeyi hidrojen ve helyum atomlarına dönöştürmüştür. Bu atomların sonsuz küçük bir miktarı, bir gün tüm dinozorların vöcutlarını oluşturacaktır. Yaklaşık 11 milyar yıl önce madde helezonlaşarak dönen milyarlarca spiral galakside yoğunlaşmıştır. Bunlardan biri sonunda Samanyolu olarak bilinecektir. Uçsuz bucaksız galaktik çarkifelekte, gaz ve tozdan milyarlarca

yıldız yoğunlaşarak muazzam miktarlardaki hidrojeni helyuma dönüştüren nükleer füzyon ateşlenmiştir. Bu yıldızların büyük bir kısmı –Güneşimizden en az sekiz kat büyük olanlar– hidrojen yakıtlarının çoğunu tükettikten sonra daha da büyük miktarlarda ısı ve sıcaklık üreterek kendi iç ocaklarında karbon, nitrojen, oksijen, gümüş, magnezyum, bakır ve demir gibi daha ağır elementleri işlemiştir. Nihayetinde dev yıldızlar patlayarak ağır elementlerini çevrelerindeki galaktik uzaya kustuştur. Dünya üzerindeki tüm yaşam, bir gün bu dolaşan yıldız tozlarından oluşacaktır. Bu süpernovalardan yayılan şok dalgaları, ikinci jenerasyon yıldızların oluşumunu tetikleyerek yıldız doğumları ve ölümlerinin ek döngüleriyle sonuçlanmıştır.

Yaklaşık 4,6 milyar yıl önce, ortalama büyüklükteki bir ikinci jenerasyon yıldız olan Güneşimiz çekirdekten yaklaşık 26.000 ışık yılı uzaklıkta Samanyolu galaksisinin ücra bir spiral kolunda oluşmuştur. Primordiyal Güneş'in yörüngesindeki geri kalan gaz ve toz birikintisi diski, daha küçük birçok planetoit ve aylarla beraber sekiz gezegende yoğunlaşmıştır. Bir gün yeryüzünde *Stegosaurus* ve *Velociraptor* olarak yürüyecek olan atomlar da dahil, daha ağır elementler merkezi yıldızın en yakınında yoğunlaşarak bugün Merkür, Dünya, Venüs ve Mars olarak bilinen dört kayalık gezegeni oluşturmuştur. Buna karşın, erken güneş sisteminde bolca birikinti kalmıştır ve gezegenleri yaygın olarak etkilemiştir. Güneş'e en yakın üçüncü gezegen olan Dünya, yaklaşık 4,5 milyar yıl önce Mars büyüklüğünde bir gezegenden çok şiddetli bir darbe almıştır. Bu rastlantısal çarpışma, gezegenimizden büyük bir parçanın kopmasına yol açmıştır ve Dünya'nın yörüngesine sayısız eriyik doğal uydu çıkarmıştır. Yüzyıldan daha kısa bir sürede bu doğal uydular birleşerek Ayımızı oluşturmuştur. Ay, Dünya'nın eksenini etrafında dönüşünü istikrara kavuşturmuş ve okyanus dalgalarının döngüsel yükselişi ve alçalışı da dahil olmak üzere yaşamla ilgili koşulların oluşmasına katkıda bulunmuştur.

Dünya'nın ilk Eon'unun –Hadean– büyük bir kısmında devam eden dünya dışı bombardıman, yaklaşık 3,9 milyar yıl önce sonlanmıştır. Bu meteor yağmurunun etkileri, sonraki milyarlarca yıl çok az değişen Ay'ın kraterli yüzeyinde görünür şekilde kalmıştır. Buna karşın Dünya her zaman dinamik bir gezegendir ve düzenli olarak

aşağı ve yukarı doğru hareketlere sahne olur. Yunanların mitolojik cehennemi Hades'ten adını alan Hadean Eon'u, Dünya'nın primordiyal aşaması için uygun bir addır. Gezegen uzaydan darbeler alırken, içinden de jeolojik darbelere sahne olmuştur; kabaran, erimiş yüzeyde bolca volkanik faaliyet görülmüştür. Yaklaşık 4 milyar yıl önce Dünya'nın kabuğu oluşmuştur. Derin zaman anlamında kısa bir süre sonra şiddetli yağmurlar yağmaya başlamış ve nihayetinde uçsuz bucaksız okyanuslar oluşturmuştur.

Dinozorların ipliği belki de 3,8 milyar yıl önce (fosil kanıtlar belirsizdir) var olmaya başlamıştır ve tam olarak tek hücreli bakteriler tarafından gerçek anlamda canlandırılmıştır. PROKARYOT adı verilen bu mikroskobik yıldız tozu parçaları –Dünya'nın ilk yaşam formları– gezegenin su sağlamaya yetecek kadar serin hale gelmesinden kısa bir süre sonra ortaya çıkmıştır. Yaşamın kökeni bir gizem olmayı sürdürmektedir, ama hızla ortaya çıkmış olması yaşamın şans eseri değil, doğru koşullar altında neredeyse kaçınılmaz olduğunu ima eder. Çok küçük ve hatta çekirdeksiz olsalar da bu erken bakteriler karmaşıktır. Bizim gibi onlar da aktif metabolizmalara sahiptir, enerji tüketirler ve vitaminler, proteinler, şekerler, nükleik asitler, karbonhidratlar ve yağları kapsayan yüzlerce kimyasal dönüşüm gerçekleştirir. Hayatın ilk olarak evrimleştiği çevre şüphelidir; yüzeyin altındaki kilometrelerce uzanan yerkabuğu ve okyanus zeminindeki hidrotermal çatlaklar bu şüpheyi destekler niteliktedir.

3,8 milyar yıl öncesinden 2,5 milyar yıl öncesine kadar Arkeen Eon'u'nda bakterilerin renkleri (yeşil, mor ve kırmızı), şekilleri (oval, yılan ve çubuk şeklinde) ve metabolizmaları (mayalanma, fotosentez, sülfür üretimi ve oksijen üretimi) bakımından çeşitlilik kazanmıştır. Bu milyonlarca bakteri formu, aslanlar ve kaplanları veya tyrannosaurular ve allosauruları ayırt ettiğimiz gibi birbirinden ayırt edilebilen türler değildir. Tüm yaşam gibi bunlar da özelleşmiş deoksiribonükleik asit (DNA) makromoleküllerinde depolanan yaşamsal kalıtım bilgileriyle çoğalabilmiştir. Bağışıklık sistemleri ve katı sınırları olmadığından, bakteriler DNA'larını paylaşabilme yeteneğine sahiptir. Böylelikle evrimleşerek değişen ortamlara hızla yanıt verebilmişlerdir. Bir anlamda, Arkeen'den günümüze zamanın her anında yaşamış olan

bakteriler, şaşırtıcı ölçüde çeşitlilik arz eden bir tek tür olarak düşünülebilir.

En erken Arkeen bakterileri, kimyasal reaksiyonlar aracılığıyla doğrudan çevreden enerji almış ve karbondioksitin yardımıyla organik bileşenler sentezlemiştir. Daha sonra, 3 ile 2,7 milyar yıl arasında bir tarihte Dünya'nın bakteriyel dünyasının bir alt kümesi Güneş'ten gelen ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürmeyi "öğrenmiş" ve neredeyse sınırsız bir enerji kaynağına ulaşmıştır. Bu mavi-yeşil SİYANOBAKTERİ ham madde olarak karbondioksit ve suyu, enerji kaynağı olarak Güneş'i kullanan ve yan ürün olarak da oksijen üreten FOTOSENTEZ işlemini keşfetmiştir. Bu evrimsel olay dinozorlara giden yolda kritiktir, çünkü Dünya üzerindeki neredeyse tüm yaşam formları fotosentez tarafından yakalanan güneş enerjisine bağımlıdır.

İlk olarak suda yaşayan fotosentetik bakterilerin etkinliklerinin ürettiği oksijen, okyanuslarda çözünük demire dönüşmüş ve demir cevheri olarak birikmiştir. Sonunda denizler doygunluğa ulaştıktan ve toprağın büyük bir kısmını kırmızıya boyadıktan sonra, Arkeen atmosferdeki artan oksijen seviyeleri çevresel bir krizi tetiklemiştir. Biyosfer bu yoğun elementi metabolize edemeyen birçok bakteri için zehirli hale gelmiştir. Evrim, 2,4 milyar yıl önceki bu sözde Oksijen Katastrofisine oksijen soluyabilen bakteriyel formları evrimleştirerek yanıt vermiştir. Birdenbire kontrolü bir yanma türünü kullanan dinozor ipliği oksijen soluyabilmiştir. Yaşamı öldüren madde, aynı zamanda onun yeni doğrultularda gelişip çeşitlenmesine imkân tanımıştır. Atmosferdeki oksijen seviyeleri yaklaşık yüzde 21 yoğunlukta dengede tutulmuştur.

Dünya yaklaşık 2,5 milyar yıl öncesinden 545 milyon yıl öncesine kadar süren Proterozoik Eon'a girmiştir. Dinozor ipliğinin tarihindeki bir sonraki önemli olay yaklaşık 2 milyar yıl önce gerçekleşmiştir: Yaşam ÖKARYOT adı verilen çekirdeğe sahip hücrelere yuvalanmıştır. Günümüzdeki anlayışımız, belirli bakteriyel hücrelerin parazitler olarak diğerlerini ele geçirdiği yönündedir. Bir nedenden ötürü, konakçı paraziti sindirmemiştir ve parazit de konakçısını öldürmemiştir. Zamanla işgalciler kalıcı, işbirliği yapan sakinler haline gelmiş ve sağladıkları koruma karşılığında konakçı hücreye enerji sağlamıştır. Yeni birleşmiş bakteri-

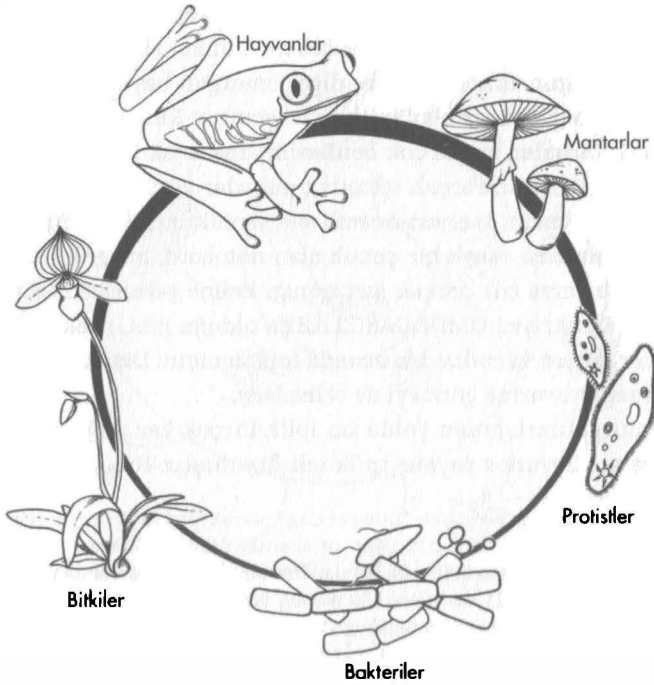
dönüşümlü-ORGANELLER, dinazorların (ve tüm diğer karmaşık yaşamın) hücrelerinde minyatür enerji santralleri haline gelen MİTOKONDRİLER'dir. Bir diğer önemli birleşme, mitokondri içeren bazı hücrelere giren bu antik siyanobakterilerin akrabaları, fotosentez gerçekleştiren bakterilerdir. Birleştirici fotosentez gerçekleştirciler, KLOROPLAST adı verilen enerji yakalayan organellere dönüştürülmüştür; bunlar daha sonra bitkiler ve alglerle aktarılmıştır. Fakat dinazor ipliği, PROTİST adı verilen yaşam formlarıyla birlikte farklı bir evrimsel yola sapmıştır.

Tüm erken ökaryotlar, protisttir; sonunda algler, amipler, su mantarları ve civık mantarları kapsayacak olan yapışkan, çekirdekli organizmalardır.² Dinazor ipliği, neredeyse 2 milyar yıl bakteri kılığında kaldıktan sonra, 1,5 milyar yıl sürecek olan uzun bir protist aşamasına girmiştir. Dünya tarihinin büyük bir kısmında, bir gün dinozorlara ulaşan ipliğin de dahil olduğu tüm yaşam mikroskobik kalmıştır. Yalnızca son 700 milyon yılda o yapışkan protistler bitkiler, hayvanlar ve FUNGUS gibi tüm diğer karmaşık organizmaları ortaya çıkarınca yaşayan dünya makro düzeye yükselmiştir. Yaşamın bakteriyel birleşmelerinin erken tarihi Dünya üzerinde yaşamış her karmaşık organizmanın her hücresinin, tek hücreli atalarından edinilmiş birçok DNA koleksiyonuna ev sahipliği yaptığı anlamına gelir. Dinozorlar, antik evrimsel birleşmelerin ürünleridir; tıpkı biz insanların günümüzde bu evrimsel birleşmelerin ürünü olduğumuz gibi. Darwinci standart bakış her şeyin "dişiyle tırnağıyla" var olmaya çalıştığı bir doğa betimlirken, evrim acımasız, kıran kırana rekabetten çok daha fazlasıdır. Yaşamın tarihinde işbirliği de egemen bir temadır ama evrimci biyologlar tarafından çok az önemsenir.

İlk çok hücreli yaşam formları, yaklaşık 1,2 milyar yıl önce ortaya çıkmıştır ve basit hücre kolonilerinden oluşmuştur. Evrimin hızını artıran cinsel çoğalma da, yaklaşık olarak aynı zamanda başlamıştır. 850 ila 630 milyon önce dünyada küresel bir buzlaşma dönemi yaşanmıştır. Bu soğuk aranın sonunda çok hücreli yaşam ilk büyük çiçeklenmesini deneyimlemiştir. Bu, Proterozoik

² Mikro boyutlu protistler ve makro boyutlu kuzenleri (deniz yosunları dahil) için genellikle *protist* terimi yerine daha kapsayıcı bir terim olan "protoktist" kullanılır.

Eon'un son günleri, Ediakara Dönemidir (635-542 milyon yıl öncesi). "Ediakara Bahçesi", vücut büyüklükleri, milimetrelerle ölçülenlerden metrelerle ölçülenlere kadar, hem avcı hem de av olan hayvanların şaşırtıcı bir çeşitliliğine ev sahipliği yapmıştır. Bu hayvanların birçoğu yumuşak vücutludur, ama küçük bir kısmı kireçlenmiş sert parçalar geliştirmiştir. Bazıları palmiye yapraklarını andırırken, bazıları denizanası gibi disklerdir ve bazıları da balçıkla doldurulmuş çantaları anımsatır. Bu garip yaratıkların birçoğu çok geçmeden ortadan kaybolmuştur, ama dinazor ipliği oradadır ve milyonlarca yıl varlığını sürdürecektir kurt benzeri bir kisveye bürünmüştür.



Şekil 2.2: Yaşamın beş krallığı: bakteriler, protistler, mantarlar, bitkiler ve hayvanlar

Dünya tarihinin geriye kalan 545 milyon yılı, üç dönemi kapsayan "görünür yaşamın" FANEROZOİK eonunu oluşturur: PALE-

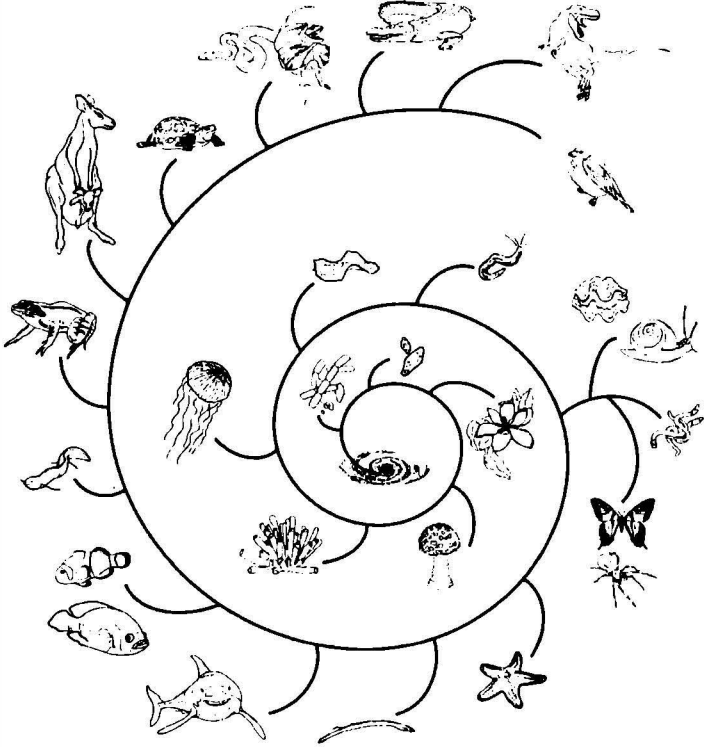
OZOİK (545-225 milyon yıl önceki “antik yaşam”); MEZOZOİK (248-65,5 milyon yıl önceki “orta yaşam”) ve SENOZOİK (65,5 milyon öncesinden günümüze dek süren “yeni yaşam”). Paleozoik Zaman da kendi içinde beş devre ayrılır: Kambriyen, Ordovisyen, Silüryen, Devoniyen, Karbonifer ve Permien.³

Paleozoik Zaman bir patlamayla başlamıştır. Genellikle KAMBRİYEN PATLAMA adı verilen yaklaşık 530 milyon yıl önceki bu evrimsel değişiklik patlaması, günümüzde yaşayan birçok önemli hayvan grubunun atalarını da kapsayan şaşılacak bir hayvan koleksiyonunu ortaya çıkarmıştır. Kalın kabuklu trilobitler, midyeler, süngerler, salyangoz benzeri yumuşakçalar ve derisidikenliler –denizyıldızı, kirpiller ve “sanddollars”ın radyal yapılı öncüleri– bir aradadır. Avcılar ile av arasındaki etkileşimler, koruyucuyu kabuklara yanıt olarak evrimleşen dişler, delgiler ve pençelerle birlikte şiddetlenmiştir. Elbette ki bir gün, dinozorlara ve diğer omurgalı hayvanlara (OMURGALILAR) bağlanacak olan iplik de mevcuttur. Bilinen en yakın temsilci *Pikaia* halen kurda çok benzerdir, ama artık birden çok vücut parçasına sahiptir. Parçalı vücutlar, parçalar arasında karmaşık etkileşimlere imkân tanıyan önemli bir yeniliktir. *Pikaia*’nın vücudu boyunca uzanan esnek bir çubuk olan notokord, bir gün omurgalılara adını veren çok parçalı sırt kemiği haline gelecektir. Trilobitler ve bazı Kambriyen OMURGASIZLAR’da olduğu gibi, gözler ve diğer duyu organları vücudun bir ucunda toplanmıştır. Dinozor ipliği, duysal repertuvarına görmeyi de eklemiştir.

Omurgalılara giden yolda bu iplik birçok kez değişime uğramış ve yol boyunca sayısız iplik teli üretmiştir. Bunların ilki yak-

³ Mezozoik Zaman genellikle “Dinozor Çağı” olarak nitelendirilir. Ondan önceki Paleozoik Zaman “Bahırların Çağı” ve sonraki Senozoik Zaman “Memelilerin Çağı” olarak nitelendirilir. Bu nitelendirmelerin gerisinde, insanların doğadaki yeri hakkında derinlere kök salmış önyargılar vardır. Spesifik olarak, Dünya üzerindeki yaşamın tarihi genellikle “*scalae naturae*” yani mikroplarla başlayan ve insanlığa doğru ilerleyen bir gelişme merdiveni olarak görülmüştür. Fakat mikrobiyolog Lynn Margulis ve başkalarının da ileri sürdüğü gibi, ilk tek hücreli organizmaların ortaya çıkışından itibaren tüm Dünya tarihini “Bakteri Çağı” olarak nitelendirmek çok daha uygundur. Bakteriler, yaşamın ilk formlarıdır ve jeolojik tarihin büyük bir kısmı boyunca tek yaşam formu olmuştur. Günümüzde sayıları ve ekosistemdeki önemleri bakımından egemen olmayı sürdürmektedir. Dahası, bu bölümde açıklandığı gibi, bakteriler anahtar bakteriyel birleşmeler aracılığıyla yaşamın tüm krallıklarını ortaya çıkarmıştır. Bu, günümüze dek bizimle kalan simbiyotik mirastır.

laşık 450 milyon yıl önce ortaya çıkan çenesiz balıktır. Bu balık, daha sonra derisinin içinde detaylı bir kemikli zırh geliştirmiştir. Solungaç yayları, değişime uğrayıp çene oluşturarak çeneli balıklar silsilesiyle sonuçlanmıştır. Yaklaşık 460 milyon yıl önce Ordovisyen Dönemde balıklarda ilk başta kıkırdaktan (köpekbalıkları ve vatozlarda halen olduğu gibi), daha sonra kemikten oluşan iç



Şekil 2.3: Yıldız tozundan dinozorlara evrimsel yolu gösteren dinozor ipliği ve yaşamın önemli dalları. Spiralin merkezinden dışarı doğru, dinozor evriminin ana iplikten ayrılan kolları: bakteriler, protistler, bitkiler, mantarlar, süngerler, denizanasları, yassı kurtlar, yuvarlak kurtlar, yumuşakçalar, halkalı solucanlar, artropodlar (son üçü ayrı bir grup teşkil eder), ekinodermiler, bofa balıkları, köpek balıkları, kemikli balıklar, akciğerli balıklar, amfibiler, memeliler, kaplumbağalar, yılanlar ve kertenkeleler, timsahlar, dinozorlar ve kuşlar. Görüntünün merkezindeki spiral galaksi, tüm yaşam formlarının yıldız tozlarından oluştuğunu simgeler. Yaşam formları ölçeklenmemektedir.

iskelet gelişmiştir. Yaklaşık 440 milyon yıl önce Ordovisyen Dönemin sonunda kitlesel bir nesil tükenmesi –Fanerozoik Eon’daki altı nesil tükenmesinin ilki ve kayıtlardaki en büyük ikinci yıkıcı nesil tükenmesi– biyosferi etkilemiştir. Trilobitler ve midye benzeri kolsu ayaklıların birçok ailesi, tüm resif-inşa eden topluluklarla beraber ortadan kaybolmuştur. Buna karşın dinazor ipliği, balık formunda varlığını sürdürmeyi başarmıştır.

Ordovisyen Dönemdeki nesil tükenmesinin ardından, kemikli balıklar çok başarılı olan notilus benzeri amonitlerle beraber evrimleşmiştir. Devoniyen devirde, 375 milyon yıldan daha eski olmayan bir tarihte, kemikli balıkların bir soyu dinazor ipliğini sudan karaya taşımıştır. Dayanıklı, kaslı yüzgeçleriyle hareket eden geçişken balık-amfibilerin uzun bir dizisi artık kütleçekimin etkilerine göğüs germiştir. Omurgalılar, daha önce milyonlarca yıl boyunca başka krallıkların (bakteriler, protistler, fungus ve bitkiler) ve hatta başka hayvanların (böcekler) egemen olduğu karaya çok sonraları gelmiştir. Fungus ve kara bitkileri, Ordovisyen Dönemde yaklaşık 100 milyon yıl önce bir sıçrama yaşayarak günümüze dek varlığını koruyan simbiyotik ortaklıklar oluşturmuştur.

İkinci önemli nesil tükenmesi, Devoniyen devrin sonunda, yaklaşık 730 milyon yıl önce gerçekleşmiştir. Bir kez daha resif-inşa ediciler ve onlarla beraber kolsu ayaklı midyeler, trilobitler ve zırhlı balıkların (plakodermiler) büyük bir kısmı yok olmuştur. Görünüme göre yılmaz olan dinazor ipliği, derin zamanın önemli bir kısmında artık yayılmış uzuvlarla doğan ve nefes alıp vermeye uyum sağlayan amfibi nişle beraber yol almıştır. Bu erken amfibiler, havadaki ses dalgalarını tespit edebilen kulaklar da geliştirmiştir. Bu, daha önce yalnızca yerde ilerleyen düşük frekanslı sesleri duymakla sınırlı olan işitme yeteneklerini çok geliştirmiştir. Başlangıçta bu soyun üyeleri su kökenlerinden çok uzağa gidememiştir. Fakat Karbonifer devrinde, yaklaşık 320 milyon yıl önce, hepsi değişerek amniyot yumurta görünümü almıştır. Su kaybetmeksizin gaz alışverişine izin veren yarı geçirgen bir kabuğa sahip olan yumurta, taşınabilir bir deniz vazifesi görerek AMNİYOTLAR’ın artık suda veya su çevresinde çoğalma ihtiyacı duymadan kalıcı olarak karaya geçmesine imkân tanımıştır. Sürünen kisvesine bürünen iplik, yaşanacak büyük değişikliklerin farkında olmadan Dünya’nın kara parçalarına yayılmıştır.

Karbonifer devrinin sonraki aşamasında, en sonunda sayısız memeli ve memeli akrabası neslini üretecek olan yeni bir iplik teli ortaya çıkmıştır. İnsanların ve dinazorların evrimsel yollarının ayrılması da bu aşamada, Paleozoik Zamanın ikinci yarısında gerçekleşmiştir. Dinozor ipliğiyle en son ortak atamız, belki de 20 santimetre (8 inç) uzunluğunda, uzun vücudu ve kuyruğunu taşıyan yayvan uçlu ayaklara ve yayılmış uzuvlara sahip kertenkele benzeri hafif yaratıktır. *Hylonomus* gibi Karbonifer devri yaratıklarına benzeyen bu hayvan, ileride üreteceği iki büyük soyun birkaç ipucunu sunmuştur. Permien Dönemde dinazor ipliği, kertenkeleler ve yılanlarınkinden ayrılınca bir diğer önemli yol ayrımı gerçekleşmiştir. Çok zaman geçmeden, dinazor ipliğindeki hayvanlar ayırt edici bir biçimde dinazor görünümü almaya başlamıştır. ARCHOSAUR adı verilen bu hayvanlar ve yakın akrabaları –dinazorların yanı sıra timsahlar ve pretosauruları üretecek olanlar– etçillik eğilimini koruyarak daha büyük vücutlara sahip olmuştur. Permien Dönem sona yaklaştıkça, Dünya'nın tüm kıtaları Pangaea süperkitasını oluşturmak üzere birleşmiştir. Bunun, evrimin daha sonraki seyri üzerinde önemli etkileri olmuştur.

Permien ile Triasik dönemler arasındaki (dolayısıyla Paleozoik ile Mezozoik zamanlar arasındaki) sınıra bir diğer küresel kriz damga vurmuştur: aralarındaki en kötüsü, üçüncü Fanerozoik kitlesel nesil tükenmesi. Bu kez Dünya'daki türlerin yüzde 90'ından fazlası yok olmuştur. Muğlak olan nedenlerden dolayı dinazor ipliği bir şekilde varlığını korumuştur. Beyaz bir ekolojik sayfanın açılmasıyla, evrimin yeni yolları keşfetmek için bolca yeri olmuştur. Archosaur-dinazor çizgisi bundan sonuna kadar faydalanmıştır. Çoğunlukla orta büyüklükteki etçil sürüngenlerin büyük bir çeşitliliği ortaya çıkmıştır; bunlar daha sonra yaşamın Triasik aşında birlikte dokunmuştur. (Archosaurların evrimsel öyküsü, 12. Bölümde daha detaylı olarak incelenecektir.) Son olarak, 10 milyar yıldan önce yıldız tozundan başlamış olan evrimsel iplik, geç Triasik devirde ilk gerçek dinazorları üretmiştir.

Mezozoik Zamanda üç dönem vardır: TRIASİK (248-206 milyon yıl önce), JURA (206-144 milyon yıl önce) ve KRETASE (144-65,5 milyon yıl önce). Dinazorlar, Triasik Dönemde ilk evrimsel geli-

şimlerini yaşamıştır. *Eoraptor* ve *Coelophysis* gibi et yiyiciler, ilk formlar arasındadır. Bu etçiller atalarının kana susamışlığını devam ettirse de daha birçoklarıyla, çoğu zaman da daha büyük archosaurlarla rekabet etmek durumunda kalmıştır. Bitki yiyen dinazorların iki önemli soyu sauropodomorphlar ve ornithischian dinazorlar da bu tarihte ortaya çıkmıştır. *Plateosaurus* ve diğer uzun boyunlu sauropodomorphlar, Dünya üzerindeki en büyük hayvanlar haline gelmiştir ve Pangaea süperkıtasının birçok bölgesinde en yaygın büyük otçullar olmuştur.

Triasik Dönemin sonundaki diğer kitlesel nesil tükenmesinin ardından, Jura dinozorları hem otçullarda hem de etçillerde cüsseli ekolojik konumların çoğunu ele geçirmiştir. Sauropodlar, vücut büyüklüğünü daha önce hiç ulaşılmamış rekor seviyelere zorlamıştır. Dört ayaklı stegosaurlar ve ankylosaurlar gibi ornithischian bitki yiyenlerin yanı sıra iki ayaklı ornitopodlar da bu dönemde ortaya çıkmıştır. Bu, et yiyen THEROPODLAR için bir büyüme dönemidir; *Allosaurus* ve *Torvosaurus* gibi yırtıcılar, etçillerin uzun tarihinde ilk defa 1000 kilogramı aşmıştır. Jura Döneminin sonlarından itibaren evrim Pangaea'nın bölünmesiyle birlikte hızlanmıştır. Daha küçük kıtalarda izole olan dinazor toplulukları bağımsız evrim yolları izlemiştir.

Dinazorlar, Kretase Döneminde dinazor ipliği birçok yeni ip teline ayrıldıktan sonra kendi zirvelerine ulaşmıştır. Kubbe başlı pachycephalosaurlar, boynuzlu ceratopsianler ve sorguçlu hadrosaurlar en azından Kuzey Yarımkürenin büyük bir kısmında karışımaya eklenmiştir. Güneye inildiğinde, uzun boyunlu titanosaurlar grubu üstünlük kazanmıştır. Abelisaur etçiller, birçok güney kıtasında en üstün avcılar haline gelirken tyrannosaurlar kuzeye deşet salmıştır. Bu dönemin tam sonunda *Tyrannosaurus* evrimsel momentini *Triceratops* ve *Ankylosaurus*'la paylaşmıştır.

Önemli kitlesel nesil tükenmelerinin beşinci ve en ünlüsü, yaklaşık 65,5 milyon yıl önce gerçekleşmiş ve o tarihte yaşayan dinazorların çoğunu ve neredeyse tüm diğer büyük canlıları yok etmiştir. Yine de dinazor ipliği bu felakette bütünüyle yok olmamıştır. Jura Döneminde küçük etçil dinazorların bir grubu ipliksi, hava tutucu yapılara uygun ölçeklere kavuşarak uçan bir canlı haline gelmenin yolunu bulmuştur. Kuş olarak bildiğimiz bu tüylü mucizeler, derimsi kanatları olan uçan sürüngenlerle birlikte Kre-

tase Döneminin dinazorlarının üzerindeki gökyüzünü süslemiştir. Daha büyük, yere bağlı akrabalarının aksine, kuşlar Mezozoik Zamana son veren nesil tükenmesi engelini aşmayı başarmıştır. Geçmiş 65 milyon yıl boyunca, yerde ikamet eden tehditkâr avcılardan havada süzülen, bitki özümüyle beslenen küçük canlılara şaşırtıcı bir form çeşitliliğine ulaşmışlardır. Günümüzde yaşayan binlerce kuş türü dinazor ipliğinin azmini vurgular.

Son milyon yıllarda, yani derin zamanda anca bir hapsirik olabilecek bir zaman zarfında, memelilerin ipliği en son örneği *Homo sapiens* olan iki uzun bacaklı primatlarda kendilik-bilincine ulaşmıştır. Bu yeni bilinç seviyesiyle donatılmış insanlar, Dünya'da evrenin geniş kapsamını ve nihayetinde dinazorların evrim destanındaki yerini düşünebilen ilk organizmalar haline gelmiştir.

Birçoğumuz canlı dünyasını üç önemli gruba ayırır: bitkiler, hayvanlar ve mikroplar veya "virüsler (germs)." Virüsler elbette ki uzak durulması veya mümkünse yok edilmesi gereken şeyler olarak kabul edilir. Biyologlar, formel sınıflandırma kuralları temelinde daha geniş bir bakış sunar. Geleneksel olarak yaşamın temel alt bölümlerine KRALLIK adı verilmiştir. Krallıkların sayısı ve kompozisyonu büyük ölçüde evrimsel ilişkiler hakkındaki değişen kavramlara yanıt olarak zamanla değişmiştir. Bu kitapta da benimsenen son şemalardan biri beş krallık tanımlar: bakteriler, protistler, mantarlar, bitkiler ve hayvanlar. Evrim destanında dinazor ipliği bu krallıkların üçüyle birlikte dokunmuştur: zamansal sıralamayla bakteriler, protistler ve hayvanlar.

Bir an durup düşündüğümüzde bu nefes kesici, multi-milyar yıllık destandan birçok motif çıkar. Bunlardan biri karmaşıklığındaki genel artıştır. Artan karmaşıklık veya ilerleme kavramı, biyologlar arasında tartışmalı bir geçmişe sahiptir. Fakat sınırlı bir anlamda –"en azından bazı soy çizgilerinde, zaman içinde gittikçe karmaşık ve hâkim hale gelen organizmaların ve toplulukların ortaya çıkışı"⁴ şeklinde– anlaşıldığında, bu motifin yaşamın tarihine uygun olduğu çok az şüphe götürür. Hidrojen atomları, moleküller, bakteriler, protistler, balıklar ve filleri kapsayan evrimsel sekansta karmaşıklık net bir biçimde artar. Evrendeki bilinen en karmaşık yapı da, en yeni

⁴ Bu alıntı Wilson'dan yapılmıştır: 1999:107.

yapılardan biridir: insan beyni. Elbette ki yukarıda alıntı yaptığımız ifadede, dikkat çekildiği gibi tüm evrimsel nesillerin karmaşıklığı artmaz. Aslında bakterilerden memelilere birçok önemli grup, ilkel formlarından sadece önemsiz bakımlardan farklılaşan ataları kapsar. Yine de artan karmaşıklık yönündeki bir eğilim belirgindir.

Karmaşıklıkta artış, entegrasyon aracılığıyla gerçekleşir. Bu, bir diğer motifi ortaya koyar: Daha küçük bütünler, daha büyük bütünlerin parçaları haline gelir. Daha basit formlardan çok parçalı bireylerin ilerlemeci gelişimine tekrar tekrar tanık oluruz. Atomlar birleşerek molekülleri, moleküller hücreleri ve hücreler de organizmaları oluşturur. Ortaya çıkan her yeni aşamada, daha eski formlar yeni formların içine sarmalanır ve birleşir. Bunun sonucunda iç içe yuvalanmış, çok seviyeli bir hiyerarşi ortaya çıkar.

Böylece evrim destanı, anlaşıldığı kadarıyla karmaşıklıkla birleşme olarak adlandırabileceğimiz birbirini dengeleyen iki eğilim tarafından yönlendirilmiştir. Karmaşıklık, daha basit formların gittikçe karmaşılaşan bütünlerde birleşmesiyle artmıştır. Böylelikle her bir seviyedeki bütünler gerektiğinde değişerek birbirine geri bildirimde bulunmuştur ve tüm seviyeler devamlılık göstermiştir. Bu yolculuk, kaçınılmaz, planlanmış bir yürüyüş değil, gelecekteki biyosferlerin öngörülemediği yaratıcı, hayalperest bir gelişmedir. Belki de en dikkat çekici nokta, dönüşümlerin ölçeğidir. Dinozorları merkez alan öykünün kısa bir versiyonu şunun gibi bir şey olabilir: Bir dizi hidrojen atomu alın, milyarlarca yıl bekleyin, *T. rex*'i elde edersiniz.

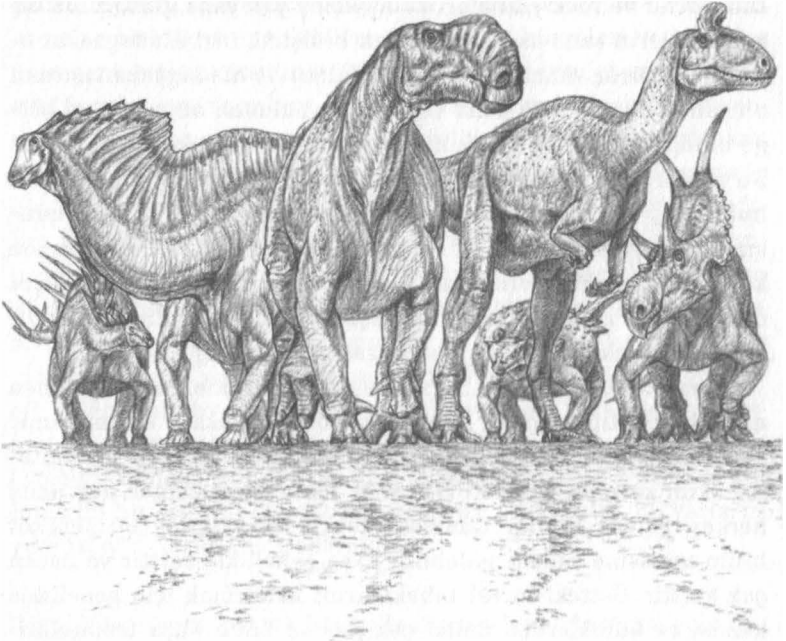
Gördüğünüz gibi, bir tek bölümde dinozorların destansı yolculuğuna göz atmış olduk. Geri kalanı, deyim yerindeyse, detaylardır. Fakat detayları araştırmak için yeterli sabra sahip olanları ne büyük keşifler beklemektedir! Kitabın geri kalanında dinozorların dünyasının çeşitli yönlerini keşfedeceğiz. Mezozoik Zamanda adım adım ilerlemeye başlamadan önce, daha da detaylı bir tablo çizeceğiz. Fakat her şeyin bir sırası var. Dramatik girizgâhın ardından, odağımızı daraltalım ve sürekli değişen Mezozoik biyosfere katılan dinozor oyuncuların çeşitliliğine odaklanalım.

KATILIMCILAR

Dinozorlar ve rock yıldızları kolay kolay yan yana gelmez. Bu organizmaların şans eseri keşfedilen kesişimi, bizi Madagaskar adasına götürür. Amerikalılar, Kanadalılar ve Madagaskarlılardan oluşan ekibimiz 1993 saha sezonunda bulunan on sekizinci bölge olduğundan "93-18" adını verdiğimiz bölgede kazı yapıyordu. Bu sönük adına rağmen 93-18 bölgesi, Kızıl Adada şimdiye dek bulunmuş en önemli fosil kaynağıdır. Madagaskar'ın kuzeybatısındaki Berivotra Köyünün yakınlarındaki bu ücra delik, birçok keşfin başlıca odağı olmuştur. Buradan ağır ve hafif, etçil ve otçul dinozorların kalıntıları dışında çeşitli antik kuşlar, timsahlar, yılanlar, kertenkeleler ve kaplumbağalar çıkarılmıştır.

Jurassic Park filminin ilk sahnelerinin birinde, yüzeyin hemen altında gömülü olan bir "avcı" dinozorun eksiksiz, eklemlenmiş iskeletini temizleyip çıkarmak için hararetle çalışan paleontolog ekibi görülür. Fosilleri çıkarmak için epeyce zaman harcamış herkes, gerçek kazılar tamamen farklı olduğundan bu selüloit bilim tasvirine sadece gülebilir. Kaya genellikle serttir ve bazen çok serttir. Üstteki tortul tabakalarını kaldırmak için genellikle kazma ve küreklerden delici çekiçler ve hatta kaya testerelerine kadar çeşitli araçlara ihtiyaç vardır. Bunun ardından hassas kemikleri çıkarmak için küçük çekiçler, keskin tığlar ve fırçalar kullanırız. Yeni ortaya çıkan fosil yüzeylerine sık sık ince bir sıvı zamlamak, kazı sürecini yavaşlatır ama örnekleri yerlerinden çıkarmadan önce güçlendirir. Fosiller, genellikle tortulla kaplı haldeyken bölgeden götürülür, çünkü hazırlık laboratuvarı kaya matrisini kaldırmak için çok daha güvenli bir yerdir.

Buna karşın 93-18 bölgesi paleontolojik bir mucizedir. Dikkat çekici, yüksek kalitede fosiller çoğu kumsaldaki kumları andıran görece gevşek tortulların altına gömülüdür. Üstteki tortul



Dünya'nın değişik bölgelerinden dinazorların temsili bir biçimde bir araya gelişi. Soldan sağa: *Kentrosaurus* (Afrika'da yaşayan geç Jura devrinden bir stegosaur); *Amargasaurus* (Güney Amerika'da yaşayan erken Kretase devrinden bir sauropod); *Altirhinus* (Asya'da yaşayan erken Kretase devrinden bir ornitopod); *Cryolophosaurus* (Antarktika'da yaşayan erken Jura devrinden bir theropod); *Minmi* (Avustralya'da yaşayan erken Kretase devrinden bir ankylosaur) ve *Diabloceratops* (Kuzey Amerika'da yaşayan geç Kretase devrinden bir ceratopsian).

veya örtü tabakası kaldırıldıktan sonra ekip üyeleri sadece buz kıracağı ve ince kıllı fırçalar kullanabilir. Birkaç dakikada bir, bozulmamış bir fosil 65 milyon yılı aşkın süre sonra ilk kez ortaya çıkarılabilir. Bazı örneklerde kuma benzer örtü, fosilin üzerinden kayar ve incecik bir kol kemiğini, kıvrık bir omurgayı veya parlak, tırtıklı bir dişi gözler önüne serer. Daha büyük fosilleri, plaster ve çuval bezlerine sarma geleneğini halen kullanırız, ama kazı işlemi mümkün olabilecek en kolay şekilde gerçekleşir. Bunun, Hollywood tarzı dinazor fosili toplamaya en yakın deneyim olduğunu söyleyebilirim.

1995'te bölgede küçük bir etçilin alışılmadık parçaları çıkmaya başladı. Eksiksiz bir iskeletin hiçbir belirtisi yoktu, ama birden çok örneğin çok kemikli parçaları birkaç yüz metrelik alana yayılmıştı. En garip parça, dentary olarak adlandırılan alt çene kemiğiydi. Çenedeki birkaç arka diş, etçil bir beslenme biçimini anlatır şekilde, dar, keskin ve tırtıklıydı. Ama en öndeki diş soketleri, yukarı değil öne doğruydı ve bu özel etçilin dişlek olduğunu gösteriyordu. Sonraki saha sezonlarında, bir araya geldiklerinde iskeletin kemiklerinin yaklaşık yarısını oluşturan ek örneklerin kalıntılarını bulduk. Uyluk (kalça kemiği) gibi bazı kemikler sayısız örnek tarafından temsil ediliyordu. Ön dişlerin bıçaktan ziyade mızrağa benzeyen uzun ve konik yapıda olduğunu gösteren birkaç dişlek çene kemiği de ortaya çıktı. Son olarak 2001'de ekibin diğer iki üyesiyle birlikte yetişkin bir Alman kurdu kadar ağır olabilecek bu küçük yırtıcıyı açıklayan bir makale yayımladık.

Paleontologlar ve biyologlar, bilimsel literatürde açıkladığı yeni türlere ad verme onuruna sahiptir. 18. yüzyılda botanikçi Carolus Linnaeus tarafından oluşturulan bir standart izlenir. Tıpkı birçok insan gibi, her tanımlanan biyolojik tür –protist, fungus, bitki veya hayvan– iki isimle adlandırılır: CİNS ve TÜR. Örneğin hem *Homo sapiens* hem *Tyrannosaurus rex*'te ismin ilk sözcüğü cins olarak bilinirken, ikinci sözcük türe işaret eder. Bu iki kategori içinde cins daha kapsayıcıdır ve çoğu zaman iki veya daha fazla türü içerir. Fakat ismin her iki sözcüğü de tür için benzersizdir. Mevcut bir ismi kullanmaktan kaçınmak veya bir organizmaya kendi adını verecek kadar görgüsüz olmamak dışında, birkaç kısıtlama mevcuttur. Pratikte cins-tür ikilisi genellikle benzer-

siz bir anatomik özellik veya davranışa ya da hayvanın yaşadığı yere işaret eder. Örneğin *Tyrannosaurus rex* adı "tiran kertenkele kral"dan gelir.

93-18 bölgesinden çıkan yeni küçük hayvanımızı *Masiakasaurus knopfleri* adını verdik. Cins adı, Madagaskar dilinde "hırçın" anlamına gelen *masiaka* ve "kertenkele" için sıkça kullanılan Latince *sauros* sözcüğünü birleştirir. *Masiakasaurus* adı, yırtıcılık eğilimine sahip olduğu varsayılan küçük ve görünüşe göre kıvrak olan bir dinazor için kesinlikle uygun gelmişti. Adın ikinci kısmında ise rock müzik rol oynamıştır.

Ücra kamplardaki hayat, minimalisttir. Çadırlarda uyuruz, haftalarca aynı yemekleri yeriz ve tuvaletler veya musluk suyu gibi kolaylıklardan mahrum kalırız. Bu nedenle insanlar sık sık evlerinden birkaç konforu yanlarında getirir; müzik de bunlardan biridir. *Masiakasaurus* kemiklerinin büyük bir kısmı 1999 sezonunda ortaya çıkarıldı. Bir kaset çalar (onları halen hatırlayan var mı?) ve bir çift küçük hoparlörü kazı alanına götürmüştük. Şarkı listemiz, kazının lideri David Krause'nin favori grubu Dire Straits şarkılarından oluşuyordu. Tesadüfî bir biçimde, o tuhaf etçilin kemiklerini şarkıcı, söz yazarı ve dünya çapında bir gitarist olan Mark Knopfler'in artık dağılmış olan İngiliz müzik grubunu dinledikten sonra bulabildik. Kamptaki bir gece çimenlerin üzerine oturmuş pirinç, fasulye ve ılık biradan oluşan günlük yolluğumuzu tüketirken, ekip üyesi Cathy Forster bu dinozorun keşfedilmesinde Knopfler'in müzikal tılsım olarak oynadığı rolü onurlandırmanın yerinde olacağını söyledi. Geleneklere uygun olmasa da, bu öneri kabul edildi ve *Masiakasaurus knopfleri* doğmuş oldu: "Knopfler'in hırçın kertenkelesi."

Meslektaşlarımızın bu isimden dolayı biraz başımızı ağrıtaçağını biliyorduk ama hiçbirimiz İngiliz *Nature* dergisindeki bir yayının eşliğinde medya hücumuyla karşılaşmayı beklemiyorduk. Üç günlük bir zaman diliminde, gazeteler, radyo, televizyon, dergiler ve internet siteleriyle düzinelerce röportajlar gerçekleştirdim; bu arada diğer yazar arkadaşlarım da aynı şeyi yapmakla meşguldü. Öykü tüm dünyaya yayıldı ve sayısız dile çevrildi. Fakat bizi hayal kırıklığına uğratacak biçimde, soruların çoğu bilimden ziyade isim seçimimizle ilgiliydi. Müzik ve canavarların ihtimal

dışı evliliği gerçekten de merak uyandırmıştı. *Rolling Stone* ve *Guitarist Magazine*'den telefonlar geldiğinde işlerin kontrolden çıktığını anladım. Daha da kötüsü, başta İngiliz bulvar gazeteleri olmak üzere basın bu ismi vermemizin nedenlerini sorguladı. Bu dişlek yırtıcıya, fiziksel görünümü nedeniyle veya belki de tam bir rock dinozoru olduğu için Knopfler adını verdiğimizizi ileri sürenler oldu! Neyse ki Knopfler bu övgüyü doğru anladı ve şöyle dedi: "Bir dinozor olması bana kesinlikle uygun, ama hiç hırçın olmadığımı söylemekten memnuniyet duyarım."

Bilim insanlarının genellikle çok sıkıcı olduklarını düşünmeyiniz diye söyleyeyim, Knopfler bu şekilde onurlandırılan ilk müzisyen değildir.

Milesdavis adında bir trilobit, *Mozartella beethoveni* adında bir yaban arısı ve *Dicrotenipes thanatogratus* adında küçük bir tatarcık vardır (Grateful Dead rock grubunun onuruna Yunancada "ölü" anlamına gelen *thanatos* ve "minnettar" anlamına gelen *gratus* sözcüğünün birleşiminden oluşur). Biyologlar da, müzik dünyasının dışında hem gerçek hem de kurgusal yaratıcı karakterleri onurlandırmıştır; *Montypythonoides* adlı yılan, adını Far Side'ın yaratıcısı ünlü karikatüristten alan *Garylarsonus* adlı böcek, adını *Ninja Kaplumbağalar* çizgi filminden alan *Ninjemys* adlı fosil kaplumbağa, *Godzillus* adlı büyük kabuklu hayvan ve *Darthvaderum* adlı tehditkâr uyuzböceği buna örnektir.

Linnaeus'tan itibaren, biyologlar birbirini kapsayan bir dizi grup tanımlayarak doğal dünyayı hiyerarşik olarak bölümlere ayırmıştır. Önceki bölümde bu kategorilerin en geniş olan krallıkları tanımıştık. Diğerleri en kapsayıcı olandan en az kapsayıcı olana doğru soy (filum), sınıf, takım, familya, cins ve türdür.¹ Bu gruplandırmalardan biri dışındaki hepsi insanların yaşamın inanılmaz çeşitliliğini düzenlemek için icat edilen keyfi birimler olarak

¹ Linneci hiyerarşisinin birçok terimi (örneğin *filum*, *düzen* ve *familya*) yakın geçmişte belirsiz hale gelmiştir. Filogenetik sistematik veya kladistik olarak bilinen -türler ve grupların evrimsel ilişkisini yeniden kurmak için kullanılan- metodolojiyi benimseyen biyologlar, uzaktan ilişkili gruplar arasında bu tür terimleri tutarlı bir şekilde kullanmakta zorlanmıştır. Sonuç olarak tamamen yeni bir terimlendirme üzerinde tartışılmaktadır.

kabul edilir. Örneğin birçok dinozor cinsi yalnızca bir tür içerirken, bir tek böcek veya bitki cinsi düzinelerce veya yüzlerce tür içerebilir. Bu tür kararlar büyük ölçüde belli bir disiplinin istek ve eğilimlerine göre alınmıştır.

Keyfi olmayan tek gruplandırma türdür. Birçok biyoloğa göre türler benzersiz bir ekolojik role sahip gerçek varlıklardır. Her biri çiftleşen ve görünür çocuklar üreten bireylerden oluşur. Fakat bu kavramın gerçekliği hakkında teorideki uzlaşma, pratik bir tanım üzerinde uzlaşılmasını sağlamamıştır. Yaklaşık yüz yılı aşkın bir süredir "tür problemi" olarak adlandırılan konuda, çoğu zaman sıkıcı ve sık sık önemsiz tartışmalar yürütülmüştür. Genellikle araştırmacının yargılarıyla bağlantılı düzinelerce tür tanımı önerilmiştir. Bu nedenle bir saha biyoloğunun tür tanımı, tarihsel ilişkileri yeniden yapılandıran sisteminin tür tanımından farklı ve onunki de bir paleontoloğun tanımından farklıdır. İki paleontoloğun bir zamanlar ileri sürdüğü gibi, "bir tür, yetkin bir uzman öyle olduğunu söylüyorsa türdür."

Çocukların yaşayabilirliği bir tarafa üreme potansiyelini değerlendirmek, nesli tükenmiş türler kadar canlı türlerde de son derece problemlidir. Doğanın tür sınırları, çoğu zaman biyologların belirledikleri sınırlarla örtüşmez. Üreme potansiyeli hakkında net bir kanıtı sahip olmayan biyologlar genellikle türe özgü özelliklere yönelir. Bu tür özellikler yumuşak dokular (örneğin deri, tüyler veya kıllar), vücut büyüklüğü, DNA sekansları, kromozom sayıları, vokalizasyon ve başka bazı davranışlarda bulunabilir. Bunların fosilleşmiş hale gelmesi ihtimali ya hiç yoktur ya da çok azdır. Günümüzde yaşayan birçok tür, tek başına iskeletle ilgili KARAKTERLER temelinde neredeyse birbirinden ayırt edilemez.

Bu nedenle iş türlerin ayırt edilmesine geldiğinde paleontologlar ciddi bir biçimde zorlanır. Çiftleşme başarıları ve başarısızlıklarını gözlemleyemezler ve genler bir tarafa, kemik dışı dokulara neredeyse hiçbir zaman erişememişlerdir. Bunun yerine, omurgalı fosil avcıları tür çeşitliliği tahminlerini birçok parçalı kemik ve dişe dayandırmak zorundadır. Ayırt edici temel özelliklerin korunmadığı durumlarda, fosil türlerinin çeşitliliğini yeterli bir şekilde tahmin edemeyiz. Öte yandan her bireysel organizma diğerlerinden bazı ince farklarla ayrılır; iki kemik hiçbir zaman tam olarak aynı

değildir. Bu nedenle hangi özelliklerin türleri gerçekten ayırdığını belirlemek çoğu zaman zordur. Omurgalılar arasında kemik varyasyonları büyüme, cinsiyet farkları ve diğer bireysel farklılıkların sonucu olabilir. Bu tür varyasyonları kendinden emin bir biçimde değerlendirmek, bir tek türden yeterli sayıda örneğe sahip olmayı gerektirir ve bu da dinozorlarda nadir bir durumdur.

O halde *Masiakasaurus*'un yeni bir türü temsil ettiğini nasıl anlamıştık? Bu örnekte, benzersizliği ortaya koymak oldukça kolaydı. Memelilerin aksine dinozorlar ve diğer birçok sürüngen² diş yapısı bakımından değişimlere açık olmama eğilimindedir. Bir başka deyişle ön dişler, çenenin arka kısmındakileri andırır ve değişiklik çoğunlukla boyutla ilgilidir. Yine de Madagaskar'daki yırtıcı özelleşmiş, ileri doğru çıkıntılı konik ön dişleri ve daha standart dokuda, tırtıklı, bıçak gibi arka dişleriyle daha önce görmüş olduğumuz hiçbir şeye benzemiyordu. Küçük çeneler, öylesine olağandışıydı ki ilk başta hangi hayvan grubuna ait olduğundan bile emin olmadık. Bilimsel bir konferansa katıldığımızda, ilk muammalı çene örneğini bazı meslektaşlarımıza gösterdik. Tahminler dinozordan PTEROSAUR (uçan sürüngen) ve timsaha kadar uzandı. Ancak daha sonraları, araştırmanın ilerleyen evrelerinde, aynı kalıntılarda bulunan büyük etçil dinozor *Majungasaurus*'un alt çenesinde birçok özelleşmiş özelliği de bulunduğunu ortaya çıkardık.

Büyük olasılıkla arka bahçenizde keşfetmeyecek olsanız da, yeni bir dinozor bulmak hayal edebileceğiniz kadar ender değildir. *Masiakasaurus knopfleri* dinozorların adlandırılmış 700 kadar türünden biridir. Mezozoik fosil kayıtlarında kalan tüm coğrafi ve zamansal boşlukları göz önünde bulundurduğumuzda,

² Kladistiğin geliştirilmesi, en azından doğal dünyanın kategorizasyonuna uygulandığı şekliyle bir başka terminolojik devrime yol açmıştır. Kuşlar, doğrudan dinozorların neslinden geldiğine ve dinozorlar da sürüngen olduğuna göre, kuşlar gerçek anlamda sürüngendir ve bu mantık dışı görünen bir sonuçtur. Bu tür belirsizlikleri azaltmak için biyologlar, akademik alanın dışında görece bilinmeyen yeni terimler geliştirmiştir. Bu nedenle *sürüngen* (*reptile*) terimi bilimsel literatürde gittikçe daha az görünmektedir ve bunun yerini kertenkeleler, kaplumbağalar, timsahlar ve kuşların yanı sıra dinozorlar ve pretosaurlar gibi nesli tükenmiş birçok grubu kapsayan doğal gruplandırma (*clade*) olarak *sauropsid* terimi almıştır. Bu anlamda kuşlar, dinozorlardan gelen uçan sauropsidlerdir ve dinozorlar da archosaurılar olarak bilinen daha geniş sauropsid grubuna aittir.

daha binlerce dinozor türünün var olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Steven Wang ve Peter Dodson (Pennsylvania Üniversitesi) tarafından yakın geçmişte gerçekleştirilen bir araştırma, dinozorların toplam çeşitliliğinin yaklaşık üçte biri kadarını keşfettiğimizi ileri sürer. Kalıntıları fosil kayıtlarında korunmadığı veya paleontologlar tarafından hiçbir zaman ortaya çıkarılamayacağı için bu bilinmeyen formların bir kısmı hiçbir zaman keşfedilemeyecek bile olsa, yeni dinozorlar her ay bulunup açıklanmaktadır. Gerçekten de son 25 yılda adlandırılan dinozorların sayısı o zamana kadarki tüm dinozorların toplam sayısından fazladır. Bu, büyük ölçüde şimdiye kadar hiç olmadığı kadar çok insanın araştırma yapmasındandır. Yine de tanımlama yalnızca ilk adımdır.

Türleri tanımlama ve adlandırmaya ek olarak, evrimsel ilişkilerini değerlendirmek de birçok araştırmada eşit ölçüde önemlidir. Darwin'in evrim teorisi, Dünya üzerindeki tüm yaşamın kalın ve ince dalları yaşayan ve nesli tükenmiş tüm türleri yansıtan devasa bir ağaç gibi görülebileceğini ortaya koyar. Bu ağacın dallanma örüntüsü veya en azından birkaç ince dalı, fosillerle ilgili olan araştırmalar da dahil birçok biyolojik araştırmada temel bir faktördür. Örneğin, biyologlar ilk önce grup içindeki yaklaşık ilişki örüntüsünü yeniden oluşturan dek böcekler veya memeliler gibi bir organizma grubunda belirli bir özelliğin –mesela kanatların– evrimsel ilerleyişini takip edemez.

Sonuç olarak, biyolojik soy ve kökenin incelemesi olan SİSTEMATİK her zaman için evrimsel biyologların başlıca ilgi alanlarından biri olmuştur. Paleontologlar burada da bir kez daha iskelet karakteristiklerini değerlendirmeyi temel almak zorundadır. Fakat özel bir türdeki benzersiz özellikleri araştırmak yerine, iki veya daha fazla türdeki ortak özelliklere odaklanılır. Araştırmacılar tür gruplarını sınırlandırmak için hangi karakteristiklerin en önemli olduğunu belirlerken gözlem, sezgi ve deneyimin sanatsal bir kombinasyonunu uygular. Organizmaların karşılıklı ilişkilerini ortaya çıkarmak için çeşitli metotlar kullanılmıştır. Fakat birçok metot kesinlikten uzaktır ve farklı araştırmacılar hangi karakteristiklerin en önemli olduğu noktasındaki anlaşmazlığa düşünce problemler doğmaktadır.

1970'lerden itibaren yaşama formlarının tarihsel ilişkilerini yeniden kurmak için en yaygın biçimde kullanılan kesin yaklaşım ilk olarak 1950'de Alman entomolojist Willi Hennig tarafından ortaya atılan filogenetik sistematik veya KLADİSTİK yaklaşımıdır. Hennig genel benzerliklerin değerlendirmesini temel almak yerine, yalnızca ortak bir evrimsel geçmişe sahip doğal grupları veya AYNİ SOYDAN GELEN CANLILARI tanımlayabilecek ortak, özelleşmiş karakterler temelinde ilişkilerin belirlenmesini savunmuştur. Araştırmacılar, en çok kanıt tarafından en güçlü biçimde desteklenen evrimsel dallanma sekanslarını araştırmaktadır. Bu tür analizler yüksek hızlı bilgisayarlar olmaksızın yapılamazdı, çünkü belirli bir türler grubu için "ağaçlar" adı verilen alternatif dallanma kombinasyonları, binlerce veya hatta milyonlarca olabilir. Matematiksel programlar, bu alternatif ağaç labirentlerini dolaşarak en basit olanını, en az evrimsel değişimi veya "adımı" gerektireni arar. Buradaki varsayım, en az evrimsel değişimi gerektiren yolun en muhtemel yanıt olduğudur. Kladistik yaklaşımın belirgin bir faydası, tekrarlanabilme ve dolayısıyla sınanabilme potansiyelidir. Bu, araştırmacıların meslektaşlarının analizlerini veriler ekleyerek ve gerektiğinde değişiklikler yaparak yeniden gerçekleştirmesine olanak tanır. Sonuçta kladistik sistematığın çok daha kesin ve bilimsel hale gelmesini sağlamıştır.

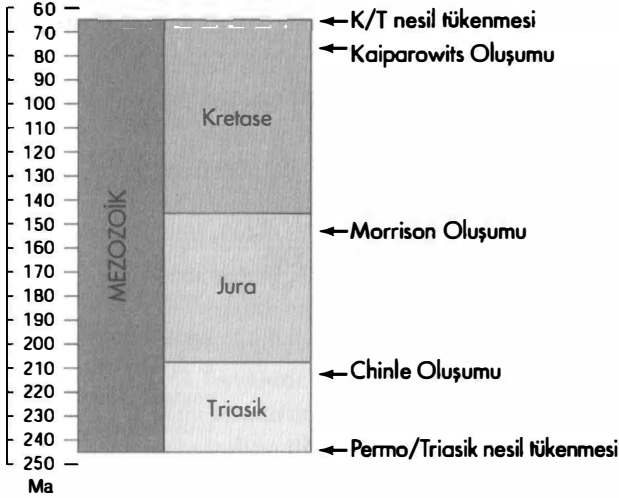
Bir hayvanlar grubundaki varsayımsal ilişkiler, KLADOGRAM adı verilen ağaç benzeri dallanma diyagramlarıyla temsil edilir. Bu, insanların aile geçmişlerini gösteren soy ağaçlarına benzer. (Bu bölümdeki Şekil 3.4'e ve sonraki bölümlerdeki benzer şekillere bakın.) Kladogramlar tek doğrultudaki zaman akışına dayanır. Bu nedenle ebeveynlerin çocuklarından önce gelmesi gibi, ilişkili grupların ortak atalarının da torunlarından önce ortaya çıkması gerekir. Yakından ilişkili organizmaların ilk olarak ortak bir atada evrimleşen tüyler veya iki parmaklı ayak gibi özelleşmiş özellikleri paylaştığı fikri de eşit ölçüde önemlidir. Nihayetinde, bir kladogramın dalları yakından ilişkili yaşam formlarını ortak ataya işaret eden özelleşmiş özellikler temelinde bir araya getirir. Kladistik, paleontoloğun araç kutusundaki vazgeçilmez araçlardan biri haline gelmiştir. Yolculuğumuz boyunca bunun önemi açıkça görülecektir.

Ancak dinozorların destansı yolculuğunda ilerlemeden önce ne tür hayvanların dinozor olarak nitelendirildiğini inceleyelim. Bir dinozor gördüğünüzü nasıl bilebilirsiniz? Dinozorların önemli grupları nelerdi? Kaç tür dinozor vardı? Öykümüzün amaçları doğrultusunda, bu soruları biraz net bir biçimde yanıtlayabilmek önemlidir. Elbette ki, bu antik dramları ortaya çıkarırken daha sayısız ekolojik oyuncuyla karşılaşacağız, ama dikkatimizin odağında yer aldıkları için bilhassa dinozorlara ilişkin temel bir anlayışa sahip olmamız gerekir.

Terminoloji hakkında önemli bir hatırlatma yapmam gerekiyor. Yukarıda değinildiği gibi paleontologlar günümüzde kuşların, dinozorların doğrudan evrimsel torunları ve dolayısıyla gerçek anlamda dinozorlar olduğundan emindir. Fakat meseleyi karmaşık hale getirmemek için bu kitabın geri kalanında *dinozor* sözcüğünü KUŞ DIŞI DİNOZORLAR'ı kastetmek için kullanacağım ve daha sonra gerektiğinde dinozor soyunun kuş üyelerine atıfta bulunacağım.

Dinozorlar, Mezozoik Zamanın kayalarında 225 ila 65 milyon yıl önce ortaya çıkmıştır. Bu uzun zaman dilimi, üç döneme ayrılır: en yaşlısından en gencine doğru Triasik, Jura ve Kretase. Mezozoik Zamanda dinozorlar birçok aşama veya "hanedanlık" döneminden geçmiştir. Bunların her birinin kendi benzersiz oyuncu topluluğu vardır. Belirli bir anda, gezegendeki kıtalarda yüzlerce dinozor türü yaşamıştır. Ortalama bir dinozor türü, tıpkı nesli tükenmiş diğer omurgalıları gibi, büyük olasılıkla bir milyon yıllık bir süreçte varlığını korumuştur. Dinozorların 160 milyon yıllık başarı geçmişi göz önünde bulundurulduğunda, çok farklı dinozor türlerinin var olduğu tahmin edilebilir. Jeolojik kayıtlar da tam olarak bunu gösterir.

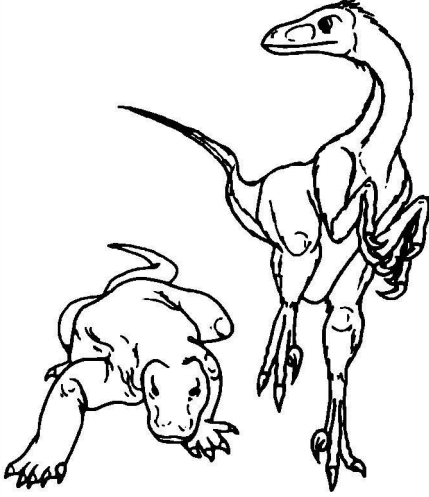
Tüm dinozorları birleştiren ve onları kertenkeleler, kaplumbağalar, yılanlar ve timsahlar gibi diğer sürüngenlerden ayırt eden benzersiz özellikler nelerdir? Dinozorların özelleşmiş çene ve dişlerine, garip süslemelerine veya belki de devasa vücut büyüklüklerine bakmak isteyebilirsiniz. Fakat dinozorların birçok grubu nihayetinde bir şekilde bu özelliklerden evrimleşmiş olsa da, bu soruyu yanıtlamak ilk dinozorlardaki ortak olan ve daha sonra torunlarına aktarılan bu karakteristikleri tanımlamayı gerektirir. İşin tuhafı, bu tanımlayıcı özelliklerin çoğunlukla dinozorların nasıl kavradığı ve yürüdüğüyle ilişkili olarak eller ve kalçalarda bulunduğu anlaşılır.



Şekil 3.1: Kuzey Amerika'nın iç batı bölgesinden üç jeolojik oluşumu ve iki kitlesel nesil tükenmesi olayını gösteren Mezozoik zaman skalası. Bu üç oluşum, On İkinci Bölüm (Chinle Oluşumu), On Üçüncü Bölüm (Morrison Oluşumu) ve On Dördüncü Bölümde (Kaiparowits Oluşumu) ele alınacaktır. Nesil tükenmeleri ise On Beşinci Bölümde incelenecektir. Soldaki zaman çizelgesi milyon yıllar öncesinin tarihlerini göstermektedir ("My" kısaltması milyon yılın karşılığıdır).

İlk dinazorlar ve insanlar, ilk bakışta görünenen daha çok ortak noktaya sahiptir. İnsan soyunun ayırıcı özelliklerinden biri, bükülebilir başparmağımızın ucuyla diğer parmaklarımızın uçlarına dokunabilme imkânına sahip olmamızdır. Daha da önemlisi bu yapılanma kavramımıza imkân tanır; bu, araç yapmak ve araç kullanmak için kritik önemdeki bir özelliktir. Dinazorların araç kullandığına dair hiçbir kanıt bulunmasa da, çeşitli türden bükülebilir başparmaklara sahiptirler. Yapısı insanlarınkinden çok farklı olmasına rağmen bu başparmaklar ilk dinazorların ve onların torunlarının birçoğunun, ellerini kavramak için kullanabilmesini sağlamıştır. Bu diğer davranışların yanı sıra avları yakalamak veya bitkileri tutmak için önem taşımış olabilir.

Dinazorların kalçaları öncüllerininkinden nasıl farklıdır? Birçok sürüngen yayılmış uzuvlara sahiptir, uyluk (kalça) kemiği ne-



Şekil 3.2: Vücut duruşundaki farklılıklar: günümüzde yaşayan yayılmış bir kertenkele (Komodo ejderi) ve dik duran Kretase theropod dinozoru (*Utahraptor*).

redeyse yatay yöndedir ve beden zemine yakın bir biçimde konumlanır. KALÇA ÇUKURU uyluk kemiğinin başını barındıran sert bir yuva oluşturur. Bu düzenleme, vücudu zeminden yukarıda tutmak ve hayvanın ileri doğru hareketini sağlamak için gerekli yatay kuvvetlere direnç gösterir. Bir kertenkelenin hareketini düşünün; hayvan ilerledikçe vücudu ve kuyruğu dalgalı bir S şekli çizerek yandan yana sallanır ve ayaklar vücudun orta hattından çok uzaktadır.

Buna karşın, ilk dinozor uyluk kemiğinin daha düşey şekilde durduğu daha dik bir duruşa sahiptir. Bu özelleşmiş, dik uzuvlu uyarlama, memelilerde bağımsız bir biçimde evrimleşmiş ve vücudu zeminden yükseltmiştir. Vücuttaki bu yeni konumlanma, kalça eklemine yüklenen kuvvetlerin yönünü önemli ölçüde değiştirmiştir. Dikey duruş, kalça çukurunun merkezinde yatay kuvvetler üretilmek yerine, esasen kalça çukurunun üstüne yönelmiş düşey kuvvetler üretir. Sonuç olarak dinozorların kalça çukuru ortada bir boşluğa ve kalınlaşmış, pekişmiş bir üst kenara sahiptir. Bu dik duruş, sol ve sağ ayağı hareket sırasında birbirine yakınlıştırmıştır. Bu, ayakların yanlarda değil vücudun hemen altında olduğunu gösteren binlerce dinozor ayak iziyle doğrulanmıştır. Bu duruş daha sonra devasa vücut büyüklüklerinin evrimi için faydalı olsa da, ilk dinozorların tümü küçük görünür.

İlk dinozorlar, sürüngen atalarının birçoğunun aksine arka ayakları üzerinde yürüyen iki ayaklılardır. İnsan soyunun bir diğ er ayırt edici özelliğ i olan BİPEDALİZM hareket dışındaki görevler için elleri ve kolları serbest bırakma avantajını taşır. Şaşırtıcı olmayan bir biçimde, insanımsılar ve insan kültürünün kökenlerine hakkındaki hipotezlerde dik yürümenin öne çıkması gibi, bipedalizm dinozorların ilk evriminde başlıca etken olarak ileri sürülmüştür. Örneğ in etç il dinozorlarda kollar ve eller yakalama ve eğ me gibi yırtıcılar için çok faydalı işlevler üstlenmek üzere değişmiştir. Daha sonra, özel bir etç il grubunun ön ayakları değişime uğrayarak kanata dönüşmüştür ve bu sayede bir grup dinozor heretiğ in kuşlar olarak havalanabilmesi mümkün hale gelmiştir. Mezozoik Zamanın akış ı içinde en az dört etç il dinozor grubu bağımsız bir biçimde eski haline dönerek dört ayak üzerinde yürümeye başlamıştır ama Arjantin'den geç Triasik devre ait *Eoraptor* gibi ilk dinozorların arka ayakları üzerinde dolaş an son derece küçük, süratli yırtıcılar oldukları görünür.

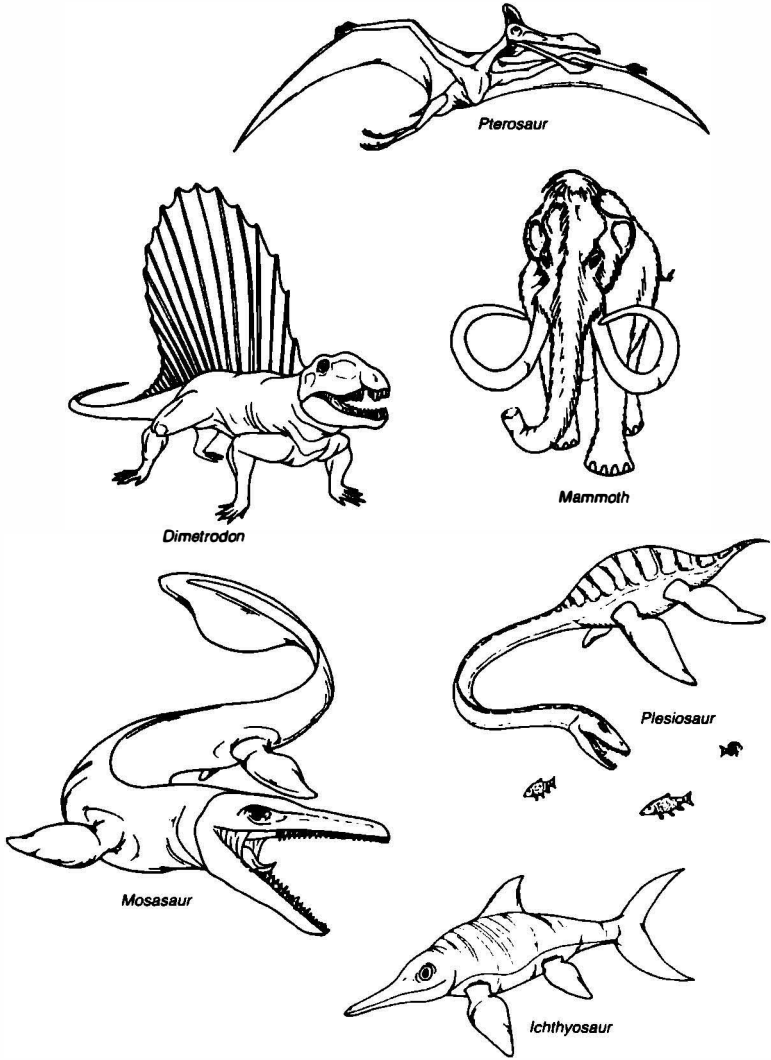
Yukarıdaki özellikleri aklımızda bulundurarak, dinozor olarak nitelendirilebilecek ve nitelendirilemeyecek hayvanların türlerini değerlendirebiliriz. Öncelikle temel bir noktayı vurgulamama izin verin. Nesli tükenmiş büyük bir canavar olmak, dinozor statüsünde sayılmak için yeterli değildir. Dinozor kulübünün resmi bir üyesi olmak için bir organizmanın birçok kriteri karş ılaması şarttır. İlk olarak (kuşlar istisna olmak üzere) hayvanın Mezozoik Zamanda yaşaması gerekir. Önceki Paleozoik Zamanda yaşayan yelken sırtlı etç il *Dimetrodon* gibi hayvanlar ve sonraki Senozoik Zamandan mamutlar sık sık dinozor kitaplarının sayfalarına dahil edilir. Fakat her ikisi de dinozorlardan çok sizinle ve benimle ilişkilidir. İkinci olarak, dinozorlar ayırt edici bir biçimde kara sakinleridir. Dinozorların evrimsel kuzenleri ve çağc ılı olan uç an sürüngenler veya pterosaurlar, bağımsız bir evrim çizgisini temsil eder. Pterosaurlar, uç ar hale gelmek için tamamen bağımsız bir çözüm uygulayarak (deriden bir kanat zarını destekleyen uzamış bir dördüncü parmak) kuşlardan ayrı olarak dövüş yeteneğ ini evrimleştirmiştir.

Mezozoik Zaman, çeşitli büyük deniz sürüngenlerinin ortaya çıkmasına ve neslinin tükenmesine de tanık olmuştur: PLESIOSA-

URS, ICHTHYOSAURS VE MOSASAURS. Bunların hiçbirini dinazor olarak nitlendirelimiz. Dinazorların kesintisiz karaya yatkınlığı, omurgalı hayvanların önemli, uzun ömürlü grupları arasında çok nadirdir. Omurgalıların tarihinde birçok kez, karada yaşayan gruplar denize dönen torunlara evrimleşmiştir. Bunun en çok bilinen örnekleri, başta balinalar ve foklar olmak üzere memeliler arasında ortaya çıkmışsa da, ikincil deniz omurgalıların evrimi son 300 milyon yılda sayısız kez gerçekleşmiştir. Kısacası dinazorlar, Mezozoik Zamanın yaklaşık son 160 yılında yaşayan özelleşmiş kalçalar ve arka bacaklara sahip kara hayvanlarıdır.

Paleontologlar, başlıca iki dinazor grubu tanımlar. Bunların ilki SAURISCHIA veya kertenkele kalçalı formlardır. Bunun iki önemli alt grubu vardır: *Tyrannosaurus* gibi yırtıcı THEROPODLAR ve *Apatosaurus* (namı diğer *Brontosaurus*) gibi otçul, uzun boyunlu sauropodomorphlar. Saurischian grubu, aşağı ve ileri yönlü kasık kemiğiyle ilkel kalça koşulunu gösterme eğilimindedir. Şimdiye kadar bildiğimiz kadarıyla tümü otçul olan ikinci kol, ORNITHISCHIA veya kuş kalçalı dinazorlardan oluşur. Bu durumda, çubuk şeklindeki kasık kemiği, *ischium* adı verilen diğer kalça kemiğinin yanında uzanacak şekilde arkaya dönüktür. Kalça kemiklerinin benzer bir düzenlemesi kuşlarda görülür. Fakat meseleyi daha karmaşık hale getirecek şekilde, kuşlar kuş kalçalı ornithischian grubundan değil, kertenkele kalçalı saurischian grubundan evrimleşmiştir. Daha küçük vücutlu theropodların özelleşmiş bir grubu olan maniraptorlar, bağımsız bir biçimde arkaya bakan kasık kemikleri evrimleştirmiştir ve kuşları ortaya çıkaran grup budur. Sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak boy gösterecek olan dinazor karakterlere şimdi hızlıca göz atalım.

Etçil theropodlar, dinazor gruplarının en ünlüsü ve birçok bakımdan değişime en az açık olanıdır. Mezozoik Zamanda, otçul dinazorların en az dört grubu, bağımsız bir biçimde her zaman için büyük vücutlarla ilişkili olarak DÖRT AYAKLILIK, yani dört ayak üzerinde hareket etmeye geçmiştir; ama theropodlar, *T. rex* gibi gerçekten devasa formlar bile iki ayaklı olmayı sürdürmüştür. Sonuç olarak theropod vücut planı, neredeyse 5 yaşındaki her çocuk tarafından ayırt edilebilir. Birkaç istisna dışında theropod kafa-



Şekil 3.3: Dinozorlarla sık sık karıştırılan büyük tarih öncesi yaratıkların bir seçkisi. Pterosaur, dinozorların yakın akrabası olan Mezozoik Zamanda yaşamış uçan sürüngenlerdir. Dimetrodon, memelilerin yakın akrabası bir grup olan sinapsidlerin geç Paleozoik devirde yaşamış bir üyesidir. Mamutlar, günümüzde yaşayan fillerin yakın akrabası olan geç Senozoik devirde yaşamış memelilerdir. Mosasaur, ichthyosaur ve plesiosaur Mezozoik Zamanda yaşamış açık deniz sürüngenleridir.

taslarının genel yapısı, kertenkeleler gibi dinazor olmayan sürüngenlerin birçoğununkine yakından benzer kalmıştır. Birçok açıdan *Tyrannosaurus* kafatası, steroidlerde Komodo ejderininkine benzer görünür; bu bitki yiyen birçok dinazor için geçerli değildir. Theropodlar, tavuktan traktör-römork-kamyona kadar çeşitli büyüklüklere sahip olmuştur. Bu klanın bazı özelleşmiş üyeleri, görünüşe göre daha hepçil beslenme biçimlerini benimsemiştir ve hatta birkaçı sonradan vejetaryen olmuştur. Fakat büyük çoğunluk çeneleri ve dişlerine bakılacak olursa et yemeye bağlı kalmıştır. Theropod evrim öyküsünün entrika ve maceradan yoksun olduğunu kastetmiyorum. 160 milyon yıllık süreçte kuşlar hariç tutulsa bile muazzam bir tür çeşitliliğine erişmişlerdir. Aslında tüm adlandırılmış dinazorların yarıya yakını theropoddur.

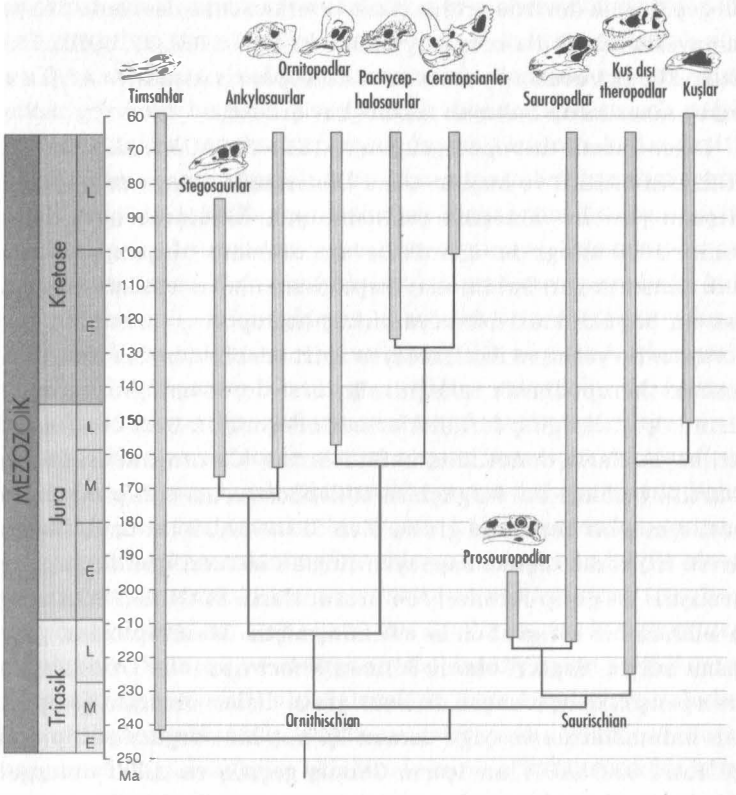
Çoğu theropod dinazor, yırtıcı yaşam tarzı için iyi tasarlanmıştır. Çenelerinde bıçak gibi, tırtıklı, geriye doğru eğilimli dişler vardır. Alt çene, muhtemelen bir ölçüde bükülmeye imkân tanıyan merkezi olarak konumlanmış bir ekleme sahiptir; bu büyük olasılıkla ısırma sırasındaki incinme riskini en aza indirmek için. İnce çeperli kol kemiklerine ek olarak (bu özellik kuşlarda uç noktasına gelmiştir) kafatası ve omurganın (bel kemiği) çoğu kemiği genel vücut ağırlığını önemli ölçüde azaltan hava keseleriyle doludur. El ve ayak parmaklarında keskin pençeler vardır. Vücut neredeyse yatay tutulmuştur ve kalça ekleminde karşı uçla dinamik bir karşı denge vazifesi üstlenen uzun, sertleşmiş kuyrukla dengelenmiştir.

Bilinen en eski theropodlar *Eoraptor* ve *Hererrasaurus* aynı zamanda ilk bilinen dinazorların ikisidir. İskeletleri öylesine ilkeldir ki bazı araştırmacılar gerçek dinazorlar olup olmadığından şüphe ettikleri bu iki hayvanı dinazorların çok yakın akrabaları olarak nitelendirmiştir. Yalnızca Arjantin'deki Ischigualasto Oluşumu kayalarında bulunan kemik kalıntıları, yaklaşık 225 milyon yıl öncesine ait geç Triasik devrinin kayalarından çıkarılmıştır. Dinazorlar Çağı olarak adlandırılan bu devrin ilk günlerinde, birçok türden omurgalı yaşamıştır. Bazen geç Triasik ekosistemlerde theropodlar ve dinazor akrabalarına ufak roller biçilmiştir. Fakat yaklaşık 200 milyon yıl önce erken Jura devrinde dinazorlar dünya çapındaki kara habitatlarında egemen büyük vücutlu hayvanlar haline gelmiştir. Theropodlar arasındaki ilk önemli başarı öykü-

sü, geç Triasik devirde ortaya çıkan ve erken Jura devrinde dünyaya yayılan küçük ila orta büyüklükteki etçil SOELOFİZOİDLER'e aittir. Küçük vücutlu *Syntarsus* ve *Coelophys*, sırasıyla Afrika ve Kuzey Amerika'da bulunan iki meşhur örnektir.

Diğer önemli theropod grupları –CERATOSAURS, ALLOSAURS, COELUROSAURS ve kuşlar– Jura Döneminde ortaya çıkmıştır ve birçoğu yine bu dönemde çeşitlenmiştir. İlk olarak bazı theropodlar 1000 kilogramı aşarak devasa oranlara ulaşmıştır. Mezozoik Zamanın geri kalanında, birçok kara ekosisteminde en azından bu büyüklükteki bir veya birkaç theropod egemen olmuştur. *Eoraptor*'da yerleşen ilkel, kolayca ayırt edebilen beden türü daha sonraki theropodlarda varlığını sürdürse de, önemli grupların her birinde çeşitli ilginç farklılıklar evrimleşmiştir. Bazı ceratosaur-lar, boynuzlarla donatılmış kafataslarına (*Ceratosaurus*, *Carnotaurus*), bazıları da sorguçlara (*Dilophosaurus*) sahip olmuştur. Özelleşmiş bir theropod grubu olan SPİNOSAUR'lar uzun burun-lar ve iri, konik dişleri kapsayan timsah benzeri özellikler geliştirmiştir. En garip formlar, coelurosaurların MANİRAPTOR adıyla bilinen bir alt grubunda evrimleşmiştir. Maniraptorlar, gayri resmi adıyla "raptor" olarak bilinen *Velociraptor* ve *Troodon* gibi orak pençeli dehşet saçan dinazorları ve dişleri olmayan garip gagalı kafataslarına ve çoğu zaman içi boş bir sorguca sahip olan OVİRAPTOROSAUR'ları içerir. Gelmiş geçmiş en tuhaf omurgalı gruplardan biri olma yolunda etçillikten otçulluğa geçmiş görünen THERIZINOSAUR'lar da maniraptor grubuna dahil edilir.

Jura ve Kretase dönemlerinde, bu önemli theropod klanlarının evrimsel kaderleri süperkıta Pangaea gittikçe daha küçük kıtalara bölündükçe dünya genelinde güçlenip zayıflamıştır. Örneğin, Kretase Dönemi kapanırken birçok Güney Yarımküre kıtasındaki egemen etçiller tamamen ceratosaurlardır; bunlar *Carnotaurus* ve *Majungasaurus* gibi dehşet verici dinazorların yanı sıra daha önce sözü edilen *Masiakasaurus* gibi daha küçük dinazorları içermiştir. Bu esnada Kuzey Yarımkürenin büyük bir kısmı *Tyrannosaurus* ve *Tarbosaurus* gibi devasa TYRANNOSAUR'lar ve daha küçük *Velociraptor* ve *Troodon* gibi çeşitli coelurosaurlara ev sahipliği yapmıştır.



Şekil 3.4: Dinozorların önemli gruplarının evrimsel ilişkileri ve zamansal olarak ortaya çıkışları, dallanan bir şemayla (kladogram) gösterilmiştir. Sol tarafta jeolojik zaman çizelgesi yer alır ("My" kısaltması milyon yılın karşılığıdır). Gölgeleştirilmiş çubuklar, çeşitli grupların var olduğu bilinen zaman aralıklarını temsil eder. Kuş-kalçalı dinozorlar (ornithischian) solda, kertenkele kalçalı dinozorlar (saurischian) sağda görünür. Dinozor olmamalarına rağmen timsahlar da, dinozorların günümüzdeki en yakın akrabaları olarak (kuşlarla birlikte) aralarındaki ilişkiyi göstermek için buraya dahil edilmiştir.

Kertenkele kalçalı dinozorların diğer önemli grubu SAUROPODOMORPH adı verilen irilik (gigantism) eğilimine sahip vejetaryenlerdir. Bitki yiyenlerin bu olağandışı toplanması, geç Triasik devirde ortaya çıkmış ve çeşitlenmiş görünür. Tüm üyeler uzun

diş taçları, uzun boyunlar ve ön ayakların ilk parmağında bariz pençelerin yanı sıra, vücut büyüklüklerine göre küçük başlara sahiptir. Paleontologlar bir tek evrimleşen soyda birden çok türün hızla ortaya çıkışına işaret etmek için EVRİMSEL YAYILMA veya bazen sadece "yayılma" terimini kullanır. Sauropod soyundaki ilk yayılma, Triasik Dönemin sonlarından Jura Döneminin ilk kısmına kadar (yaklaşık 30 milyon yıl) karadaki büyük otçullara egemen olan orta büyüklükteki uzun boyunlu vejetaryen grubu PROSAURODLAR'dır. Dünya üzerinde bu döneme kadar evrimleşmiş en büyük otçullar bu grubun içindedir.

Bazı prosauropodlar devasa büyüklüklere ulaşmışsa da, birçoğu ilk dinazorların iki ayaklılık mirasını sürdürerek arka ayakları üzerinde yürümüş görünür. Buna karşın, prosauropodlara atfedilen ayak izleri en azından bazı formların dört ayak üzerinde hareket edebildiğine işaret eder. Toronto Üniversitesinden Robert Reisz ve diğerleri tarafından yakın geçmişte duyurulan prosauropod embriyolarının keşfi, prosauropodların dört ayak üzerinde yürüyerek yaşama başlamış olabileceğini ortaya koyar. Prosauropodlar genel olarak, temel vücut planı yerleştikten sonra asgari düzeyde iskelet değişikliği geçiren, görece değişime açık olmayan bir gruptur. Küçük ve hassas başları büyük olasılıkla çenede küçük bir GAGA içermiştir. Prosauropodların dişleri, theropod kuzenlerinden çok farklı biçimde iri tırtıklara sahip görece geniş dişlerdir. *Plateosaurus* gibi çeşitli formların, KEMİK YATAKLARINDA düzinelerce örneğin bulunması en azından bazı prosauropodların sürücül olduğunu gösterir.

Bu gruptaki ikinci ve daha ünlü evrimsel yayılma, bazen gayri resmi bir biçimde "brontosaur" adı verilen SAUROPODLAR'dır. En uç örnekleri muhtemelen ağırlığı 100 tonun (220.000 pound) üzerinde ve boyu 33 metre (100 fit) olabilen bu devler klanı, Dünya üzerindeki gelmiş geçmiş en büyük hayvanları kapsar. Sauropodların yüzden fazla türü tanımlanmış ve bunlar, evrimsel gruplar dizisine bölünmüştür. Aşırı büyük vücutlarıyla kıyaslandığında küçük olan kafatasları görülmeye değerdir. *Camarasaurus*, *Brachiosaurus* ve yakın akrabaları gibi, bazıları, kaşık şeklinde geniş dişlerin yer aldığı çeneleri ve küt burunlarıyla kısa kafataslarına sahiptir. Bu formlar, yüzün ön kısmındaki burunda çok büyük kemiksi deliklere sahip olma eğilimindedir (ama etli burun delikleri

çok daha küçüktür). Buna karşın diğer sauropod türleri, örneğin *Diplodocus* ve birçok TITANOSAUR çenenin ön kısmıyla sınırlı dar, kalem benzeri dişlerin yer aldığı uzun ve ince kafataslarına sahiptir. Bu ikinci grubun birçok üyesi, garip bir biçimde kafatasının üstündeki bir konuma çekilmiş daha küçük, son derece özelleşmiş kemikli burun deliklerine sahiptir.

Sauropodlar, geç Triasik ve erken Jura devirlerinde nadirdir, ama orta Jura devri itibarıyla (yaklaşık 180 milyon yıl önce) büyük bir çeşitlilik kazanmıştır. Popüler kitaplar Jura Dönemini genellikle *Supersaurus*, *Diplodocus*, and *Apatosaurus* gibi dev yaratıkları da kapsayan sauropodların devri olarak betimler. Fakat en az bir grup – titanosaurular – Kretase Döneminin sonuna kadar, başta Güney Yarımküre olmak üzere, dünya genelindeki birçok ekosistemde "büyük ve faal" kalarak varlığını sürdürmüştür.

Bilinen tüm sauropodlar dört ayaklıdır; büyük vücutlarını dört ayak üzerinde taşırlar. Dev büyüklüklerle bağlantılı bir diğer uyarılma dirseklerde, dizlerde, el ve ayak bileklerinde doğrultulan sütun biçimli uzuvlardır. Modern zamanlardaki fillerde olduğu gibi, bu düzenleme sauropodların ciddi miktardaki vücut ağırlığını kaslar yerine doğrudan uzuv kemiklerinde destekleyebilmesini sağlamıştır. İrilikle bağlantılı iskelet değişikliklerinin bir diğer örneği omurgadadır. Sauropodların boyun ve sırt omurları, doğanın çarpıcı birer mühendislik harikası olmalarının yanı sıra, muhteşem birer sanat eseridir. Boyun ve sırtın her omuru, bir başyapıt niteliğindeki ince-duvarlı desteklerin içine oyulmuş ve süreç, kütle asgariye inerken kaslar sabitlenecek şekilde gelişmiştir. Kemikler, özelleşmiş kemik yiyen hücrelerin yardımıyla omurgayı istila edip oyan akciğerlere bağlı hava kesecikleri tarafından gerçek anlamda oyulur. Günümüzde kuşlar tarafından yaygın olarak kullanılan bu şaşırtıcı sistem, Mezozoik vejetaryenlerin boyun omurlarının, boyunun uzaması ve/veya sayısının artırılmasının bir kombinasyonu aracılığıyla, uzun boyunlar evrimleştirmesini sağlamıştır.

Vücut şekli, kafatası şekli, dişler, boynuz süsleri ve hareket gibi birçok bakımdan, ornithischian grubu büyük dinozor gruplarının açık arayla en çok çeşitlilik gösterenidir. Bu vejetaryen

koleksiyon şunları içermiştir: STEGOSAUR'lar ve ANKILOSAUR'ları kapsayan TİREOFORAN'lar ("zırh taşıyanlar") veya zırhlı dinozorlar; HYPİLOPHODONT'lar, HETERODONTOSAUR'lar, İGUANODONT'lar ve HADROSAUR'lardan oluşan ORNİTOPOD ("kuş ayaklı") dinozorlar; CERATOPSİAN'ler ("boynuz taşıyanlar") veya boynuzlu dinozorlar ve PACHYCEPHALOSAUR'lar ("kalın başlı kertenkeleler") veya kubbe başlı dinozorlar. Pachycephalosaur'lar, yalnızca arka ayakları üzerinde hareket etmiştir. Buna karşın stegosaur'lar ve ankylosaur'lar neredeyse tümüyle dört ayaklıdır ve ceratopsian'ler hem iki ayaklı, hem de dört ayaklı formlar geliştirmiştir. Son olarak daha küçük ornitopodların tümü iki ayaklıdır ve büyük hadrosaur'ların en az birkaçı, yavaş hızda dört ayak üzerinde ilerleyen ve koşmaya başladığında iki ayak üzerinde devam eden "değişken" bir hareket tarzına sahip görünür. Ornithischian grubundaki dinozorların hiçbirisi sauropodların gerçekten büyük ölçülerine ulaşmasa da, hadrosaur'lar gibi bazıları buna yaklaşmıştır.

Kuş kalçalı dinozorlarda kemikli süsler boldur. Ceratopsian'lerin boynuzları ve fırırları, hadrosaur'ların sorguçları, pachycephalosaur'ların kubbeleri, stegosaur'ların plaka ve dikenleri, ankylosaur'ların tüm vücudu kaplayan zırhı vardır. Bu süsleme türlerinin birçoğu uç boyuttadır; örneğin uzun fırırlı ceratopsian'lerin birkaç türü, gelmiş geçmiş tüm kara hayvanlarından daha uzun kafataslarını aşan yaklaşık 3,3 metre (10 fit) uzunlukta kafalara sahiptir. Bu tuhaf yapıların olası fonksiyonları, neredeyse süslerin kendisi kadar çeşitlidir; yırtıcılara karşı savunmadan vücut ısısının kontrol edilmesi, eşlerin birbirini tanıması ve eşler için rekabet edilmesine kadar çeşitli fonksiyonlar üstlenebilir. Bu hipotezler Onuncu Bölümde inlenecektir.

Ornithischian grubundaki tüm dinozorlarda muhtemelen bitkileri kırmak için üst ve alt çenede kemikli gagalar vardır ve tüm türler alt çenede en önde PREDENTARİ adında ekstra bir kemiğe sahiptir. Kuş-kalçalı dinozorlar, kendilerinden sonra gelen otçul memelilerde görülen diş varyasyonlarına sahip olmasa da, diş türleri bakımından önemli bir çeşitlilik içerir. Bir uça stegosaur'lar, ankylosaur'lar, pachycephalosaur'lar ve hypsilophodont'lar görece basit, yaprak şeklinde diş taçlarına ve onların üzerinde dişçik

(denticle) adı verilen çeşitli yumru ve çıkıntılara sahiptir. Bu hayvanların ağızda asgari düzeyde besin işlediği açıktır. Diğer uçta ördek gagalı dinosorlar (namı diğer hadrosaurlar) ve daha büyük boynuzlu dinosorlar kesintisiz bir kesici oluşturmak maksadıyla bitişik sütunlar halinde düzenlenmiş dişlere sahiptir. Yüzlerce yedek diştten oluşan bu DİŞ TAKIMLARI, boynuzlu ve ördek gagalı dinosorlarda zayıf kalitede bitkilerin büyük miktarlarını etkili bir biçimde işleyebilmek için bağımsız olarak evrimleşmiştir.

Zırhlı thyreophoranlar, derinin içindeki OSTEODERMLER ("kemik deriler") adı verilen kemikli yapılardan oluşan çarpıcı vücut zırhlarıyla kolayca tanınır. *Scutellosaurus* ve *Scelidosaurus* gibi ilkel formlar, vücutlarının etrafında paralel osteoderm hatlarına sahiptir. Stegosaurlarda bu zırh çoğunlukla dar plakalar veya iri dikenler şeklini alarak orta bölgeyle sınırlanmıştır. Bu klanın en ünlü üyesi olan Kuzey Amerika'dan *Stegosaurus* formu, sırtı boyunca sivri uçlu plakalara ve kuyruğunun ucunda ölümcül görünen dikenlere sahiptir. Fakat stegosaurlar bir grup olarak gezegenin birçok yerinde görülür ve her türün kendine has osteodermal örüntüsü vardır. Örneğin Çin'de görülen *Huayangosaurus*, boynunun üst kısmı boyunca uzanan dik plakalara ve geriye doğru gittikçe dikenlere sahiptir. Ankylosaurlar tamamen farklı bir evrimsel yol izlemiştir. Bu tarih öncesi tanklar, osteoderm sıraları arasındaki boşlukları doldurarak baş ve vücutları üzerinde görünüşe göre nüfuz edilemez bir zırh tabakası oluşturmuştur. Nodosauridler adlı önemli bir grup dar, alçak kafatasları ve omuzlardan dışarı doğru diken benzeri kemiklerle karakterize olur. Ankylosauridler adlı diğer bir grup daha geniş, daha yüksek kafataslarına ve çoğu zaman arka köşelerden dışarı doğru sivri uçlu osteodermilere sahiptir. Bunlar, omuz dikenleri yerine, gürz gibi görünen kemikli kuyrukları "tercih" etmiştir.

Ornitopodlar arasında heterodontosaurlar küçük (vücutları 1 metre veya 3 fitten kısadır) ve çevik iki ayaklılardır; belirgin bir biçimde daha alçak köpek dişleri ile uzun önayaklarında kavrama yeteneğine ve çok gelişmiş ellere sahiptir. İguanodontlar çeşitli vücut büyüklükleri ve diş türleri sergiler; daha sonraki formlarının vücutları daha büyüktür ve dişlerin yakın bir biçimde sıkıştırdığı çenelere sahiptir. Bunların en ünlüsü, keşfedilen ilk dino-

zorlardan biri olan Avrupa'dan *Iguanodon*'dur. Son olarak ördek gagalı dinazorlar veya hadrosaurlar, yerkürenin büyük bir kısmına yayılmış ve yaşadıkları birçok ekosistemde egemen büyük otçullar haline gelmiştir. Bu başarı, genellikle çok özelleşmiş çene ve dişlerine atfedilir; önde belirgin bir sert gagaya, arkada detaylı diş takımlarına sahiptirler. Hadrosaurlar neredeyse bütünüyle detaylı ördek benzeri burunları ve süslü sorguçlar gibi benzersiz kafatası özellikleriyle tanınan önemli bir türler grubudur. Burun boşluğuyla iletişim kuran ayrıntılı, içi boş kemikli sorguçlara sahip sorguçlu hadrosaurlar LAMBEOSAURİNLER olarak bilinen grubun içinde yer alırken, sorgucu olmayan (veya dolu sorguçlu) formlar HADROSAURİNLER grubuna aittir.

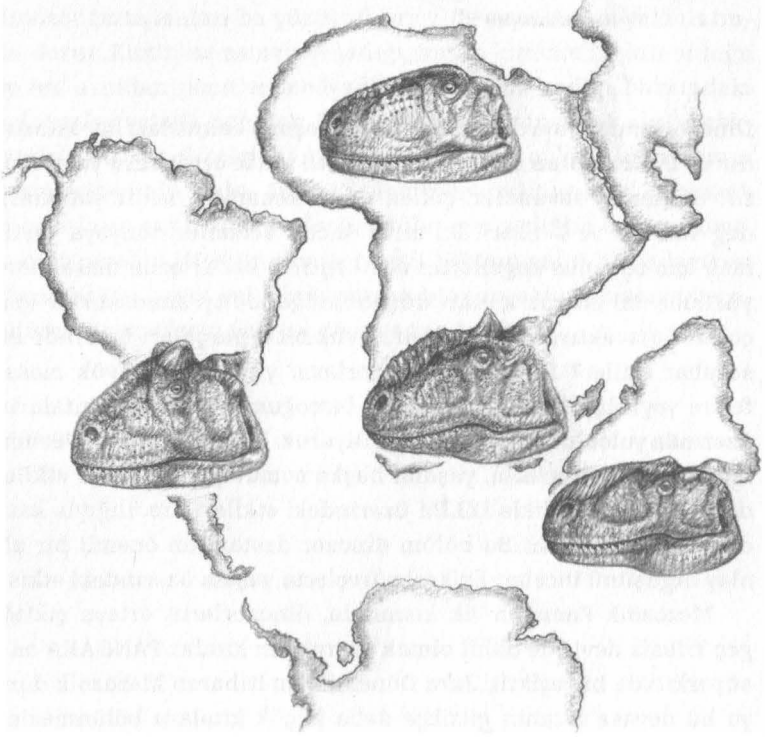
Pachycephalosaurlar ve ceratopsianler, kladistik analizleri tarafından bir tek grupta birleştirilmiştir: MARJİNOSEFALİNLER. Bunların hepsi yalnızca kuzey kıtalarındaki Kretase kayalarından bilinmektedir ve birçoğu geç Kretase devrinin kalıntılarından bulunmuştur. *Marjinosefalin* (*marginocephalian*) adı, kafatasının arkasından geriye doğru uzanan kemik tabakasına referansla "kafası köşeli olan" anlamına gelir. Bu tabaka, pachycephalosaurlarda gösterişsizdir ama beyin bölgesinin üstündeki kafatası yuvarlak bir kubbe şeklinde kalınlaşmıştır ve çoğu zaman aşırı süslü yılbaşı ağaçlarını andıran ek süslerle bezenmiştir. Pachycephalosaurların vücut büyüklükleri çok çeşitlidir: yaklaşık 1,8 metre (5 fit) uzunluğundaki küçük vücutlu *Stegoceras*'lardan, yaklaşık 6 metre (18 fit) uzunluğundaki büyük *Pachycephalosaurus*'a kadar. Ayrı ve son derece başarılı bir grup olan ceratopsianler, kafatası kubbelerine sahip değildir. Bunun yerine kafatasının arkasındaki kemikli kabuğu, en büyük formlarda genellikle süslenmiş olan uzun sorguca kadar uzatmıştır. En küçük ve en ilkel olanlar, hepsi bir tek cins olarak *Psittacosaurus* başlığı altına yerleştirilen papağan gagalı psittacosaurlardır. Bunları, belirgin bir kemikli sorguç veya "fıfır" taşıyan görece büyük başlı ünlü *Protoceratops* gibi küçük ila orta büyüklükteki formlar dizisi izler. Grubun en büyük ve en özelleşmiş üyeleri, büyük fıfırlar, kulaklar ve gözlerin yanı sıra, fıfır kenarları boyunca özel süslere sahip olan *Triceratops* ve *Styracosaurus* gibi CERATOPSİD'lerdir.

Böylece paleontolojik tiyatro afişimiz hazırlanmış oluyor. Ekoloji ve evrim bağlamından çıkarıldığında, bunun gibi kısa açıklamalar kuşaklarda ve kuşaklar arasında insanların hayatlarını bağlayan öyküler olmaksızın bir aile albümüne göz atmak gibidir. İsimler ve buna karşılık gelen görüntüler, bir aile ağacıyla sunulsa bile, belirli bir aileyi anlamak için en zayıf belgelerdir. Fakat genellikle dinazor tartışmaları bu yüzeysel seviyede veya bunun yakınlarında durur. Kimin ne zaman yaşadığı, kimin kiminle ilişkili olduğu ve (en azından popüler medyada) kimin kimi yediği hakkındaki anlatımlar yeterli bulunur. Dinazorların destansı yolculuğu hakkındaki en temel bilgileri bile anlamak için onların dünyasının derinlerine inip daha önce görünmeyen bağlantıları, Mezozoik habitatların saptırılan ve üstü örtülen gerçekliğini ortaya çıkarmamız gerekir. Nitekim dinazor çeşitliliğinin yalın bir anlayışını kuşandıktan sonra yolculuğumuzun bir sonraki aşamasına geçebiliriz: dinazorların fiziksel dünyasının keşfi.

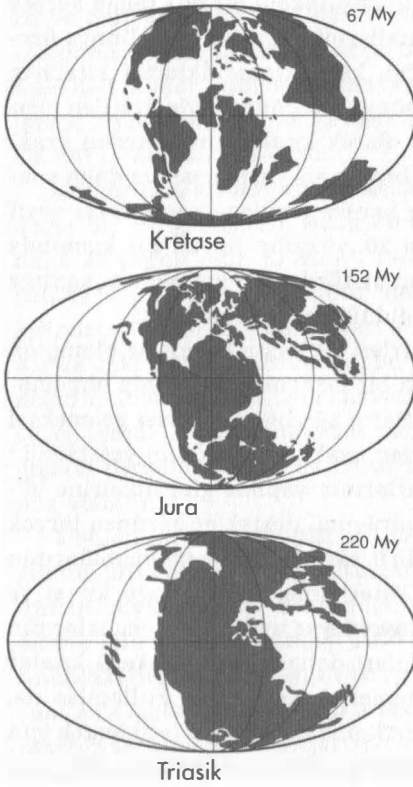
GEZİNEN KITALAR VE DÜNYA TURUNA ÇIKAN DİNOZORLAR

Dinozorlar dünyayı dolaşmıştır. Fosilleşmiş kalıntıları her kıtada-
dır ve bir kutuptan diğerine çok çeşitli antik ortamlara yayılmış-
tır: ormanlar, savanalar, çöller, deniz kenarları, nehir yatakları,
dağ vadileri ve benzeri. Bu tarih öncesi acemiler dünyaya yayıl-
mak için okyanus engellerini nasıl aştı? O kadar uzun mesafelere
yüzdüler mi (küçük kolları düşünülduğünde tyrannosaurlar için
çok zor olacaktır), yoksa yüzen büyük bitki parçaları üzerinde mi
seyahat ettiler? Hayır, ilk dinozorların yürüyerek büyük mesa-
felere yayıldığını ve torunlarının birçoğunun da kayan kıtaların
üzerinde yolculuk ettiğini artık biliyoruz. Kıtaların hareketlerinin
temelindeki süreçlerin, yaşamı başka somut şekillerde de etkile-
diği görülür; özellikle İKLİM üzerindeki etkileri aracılığıyla ken-
dini hissettirmiştir. Bu bölüm dinozor destanının önemli bir alt
olay örgüsünü inceler: fiziksel süreçlerin yaşam üzerindeki etkisi.

Mezozoik Zamanın ilk kısmında, dinozorların ortaya çıktığı
geç Triasik devir de dahil olmak üzere, tüm kıtalar PANGAEA adlı
süperkıtada birleşiktir. Jura Döneminden itibaren Mezozoik dün-
ya bu devasa kıtanın gittikçe daha küçük kıtalara bölünmesine
tanıklık etmiştir. Orta Jura devrinden başlayarak, Pangaea kuzey
ve güney bloklarına bölünmüştür. Dünya'nın kıtasal kabuğunda,
sanki fermuar açılıyormuş gibi doğudan yavaş yavaş batıya doğru
ilerleyen büyük bir kırılma yaşanmıştır. Açılan yırtık durmadan
suyla dolmuş ve yeni bir okyanus oluşmuştur: TETHYS DENİZİ.
Kuzeyde LAURASIA ve güneyde GONDWANA olarak bilinen ayrı
ama yine de devasa olan süperkıtalar, Mezozoik Zamanın so-
nuna kadar parçalanmaya devam etmiş ve Dünya günümüzdeki
Dünya'ya çok benzer bir hal almıştır. Hızlandırılmış bir simülas-
yon şeklinde izlendiğinde, Pangaea'nın parçalanması devasa bir



Güney Yarımkürede geç Kretase devrinden abelisaur theropod dinzorlar, kökenleri olan kıtalarla ilişkili olarak gösterilmiştir. Sağdan sola: *Carnotaurus* (Güney Amerika), *Rugops* (Afrika), *Majungasaurus* (Madagaskar) ve *Rajasaurus* (Hint alt kıtası). Güney Yarımküre kıtaları yaklaşık geç Kretase devrindeki konumlarında gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Süperkıta Pangaea'nın Mezozoik Zaman- da parçalanma sıralaması. Triasik Dönemde Pangaea'yla başlar (altta) ve Kretase Döne- minde günümüzdeki düzenle- meye yakından benzeyen ayrı kıtalarla son bulur. "My" kısalt- ması milyon yılın karşılığıdır.

cam levhanın büyük bir meteor çarpmışçasına parçalanması gibi görünür. Fakat bu kıtasal parçalanmanın gerisindeki mekanizma dünyanın dışından değil, "dünyanın içindendir."

20. yüzyıldan önce Francis Bacon ve Benjamin Franklin gibi ay- dınların da aralarında bulunduğu birçok kişi, Güney Amerika'nın doğu kıyısı ile Afrika'nın batı kıyısının çok büyük bir yapbozun birbiriyle bağlantılı parçalarıymış gibi tamamlayıcı görüldüğü- nü fark etmiştir. Fakat günümüzde levha tektoniği olarak bildiği- miz hareketli kıtalar veya kıtaların kayması hipotezi 1912 yılında disiplinler-arası bir bilim insanı olan Alfred Wegener tarafından resmi olarak ileri sürülmüştür. LEVHA TEKTONİĞİ, Dünya'nın yüzeyinin hareket halindeki büyük bloklardan veya "levhalardan" oluştuğu kavrayışına verilen addır. Wegener'in kıtaların göçü-

nü açıklamak için ileri sürdüğü mekanizma bir çift temel sürece başvurur. Bunların ilki gelgit etkileridir; esasen Ay'ın Dünya üzerindeki kütleçekimsel etkisinden kaynaklanır. İkincisi kıtaların kutuplardan uzaklaşmasıdır; Dünya'nın dönmesiyle üretilen merkezkaç kuvvetlerin bir sonucu olarak kıtalar kutuplardan uzaklaşma eğilimindedir. Dönemin birçok araştırmacısı (ve daha sonrakiler) bu kuvvetlerin kıtaları hareketlendirmek için fazla zayıf olduğunu düşünmüştür. Ayrıca 20. yüzyılın büyük bir kısmında genellikle Dünya'nın kabuğunun bu türden bir kıtasal akışkanlığa izin vermek için fazla kırılğan olduğuna inanılmıştır.

Buna karşın, Wegener'in fikirleri ilk başta başarısız olmuştur. Bunun nedeni sadece ikna edici bir mekanizmaya sahip olmaması değildir. Ayrıca biriken kanıtların ağırlığı, insanları geleneksel durgun, sabit kıtalar görüşünden uzaklaştırmak için yetersizdi.¹ Wegener, belirli kıtaların kenarlarının yapboz gibi birbirine uymasının beraberinde, radikal görüşünü destekler görünen birçok örüntüye dikkat çekmiştir; belirli türden fosil organizmalarının okyanusu aşan örnekleri ve Güney Amerika'nın doğu kıyısı ve Afrika'nın batı kıyısı boyunca neredeyse aynı kaya sekanslarının uzanması gibi. Aynı kanıt çizgileri daha sonra hareketli kıtalar hipotezinin desteklemek için temel veriler olarak kullanılsa da, yer bilimlerinde önemli bir paradigma değişimini tetiklemek için hem daha fazla örüntünün kanıtına hem de daha ikna edici bir mekanizmaya ihtiyaç duyulmuştur. Gerekli verilerin toplanıp teorik bir çerçeveye yerleştirilmesine imkân tanıyacak teknolojik ilerlemeler 1960'ların sonundan itibaren yaşanmıştır.

OKYANUS ORTASI SIRT LARI ve bunları çevreleyen kayaların yapısı, temel bir keşif olmuştur. Bir beysbol topunun etrafındaki dikiş yerleri gibi, Dünya'nın okyanuslarını yaklaşık 2500 metre (8000 fit) derinlikte uçtan uca kat eden bazalt sırtlar vardır. Deniz zeminindeki bu devasa şişkinlikler Texas eyaletinden daha geniş olabilir. Tamamı suyun üzerinde olmasaydı, bu sırtlar Ay'dan görülebilirdi. Bu sırtlardan fışkıran lavlar geniş bazalt alanları oluşturur; bunların en gençleri dağ sırtlarında yer alırken, sırttan uzaklaştıkça yaşları artar. Bu örüntü, deniz zemininin gerçekten

¹ Alfred Wegener ve hareketli kıtalarla ilgili görüşleri hakkında daha fazla bilgi için bakınız Eldredge (1998).

de okyanus ortası sırtlardan dışarı doğru yayıldığını akla getirir ve olup biten de tam olarak budur. Eriyik ÇEKİRDEK KABUK aşağıdan yukarı doğru çıktıkça, sırtlar boyunca yeni OKYANUS KABUĞU oluşur. Zamanla daha eski, yerinden edilmiş kabuk başlangıç noktasından daha da ileri itilir. Bu olgu DENİZ ZEMİNİNDE YAYILMA olarak bilinir.

Kıtalarında altında eriyik sıcak noktalar ortaya çıkınca da eşdeğer bir süreç yaşanır. Fakat bu durumda okyanus kabuğundan daha az yoğun olan KITASAL KABUK yukarı doğru çıkar ve yarılarak uzun bir rift (çöküntü) vadisi oluşturur. Hominid kuzenlerimizin fosilleşmiş kalıntıları ve muhtelif doğal hayatıyla ünlü Afrika'daki Büyük Rift Vadisi, bu sürecin hareket halinde bir örneğidir. Gelecekte tektonik kuvvetler Afrika kıtasını ikiye ayırarak süreç içinde yeni bir okyanus yaratacaktır. Pangaea'nın başlangıçtaki parçalanmasını da bu türden bir dizi sıcak nokta tetiklemiş olabilir.

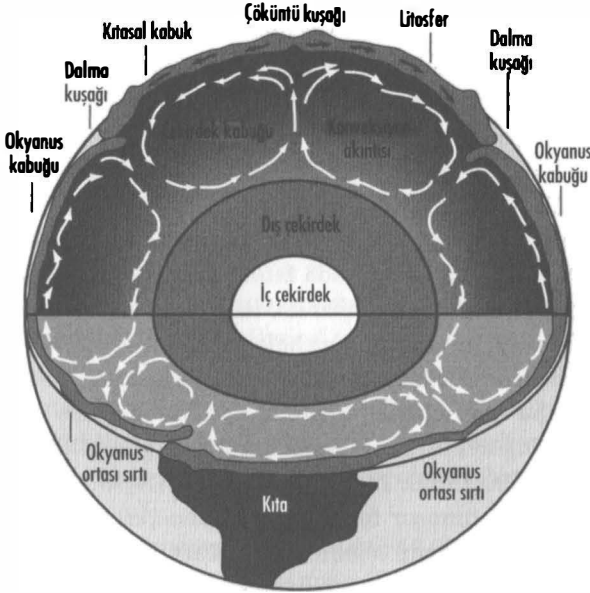
Yayılan sırtların tespiti sayesinde, jeologlar Dünya'nın kabuğunun, alttaki yarı eriyik katmanın üstünde yer alan yaklaşık bir düzine büyük levhaya bölündüğü sonucuna ulaşmıştır. LİTOSFER olarak bilinen Dünya'nın bu 1000 kilometre (600 milden fazla) kalınlıktaki dış katmanı, kıta ve okyanus kabuğunun bir karışımının yanı sıra bir kısım temel çekirdek kabuğundan oluşur. Dünya'nın neredeyse tüm diğer doğal sistemleri güneş enerjisi tarafından yönlendirilirken, levha tektoniği gezegenin içinden gelen enerjiyle beslenir. Isı çekirdeğin derinlerinde üç elementin –potasyum, uranyum ve toryum– radyoaktif bozunumuyla ve gezegenin oluşumundan kalan ısı tarafından üretilir. Çekirdekte ısının varlığı, gezegenin daha soğuk yüzeyiyle bir GRADYAN oluşturur ve KONVEKSİYON olarak bilinen süreç aracılığıyla ısı akışı üretir.

Konveksiyonu en çok suyun kaynamasından biliriz; daha sıcak suyu yüzeye, daha soğuk suyu ısı kaynağına doğru aktaran hücreler üretir. Sağlam bir kayada konveksiyonun nasıl gerçekleştiğini merak edebilirsiniz. Çekirdek kabuğundaki kaya türlerinin, çok yüksek sıcaklıklar ve basınçlarda katılıklarını yitirdiği anlaşılır. Isıtılan, yumuşayan kayalar genişler; daha az yoğun hale gelirler ve litosferle temas kurana kadar çekirdek kabuğunda yavaşça yükselirler. Yerkabuğuna ulaşınca madde soğurken kabu-

ğün yüzeyi boyunca hareket eder ve gittikçe yoğunlaşarak sonunda çekirdeğe doğru batmaya başlayarak döngüyü yeniler. Gezegen büyüklüğünde bir lav lambası düşünün. Kaynayan su örneğinde olduğu gibi, bu döngü halindeki maddenin sonucunda ısının enerji kaynağından yayılmasına imkân tanıyan konveksiyon hücreleri ortaya çıkar.

Levha tektoniğini, enerji yayılmasının bir yan etkisi olarak yüzeydeki kabuk bloklarının hareketi olarak düşünebiliriz. Yukarı çıkan ısı gezegenin yüzeyine ulaşınca, okyanus kabuğunu okyanus ortası kabuklardan uzağa iter. Görece ağır okyanus kabuğu, sonunda daha hafif, daha az yoğun kıta kabuğuyla birleştiğinde, eskisi çekirdek kabuğuna doğru iner. BATMA olarak bilinen bu süreç, yayılma merkezlerinden itme kuvvetini artıran bir çekme kuvveti sağlayarak levha hareketine katkıda bulunur. Çoğu zaman derin okyanus hendekleriyle ilişkili olarak kıta kenarları boyunca etkili olan bu “batma faktörü” etkili bir geri dönüştürücüdür; okyanus kabuğu ve tortular gibi hammaddeleri magma ve kıta kabuğuna dönüştürür. Depremler, volkanik faaliyetler ve dağ oluşumu, bu sürecin jeolojik ürünleridir. Toplamda litosfer levhaları, sınırlarını işaret eden üç genel davranış türü sergiler: okyanus ortası sırtlarda ıraksarlar, hendekler veya batma bölgelerinde yakınsarlar ve faylar boyunca birbirlerine geçerler. Örneğin Kuzey Amerika’nın batısındaki çeşitli oluşumlar –St. Helens Dağı ve diğer yanardağlardan, Rockies gibi dağ sırtları ve San Andreas Fayı boyunca uzanan sismik sarsıcılara kadar– iki büyük levhanın çarpışmasının sonucudur: batıda Pasifik Levhası ve doğuda Kuzey Amerika Levhası.

Yılda yaklaşık 4 santimetre (1,6 inç) gibi bir hızla (kabaca insan tırnaklarının büyümesine eşit bir hızla) hareket eden levha tektoniği, ağır ve etkisizmiş gibi görünebilir. Fakat bu durmak bilmez süreç, jeolojik zamanda biriktikçe milyon yılda bir, yaklaşık 40 kilometre (25 mil) okyanus kabuğunu silip süpürür. Tam bir kaya döngüsü –okyanus ortası sırtından yükselip tekrar Dünya’nın içine batması ve sonunda yine bir okyanus ortası sırtına dönmesi– yaklaşık 100 milyon yıl sürer. Sonuç olarak okyanus kabuğu, sürekli olarak yenilenir ve dönüştürülür; bu türden bilinen en eski kabuk yaklaşık 200 milyon yıl öncesine aittir. Buna karşın



Şekil 4.2: Dünya'nın iç yapısının yanı sıra çekirdek kabuğundaki konveksiyon akıntılarını veya "hücrelerin" varlığını ve yüzeyde okyanus ile kıta kabuk levhalarının (litosfer) hareketini gösteren basitleştirilmiş diyagram. Açıklama için metne bakın.

daha hafif, daha hareketli kıta kabuğu çok daha yavaş bir biçimde dönüşür ve bu nedenle de çok daha yaşlı olma eğilimindedir, birkaç örnekte yaşı dört milyar yıla kadar çıkar. Dikkat çekici bir biçimde, Pangaea benzeri süperkıtaların yaklaşık 500 milyon yıllık bir zaman ölçeğinde dönüşüme uğrayarak dünya tarihinde birçok kez olduğu görünür. Derin zaman perspektifinden bakıldığında Dünya statik bir cisim değildir, hem içeriden hem de dışarıdan sürekli dönüşüm yaşayan dinamik bir küredir.

1960'larda levha tektoniğinin genel kabulü, yer bilimlerinde önemli bir paradigma değişimine neden olmuştur. Bu, dinazorlara ve diğer nesli tükenmiş gruplara ilişkin anlayışımızı temelden değiştirmiştir. Sonuç olarak yaşam, kıtaların bölünmesi ve çarpışmasının bu çok yavaş dansına yakalanmaktan kaçamamıştır. Dinozorların Pangaea'nın parçalanmasından çok önce ortaya çıktıkları için küresel bir olgu oldukları netleşmiştir; bu sayede soysal

formlar tüm süperkıtaya yayılmıştır. Parçalanen kıta salları kendi rotalarında ilerlerken, dinozor yolcular ve diğer fauna ile flora da farkında olmadan bunun bir parçası olmuştur. İki blok ayrıldıktan sonra her birindeki bitkiler ve hayvanlar ayrı evrimsel yolculuklara başlayarak yol boyunca yeni formlar çıkarmıştır. Zaman zaman iki blok çarpıştığında veya deniz seviyeleri düştüğünde kara köprüleri oluşmuş ve bir zamanlar ayrı olan kıtalar arasında flora ve fauna alışverişleri mümkün olmuştur. Bu dinamik zemin göz önünde bulundurulduğunda kıtasal hareketlerin örüntüsü ve zamanlamasını anlamak dinozorların değişen dünyasını yeniden yapılandırmak için vazgeçilmez hale gelir.

İlk dinozorların süperkıtanın büyük bir kısmını dolaşabildikleri için daha kozmopolit olduğunu yani daha geniş bir şekilde yayıldığını öngörebilirsiniz. Buna karşın, bugün bildiğimiz kıtaların birçoğu Mezozoik Zamanın sonu itibarıyla izole hale geldiğinden en son dinozor faunalarının daha yerelleşmiş veya endemik olduğunu tahmin edebilirsiniz. Kara fosillerinin kayıtları da bu öngörülerini büyük ölçüde destekler: Triasik ve Jura formlar daha geniş coğrafi dağılımlar (KOZMOPOLİTANİZM) sergilerken, onların Kretase Dönemindeki torunları tek ve daha küçük kıtalarla (ENDEMİZM) sınırlanmıştır. Örneğin *Brachiosaurus* (veya en azından çok yakın akrabaları) gibi Jura sauropodlarının belirli türleri Afrika, Avrupa ve Kuzey Amerika dahil olmak üzere hem Kuzey hem de Güney Yarımkürede görülür. Buna karşın geç Kretase devrinden boynuzlu dinozorlar veya ceratopsianler yalnızca Asya ve Kuzey Amerika'da görülür ve en büyük formlar (*Triceratops* ve ceratopsid akrabası) şimdiye kadar Kuzey Amerika'yla sınırlı kalmıştır.

Yerelleşme veya endemizm eğilimiyle çelişen birtakım önemli istisnalar da mevcuttur. Bu bazı örneklerde kıtalar arasındaki kalıcı bağlantıları vurgularken, bazı örneklerde de bir zamanlar ayrı olan kıtaların yeniden bağlandığını gösterir. Örneğin Kretase Döneminde Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'yla kısa kara bağlantıları paylaşmış görünür. Destekleyici kanıtların büyük bir kısmı, levha tektoniğinden değil dinozor araştırmalarını kapsayan paleontolojiden gelir. Kuzey Amerika ve Avrupa'da erken Kretase devrinin son kısmından dinozor faunaları, titanosaur sauropodlar, iguanodont

ornitopodlar ve garip ankylosauruları kapsayan birçok faunal benzerliği paylaşır. Daha sonra, geç Kretase devrinde aralıklı bir koridor Asya ve Kuzey Amerika'yı birbirine bağlamıştır. Theropodlar –iri vücutlu tyrannosaurular ve çeşitli daha küçük maniraptorlar– ve bitki yiyen ornithischian grubu –ceratopsianler, pachycephalosaurular, hadrosaurular ve ankylosaurular– dahil olmak üzere yakın akraba birçok dinazor bu iki kıtada yaşamıştır.

Geç Kretase devrindeki kozmopolitanizmin –yani yakın akraba organizmaların farklı kıtalarda görülmesinin– bir diğer beklenmedik örneği, güney süperkıta Gondwana'nın parçalanmasıyla ilgilidir. Bu konudaki ateşli bilimsel tartışmalar rakip hipotezlerin geliştirilmesine yol açmıştır. Aşağıda bu örnek biraz ayrıntılı bir şekilde sunulacaktır, çünkü yalnızca bilimin sürecini değil aynı zamanda iki bilimsel alanın aynı anda aydınlanması potansiyelini gözler önüne sermektedir. Ayrıca benim de bizzat katıldığım bir tartışmadır.

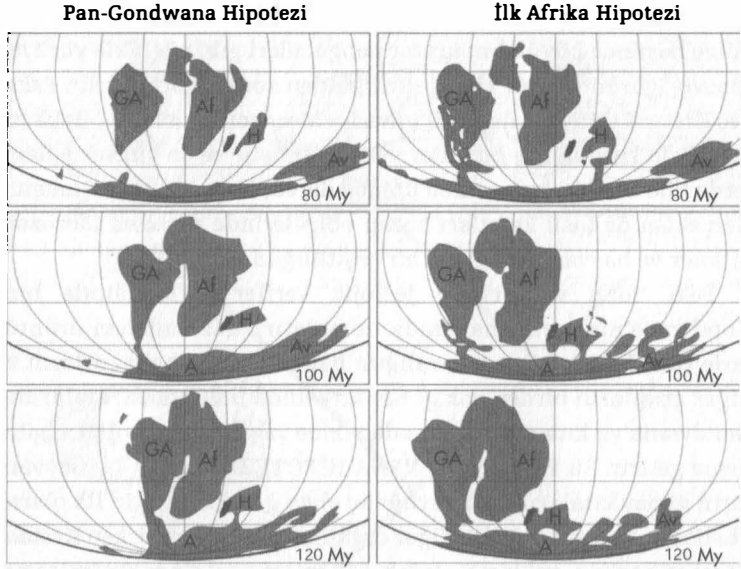
19. yüzyılda yaşayan ve Darwin'in çağcılı olan jeolog Eduard Suess, belirli tipte bir fosil eğreltiotunun –*Glossopteris*– Güney Amerika, Hindistan ve Afrika'da bulunduğuna dikkat çekmiştir. Suess, bu örüntünün antik kıta bağlantılarına işaret ettiğini düşünmüştür. Fosil kanıtlar temelinde bir zamanlar bu üç kıtayı kapsayan varsayımsal bir süperkıta için "Gondwanaland" adını ortaya atmıştır. Bu ad, Suess'in temel jeolojik ve paleontolojik çalışmalarının bir kısmını gerçekleştirdiği orta Hindistan'daki Gondwana bölgesinden türetilmiştir. Wegener'in fikirlerinin üzerinden on yıllar geçmesine rağmen, Suess hareketli kıtalar kavramını (en azından bizim bildiğimiz kadarıyla) benimsememiş, bunun yerine okyanusların bu kıtaları ayıran uçsuz bucaksız bölgeleri kapladığını düşünmüştür. Yanlış anlaşılmış mekanizmasına ve Avustralya, Antarktika ve Madagaskar'ın da güney kıtasının parçası olmasına rağmen, Gondwana olarak kısaltılan bu ad yerleşmiştir.

Birçok levha tektoniği modeline göre, bugün bildiğimiz önemli kıta blokları erken Kretase devrinde (yaklaşık 120 milyon yıl önce) birbirinden ayrılmıştır. İlk başta Güney Amerika ve Afrika daha sonradan Antarktika, Avustralya, Madagaskar ve Hint alt kıtası (bugünkü Hindistan, Pakistan, Bangladeş, Nepal ve Butan dahil) olarak ayrılacak toprakları kapsayan Gondwana'nın geri kalanın-

dan bir bütün olarak kopmuştur. Hint alt kıtası ve Madagaskar daha sonra geç Kretase devrine kadar milyonlarca yıl boyunca varlığını sürdürecektir bir tek blok olarak kopmuştur. Son olarak Antarktika ve Avustralya ayrılmış, Hint alt kıtası Madagaskar'dan koparak kuzeye doğru ilerlemiş ve nihayetinde Asya'ya çarparak Dünya üzerindeki en yüksek ve en etkileyici dağ sırası olan Himalayaları ortaya çıkarmıştır. Bu senaryo büyük ölçüde jeofiziksel gözlemlere dayanmaktadır, ama henüz fosillerle zayıf bir biçimde sınanmıştır.

Geleneksel Gondwanan bölünme senaryosuyla çelişen bazı yeni kanıtlar ortaya çıkmıştır. Burada da Madagaskar baş rolde-dir. Madagaskar'ın Hint Okyanusundaki izolasyonu yaklaşık 88 milyon yıl gerilere gider. Bu türden kalıcı bir okyanus körfezi göz önünde bulundurulduğunda, adanın güncel flora ve fauna öğelerinin yaklaşık yüzde sekseninin başka hiçbir yerde görülmemesi şaşırtıcı değildir. Bir bölgeye özgü faunaların ortaya çıkması iki önemli koşulu gerektirir: izolasyon ve zaman. Madagaskar bunların her ikisine de fazlasıyla sahiptir.

Birinci Bölümde, Madagaskar'daki *Majungasaurus* kafatası kemiklerinin keşfini anlatmıştım. Bu antik yırtıcının fosillerini ortaya çıkarma işlemini daha tamamlamamışken, bunun Arjantin'de çok uzaklarda bulunan *Carnotaurus* adındaki bir hayvanla birçok özelleşmiş kemik özelliğini paylaştığını biliyorduk. *Majungasaurus* ve *Carnotaurus*, birçok kafatası kemiğinde aynı karakteristik buruşuk dokuya sahip abelisauridler olarak bilinen theropod grubuna aittir. Bunların en yakın akrabaları, noasauridler adı verilen daha küçük vücutlu, *Velociraptor* benzeri yırtıcılardır; Knopfler'in hırçın kertenkelesi *Masiakasaurus knopfleri* de bu gruptandır. Noasauridler ve abelisauridler veya daha basit olarak ABELISAURLAR adını verdiğimiz bir tek evrimsel klana aittir. Bugüne kadar abelisaur kalıntıları esasen Gondwana topraklarında bulunmuştur: Güney Amerika, Afrika, Madagaskar ve Hint alt kıtası. Kretase Döneminde Gondwana'yla bağlantılar paylaşmış olabilecek güney Avrupa'da çıkarılan birkaç örnek istisna teşkil eder. *Majungasaurus* ile *Carnotaurus* arasındaki çarpıcı benzerlik, belki de geç Kretase devrinde görece yakın tarihli bir ortak ataya sahip ilk veya ikinci kuzenlerin evrimsel denkliğidir.



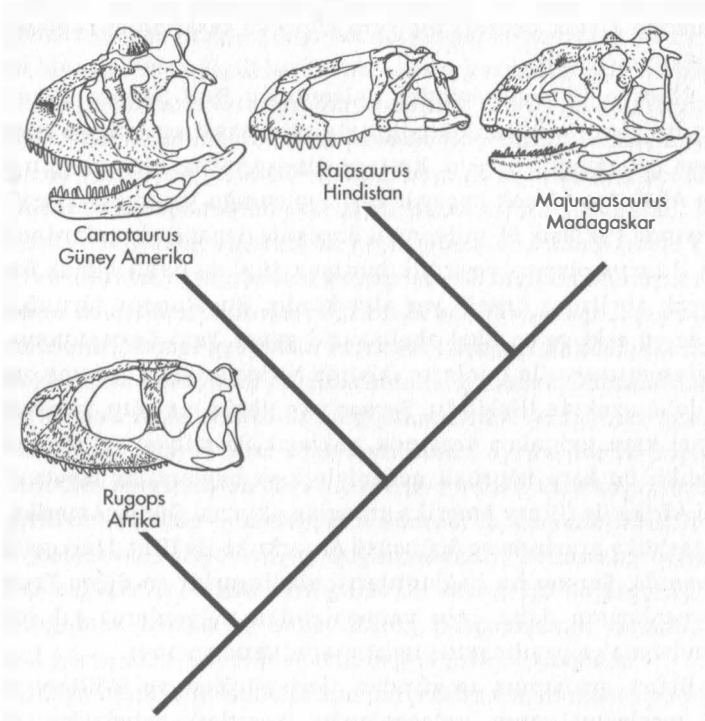
Şekil 4.3: Kretase Döneminde güney süperkıta Gondwana'nın parçalanmasına ilişkin rakip hipotezleri resmeden şekiller. Her iki hipotez de üç görüntü sekansıyla gösterilir: Erken Kretase devrinden başlar (120 milyon yıl önce; altta) ve geç Kretase devrinde son bulur (80 milyon yıl önce; üstte). Kısaltmalar: A, Antarktika; Af, Afrika; Av, Avustralya; H, Hint alt kıtası; My, milyon yıl; GA, Güney Amerika. Madagaskar adası, Afrika'nın güneydoğu kıyısına komşu koyu siyah bölgedir. İki senaryo arasındaki kara-köprüleri farkına dikkat edin. Hipotezler hakkında bilgi için metne bakın.

Abelisaur kanıtı, birçok timsah ve memelinin yanı sıra titonosaur sauropodlar arasında korunan paralel akrabalık örüntüleriyle birleştiğinde, bize Gondwana parçalanması hakkındaki güncel bilgilerimizin de parçalı olduğuna işaret etmiştir. Bu nesli tükenmiş türlerin en yakın akrabaları, tahmin edilebileceği gibi yakınlardaki Afrika'da değil, Hindistan'da ve çok uzaklardaki Arjantin'de bulunmaktadır. Bu kanıt temelinde grubumuz, Gondwana'nın birçok iri parçasının daha önce düşünüldüğünden çok daha uzun süre birbirine bağlı kaldığı görüşünü esas aldı. Afrika'nın Gondwana'nın geri kalanından ayrılmasından çok sonraları, "Hint-Madagaskar" ve "Arjantin" ile bağlantılarını korumuş olabilecek Antarktika'nın yayılma için en muhtemel koridor olduğunu ileri sürdük.

İlk bakışta Antarktika üzerinden bir göç yolu, karlarla kaplı bir bölge boyunca büyük İmparator penguenleri gibi güçlkle yürüyen dinozor görüntülerini akla getirdiğinden zoraki görünebilir. Fakat geç Kretase Dünyası sıcak bir yuvadır. Mezozoik Zamanın büyük bir kısmında kutuplarda buzullar var olmamıştır ve en yüksek enlemlerde bile sıcaklıklar nadiren donma derecesinin altına düşmüştür. Gerçekten de fosil kayıtları kutup bölgelerinde yaşamış Mezozoik bitkiler ve hayvanların geniş bir çeşitliliğini ortaya koyar.

Peki, fosil verileri ve jeolojik veriler birleştğinde bize Gondwana'nın tarihi hakkında ne anlatır? Gözlemlenen örüntülerle tutarlı olan senaryo aralığını belirleyelim. Abelisaurların ve diğer grupların birden çok güney kıtasında bulunması, atalarının Gondwana'ya kıta parçalanmadan önce yayılması olasılığını gündeme getirir. Bu PAN-GONDWANA HİPOTEZİ'ne göre, bu hayvanların güney kıtalarındaki varlığı üç olayı gerektirmiştir. İlk olarak abelisaur theropodlar (ve diğer organizma grupları) erken Kretase devri itibariyle, yaklaşık olarak 140 milyon yıl önce evrimleşmiş ve Gondwana'nın büyük bir kısmına yayılmıştır. İkinci olarak, Gondwana daha küçük kıtalara ayrılarak, bu yaşam formlarını her birine dağıtmıştır. Üçüncü olarak, bu küçük kıtalarda kalan Mezozoik yolcular, bağımsız evrimsel yollar izlemiştir ve nihayetinde Mezozoik Zamanın sonunda örneğin Güney Amerika, Madagaskar ve Hint alt kıtasında (ve belki de Afrika'da) farklı abelisaur grupları ortaya çıkmıştır.

Bu hipotezle ilgili merkezi problem zamanlamadır. Geleneksel rekonstrüksiyonlara göre, temel kara parçalarının birçoğu yaklaşık 120 milyon yıl önce birbirinden ayrılmıştır; yani *Majungasaurus*'un Madagaskar Adasında titonosaurları izlemesinden tam 50 milyon yıl önce. Bu senaryo, *Majungasaurus* ile *Carnotaurus* gibi formlar arasındaki yakın evrimsel ilişki nedeniyle şüphelidir. Bir başka deyişle, kanıtlar Kretase Döneminin en sonunda Madagaskar ve Güney Amerika'da bulunan omurgalıların Mezozoik coğrafyanın genel kabul gören modellerinin izin verdiğinden çok daha yakın bir ortak atayı paylaşmış olması gerektiğini gösterir. Sorunu daha da karmaşık hale getirecek şekilde, abelisaur theropodların yaklaşık 100 milyon yıldan çok daha eskilere dayandığına dair şu anda hiçbir kanıta sahip değiliz.



Şekil 4.4: Güney Yarımkürenin farklı kıtalarından dört abelisaur theropodun kafataslarını ve olası evrimsel ilişkilerini gösteren dallanma diyagramı (kladogram). Açıklama için metne bakın.

Fosil kanıtları temelinde Gondwana parçalanmasını yeniden gözden geçirdiğimiz sırada, bizim bilgimiz dışında Colorado Üniversitesinde William Hay'ın öncülüğündeki bir grup jeofizikçi büyük ölçüde jeolojik verilerden yola çıkarak bağımsız bir biçimde benzer sonuçlara ulaşmıştır. Bu grubun ulaştığı sonuçlar, Pangaea'nın erken Kretase devrinde üç kıta bloğuna bölündüğüne işaret etmiştir: ilki Kuzey Amerika ve Avrasya, ikincisi Afrika ve üçüncüsü Güney Amerika, Antarktika, Avustralya, Madagaskar ve Hint alt kıtası. Bu grup da Güney Amerika ve Antarktika'nın geç Kretase devrinde, yaklaşık 80 milyon öncesine kadar, Madagaskar ve Hint alt kıtasıyla kara bağlantılarını koruduğunu kabul etmiştir. Bu kopmayan bağın, kısmen Hint-Madagaskar ile Antarktika

arasında kıstak benzeri bir kara köprüsü tarafından sağlandığı düşünülmektedir.

Chicago Üniversitesinden paleontolog Paul Sereno, düzeltilmiş bir pan-Gondwana hipoteziyle geleneksel senaryoyu kurtarmaya çalışmıştır. Sereno, Kretase dinazorlarını aramak için Kuzey Afrika'ya birçok başarılı keşif yolculuğu yapmıştır. Keşifleri arasında yaklaşık 95 milyon yıl öncesine dayanan kayalardan gelen *Rugops primus* veya "ilk buruşuk yüz" de dahil olmak üzere birçok abelisaur örneği yer almaktadır. Bu, *Rugops* türünü, bilinen en eski ve en ilkel abelisaurid yapar. Yani *Carnotaurus* ve *Majungasaurus*'la bunların ikisinin birbirleriyle ilişkisine oranla daha uzaktan ilişkilidir. Sereno'nun görüşüne göre, güneydeki temel kara parçaları arasında, yaklaşık 95 milyon yıl önce, dar aralıklı üç kara köprüsü nedeniyle kısa bağlantılar mevcuttur: ilki Afrika ile Güney Amerika arasında, ikincisi Güney Amerika ile Antarktika arasında ve üçüncüsü Antarktika ile Hint-Madagaskar arasında. Sereno bu bağlantıların abelisaur lar ve diğer Kretase hayvanlarının daha önce varsayılandan milyonlarca yıl sonra Gondwana'ya yayılmasına imkân tanıdığını savunur.

Bizim grubumuz tarafından ileri sürülen ve William Hay ile meslektaşlarının paleocoğrafya kanıtları tarafından desteklenen alternatif hipotez, Afrika'nın izolasyonunun ardından Gondwana'nın geri kalanının geç Kretase devrine, belki de 80 milyon yıl öncesine kadar bağlantılı kaldığını iddia eder. Bağlantılar biri Antarktika'dan Hint-Madagaskar'a ve diğeri Antarktika'dan Güney Amerika'ya uzanan iki kara köprüsüyle sağlanmış olabilir. Kopmayan bu bağlar, bitkiler ve hayvanların Gondwana'nın Afrika haricindeki doğu ile batı kısımları arasında hareket edebilmesine imkân tanıyan bir koridor teşkil edecektir. Bu model Afrika'nın Gondwana süperkıtasından ayrılan ilk kara parçası olduğunu varsaydığından, İLK AFRİKA HİPOTEZİ olarak adlandırılmıştır. Bizim gibi "İlk Afrika" hipotezinin savunucularına göre, abelisaur lar Gondwana'nın büyük bir kısmına parçalanmadan önce yayılmıştır; ama *Carnotaurus* ve *Majungasaurus* gibi bu grubun özelleşmiş üyeleri, daha sonraki theropodların ataları Güney Amerika ile Hint-Madagaskar arasında Antarktika aracılığıyla seyahat ederken Afrika'nın izolasyonundan sonra evrimleşmiştir.

Büyük ölçüde fosil örneklerinin mekân ve zaman bakımından düzensiz olarak ortaya çıkışı nedeniyle pan-Gondwana ve ilk Afrika hipotezleriyle ilgili henüz bir karara varılmamıştır. Afrika'da Kretase Döneminin ortalarından (yaklaşık 110-90 milyon yıl önce) birçok fosil bulunmuştur, ama Kretase Döneminin sonunda (yaklaşık 80-65 milyon yıl önce) var olan hayvanlar hakkında neredeyse hiçbir bulguya rastlanmamıştır. Buna karşın Hindistan, Madagaskar ve Güney Amerika en geç Kretase devrinden bolca kara fosili üretirken, Arjantin'deki birkaç istisna dışında bunların orta Kretase devrindeki faunaları hakkında neredeyse hiçbir şey bilinmemektedir. Temel grupların evrimsel ilişkileri hakkındaki daha detaylı incelemeler, kara parçalarının her birindeki faunaların birbiriyle nasıl ilişkilendirildiğini göstererek bu iki hipotez arasında bir seçim yapılmasını kolaylaştırabilir. Ayrıca her iki hipotez tarafından ileri sürülen dönemlerde farz edilen kara köprülerinin gerçekten var olup olmadığı gibi konularda sınanabilecek daha çok jeofiziksel veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Gondwana öyküsü, bilimdeki mutlu tesadüflerin güzel bir örneğidir. Madagaskar'da bulduğumuz fosillerin, süperkıtanın parçalanması hakkındaki kabul gören anlayışları sorgulatacağını asla bilemezdik.

Dünya'nın kabuk levhalarının parçalanması, hareket etmesi ve birleşmesinin dinozorlar ile diğer organizmalar üzerinde önemli etkilerinin olduğu artık açıklığa kavuşmuş olmalıdır. Kara parçalarının ve okyanusların sürekli değişen büyüklükleri, konumları ve bağlantılarıyla, levha tektoniği süreçleri yaşamın draması için sürekli değişen bir sahne sunmuştur ve bunun kesin ve geri döndürülemez sonuçları olmuştur. Fakat zamanda sahnenin büyüklüğünü ve konumunu değerlendirmek yalnızca bir başlangıçtır. Bu dramda, tesadüfe bakın ki levha tektoniğiyle iç içe geçen iklim de eşit ölçüde kritiktir.

Bu bölümde şimdiye kadar Dünya'nın fiziksel süreçlerinin bir boyutunu ele aldık: litosfer veya daha genel olarak JEOSFER. Diğer iki fiziksel öge veya "küre" de dikkati hak eder: hava (ATMOSFER) ve su (HİDROSFER). Jeosfer, atmosfer ve hidrosfer sistemleri, dördüncü öge biyosferle yakından bağlantılıdır ve birlikte dokunmuştur. Karşılıklı etkileşim halindeki bu sistemler bir araya gelerek Mezozoik Zamanda olduğu gibi çevremizde gördüğü-

müz karmaşık dünyayı üretir. Jeosferin etkinlikleri (özellikle de litosferdekiler) Dünya'nın derinlerinden gelen enerji tarafından yönlendirilirken, geri kalan küreler Güneş'ten beslenir.

Atmosferle başlayalım. Dünyamızı sarmalayan bu katman, şaşılacak derecede incedir ve yaşamı destekleyen karışık gazlardan oluşur. Dünya'nın 13.000 kilometre (8000 mil) uzunluğundaki çapıyla karşılaştırıldığında, atmosfer pozitif bir biçimde şeffaftır ve gezegenin yüzeyinden yalnızca 100 kilometre (62 mil) yükseklikte incelerek kaybolur. Dünya bir basketbol topu büyüklüğünde olsaydı, atmosfer onu saran plastik katman kadar kalın olurdu. Fakat bu hava tabakası, çoğunlukla biz farkında olmadan yaşam için vazgeçilmez malzemeleri deveren eder. Biraz paradoksal bir biçimde, hava bu gezegende yaşamın evrensel ortamı olan suyun devereninde da önemli bir rol oynar. Atmosfer, korucuyu ozon katmanını aracılığıyla gezegeni kozmik ışınlımdan korur. En önemlisi de yaşamın tutunup gelişerek gezegenin yüzeyinde ve yakınlarındaki hemen her kuytu ve köşeye yayılmasına imkân tanımıştır.

Hayat, atmosferin yüzeyden ortalama olarak yaklaşık 11 kilometre (7 mil) yukarı uzanan en alt seviyesi troposfer tarafından sürdürülür. Bulut formlarının olağanüstü düzeni, havanın büyük oranda konveksiyon tarafından sürekli olarak canlandırıldığını ve çalkalandığını kanıtlar. Tıpkı litosferde olduğu gibi, atmosferdeki konveksiyon da havanın yükselmesi, soğuması ve karışmasına neden olan aşağıdan ısıtmaya bağlıdır. Buna karşın, itici enerji Dünya'nın içinden değil kara, deniz ile hava arasında sıcaklık farklılıklarını üreten Güneş'ten gelir. Dağ sıraları ve büyük su kütleleri gibi fiziksel özellikler bu farklılıkları vurgular. Yaşam da anahtar bir rol oynar. Özellikle ağaçların metabolik etkinlikleri muazzam miktarlarda nem salarak çevredeki havayı soğutur. Fakat Dünya'nın yüzeyindeki en büyük sıcaklık farkı, gezegenin Güneş'e göre konumlanmasının sonucu olarak ekvator ile kutup bölgeleri arasındadır.

Bu türden karmaşık sıcaklık farklarıyla bolca karşılaşan doğa, onları asgariye indirmek için elinden gelenin en iyisini yapar ve bir tür istikrar haline veya dengeye ulaşır. Bunun sonucunda ortaya çıkan akış örüntüsü, iklimi ve yerel hava örüntülerini derinlemesine etkiler. Ayrıca hem okyanus hem de atmosferde har-

manlanma üreten rüzgârı yönlendirir. Atmosferin deveranının bütünüyle Güneş'in ısıtmasından kaynaklansaydı, enerji akışı görece basit olurdu ve ekvatordan kutuplara doğru uzanan devasa konveksiyon hücreleri içerirdi. Isınan hava ekvatorunda yükselirdi, kutuplara doğru akardı, soğuyup çökerdi ve sonunda yüzey boyunca ekvatora doğru geri giderdi. Lav lambalarını tekrar düşünün. Bu sistemdeki rüzgârlar yalnızca ekvatordan kutup bölgelerine doğru akardı.

Fakat Dünya'nın dönmesi atmosferik akışı karmaşılaştırır. Bir top gibi dönen gezegen rüzgârların yönünü değiştirir ve havayı her iki yarıkürede üçer adet olmak üzere altı enlemsel bölgeye böler. Bir başka deyişle, atmosfer ekvator ile kutuplar arasında üç ayrı konveksiyon döngüsü veya hücresinde akar: tropik, ılıman ve kutupsal. Alize rüzgârları olarak bilinen sıcak ekvator havası, genellikle batıdan doğuya akan jet akımlar olarak bilinen daha hızlı rüzgârlar tarafından ılıman bölgelerin daha serin havasından ayrılır. Kuzey Amerika'da bir kıyıda diğerine uçuş yapan herkes bu olguya aşinadır. New York'tan San Francisco'ya yapılan bir uçak yolculuğu beş saatten fazla sürerken, kuyruk rüzgârları doğuya doğru yapılan dönüş yolculuğunu yarım saat kısaltır. Atmosferik deveran, Mezozoik Zamanda kıtaların konumlarındaki değişiklikler nedeniyle bir ölçüde çeşitlenmiş olsa da, Dünya yönelimini ve dönme yönünü dört milyar yılı aşkın bir süredir koruduğu için aynı genel örüntülerin ve süreçlerin geçerli olduğundan emin olabiliriz.

Buna karşın, okyanuslardaki su deveranı modelleri hiçbir şekilde durağan değildir. Hava atmosferde serbestçe dolaşırken, kara parçaları hidrosferde su yolunun akışını engeller; o halde büyük ölçekli su hareketleri kıtaların büyüklüklerine, konumlarına ve karşılıklı bağlantılarına bağlıdır. Her şeye rağmen atmosferik akışın prensip ve örüntülerinin birçoğu okyanuslar için de geçerlidir.

Dünya bir su gezegenidir. Günümüzde yüzeyinin yaklaşık yüzde 75'i suyla kaplıdır ve bu oran geçmişte çok daha fazlaydı. Bu nedenle hidrosferin, karadakiler de dahil olmak üzere Dünya sistemleri üzerinde büyük bir etkisi vardır. Okyanus deveranı, daha sıcak bölgelerden daha serin bölgelere ısı hareketi tarafından

yönlendirilir. Ekvator güneşi tarafından ısıtılan daha az yoğunluktaki hava, okyanusun yüzeyine yükselir. Daha sonra ısı enerjisini dağıtmak için doğal olarak kutuplara yönelir. Kutuplara yaklaştıkça, su ısınıp havaya boşaltarak çevreyi ısıtır. Artık soğuk ve yoğun olan su, daha derinlere çöker ve tekrar ekvatora dönerek sıvı bir sarmal taşıyıcı gibi döngüsünü tamamlar.

Bu türden bir hücre, Atlantik Okyanusunda sıcak suyu Meksika Körfezinden kıyı iklimleri üzerinde önemli bir etki yarattığı Avrupa'nın kuzeyine doğru akan Gulf Stream adlı büyük körfez akıntısını birleştirir. Londra kenti, Kanada'daki Hudson's Bay'le hemen hemen aynı enlemde olmasına rağmen, Gulf Stream hem Londra'ya hem de Birleşik Krallığa çok daha ılıman bir iklim sağlar. Bu ısıtıcı etki sayesinde, İskoçya'nın kuzeybatısında palmiye ağaçlarının büyüebildiği yerler vardır. Gulf Stream taşıma kayışı dursaydı, Kuzey Atlantik güneyden sıcak su akışı alamazdı ve birkaç yıl içinde Kuzey Avrupa'daki hava sıcaklıkları muhtemelen birçok derece düşerdi. (Küresel ısınmanın hâlihazırda Gulf Stream'in yavaşlamasına neden olduğuna dair bazı kanıtlar mevcuttur. Bu, Avrupalıları haliyle endişelendiren bir durumdur.)

Mezozoik Zamanda kıtaların konumları ve bağlantıları farklılaştığı için Dinozor Çağında okyanus deveran hücrelerinin günümüzde etkin olanlardan büyük ölçüde farklı olduğundan emin olabiliriz. En açık örneği vermek gerekirse, okyanus akıntılarının kutuptan ekvatora doğru deveranı, Panthalassa olarak adlandırılan devasa "süper okyanusun" var olduğu Pangaea zamanında çok farklı olurdu. Daha yakın geçmişte, Antarktika dinozorların başlıca nesil tükenmesinden uzun süre sonra, yaklaşık 50 milyon yıl önce sine kadar Güney Amerika'ya bağlıydı. Kıtaların bu konfigürasyonunu, kutup çevresindeki akıntılarının deveranını engellemiş ve küresel iklimler üzerinde şüphesiz önemli etkiler yaratmıştır. Pangaea'nın ilk parçalanması Tethys Denizi'nin oluşumuyla sonuçlanmıştır ama Atlantik'te okyanus akıntılarının gelişmiş deveran hücreleri büyük olasılıkla geç Kretase devrine kadar mümkün olmamıştır. Bu nedenle, okyanus deveranının Mezozoik Zaman boyunca değişen kıta konfigürasyonlarına yanıt olarak değiştiği anlaşılır. Okyanus akıntısındaki bu temel değişikliklerin, iklim üzerinde ve dolayısıyla dinozorların kara dünyası üzerinde derin etkileri olmuştur.

İki hidrojen ve bir oksijenden oluşan su, kayda değer ısı dağıtımı özelliklerine sahiptir. Suyun sıcaklığını 1°C artırmak, demirin sıcaklığını aynı ölçüde artırmak için gerekli olandan on kat fazla ısı gerektirdiğinden su mükemmel bir ısı emicidir. Sıvılar hareketli olduğundan, ısı sıvılarda katılara oranla daha kolay yayılır ve depolanır. Doğa ısı enerjisini mümkün olabildiğince eşit bir biçimde dağıtma eğilimindedir. Isıtıldıkları zaman katıların yüzey sıcaklığı, hızla artma eğilimindedir ve katılar çoğu zaman dokunulmayacak kadar sıcak hale gelirler; ama maddenin yüzeyinin hemen altı soğuk kalır, çünkü katılar genellikle zayıf iletkenlerdir. Buna karşın sıvıların ısıyı dağıtma ve sıcaklık farklılıklarını azaltma eğilimi, ısı dağıtımının suda daha yekpare olduğu anlamına gelir. Genel olarak sıcaklığın hissedilmesi için suyun tüm kütlesinin ısıtılması gerekir. Isı akışının bu temel özellikleri, yazın sadece birkaç adım uzaktaki deniz soğuk ve hatta buz gibiyken, kumsalın neden çoğu zaman üzerinde yürünemeyecek kadar sıcak olduğunu açıklar. Buradaki anahtar nokta, kıtalar ile okyanusların ısıya tamamen farklı yanıtlar vermesi ve bunun hava ve iklim üzerinde etkili sonuçları olduğudur. Geniş okyanuslar kara parçalarından çok daha yavaş ısınıp soğuduğundan, sıcaklık dengeleme etkileri kıtaların hızlı termal değişiklik karakteristiğini hafifletme eğilimindedir. Bu olgu özellikle kıyı bölgelerde geçerlidir. Kuzey Amerika'nın merkezinin yakınlarındaki karayla kuşatılmış Kansas, Wichita Bölgesi aşırı boyutlarda mevsimsel sıcaklık dalgalanmaları yaşar; yaz ile kış aylarındaki ortalama günlük sıcaklıklar arasında 20°C (50°F) kadar fark vardır. Buna karşın deniz kıyısındaki California, San Diego'da ortalama sıcaklıklarda yaklaşık 7°C (15°F) gibi küçük dalgalanmalar yaşanır.

Dinozorlar dünyasındaki diğer her şey gibi Mezozoik Zamanın iklimlerini de doğrudan gözlemleyemeyiz. Bu nedenle iklimleri dolaylı olarak değerlendirmek için çeşitli tekniklere başvururuz. Neyse ki iklimler, tortulları değiştirir ve paleo-dedektiflik için çeşitli ipuçları bırakır. Örneğin, buzulların dağlarda iz bıraktığı yerleri, büyük göllerin bir zamanlar kara havzalarını doldurduğu yerleri ve antik toprakların günümüzde kuru olan bölgelerde suya doygunluğun kimyasal işaretlerini koruduğu yerleri görebil-

diğimiz için, Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeyi ve Kanada'nın çok uzak olmayan bir geçmişte buz çağını yaşadığından eminiz. Fosiller aynı öyküyü anlatır: Pleistosen bitkileri ve hayvanlarının kalıntıları (örneğin tüylü mamutlar) soğuk havaya uyarlamaları işaret eder. Mezozoik Zaman için de iklimlerin günümüzdekinden nasıl farklılaştığını gösteren benzer türden ipuçları bulunabilir.

Şimdi Pangaea'nın parçalanmasını hidrosfer perspektifinden ele alalım. Karalara odaklanmak yerine, bir an için okyanusların değişen büyüklüklerini ve konumlarını düşünün. Geç Triasik devirden başlayacağız; yaklaşık 225 milyon yıl öncesine, ilk dinozorların yaşadığı döneme yakın bir tarihe gideceğiz. Bütün kara parçaları Pangaea'da birleşikken, karadaki sıcaklıklar günümüzdekinden çok daha geniş sıcaklık sınırları arasında dalgalanmıştır. Kıtasal parçalar arasında okyanusların ılımlılaştırıcı etkileri olmadığından, Pangaea hızlı ve ciddi sıcaklık dalgalanmaları yaşamıştır. Kıyı bölgelerinde bu belirgin mevsimsellik, sıcak ve kurak dönemleri son derece yağışlı, çoğu zaman muson koşullarının takip etmesini içermiştir. Sıcaklıklar son 500 milyon yıllık süreçteki herhangi bir tarihten daha çok dalgalanmış olabilir. Kuzey Yarımkürede yaz olduğunda, Pangaea'nın kuzey kısmı aşırı sıcakken güney kısmı soğuk kalmıştır. Başta büyüyen Tethys Denizi olmak üzere okyanusların nemi, devasa alçak basınç hücrelerine çekilmiş ve kıyı bölgelerinde yoğun muson yağmurları üretmiştir. Bu örüntü, Güney Yarımkürede yaz olduğunda tersine dönmüştür.

Zamanda geç Jura devrine, yaklaşık 150 milyon yıl öncesine sıçradığımızda, Pangaea'nın etrafı okyanuslarla çevrili daha küçük kara parçalarına bölündüğünü görürüz. Büyük su kütlelerine yakınlık, karada daha önce görülen büyük sıcaklık dalgalanmalarını hafifletmiştir ve küresel deniz seviyelerinin yükselmesi bu etkiyi güçlendirmiştir. Triasik Dönemde başlayan görece sıcak koşullar devam etmiştir. Kutuplarda buz veya buzulların hiçbir işareti yoktur. Küresel deniz seviyeleri, günümüzdekinden çok daha yüksektir; suların büyük buz tabakalarında bağlanmaması da bunda kısmen etkilidir. Büyük ölçüde artan su yolu hacimleri Kuzey Amerika, Avrupa ve Kuzey Afrika'yı kapsayan birçok kıtada taşkınlara yol açmıştır. Bu kıtaların alçak kısımlarında sığ denizler oluşmuştur. Yüksek deniz seviyeleri ve kara içi su yolla-

rı, sıcaklıklarda güçlü bir dengeleyici etki yaratmış ve mevsimselliği azaltmıştır. Böylece geç Jura devri sıcak, ılıman iklimler yaşamıştır.

Geç Kretase devrine, yaklaşık 75 milyon yıl öncesine geçtiğimizde yüksek enlemlerde bile olağandışı sıcak ve ılıman iklimlerin güçlü kanıtlarıyla karşılaşırız. Ekvator bölgesindeki sıcaklıklar büyük olasılıkla günümüzdeki değerlerine yakinken, kutuplardaki sıcaklıklar bugünkünden çok daha ılıktır. Kretase Dönemindeki kutup sıcaklıklarının 0-15°C (32-59°F) olduğu tahmin edilmiştir. Ekvator ile kutuplar arasında günümüzde 41°C (105°F) olan sıcaklık farkı o dönemde 17-26°C (63-79°F) dolaylarındadır. O dönemde havayı ılımlılaştıran başlıca etki olağandışı yükseklikteki deniz seviyeleridir; daha önce Jura Döneminde olduğu gibi, birçok kıta suyla kaplanmıştı. Avrupa takımadalar bölgesine dönüşmüştür. Kuzey Amerika İç Batı Deniz Yolu, yaklaşık 35 milyon yıl boyunca kıtanın ortasındaki düzlükleri doldurup kıtayı doğu ve batı olmak üzere ikiye ayırmıştır. İnsanlar o dönemde yaşıyor olsaydı, geç Kretase devri Utah ve Arizona'da göz kamaştırıcı, alt tropikal denize sıfır evlerin satışı için harika bir zaman olabilirdi (ama tyrannosaurları dışarıda tutmak için elektrik verilmiş çitlere duyulan ihtiyacı dile getirmeye yanaşmayabilirlerdi). Bir araştırmacı, boğucu yazlarıyla ve karlı yazlarıyla, günümüzün Ortabatı havasıyla keskin bir tezat teşkil eden bu dönemdeki Dünya'yı uygun bir şekilde "duvardan duvara Jamaika" olarak nitelendirmiştir.

Kıtaların ve okyanusların zaman içinde değişen büyüklüklerinin küresel iklimler üzerinde büyük bir etkisinin olduğu açıktır. Fakat belirli bir tarihteki iklim, Dünya (jeosfer), hava (atmosfer), su (hidrosfer) ile yaşam (biyosfer) arasındaki etkileşimleri içeren karmaşık bir olgudur. Özellikle tektonik etkinliğin Dünya sistemlerini etkilemesi, kara parçalarının üzerindeki etkilerden çok daha öteye geçer. Uygun bir örnek vermek gerekirse, küresel deniz seviyeleri levha tektonik etkinliğiyle yakından bağlantılıdır. Aktif tektonizm aralıklarında –yani deniz zemininin hızla yayıldığı dönemlerde– okyanus ortası sırtlarda yayılan merkezler alttaki eriyik kayanın basıncıyla yukarı doğru itilerek yükselir. Deniz zeminindeki bu yükselme, okyanus havzalarının büyük ölçüde daralmasına ve deniz seviyelerinin yükselmesine neden olur. Uç ör-

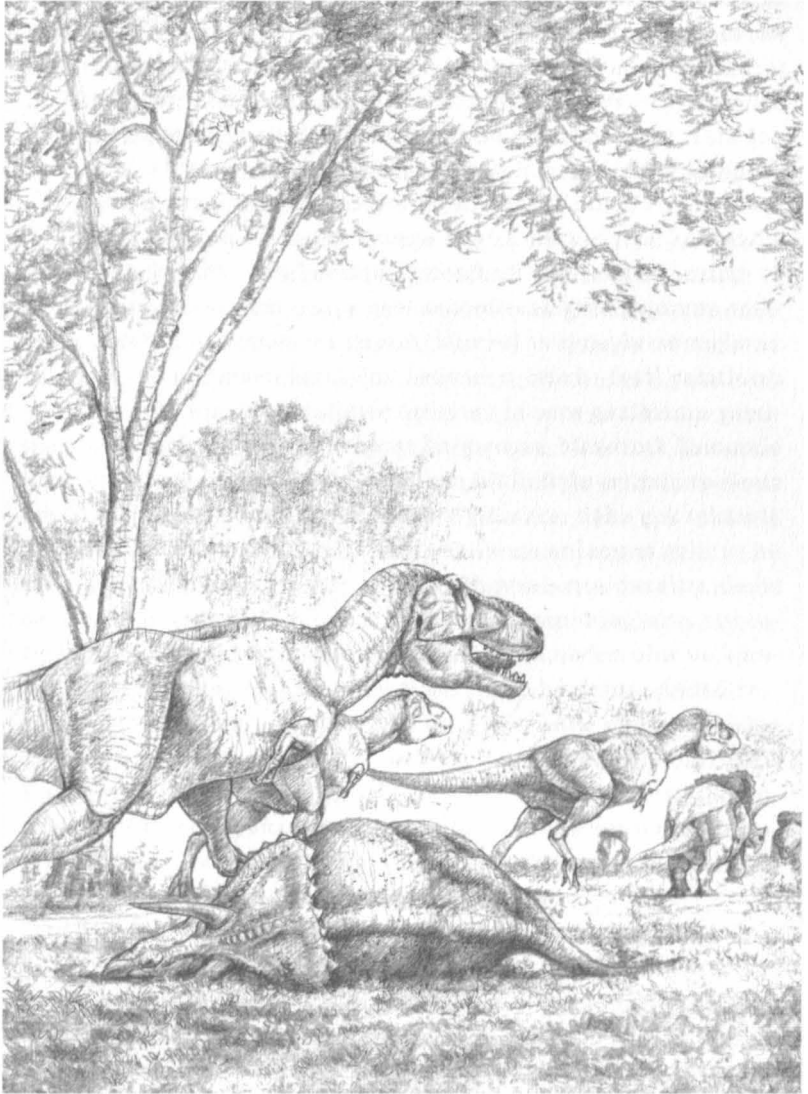
neklerde, yükselen deniz seviyeleri deniz havzalarının sınırlarını aşar ve büyük hacimlerde suyun kıtaların içine akarak iç denizler oluşturmaya yol açar.

Geç Kretase devri gibi aktif deniz zemini yayılma dönemlerinde, levha kenarları boyunca okyanus kabuğunun batma hızı da artmıştır. Okyanus kabuğu yeniden döngü için çekirdek kabuğuna saplandığından, daha çok batma ek volkanik faaliyetlerle sonuçlanır. Volkanik püskürmeler, havaya büyük miktarlarda karbondioksit salarken bu sera gazının atmosferik seviyelerini artırır ve Dünya'nın yüzeyinden uzaya geri sekebilecek güneş ışıınımı miktarını azaltır. Alıkonan bu ışıınım, küresel ısınmayla sonuçlanır. Günümüzde tamamen farklı bir nedenden ötürü –fosil yakıtların yanması gibi, insani etkinlikler dolayısıyla sera gazlarının yayılması sebebiyle– bu olguyla karşı karşıyayız. Mezozoik Zamanda küresel ısınma kutuplardaki buzulları bütünüyle eritmiş ve deniz seviğinde büyük artışlara yol açmıştır.² Kısaca, daha çok tektonik hareket deniz zemininin daha hızlı yayılması anlamına gelir ve bu da yayılan sırtları yükseltir, okyanus havzalarını daraltır, deniz seviyelerini yükseltir, batma hızını artırır, yanardağların atmosfere daha çok karbondioksit pompalamasına neden olur ve küresel ısınma yaşanır. Bunların hepsi karşılıklı bağlantı içindedir!

Deniz zemininin yayılmasının etkisiyle, kara parçaları derin zamanda parçalanır, ayrılır ve birleşir. Bunun küresel iklim değişikliği ve yaşamın çeşitliliği üzerinde önemli etkileri vardır. Dinozorların destansı yolculuğu, süperkıt Pangaea'nın parçalanmasıyla örtüşür; süperkıt Pangaea'nın parçalanması, dinozorların küresel dağılımları ve evrimsel tarihlerine yansıyan bir olgudur. Dinozorların ve nesli tükenmiş diğer organizmaların kalıntıları'nın kıtasal parçalanma ve çarpışma hipotezlerinin bağımsız sınamaları olarak kullanılabileceğini bile gördük. Ayrıca Dünya'nın fiziksel "kürelerini" keşfetmeye başladık. Eonlar boyunca yer, okyanuslar ve atmosferdeki deveren, ısının hareketi tarafından yönlendirilen karmaşık sistemler yaratmıştır. Temel enerji kaynakları

² Kutuplardaki buzların erimesi ve bunun sonucunda deniz seviyelerinin yükselmesi, günümüzdeki küresel ısınma eğilimine ilişkin başlıca kaygılardan biridir, çünkü Dünya'da insanların büyük bir kısmı alçak seviyelerdeki kıyı bölgelerinde yaşamaktadır. Gerçekten de deniz seviyesindeki artışın, Hollanda gibi ülkelerin tamamını su altında bırakabilmesi olasıdır.

-Dünya'nın merkezindeki radyoaktif bozunum ve Güneş- hiçbir zaman tükenmediğinden, değişimler sürmüştür ve litosfer, atmosfer, hidrosfer ile biyosferin dinamik sistemleri de devamlılık göstermiştir. Daha da önemlisi bu sistemler ayrı ayrı değil, birlikte çalışır. Böylece yalnızca dinozorların dünyası değil, biz insanların doğadaki yeri hakkında sonuçlar çıkarmamızı sağlayacak yaşama bütünlüklü bir bakışı da sergilemeye başlıyoruz.



Bir *Tyrannosaurus* avlanmış *Triceratops*'u sahiplenirken, diğ erleri  i ekli bitkilerin egemen olduğu bir ormanın açıklığında boynuzlu dinozor grubunun geri kalan üyelerinin peşine düşüyor.

GÜNEŞ'LE BESLENME

Güneş ışınları orman örtüsünden süzülerek bir şelalenin yakınlardaki *Triceratops* grubunu gözler önüne serer. Batıdaki kanyonlardan mevsimsel yağmurlarla beslenen akarsu, doğuya doğru, uzak bir iç denize ilerler. Kışın yapraklarını döken ağaçlar ve daima yeşil kalan ağaçların yoğun korularına ince bir sis süzülür. Şafağın serin, uzun gölgelerinde, sadece saatler önceki şiddetli sıcaklıktan çok az eser vardır. Yaklaşık 67 milyon önce, geç Kretase devrinde Montana'da bahar vaktidir. *Triceratops* sürüsü, yedi küçük yavru, orta büyüklükte iki genç ve üç devasa yetiştikenden oluşur. Göreli yaşları, yalnızca vücut büyüklüklerindeki farklılıklardan değil, yüzlerindeki boynuzların ve kemikli sorguçların farklı uzunluklarından da açıkça belli olmaktadır. Kafatasının uzunluğu 3 metreyi (10 fit) aşan yetişkin erkek, karada yaşayan gelmiş geçmiş en büyük yaratıklar arasındadır. Dinozorlar kaplumbağaya benzer bir ağız ve sık bir dilimleyici diş takımının yardımıyla verimli taze yeşillikleri tüketmek için doğmuş görünür. Büyük erkek, yırtıcılara karşı sık sık etrafı kolaçan eder.

Sonunda bodur otçullar, akarsu kıyısına yavaş yavaş ilerler ve soğuk sudan kana kana içer. Cüsseli yetişkinlerin nezaretindeki gençler bir araya toplanır. Grubun yanından belli belirsiz bir karaltı geçer. Bir hayalet gibi gizlice sokulan *Tyrannosaurus* birdenbire kendini gösterir ve gençlerden birine tehditkâr bir biçimde yaklaşır. Diğer boynuzlu otçullar reaksiyon göstermeden, tyrannosaur ağızını kocaman açar –kalın, tırtıklı dişlerinin geniş yaylarını sergileyerek– ve kurbanını göğüs ve boğazından ısırır. Yırtıcı avına kolayca dişlerini geçirir ve ölümcül bir yara bırakır. Üç yetişkin *Triceratops* saldırıya yönelirken, ormandan iki tyrannosaur daha çıkar. Biri başını kaldırır ve var gücüyle kükrer. Gözü korkmuş otçullar soluk soluğa dönüp kaçar. Yere yıkılan ve

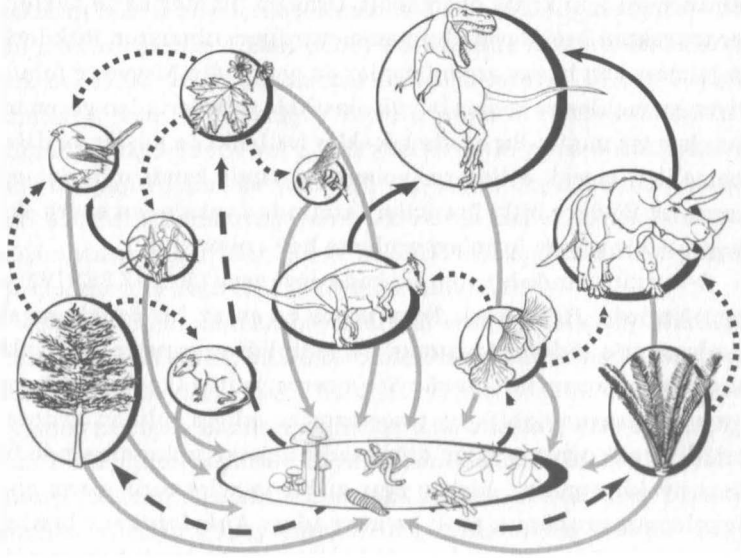
ölmek üzere olan *Triceratops* umutsuzca yutkunurken, tyrannosaururlar sabırsızlıkla etrafını sarar. Dakikalar içinde leş paramparça edilir ve kana susamış tyrannosaururlar karınlarını doyurur.

Kulağa tanıdık geliyor mu? Gelmeli. İzleyicilerin dinozorlara ve şiddete duyduğu ikiz iştahattan beslenen bu tür tarih öncesi dehşet sahneleri filmlerde, televizyon belgesellerinde ve kitaplarda sık sık kendine yer bulur. Bunlardan yola çıkılarak dinozorların, öldürmek veya öldürülmekten kurtulmaya çalışmak dışında çok az şey yaptığı sonucuna varılabilir. Mezozoik coğrafyalarda ölüm kalım sahneleri sık sık yaşansa da dinozorlar şüphesiz uyumak, dışkılamak, yiyecek aramak gibi çok daha yaygın ve daha az heyecan verici davranışlar sergilemiştir. Avcı-av senaryoları, dinozorların dinamik olmasına rağmen miyopik bir görüntüsünü sunar. Bu nedenle bir adım geriye çekilelim ve aynı senaryoyu ekolojinin daha geniş perspektifinden ele alalım.

Eko sistemler, madde ve enerjinin sürekli hareket halinde olduğu karmaşık varlıklardır. Ekolojinin temel düsturu şudur: *Enerji akar, madde dönüşür*. Ekolojistler yaşayan sistemleri daha da küçük parçalara ayırmak yerine, organizmaların birbiriyle ve çevreyle karşılıklı etkileşimlerini de kapsayacak şekilde bu sistemleri bütünlükleri içinde anlamaya çalışır. Bir anatomist, kartalın uçuş yetilerini değerlendirmek için kanadını gözlemleyebilir ve bir sistemci kartalın evrimsel ilişkilerini ortaya çıkarmak için kanat anatomisinin en ince ayrıntılarına odaklanabilir, ama ekolojist kartala daha çok kendi ekosisteminin en üst avcısı olarak ilgi duyacaktır. Aynı ilgi spektrumu, antik yaşamı inceleyenler için de geçerlidir. Bazı paleontologlar *T. rex*'in koşup koşamadığını sınamak için anatomi ve bilgisayar simülasyonlarından yararlanır ve bazıları da tyrannosaururlar ve kuşların evrimsel ilişkilerini araştırır ama ekolojik eğilimli paleo-detektifler *Tyrannosaurus* ve diğer dinozorların kendi ekosistemlerinde oynadıkları rolü araştırır. O halde şimdi *T. rex*'lerle birlikte başka kimlerin yaşadığına bakalım.

Tyrannosaurus en çok Montona ve Dakotalar'da ortaya çıkan geç Kretase Hell Creek Oluşumundan bilinir. Hell Creek ekosisteminin bitkileri, önceki ve sonraki bitkilerin birçoğu gibi kendi ekosistemlerine temel enerji kaynağını sağlamıştır. Büyük ölçüde

Denver Doğa ve Bilim Müzesinden paleobotanikçi Kirk Johnson'ın araştırmaları sayesinde, Hell Creek florasının 300'den fazla farklı bitki türünü içerdiğini biliyoruz. Kapalı tohumlular veya çiçekli bitkiler, toplam floranın yüzde 90 kadarını oluşturan egemen ve en çeşitli gruptur. Fakat kapalı tohumlular dışında daima yeşil kalan kozalaklı ağaçlar, ginkgolar ve çikaslar gibi bitkiler de mevcuttur. Bu antik orman görünüşte günümüzdeki kışın yapraklarını döken ve daima yeşil kalan geniş yapraklı ağaçlardan oluşan ormanları andırır ama daha yakından bakıldığında her modern topluluktan farklı olduğu görülecektir. Örneğin yuvarlak yapraklı kapalı tohumlular, günümüzdeki herhangi bir ormandakinden çok daha boldur. Modern zamanlardaki Montana'yla keskin bir tezat teşkil edecek şekilde, palmiye ağaçlarının varlığı daha sıcak bir iklime işaret eder.



Şekil 5.1: Geç Kretase devrinden bir kısmı besin ağı. Kuzey Amerika'nın batısındaki Hell Creek ekosistemindeki varsayılan ekolojik ilişkileri gösterir (yaklaşık 67 milyon önce). Enerji transferindeki başlıca adımlar şu şekildedir: (1) bitki üreticilerden otçullara (noktalı oklar); (2) otçulardan etçillere (koyu siyah oklar); (3) bitkiler, otçullar ve etçillerden ayrıştırıcılara (gri oklar) ve (4) ayrıştırıcılardan bitkilere (kesikli oklar).

Bu bitkiler fotosentez aracılığıyla güneş ışığını gövde, sap, kök, dal, bitki, tohum ve çiçekleri kapsayan "vücutlarına" dönüştürür. Bunu yaparken güneş enerjisini *Triceratops* gibi bitki yiyen tüketiciler tarafından yenilebilir bir şey haline getirir. Birçok boynuzlu dinazor da genellikle "ikincil tüketiciler" olarak nitelenen *Tyrannosaurus* gibi etçiller için gıda haline gelir. Böylece enerjinin, bitkiden otçula ve ondan da etçile geçtiği basit bir tarih öncesi besin zinciri oluşur.

Fakat işler bu kadar basit değildir. Bu tür besin zincirleriyle enerjinin izi sürülebilse de, göz önünde bulundurulması gereken çok daha fazla ekolojik oyuncu –zincirin ek halkaları– vardır.

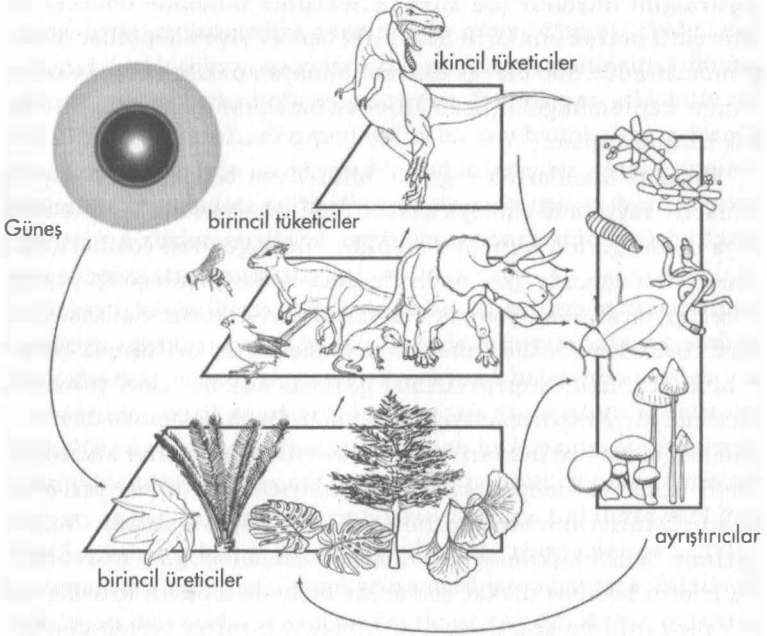
Doğrudan fosil kanıtlara ulaşamamak da, modern ekosistemler hakkındaki incelemeler geç Kretase bitkilerinin diğer birçok türle işbirliğine dayalı etkileşimlerde bulunduğundan emin olmamızı sağlar. Bu yaşam formlarının bazıları bitkilerin varlığını sürdürmesi için kritik önemdedir. Örneğin mantarlar ve bakteriler topraktan besinlerin alınmasına yardımcı olmuştur. Bitkilerin çoğalması için başka organizmalar da gereklidir. Meyve ve tohum yiyen memeliler ve kuşlar büyük olasılıkla midelerinden geçen tohumları yaymıştır. Bu arada böcekler (ve belki de kuşlar ve diğer memeliler) çiçekli bitkilerin polenleşmesinde kendi rollerini oynamıştır. Böylece bitki üreticiler tarafından yakalanan enerji akışı, geniş bir yaşam formları grubuna bağlı olmuştur.

Besin zincirinde bir sonraki kademeye veya TROFİK SEVİYE'ye geçtiğimizde, Hell Creek *Triceratops* ve en az bir ördek gagalı 'hadrosaur'a (*Edmontosaurus*) ev sahipliği yapmıştır. İki ayaklı pachycephalosaurular –küçük *Stegoceros* ve büyük vücutlu *Pachycephalosaurus* dahil– ve tescelozorlar adıyla bilinen gruptan çeşitli küçük ornitopodlar, diğer sadık vejetaryenler arasındadır. Dört ayaklı otçullar, birkaç ağır zırhlı ankylosauru içermiştir; ankylosaur grubunun tank benzeri adaşı *Ankylosaurus* bunlardan biridir. *Triceratops* dışında bir iki boynuz başlı behemot da olabilir. Son olarak bitki yiyenler koleksiyonu muhtemelen devekuşu benzeri ORNITHOMIMOSAUR ve *Velociraptor*'un oviraptorosaur adlı maniraptor kuzenini kapsayan birkaç theropodla tamamlanmıştır. Birçok paleontolog, ornithomimosaurular ve oviraptorosauruların etten bitkiye yönelerek beslenme şeklini de-

ğıştirdiğini düşünür (bu konuya Sekizinci Bölümde döneceğiz); alternatif olarak bunların hem bitki hem et yiyen hepçiller olması mümkündür. Son olarak dinazor olmayan pek çok otçul vardır; bunlar kaplumbağalar, memeliler ve özellikle de böceklerin birçok türünü kapsar.

Küçük olmalarına rağmen, bitki yiyen böcekler çok sayıda olmaları sayesinde ekolojik etkide etçil dinazorlara rakip olmuş veya onları geride bırakmış olabilir. Böcek gövdesi fosilleri Hell Creek Oluşumunda çok nadirdir ama bolca fosilleşmiş yaprak böcekler tarafından yenmiş olmanın izlerini korur. Smithsonian Enstitüsünden Conrad Labandeira ve meslektaşları, birçok önemli bitki grubunun yapraklarında gözlemlenen bu izleri yakından incelemiştir. Araştırmacılar, düzinelerce farklı beslenme davranışını belgelemiş ve bunları "yaprak madenciliği," "kenar kemirme," "delik açma" ve "delip emme" gibi açıklayıcı kategorilere yerleştirmiştir. İz türlerinin birçoğu, bir tek bitki türüyle ilişkilidir. Bu, böceklerin belirli bitkilerle beslenmekte uzmanlaştığına işaret eder. Bu izlerin bazıları dikkat çekici bir biçimde modern örneklerine çok benzerdir ve araştırmacılar bu izleri bırakan birçok böceğin kimliğini tespit edebilmiştir. Genel olarak bu ekosistem, modern ılıman ekosistemlerle yarışacak şekilde bitki yiyen böceklerin büyük bir çeşitliliğine ev sahipliği yapmıştır. Otçul böcekler, bitkileri kontrol altında tutmalarına ek olarak kuşlar, memeliler, uçan sürüngenler, diğer böcekler ve belki de birkaç dinozoru kapsayan birçok tür için bolca besin kaynağı sunmuştur.

Sonuç olarak devasa boyutlardan mikroskobik boyutlara kadar çok çeşitli türler, bitkilerden otçullara enerji akışına katılmıştır. Bunu daha da karmaşık hale getirecek biçimde, bu tarih öncesi vejetaryenlerden bazıları şüphesiz uzmanlaşmış olsa da birçoğu enerji akışından paylarını büyük olasılıkla farklı bitki türlerinden almıştır. Örneğimizdeki *Triceratops* kurban, birçok farklı bitki türünden süzülen güneş enerjisinden faydalanmış olabilir. Besin zincirindeki birçok halkayla ekosistemin karmaşık olduğunu görmeye başlayabilirsiniz.



Şekil 5.2: Hell Creek ekosistemindeki bir “trofik piramit.” Güneş enerjisinin bitkilerden (çok sayıdaki birincil üreticiler) otçullara (daha az olan birincil tüketiciler) ve onlardan da etçillere (daha da az olan ikincil tüketiciler) akışını gösterir.

Sonra etçiller gelir. Kendi ekosisteminde kesinlikle hayvanların kralı olmasına rağmen *T. rex* hiçbir şekilde sadece etle beslenmemiştir. Daha birçok dinazor, yüksek kalitedeki aynı kaynakların peşine düşmüştür. En çok dikkat çekenler *Troodon*, *Ricardoestes* ve *Dromaeosaurus* (veya yakın bir akrabası) gibi “yırtıcı kuş” benzeri formlardır. *T. rex* boyutlarından çok küçük olan bu avcılar, büyük olasılıkla bebek dinozorlardan kuşlar, memeliler, balıklar ve kertenkelelere kadar daha küçük avları hedeflemiştir. Bunlar tyrannosaurların öldürdüğü hayvanların leşleriyle de beslenmiş olabilir. Son olarak, kuş dışı ve dinazor dışı birçok etçil vardır. Hem avcı hem leşçil olabilen bu etçiller ölü bir *Triceratops*’u yiyebilir. Timsahlar listenin başında gelir. Bu da daha da fazla zincir halkası demektir.

Bitkileri yiyen *Triceratops*'u yiyen *Tyrannosaurus* senaryosu, tüm bir ekolojik kategoriye de göz ardı eder: ayrıştırıcılar. Avcılar hiçbir zaman avlarındaki tüm enerjiyi tüketmez; geride, sık sık, bolca et ve diğer dokulardan bırakır. Ama kalıntılar nadiren uzun süre kalır çünkü bakteri, mantar ve birçok böceği kapsayan ayrıştırıcı yaşam formları hazırda bekler (bunlar Dokuzuncu Bölümde ayrıntılı olarak incelenecektir). *Tyrannosaurus*un avının kalıntıları sinekler, karıncalar, kın kanatlılar, termitler ve daha birçok böceğin besini haline gelir. Bizim örneğimizdeki farazi boynuzlu dinazor leşi, haftalar ve aylar boyunca birçok mikrop ve böcek tarafından tüketilecektir. Dişler, kemikler, kas telleri, kan damarları, sinirler ile organlar çürüme ve bozuşmaya uğrar. Kalıntıların önemli bir kısmı en sonunda toprak besinlerine dönüştürülür ve bunlar da gelecek bitki kuşaklarını besleyerek yeni bir döngü başlatır. Bu oyunda tüm oyuncular aynı kader bekler.

Daha yakından bakıldığında, basit besin zincirimiz bir döngü oluşturmaya yaklaşır: üreticilerden tüketicilere ve tüketicilerden ayrıştırıcılara, sonra gerisin geri üreticilere. Dahası bu zincir, bir ekosistemdeki tüm organizmaları bağlayan Güneş'ten beslenen karmaşık bir ağdaki birkaç halkadan ibarettir. Bitkiler ve fotosentez gerçekleştiren diğer formlar, ağın üretici çekirdeğini oluşturur. Diğer tüm formlar doğrudan doğruya, üreticileri yiyerek veya dolaylı olarak diğer tüketicilerden beslenerek bu üreticiler tarafından sağlanan enerjiyi tüketmelidir. *Triceratops* ve otçul topluluğu birincil tüketiciyken, *Tyrannosaurus* ve diğer etçiller ikincil tüketicidir. Tüm dinazorlar bu ekolojik rollerden birini (zaman zaman her ikisini) üstlenmiştir. Benzersiz bir tüketici kategorisi olarak ayrıştırıcılar, organik maddeyi parçalamak ve besleyici öğelerini yeniden dönüşüme sokmakta ihtisaslaşır. Bir bütün olarak bu ağ ile bileşenleri, iki daimi ve birleşik süreç tarafından sürdürülür: akan enerji ve dönüşen madde.

Bu, *Tyrannosaurus rex*'in ekolojik rolünü düşünmek için iyi bir noktadır. Fosillerin bolluğu (40 kadar eklemli iskelet) ve yakın tarihte çeşitli tekniklerden yararlanan inceleme yağmuru sayesinde, *T. rex* devasa yırtıcı dinazorların ekolojisi ve evrimine açılan en iyi pencereyi sunar. Son zamanlarda *Tyrannosaurus*'un beslenme alışkanlıkları çokça tartışılmıştır. Aslında "Tiran Kral" sta-

tüsüne bile meydan okunmuştur. İhtilaf bir tek soruyla özetlenir: *T. rex* şimdiye kadar varsayıldığı gibi ağgözlü bir yırtıcı mıydı, yoksa bu ünlü etçil leşlerden beslenerek mi yaşamını sürdürüyordu? Yaklaşık yüzyıldır tartışılan bu soru, son olarak Bozeman, Montana'daki Rockies Müzesinde görev yapan paleontolog Jack Horner tarafından gündeme getirilmiştir. Daha birçok paleontolog, avcı hipotezini destekleyen kanıtlarla buna yanıt vermiştir. Bilimde yeni, kolayca sindirilebilir açılar arayan medya, bu tartışmaya insani özellikler yakıştırarak "gururlu avcı" ve "alçak leşçi" eksenine indirgemıştır. Bu ikinci nitelendirme, *Tyrannosaurus*'u fiilen tarih öncesinin en büyük kurtçuğu statüsüne düşürmüştür. Tartışmanın haberleri, genel kamuoyuna da geniş bir şekilde yayılmıştır. Avcı-leşçi sorusunun, dinazor paleontologlarına en sık sorulan sorulardan biri haline gelmesi de bunu göstermiştir.

Kanıtı kısaca bir göz atalım. Horner, birçok kemiksi, açıklayıcı ipucunun *Tyrannosaurus*'un avcı yaşam tarzıyla uyumsuz olduğunu, bunun yerine leşçil bir nişe işaret ettiğini savunmuştur. Bu ipuçları şunlardır: (1) potansiyel yiyeceklerin uzun mesafeden belirlenmesini engelleyen görece küçük göz; (2) çürüyen leşlerin uzaktan kokusunun alınmasına yarayan gelişmiş bir koku duyusu; (3) avların izinin bulunup yakalanmasıyla tutarsız olan yavaş, hantal bir yürümeye işaret eden bacak kısımları; (4) avın öldürülmesi bir yana, tutulması için bile faydasız görünen küçük önayaklar ve (5) birçok theropodun bıçak gibi dar dişlerinin aksine geniş dişler.

Kanımcı bu noktaların her biri Jim Farlow (Indiana Üniversitesi-Purdue Üniversitesi) ve Thomas Holtz (Maryland Üniversitesi) dahil olmak üzere diğer paleontologlar tarafından ikna edici bir biçimde çürütülmüştür. Bu yazarlar bir avcının iyi görebilmek için büyük bir göze ihtiyaç duymadığına dikkat çeker. Aslında devasa gövde büyüklüğüyle karşılaştırıldığında küçük olsa da *T. rex*'in gözü gelişmiş ışık yakalama yeteneği ve belki de yüksek seviyede keskinlik sayesinde mutlak veriler ışığında büyüktür. Kemiksi kanıt, keskin koku yetisiyle tutarlıdır ama bu duyu ölülerin yanı sıra canlı hayvanların belirlenmesine de eşit ölçüde hizmet etmesi makul görünür. Ayak hızı konusunda, birçok araştırma Horner'ın *Tyrannosaurus*'un spektrumun hızlı koşucular

ucundan ziyade hantallar ucuna yakın olduğu yönündeki kanatini destekler. Fakat başka araştırmacılar, hadrosaurılar ve ceratopsidler gibi muhtemel avların daha da yavaş olduğunu gösterir (ayrıntılı bilgi için Yedinci ve Sekizinci Bölüme bakın). Dolayısıyla büyük avcı muhtemel avını kesinlikle yakalayabilirmiş gibi görünür. *T. rex*'in kollarının gövdesine göre gülünç derecede küçük olduğu gerçeği tartışma götürmezdir; kendi boyum 188 santimetre (6 fit, 2 inç) ama 12 metrelik (40 fit) dinazorunkiyle kabaca aynı uzunlukta kollara sahibim. Fakat kurtlar, katil balinalar ve katip kuşları gibi birçok etçil, kollarını silah olarak kullanmaksızın da çok etkili avcılardır. Benzer bir şekilde timsahlar ve dişli balinalar (nesli tükenmiş birçok avcı olması muhtemel hayvanla birlikte) geniş dişlere sahip olmalarına rağmen milyonlarca yıl boyunca kendi besin zincirlerinin en üstünde kalmayı başarmıştır.

Avcı-leşçi sorusunun ekolojisini değerlendirmek ve canlılar arasında ipuçları aramak da önemlidir. Günümüzde etçil türler düzenli olarak öldürmek için rekabet eder ve çoğu zaman avcının yemeği daha büyük veya sayıca daha çok olan rakipleri tarafından yenir. Kendi ekosistemindeki diğer avcılardan katbekat büyük olan *Tyrannosaurus*, avlar üzerindeki mücadelelerde şüphesiz rakiplerini sindirmiş olmalıdır. Fakat geriye nicelik sorunu kalır. 5000 kilogram (11.000 pound) ağırlığındaki bu etçillerin popülasyonunu sürdürebilmek için yeterli leş var mıydı? *T. rex*'in metabolik hızı (bu günlük kalori ihtiyacını etkilemiştir) ve otçul popülasyonların büyüklükleri gibi bilinmeyen önemli değişkenlerin varlığında bu soruyu yanıtlamak zordur. Her şeye rağmen Glasgow Üniversitesinden Graeme Ruxton ve David Houston tarafından yapılan bir araştırma modern Serengeti'ye yakın bir geç Kretase ekosistemi modelleyerek tüm ilgili parametreleri tahmin etmeye çalışmıştır. Yazarların birçok sınanamayan varsayımı temel alan farazi sonucu, *Tyrannosaurus* gibi devasa etçillerin popülasyonlarını desteklemek için yeterli leşin bulunabileceği yönündedir.

Fakat günümüzde yaşayan çok az etçil sadece leşle beslenir. Sırtlanlar gibi uzun süredir leşçil olarak görülen birçok tür, besinlerinin büyük bir kısmını avlanarak elde eder. Etçillerin çoğunun fırsatçı olduğu görülür; gerektiğinde öldürürler ama başka bir hayvan tarafından öldürülmüş taze bir leşle beslenmekle ye-

tinebilirler. Omurgalılar arasında besin arayışı için asgari enerji harcayarak leşten leşe uçan 23 akbaba türü dışında neredeyse tamamen leşle beslenen hayvanların yegâne örnekleridir. Buna karşın *T. rex*'in bunu yapmak için devasa cüssesiyle yürümesi gerekecektir ki bu da düz ve açık bir bölgede bile hiç kolay değildir. İlginç bir biçimde, Ruxton ve Houston sonraki bir makalelerinde zorunlu leşçillerin akbabalar gibi havada süzülen büyük canlılar olması gerektiği sonucuna varmıştır. Bu strateji *T. rex* için kesinlikle düşünülemez.

Kanımcı *Tyrannosaurus* iskeleti hakkındaki hiçbir şey avcı yaşam tarzını engellememektedir. Günümüzdeki ekosistemlerde sadık leşçiller son derece nadir olduğundan, tüm zamanların en büyük kara etçilinin hem hırçın bir avcı hem de fırsatçı bir leşçi olmak bakımından günümüz etçillerin çoğuna benzediği sonucuna varmak ölçülü görünür. Horner'ın leşçilik hipotezi bizi temel varsayımlardan bazılarını yeniden düşünmeye zorlaması açısından önemlidir. Fakat *T. rex*'in Kretase Döneminin sonlarında Kuzey Amerika'daki besin ağının en tepesinde tek başına yer aldığından emin olabileceğimizi düşünüyorum.

Yine de Tiran Kral için zirvedeki yaşam hiç de kolay değildir. Tüm doğal sistemler gibi ekosistemler enerjiyle devamlılığını korur. Dünya sistemlerinde bu enerji neredeyse tamamen güneş ışığı, rüzgâr ve akan sudan gelir.¹ Birçok yaşam formu enerji kaynağı olarak bütünüyle Güneş'e bağımlıyken, yalnızca birkaç özel organizma grubu –bitkiler, belirli bakteriler ve algler– güneş ışığını kullanılabilir enerjiyi dönüştürebilir. Bu organizmalar gerçek anlamda üretken olan yegâne yaşam formlarıdır. Karbon haznele-ri ve oksijen üreticileri vazifesi üstlenirler. Fotosentez olarak bilinen metabolik süreç aracılığıyla, yeşil bitkiler ve bazı bakteriler güneş ışığından enerji alarak onu şekere –yaşamın evrensel besinine– dönüştürür.

Fotosentez yapan organizmaların hücreleri klorofil içerir. Klorofil, güneş ışığı paketlerini (fotonlar) özümseyen ve bunu, suyu hidrojen ile oksijene parçalamak için kullanan yeşil pigmenttir.

¹ Dünya üzerindeki yaşamın küçük bir parçası, güneş ızgarasının bütünüyle dışındadır ve enerjiyi gezegenin içinden kanalize eden derin denizlerdeki hidrotermal ağzlardan enerji alır.

Oksijenin büyük bir kısmı havaya karışırken, hidrojen mevcut karbonla birleşerek şekerler, karbonhidratların yapı blokları, yağlar, proteinler, genler ve diğer biyomalzemeleri üretir. Ayrıca bitkiler şekerleri kullanarak bitki hücrelerini kuvvetlendiren ve gökyüzüne doğru büyümelerini sağlayan selülozu üretir. Böylece üreticiler, hem dokuları şeklindeki besini hem de metabolik bir yan ürün olarak oksijeni üretir ve diğer tüm yaşam türlerinin devamlılığını sağlar. Fotosentez yapmayan organizmalar bu süreci tersine çevirir: Solunum aracılığıyla oksijeni "solur", karbonhidratları yakar ve karbondioksit salar. Yaşamın neredeyse 4 milyar yıl önceki kökeni bir istisna teşkil etmek üzere, yaşamın tarihindeki en önemli olayın yaklaşık 2 milyar yıl önce fotosentezin evrimiyle birlikte gerçekleştiği söylenebilir çünkü fotosentez yapan organizmalar biyolojik çeşitliliğin dengesi için zemin oluşturur (ayrıntılı bilgi için İkinci Bölüme bakın).

Tek tek yaprakların ve ağaçların şekillerinden bütün bir ormanın mimarisine kadar, bitkiler güneş enerjisi akışını mümkün olabilecek en çok şekilde "kavramak" için optimal olarak "tasarlanmış" görünür. Bitkiler bununla ne yapar? Dikkat çekici bir biçimde, yakalanan enerjinin yalnızca yüzde bir kadarı daha çok bitki malzemesi yapmak için kullanılır. Gelen ışının çok büyük bir miktarı, bitkilerin dış ortamını ısıtan atmosfere geri yansıtılır. Özümseyen enerjinin yaklaşık üçte ikisi, suyun bitkinin gövdesinden yapraklarına ilerlemesini sağlar ve orada sıvıdan gaz haline dönüştürülerek havaya karışır. Bitki ile atmosfer arasındaki bağlantı, yaprakların alt yüzündeki stomata adı verilen mikroskobik gözenekler aracılığıyla gerçekleşir. "Evapotranspirasyon" adı verilen bu fizyolojik süreç, bolca ısı yayar. Ormanlar kolektif olarak su buharının ısınını atmosfere boşaltarak kendilerini soğutur.

Ormanlar gezegenin iklimleme aygıtlarıdır. Görünmez pınarlar gibi, havaya bol miktarda buhar püskürtür. Yükselen su buharı yağmur bulutlarını oluşturur ve bunlar da güneş ışığını yansıtır, çevredeki bölgeyi serinletir ve nemi ormana döndürür. Karadaki bitkilerin neredeyse aynı anda her yerde bulunmaları ve enerji akışının inanılmaz hızı sayesinde, evapotranspirasyon, yerel, bölgesel ve küresel iklimlerin kontrol edilmesinde temel bir faktördür.

Bitkiler, kullanılabilir enerjiyi kendi başlarına tüketmez. Çevresel koşullara büyük duyarlılık gösterirler ve buna uygun hareket ederek enerji akışını dikkat çekici bir kusursuzlukla kontrol ederler. Toprak nemi kritik seviyelerin altına düşerse, bitkiler su kullanım, fotosentez ve evapotranspirasyon hızlarını düşürerek kurumaktan kaçınır. Bir başka deyişle, bitkiler enerji akışını değişen dış koşullara göre düzenler. Kullanılabilir durumdaki enerjiyi en iyi şekilde kullanarak kötü zamanlarda dinlenmeye çekilip iyi zamanlarda serpilirler.

Bu enerji yayma eğilimi, besin zinciri boyunca devam eder. Otçullar, tükettikleri bitki enerjisini dönüştürebilir ve bunun yalnızca 10 kadarını kullanır. Bunun bitkiler tarafından kendi vücutlarını oluşturmak için kullanılan yüzde 1'lik enerjinin yüzde 10'u olduğunu unutmayın. Bir başka deyişle fotosentezin ürettiği orijinal enerji havuzunun yüzde 0,1'lik dilimine eşittir. Bu enerji kaybı, bir sonraki trofik seviyede otçulları yiyen etçillerle ve en üst seviyede etçilleri yiyen etçillerle devam eder. Enerji, besin zincirinde ilerlerken konsantre hale gelir. Et, bitkilerden daha yüksek kalitedeki bir enerji kaynağıdır; birim ağırlık başına daha çok kullanılabilir enerji içerir. Besin zincirinde yukarı yönlü bu enerji transferleri yüzde 15'ten daha düşük verimlilikle gerçekleşme eğiliminde olduğu için (enerjinin çoğu ısıya gider) daha yüksek trofik seviyelerdeki tüketiciler gittikçe daralan bir enerji havuzunda yaşamak zorundadır.

TROFİK PİRAMİT'te tırmandıkça kullanılabilir enerjinin bu kadar azalması, ekosistemlerin neden etçilden çok otçul içerdiğini ve bitkilerin toplam BİYOKÜTLE'sinin bitki yiyenlerinkinden neden çok daha büyük olduğunu açıklar (Şekil 5.2'ye bakın). Aşırı ısı kaybı, bir ekosistemde daha düşük seviyelerdeki kullanılabilir enerjinin büyük bir kısmını alıkoyar. Serengeti otlağındaki 2,6 kilometre kareyi (1 mil kare) gözünüzde canlandırın. Savananın bu kısmı, 100 Afrika antilobunun yaşamını sürdürmesini sağlayabilir. Bu hayvanların her biri, tükettikleri çimenin yaklaşık yüzde 1'iyle geçimini sağlar. Buna karşın bir tek aslanı beslemek için 100 Afrika antilobundan oluşan bir sürü gerekebilir. Yani aslan da otçulların yalnızca yüzde 1'iyle beslenir. Neticede bir aslan sürüsünün varlığını sürdürebilmesi için 260 kilometre karelik (100 mil kare) bir bölgeye ihtiyacı vardır.

Kullanılabilir enerjideki sürekli düşüş, trofik piramidi beş veya altı seviyeyle sınırlar. Belirli bir bitki türünün yakaladığı enerjinin yalnızca yüzde 10'unu yeni doku üretmek için kullandığını ve her seviyedeki tüketicinin kendi aldığı enerjinin yalnızca yüzde 10'unu kullanabileceğini varsayarsak, trofik piramidin beşinci basamağındaki etçiller bitkiler tarafından yayılan enerjinin yüzde 0,00001'iyle (yüzde birin yüz binde biri) varlığını sürdürecektir. Bu kadar ciddi bir eksilme nedeniyle, ek tüketici seviyeleri için yeterli enerji yoktur.

Doğanın döngülerinin en azından birkaçına hepimiz aşinayız: örneğin Güneş'in doğuşu ve batışı, Ay dönmeleri, mevsimlerin geçmesi ve okyanus dalgalarının günde iki kez kabarıp alçalması. Dünya'daki bu olaylar, dış süreçler tarafından yönlendirilir. Bununla birlikte Dünya birçoğu kapalı devreler oluşturan kendi döngülerine de sahiptir.

Yaşamın döngüleri sevdiği, çünkü birçok biyolojik sürecin kendi kendini beslediği söylenmiştir. Tek yönlü bir süreç kontrolden yoksundur ve kaynaklar tükenene kadar kendi başına ilerleyebilir. Bu, varlığını sürdürmek elverişli bir formül değildir. Sürecin bir geri besleme döngüsüne dönüştürülmesi, sistemin kendini davranışını izleyip düzenlemesine imkân tanır. Bir ev termostatını veya kendi vücudunuzun sıcaklığını ayarlama şeklini –soğukta titremesi, sıcakta terlemesi– düşünün. Akışın düzenlemesi herhangi bir zekâ veya amaç gerektirmez. Geri besleme döngüleri, dairesel kontrolü kullanır. Sistem performansını izleyip onun hakkında bilgiler alır ve daha sonra da bu girdiyi gerektiğinde kendini düzeltmek için kullanır.

Dünya üzerindeki en önemli döngüler, az miktarda elementin hava, toprak, su ve yaşam aracılığıyla sürekli hareket etmesine dayanır. Gerçekten de biyosfer ve atmosfer altı elementin akışı tarafından düzenlenir: karbon, hidrojen, nitrojen, oksijen, fosfor ve kükürt. CHNOPS kısaltması sayesinde (C harfini S olarak telaffuz edin ve Alman likörünü aklınıza getirin)* kolayca hatırlanan bu element "kokteyli" her organizma ve ekosistemin içinden geçerek

* Almandaca *schnaps*, likör veya sert içki türlerine verilen genel addır –yn.

tüm yaşam formları tarafından paylaşılan yakın ekolojik ve evrimsel bağı vurgular. Örneğin, biyosferin genetik kütüphanesini barındıran DNA molekülleri altı elementin beşinden oluşur; sadece kükürt eksiktir. Günümüzde Dünya’da var olan proteinlerin tamamı, yalnızca 20 farklı çeşidi bulunan aminoasit zincirleri tarafından oluşturulur; bütün bu zincirler karbon, oksijen, nitrojen ve hidrojenle oluşur ve bunların ikisi kükürt de içerir. Dünya tarihinin akışında, canlılar bu döngülere öylesine derin bir biçimde gömülmüştür ki onların bütünleyici bir parçası haline gelmiştir. Aslında biyosferin kendine bu döngüleri uyguladığı ve dönüştürülen elementleri sürekli olarak kullanabildiği için bu gezegende milyarlarca yıldır varlığını koruduğunu söylemek hiç de abartılı olmayacaktır.

Karbona bakalım. Yaşama bazen “karbon bazlı” denmektedir. Herhangi bir omurgalı hayvanın vücut kütlesinin yaklaşık beşte biri karbondan oluşur ve bu element hücrelerin inşasında kritik önemdedir. Gördüğümüz gibi, fotosentez bitkilerin hücreler oluşturmak için havadan karbon çekmesini içerir. Bitkiler bu karbonun küçük bir kısmını yakar ama karbonun çoğu besin ağı aracılığıyla aktarılarak başka organizmaların vücutlarının inşasında ve etkinliklerinin beslenmesinde kullanılır. Bitki ve hayvanlar, oksijenle birleşerek karbondioksiti oluşturan karbonu salar veya soluğuyla dışarı verir. Son olarak ayrıştırıcı organizmalar kalan karbonu ekosistem aracılığıyla yeniden dönüştürür. Daha önce dikkat çekildiği gibi, karbondioksit küresel iklimlerin düzenlenmesinde önemli bir sera gazıdır. Dinozorlardan diatomlara tüm organizmalar fosilleştiğinde, vücutlarında depolanan karbonların çoğu milyonlarca yıl boyunca gezegenin yüzey kayalarında saklı kalır. Daha sonra bu karbonun bir kısmı, levha tektoniği, volkanik faaliyetler ve erozyon aracılığıyla karbondioksit olarak havaya salınır. Böylece canlı olan ve olmayan, bir devir veya döngü oluşturmak için işbirliği yapar.²

² İnsanlar “fosil yakıtlarda” depolanan güneş enerjisinden faydalanmakta son derece ustalaşmıştır. Bu antik kalıntılar—aslında katı halde depolanan güneş enerjisi—ekonomilerimize yön vermekte ve karbondioksidin atmosfere dönmek için bir başka yolu vazifesini görmektedir. Fosil yakıtların dinozorların kalıntılarından oluştuğu dolaylı olarak sık sık söylenmektedir. Kömür, petrol ve doğal gaz gibi doğal kaynaklar gerçekten de bazıları dinozorlarla bir ara-

Nitrojen, CHNOPS'taki bir diğer temel bileşendir. Soluduğumuz havanın yüzde 80'ini ve tüm yaşam formlarındaki hücrelerin yaklaşık yüzde birini teşkil eder. Nitrojen DNA da dahil olmak üzere tüm karmaşık protein moleküllerinde bulunduğu için bu yüzde birin kritik öneme sahip olduğu anlaşılır. Nitrojen döngüsü de Dünya, hava, su ve hayata yakından bağlıdır ve bazı olağandışı ayrıntıları içerir. Bitkiler, büyümek ve gelişmek için ihtiyaç duydukları nitrojeni hava gözenekli topraktan alır. Fakat bitkiler nitrojeni gaz durumunda kullanamadığı için milyonlarca yıl önce MİKORİZA ("iri kökler") adını verdiğimiz bakteriyle işbirliği geliştirmiştir. Bitki köklerindeki şişkinlikler olarak gerçekleşen bu birlikteliğin bakteri tarafı, topraktan nitrojeni alır ve bitkiler tarafından kullanılabilir aminoasitlere dönüştürür. Bakteri bunun karşılığında bitki köklerinden beslenir. Mezozoik Zamanda da günümüzde olduğu gibi bu SİMBİYOZ kara ekosistemlerinin varlığını sürdürmesinde kritik öneme sahiptir. Benzer türden döngüler, geri kalan CHNOPS elementlerini dönüştürür: hidrojen, oksijen, fosfor ve kükürt.

İster modern ister Mezozoik olsun, bir ekosistem tümü enerji akışı ve besinlerin döngüsü tarafından düzenlenen karakteristik bir türler topluluğu ve bu topluluğun yaşadığı çevreden oluşur. Her tür, yemek ve su elde etme, çoğalma ve avlanmaktan kaçınma stratejilerini kapsayan kendi NİŞ'ine veya rolüne sahiptir. Bitki yiyen otçullar ve et yiyen etçiller, bir arada yaşayan tanımlı rollerle sahip türlerin örnekleridir. Yukarıda belirtildiği gibi birçok tür çifti açık bir çatışma halindedir ve her iki taraf da sürekli üstünlük sağlamaya çalışır. Bu, nişlerin süregiden mücadelesine yol açar; bir taraftaki ilerlemelerin diğer taraftaki kazançlarla dengelenir. Süregiden bu değişikliğe rağmen, tipik sonuç ekosistem oyuncuları arasında dalgalı bir güç dengesi, istikrardır. Böylece belli bir topluluğun türleri, bitki ve bakteriyel üreticiler tarafından yakalanan güneş enerjisini paylaşır.

Ekosistemler neden istikrarlıdır? Onları dağılmaktan alıkoyan nedir? Bu sorunun yanıtının sayılardaki güçle ilgili olduğu anla-

da yaşayan ölü organizmaların kalıntılarını temel alır. Fakat bu depolanmış rezervlerin büyük bir kısmı, kara habitatındaki biyokütlenin çoğunluğunu oluşturan bitkiler ve mikroplardan gelmektedir.

şılır. Bir başka deyişle, türlerin yüksek çeşitliliği Doğa Ana'nın başlıca ayakta kalma stratejilerinden biridir. Ne kadar çok oyuncu varsa, enerji akışı için o kadar çok yol oluşur ve sistemde bir tür ihtiyaç fazlası oluşur. Dolayısıyla bir veya birkaç tür yerel olarak ortadan kaybolursa ekosistem buna uyum sağlayabilir. Ayrıca daha çok çeşitlilik, egemen bir türün kontrolü ele geçirip ekosistemi kasıp kavurması ihtimalini azaltır çünkü birçok avcı olacaktır. Uzun vadede ekoloji ve evrim süreçleri etkileşim kurarak ekosistemlerin uyum sağlamasına, devamlılık kazanmasına ve zaman zaman önemli yeniden düzenlemelere gitmesine imkân tanır.

Doğada iç içe yuvalanmış sistemlerin çok seviyeli yapılarıyla karşılaşırız: örneğin popülasyonların içindeki organizmalardaki organların içindeki hücreler. Her seviye birleşik bir bütün teşkil eder ve aynı zamanda da daha büyük bir bütünün parçasıdır. Her seviye aynı zamanda kendi özgün veya "gelişen" özelliklerine sahiptir, öyle ki her bütün kendi parçalarının toplamını aşar. Örneğin bilinç, organizma seviyesinde gelişen bir özelliktir. Modern genetik uzmanlarının tüm çabalarına rağmen, bu olgu basitçe genlerin ve etkileşimlerinin daha da ayrıntılı incelenmesiyle hiçbir zaman anlaşılamayacaktır. Bir hiyerarşideki farklı seviyeler, işlevlerini düzenleyen geri besleme döngüleri aracılığıyla birbiriyle etkileşim kurar.

Sınırlarını tanımlamak çoğu zaman zor olmasına rağmen ekosistemler de farklı değildir. Ormanlar genellikle ekosistemler olarak nitelendirilir ama onların içinde de türlerin benzersiz alt kümelerinin yaşadığı dereler, göller, çayırlar, üst bitki tabakaları gibi miniekosistemler mevcuttur. Skalada yukarılara tırmandığımızda, yerel ekosistemler bölgesel ekosistemler veya biyobölgelerde birleşir –örneğin Kuzey Amerika'nın iç batı bölgesi– ve bunlar da sonunda gezegen biyosferine ulaşılan dek birbiriyle bağlantılandırılabilir.

Çok seviyeli bir hiyerarşi olarak görüldüğünde, zamanın belli bir anındaki biyosfer iç içe yuvalanmış ekosistem kümelerinden oluşur. Ekosistem sınırlarında her zaman bir enerji transferi ve besin alışverişi mevcuttur ama bu genellikle belli bir sistemin içindekinden çok daha yavaştır. Ekolojistler yerel seviyede tür çeşitliliğindeki değişimleri düzenli olarak gözlemler; örneğin bir

kuş türü belli bir süreliğine ortadan kaybolabilir ama biraz zaman geçtikten sonra geri dönebilir. Buna karşın bölgesel ekosistemler uzun zaman dilimlerinde çok daha istikrarlı olma eğilimindedir. Bazen binlerce veya hatta milyonlarca yıl boyunca yalnızca küçük değişikliklere uğrayarak devamlılık gösterebilirler.

Geç Kretase devrinden Hell Creek örneğimize dönecek olursak, ekolojik perspektif çevreyi avcı tyrannosaurılar ile onların avı konumundaki boynuzlu dinazorlar arasındaki devasa mücadelelerin bir sahnesi olmaktan geniş bir şekilde görebilmemizi sağlar. Bu tür çatışmalar, akan enerjinin, dönüşen maddenin ve değişen çevrenin destansı öyküsünde sadece yan öykü haline gelir.

Temel enerji kaynağı olarak, bitkiler her kara ekosisteminin çekirdeğidir. Bu nedenle dinazorların destansı yolculuğunu anlama çabamız Mezozoik bitkilerin keşfini de kapsamalıdır. Paleontologlar Dinazorlar Çağından bitkiler hakkında düşündüğünüzden daha çok şey öğrenmiştir. Bu bilgiler esasen antik bitki kalıntılarından gelir –fossilleşmiş ağaç kabukları, dallar, yapraklar ve çiçeklerin yanı sıra polen taneleri– ve canlı bitkilerin gözlemleriyle çoğaltılır. Türlerin çoğu farklı olsa da Mezozoik Zamandaki önemli bitki gruplarının birçoğu günümüze kadar varlığını korumuştur ve antik atalarının biyolojisi hakkında bize fikir sunar. Bazı Mezozoik bitkiler günümüzde yaşayan mirasçılara sahip olmadığından, modern floralar arasında daha uzak akrabaları temelinde çıkarımlar yapmak durumunda kalırız. Bitki kalıntılarını çevreleyen kaya türleri de bitkilerin yaşadığı ve öldüğü çevreler hakkında bize fikir verebilecek ek bilgiler içerir.

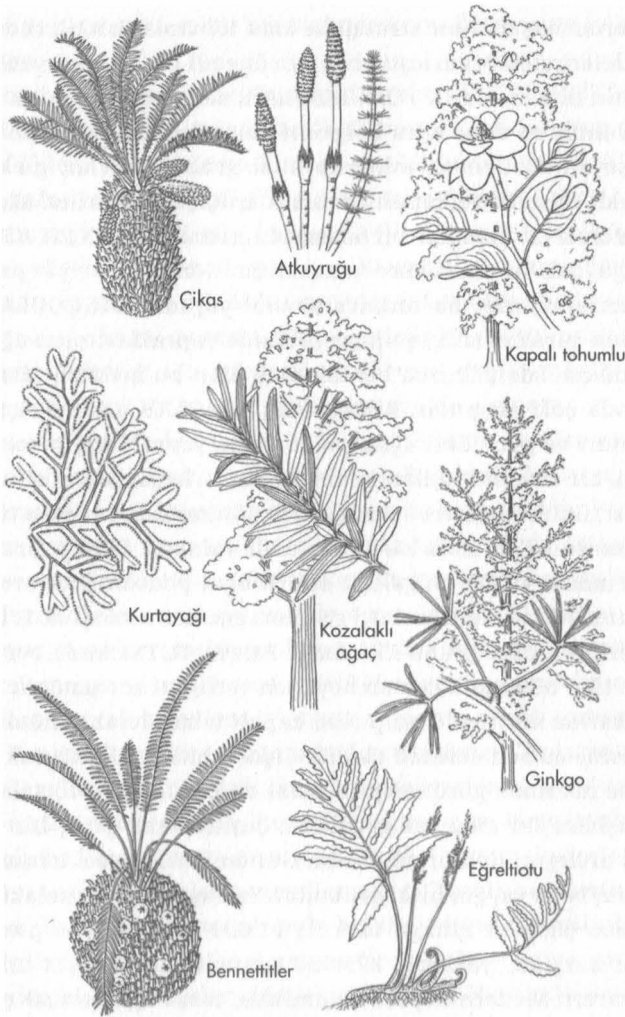
Mezozoik Zamanın etrafta dolaşan dinazorlar haricinde günümüze çok benzer olduğunu düşünme eğilimindeyiz. Bu yanlıştır. Mezozoik dünya, yüksek deniz seviyeleriyle ve kutuplarda buzulların yokluğuyla dikkat çeken sıcak bir dünyadır. Problem, Plaisosen çocukları olarak geçmişi Kirk Johnson'ın ifadesiyle "buzlu gözlüklerimizden" bakmamızdan kaynaklanır. Günümüzde aşına olduğumuz önemli kara biyomlarının (geniş ölçekli bitki ve hayvan toplulukları) birçoğu –yağmur ormanları, tundra, kutupaltı ormanlar, ılıman ve tropik otlaklar– Mezozoik Zamanda yoktur. Tropik bölgelerin büyük bir kısmını kaplayan gür bitkiler yerine, ekvatorial bitkiler gelişigüzel dağılmıştır ve yüksek mevsimselliğe

uyum sağlamıştır. Modern küresel floralara çiçekli bitkiler egemenken, bunlar dinozorların dünyasına çok sonradan girmiş ve ancak geç Kretase devrinden itibaren önemli bir rol oynamıştır. Çiçekli bitkilerin en başarılı gruplarından biri olan otlar, günümüzdeki birçok kara ekosisteminin temel besin kaynağıdır. Fakat otlar geç Kretase devrinin sonlarına kadar evrimleşmemiştir. O halde Mezozoik Zamanın biomesleri nasıl görünür? Bu noktada olsa olsa belirsiz tahminler sunabiliriz.

Dinozorlar, iki temel kara bitkisinin egemen olduğu bir Triasik dünyada ortaya çıkmıştır: spor taşıyan pteridofitler ve tohum taşıyan açık tohumlular. Açık tohumlular veya çiçekli bitkiler, ilk olarak erken Kretase devrinde ortaya çıkan ve bu dönemin sonuna doğru yaygınlaşan özelleşmiş bir tohumlu bitki grubudur. Hem pteridofitler hem de açık tohumlular, iç iletken dokularıyla su ve gıda ürünlerini taşıyan damarlı bitkilerdir. Buna karşın, çeşitli yosunlar ve algler gibi diğer bitki türleri damarlı dokulara sahip olmadığı için küçük boyutlardadır.

Spor taşıyan PTERİDOFİTLER üç ana tiptedir: tümü dinozorların çevresinde yaşayan EĞRELTİ OTLARI, ATKUYRUKLARI ve KURTAYAKLARI. Birçoğumuz eğrelti otları ve atkuyruklarına aşinayız ama kurtayakları hakkında çok azımız bilgi sahibiyiz. Kurtayakları günümüzde çoğu zaman diğer bitkilere tırmanarak büyüyen sarmaşık türünden küçük bitkiler olarak bilinir. Paleozoik Zamanın sonraki kısmında bazı kurtayakları 30 metreyi (100 fit) aşan yüksekliğe sahip büyük ağaçlar haline gelmiştir. Sonraki Mezozoik Zamanda bu bitkiler çok daha mütevazı boyutlarla sınırlanmıştır ve dinozorlarla birlikte yaşayan spor taşıyıcıların çoğu, gelişmiş köklerden yoksun küçük, yavaş büyüyen ve otsul bitkilerdir.

Pteridofitler, çoğalmaları en azından mevsimsel olarak su gerektiren sporlara dayalı olduğundan kuru ortamlarda nadir görülme eğilimindedir. Rüzgârdan savrulan sporlar aracılığıyla yayılırlar. Sporların bir kısmı nemli ortamlarda kalıp çimlenebilir. Daha sonra tohumlar üretilir ve bunlar yakınlarda çimlenen bitkilerde oluşan yumurtaları arar. Birçok pteridofit, bu zahmetli üreme döngüsünü bir tek yeraltı kökünden yeni dallar filizlendirerek atlatabilir. Böylece bir tek üreme etkinliği, bütün bir alanı kaplayan bitkileri üretebilir.



Şekil 5.3: Spor taşıyan üç pteridofit (eğreltiotları, atkuyrukları, kurtayakları) ve tohum taşıyan beş açık tohumluyu (çikarlar, ginkgolar, kozalaklı ağaçlar, kapalı tohumlular ve bennettitler) kapsayan önemli Mezozoik bitki gruplarının temsili türleri. Görülen bitki türleri şunlardır: eğreltiotları (Onoclea), atkuyrukları (Equisetum), kurtayakları (Selaginella), çikarlar (Encephalartos), ginkgolar (Ginkgoites), kozalaklı ağaçlar (Agathis), kapalı tohumlular (Archaeanthus) ve bennettitler (Cycadeoidea). Burada resmedilen bitkilerin tümü, Mezozoik formlara dayıdır ama günümüzde bunların birçoğunun (bennettitler hariç) yakın akrabaları varlığını sürdürmektedir. Daha küçük olan bitki gruplarının birçoğu -örneğin gnetale olarak bilinen tohumlu bitkiler- burada gösterilmemiştir.

Sporlar başarılı bir stratejidir ama tohumlar bitkileri durgun su kütlelerinden özgürleştirdiği için önemli bir bitkisel yeniliktir. Tohumlu bitkiler, AÇIK TOHURLULAR, su kaynaklarından uzağa yayılabilmiş ve daha kuru bölgeleri kolonileştirmiştir. Günümüzde yaşayan dört temel tohumlu bitki grubu çikaslar, ginkgolar, kozalaklı ağaçlar ve kapalı tohumlular (çiçekli bitkiler) Mezozoik Zamanın en azından bir kısmında mevcuttur. ÇİKASLAR kısa, kalın gövdeli ve uzun, ince yapraklıdır. Genel itibarıyla palmye ağaçlarını andıran bu bitkiler sürekli yeşildir. GİNGOLAR çoğunlukla karakteristik, yelpaze şeklinde yaprakları olan ağaçlardır. Günümüzde yalnızca bir tek türü olan bu bitkiler, Mezozoik Zamanda çok yaygındır. KOZALAKLI AĞAÇLAR kozalak içindeki tohumları ve genellikle iğne şeklini alan yapraklarıyla çok daha tanıdık bir orman bitkileri grubudur. Sedirler, selviler, köknarlar, ardıçlar, fıstık çamları ve kızılçamlar günümüzde var olan türleridir. Mezozoik Zamanda ise günümüzde yalnızca Güney Yarımküre kıtalarındaki küçük bölgelerle sınırlı olan podokarp ve arokarya (maymun bulmacası ağaçları) grupları egemen olmuştur. Tohumlu bitkilerin bu dört grubu ilk olarak Paleozoik Zamanda evrimleşmiş ve tüm Mezozoik Zaman boyunca varlığını korumuştur.

Yukarıda dördüncü grup olan kapalı tohumlular, tohumlu bitki ailesine en son eklenen türdür. Çiçekli bitkiler ilk olarak erken Kretase devrinde görülmüştür. Belki de küçük, otsu formlar olarak başlamışlar ama çok geçmeden çeşitlenerek geniş bir ekolojik niş aralığını doldurmuşlardır. Günümüzde kapalı tohumlular, açık arayla en yaygın bitki grubudur. Yaklaşık 1000 kozalaklı ağaç türü, 200 çikas ve ginkgo türü ile 11.000 spor taşıyan pteridofit türüne karşılık, yaklaşık 275.000 tanımlanmış kapalı tohumlu türü vardır. Modern kapalı tohumlular, meşe ağaçları ve manolyalardan otlar ve otsu ağaççıklara kadar her şeyi kapsar. Kapalı tohumluların başarısındaki önemli bir etken, diğer türlerin yardımını gerektiren bir çoğalma stratejisi olan çiçeklerdir. Mezozoik çiçekler büyük olasılıkla en çok böcekler tarafından polenleştirilmiştir ama çeşitli kuşlar ve belki de diğer türden organizmalar da bu rolü sergilemiş olabilir. Kapalı tohumlular hızlı büyümeleriyle de ünlüdür. Hızla çoğalma ve dayanıklılıkla birleşince bu büyüme hızı, kapalı tohumluların diğer tohumlu bitkilerden daha hızlı ve

görünüşe göre daha etkili bir biçimde kolonileşmesine imkân tanımıştır.

Tohumlu bitkilerin beşinci grubu olan BENNETTİTLER de kayda değerdir. Günümüzde nesli tükenmiş olan bu grup, çeşitli büyüklüklere sahiptir ama birçoğu çiçekli bazı bitkilerinkini andıran palmiye benzeri büyük yapraklara sahiptir. Tohumlu bitki ailesinin diğer üyeleri gibi, bunlar da ilk olarak Paleozoik Zaman'da kara ekosistemlerine katılmış ve Mezozoik Zamanın büyük bir kısmında yaygın olarak bulunmuştur. Fakat diğer açık tohumlu gruplarının aksine bennettitler geç Kretase devrinin ortasında nesilleri tükendiği için günümüzde mevcut değildir. Belki de çiçekler sayıca çok fazla hale geldiği için böyle olmuştur.

Dinozor toplulukları gibi bitki toplulukları da Mezozoik Zaman boyunca değişmiştir. Daha sonraki Paleozoik Zamanın büyük bir kısmında spor taşıyan bitkiler yaygın ve egemendir. Permien Dönem boyunca Pangaea'nın oluşumu her şeyi değiştirmiş ve suyu seven eğreltiotları, atkuyruklu ve kurtayakları gibi bitkiler için elverişli olmayan kuru, son derece mevsimsel koşullar ortaya çıkmıştır. Buna karşın, bir grubun trajedisi diğerinin başarı öyküsüdür. Daha geniş bir üreme özgürlüğüne sahip olan tohumlu bitkiler, daha kurak koşullara iyi uyum sağlayan birçok forma dönüşerek Pangaea'nın oluşumu tarafından tetiklenen "kuru ve nemsiz darboğazi" aşmıştır. Triasik floralara eski yerlerini koruyan ginkgoların yanı sıra çikaskalar, kozalaklı ağaçlar ve bennettitler gibi tohumlu bitkiler egemen olmuştur. Bu dört grubun kaderleri Jura Dönemi boyunca güçlenip zayıflamıştır. Çiçekli bitkilerin erken Kretase devrinde ortaya çıkışıyla birlikte, diğer tohumlu bitkilerin çeşitliliği azalmaya başlamıştır. Kretase Döneminin sonlarına doğru kapalı tohumlular dünyanın birçok bölgesinde en yaygın bitkilerdir ve bu egemenliklerini günümüze kadar korumuşlardır.

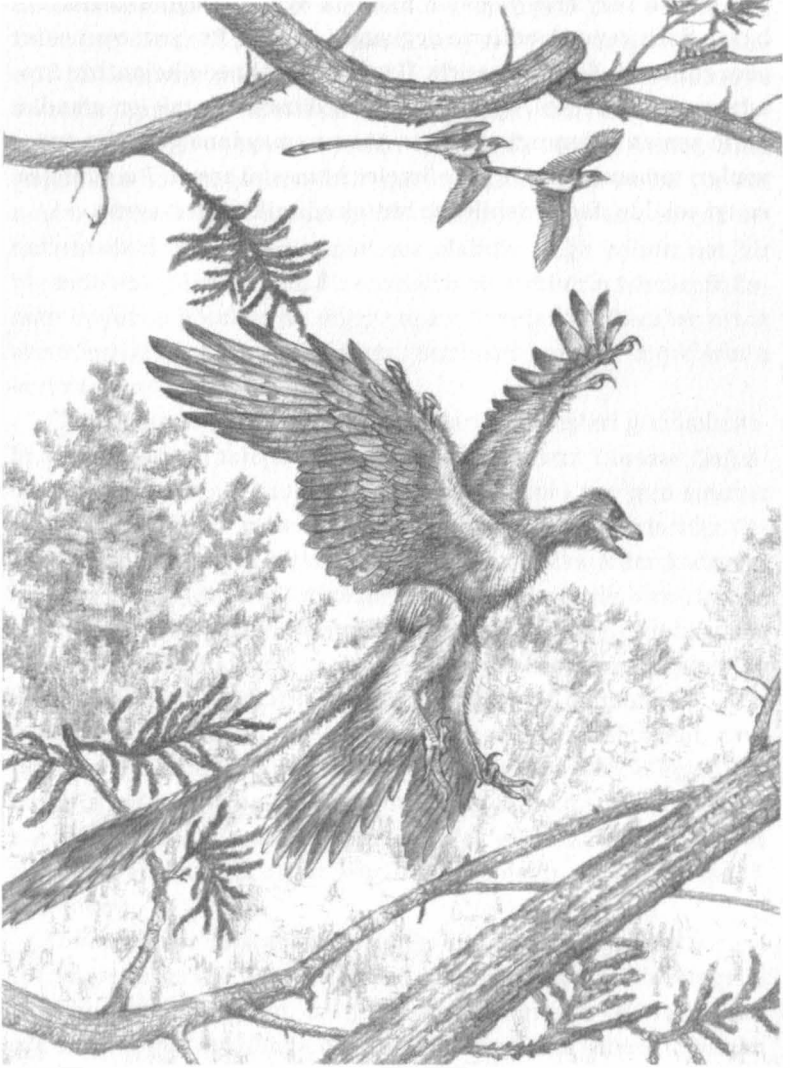
Mezozoik dünyanın betimlemeleri önemli ölçüde değişkenlik gösterir. Bazıları günümüzde gördüğümüz gibi yoğun bir biçimde bitkiyle kaplanmış çevreleri tasvir eder. Birçoğu ise ardalanda birkaç maymun bulmacası ağacının yer aldığı çamurlu açık otuparklar gibidir. Gerçek öykü ise neredeyse kesinlikle daha değişken ve daha ilgi çekicidir. Bazı araştırmacılar, bitkilerin özellikle de ekvator bölgelerinde nehirler, göller ve deniz kenarları gibi su

yollarının çevresinde yoğunlaştığını, iç kesimlerde ve yükseklerde ise çok daha düzensiz bir şekilde dağıldığını ileri sürmüştür. Daha da yüksek bölgelerde, yüksek nem seviyeleri nedeniyle daha eşit bir biçimde dağılmış olabilir. Dinozorların da bu örüntüyü tekrarladığına dair birtakım kanıtlar mevcuttur: Dinozor türlerinin çeşitliliği ve popülasyonun en yüksek olduğu yerler, bitki yaşamının en bol olduğu orta enlemlerdir. Yine de bu tür sonuçlar şüphelidir ve herhangi bir Mezozoik gerçeklikten çok örneklemedeki önyargıları yansıtır olabilir. Çoğu kalıntı net bir biçimde anlaşılmasa da, dinozorların ve bitkilerin Mezozoik Zaman boyunca böcekler ve diğer yaşam formlarıyla beraber ortak evrimleştiğinden emin olabiliriz: Bunların her biri diğerlerinin evrimsel kaderini etkilemiştir.

Genel olarak, Mezozoik ekosistemlerin işleyişleri günümüzdeki karşılıklarının işleyişine çok benzer olacaktır. Dinozor Çağında bitkiler karadaki başlıca üreticilerdir: Güneş'ten yani sınırsız enerji kaynağından yararlanabilen yegâne yaşam formlarıdır. Otçul dinozorlar, çeşitli bitkileri yiyen birincil tüketiciler kadrosunun bir parçasıdır. Etçil dinozorlar da otçullarla ile birbirleriyle beslenen ikincil tüketiciler arasındadır. Son olarak geri besleme döngüsü, hem bitkiler hem de dinozorlarla beslenen böcekler ve bakteriler gibi ayrıştırıcılarla tamamlanır. Günümüzdeki tüm önemli oyuncular, bu antik oyunda mevcuttur: bakteriler, protistler, mantarlar, bitkiler ve hayvanlar. Bu döngülerin enerjisini bütünüyle Güneş'ten aldığını göz önünde bulundurursak, tüm dinozorlar "güneşle beslenir" yani bitkiler gibi doğrudan doğruya veya hayvanların vücutları aracılığıyla dolaylı olarak güneş ışığını tüketir.

Dinozorların destansı yolculuğuna devam ederken, sizleri *Tyrannosaurus*'un *Triceratops*'la mücadele ettiği şiddet imgelemine bir kenara bırakıp, enerji akışı ve besinlerin dönüşmesinin çok daha büyük oyununda bunun gibi sahnelerin sadece teferruat olduğuna odaklanmaya davet ediyorum. Biraz geri çekilip birkaç ağaca (veya dinozora) bakmak yerine ormanın tümüne, ekosistemlerin gelgitine odaklanın. Karmaşık ilişki ağları, bu ekosistemlerin zorluklara dayanmasına, gerektiğinde ufak çaplı ayarlamalar yapmasına, kırılmayıp eğilmesine zemin hazırlar. Yine de ekosis-

temler periyodik olarak daha kapsamlı bir yanıtı gerektiren büyük ölçekli olaylarla yüzleşir. Ekolojik oyunun yaşlı aktörlerinin bazen daha genç türedilerle değişmesi gerekir. Bu, yeni oyuncular yeni roller ve ilişkiler getirir. Uzun süre sahnede kalan bir Broadway gösterisi gibi, oyuncu kadrosu düzenli olarak (en azından derin zaman anlamında) değişir. Ara sıra meydana gelen bu revizyonlar, tamamen farklı bir süreçler kümesini içerir. Bu süreçleri en iyi şekilde ifade edebilecek bir tek sözcük vardır: *evrim*.



Erken Kretase devrinde Asya'dan bir manzara: ormanda bir kozalaklı ağaca (*Brachyphyllum*) konmak üzere olan tüylü bir maniraptor theropod (*Microraptor*) yanından bir çift *Confuciusornis* kuşu geçince dikkatini onlara verir.

YAŞAM NEHRİ

Gün ışığının ilk turuncu-sarı tonları California kıyısını aydınlatırken, muhtemelen gündüzleri kullandığı sığınağa doğru giden büyük bir boynuzlu baykuş aceleyle pencerenin önünden geçti. Gökyüzünde halen bolca yıldız vardı. Doğuya doğru Venüs ufkun hemen üzerinde bir işaret ışığı gibi parılıyordu. Güneş sistemi-mizin bir gezegeninden ziyade, yaklaşan bir 747 gibi görünüyordu. Çok kısa bir süre sonra Marin Burnunun üzerine çıkan Güneş kayalık sahili döven Pasifik dalgalarını gözler önüne serdi. Kara ve denizin bu göz alıcı buluşmasının üzerinde altı hindi akbaba, yeni günü sessizce kutlarmışçasına yayvan, geniş yaylar çizerek süzülüyordu. Yakınlardaki Monterey çamında iki kömür karası kuzgun birbirlerine bağırdı. Göz ucuyla bir hareketlenme fark ettim ve dikkatimi pencerenin hemen ötesine çevirdim. Zümrüt yeşili sırtı, kırmızı yüzü ve boğazıyla bir Anna sinekkuşu, besleyicisini yudumlamaya gelmişti. En azından bir süreliğine onun içindekileri tükettikten sonra, bu 8 santimetrelik tüy ve enerji topu havalandı; küçük kanatlarını saniyede yaklaşık 50 kez çırparak havada durdu. Birdenbire gökkuşağı tayfı kayboldu. O gün yakınlardaki nehir ağzına yürümeyi göze alsaydım, daha birçok kuş görebilirdim: kara boyunlu kıyı koşarı, Hazar sumrusu, kemerli yalıçapkını, benekli çamur kuşu ve uzun gagalı çulluk gibi çağrışımçı adlara sahip düzinelerce kuş türü.

İşin aslı, bu yaratıkların tümünün uçan dinazorlar olduğudur. Bildiğimiz kadarıyla, geçmişteki ve bugünkü her kuş türü *Velociraptor*'e benzer küçük, iki ayaklı etçiller arasında belki de 160 milyon yıl önce dinazor neslinden evrimleşmiş bir tek ortak ataya dayandırılabilir. Popüler inanışın aksine dinazorların nesli 65,5 milyon yıl önce tükenmemiştir. Yaklaşık on bin canlı türü tarafından temsil edilen kuş dinazorlar halen en başarılı omur-

galı grupları arasındadır. Milyonlarca yıllık ayrılığa rağmen, günümüzde bu olağanüstü uçan yaratıklar aracılığıyla dinazorların dünyasına doğrudan bağlantılıyız. Bu fikri yalnızca entelektüel olarak değil, aynı zamanda daha derin bir farkındalık seviyesinde heyecan verici buluyorum. Audubon Derneğinin dürbünlü üyelerinin tümünü dinazor âşıkları olarak düşününce gülmeden edemiyorum.

Peki, ama bunu nasıl bilebiliyoruz? Biz paleontologlar, kuşların milyonlarca yıl önce yaşamış belli bir hayvan grubuyla doğrudan evrimsel bağlar taşıdığından nasıl bu kadar emin olabiliyoruz?

En eski ve en ilkel kuş olan *Archaeopteryx*, Darwin'in evrim hakkındaki ünlü *Türlerin Kökeni* kitabının yayımlanmasından sadece bir yıl sonra 1860'ta keşfedilmiştir. *Archaeopteryx* günümüzde on örnek üzerinden bilinmektedir. Örneklerin birçoğu neredeyse eksiksiz iskeletlerdir ve tümü Almanya'da geç Jura devrine (yaklaşık 155 milyon yıl öncesine) dayanan Solnhofen kireç taşlarında bulunmuştur. Aynı kalıntılar, *Compsognathus* adlı küçük theropod dinozorun da aralarında bulunduğu çok çeşitli hayvanları ortaya çıkarmıştır. *Archaeopteryx* ve *Compsognathus*, birbirine o kadar benzerdir ki yıllar içinde bu iki türün örnekleri birçok kez karıştırılmıştır. Özellikle keşfin zamanlaması düşünüldüğünde *Archaeopteryx* ideal bir geçiş fosili olarak Darwin'in tüm yaşamın ilişkili olduğu yönündeki devrimci teorisi için güçlü bir destek sunmuştur. Bu Jura kuşu bir yandan dişler, pençe şeklinde üç ayrı parmak ve uzun kemikli bir kuyruk gibi birçok ilkel, sürünge özelliğine sahipken; diğer yandan tüyler, birleşik köprük kemikleri ve kanat şeklini almış uzun önayaklar gibi özelleşmiş kuş özelliklerine sahiptir. Bazı 19. yüzyıl bilim insanları, bu antik kuşun geçişsel doğasını kavramış ve kuşların dinozorlarla yakından bağlantılı, hatta belki de doğrudan onların soyu olduğunu ileri sürmüştür. Ünlü biyolog T. H. Huxley bu bilim insanlarının başını çekmiştir.

Fakat 20. yüzyılın büyük bir bölümünde kuşların kökenine dair alternatif bir bakış açısı hâkim olmuştur. 1926'da Danimarkalı ressam ve paleontolog Gerhard Heilmann "Kuşların Kökeni" başlığını taşıyan dönüm noktası niteliğinde bir çalışma yayımla-

mıştır. Heilmann, *Archaeopteryx* ve diğer kuşların theropod dinozorlara açıkça benzediğini kabul etmiştir, ama dinozorlarda klavikula (insanlardaki köprücük kemiği) bulunmadığından kuşların kökeninin dinozorlara dayandığı görüşünü reddetmiştir. Kuşlarda köprücük kemikleri bir tek ögede birleşir: FURKULA veya lades kemiği. Evrimin adımlarının izinin sürülemeyeceğini öngören egemen anlayışa uygun olarak, Heilmann bu öğelerin bir kez yitirildikten sonra yeniden evrimleşemeyeceğini ileri sürmüştür. Kuşların kökenlerinin Archosauria'nın daha ilkel üyeleri arasında bulunabileceği sonucuna varmıştır. Archosauria dinozorlar, timsahlar ve kuşları kapsayan daha geniş, daha kapsayıcı gruptur. Kuşları ortaya çıkaran spesifik grubun fosil temsilcilerinin henüz keşfedilmediği varsayılmıştır.

1960'lar ve 1970'lerde John Ostrom'un çalışmaları, Birinci Bölümde açıklanan dinozor rönesansını hızlandırmıştır. Ostrom'un "yırtıcı kuş" dinozor *Deinonychus* betimlemesi, kuşların kökeni tartışmasını yeniden başlatmıştır. Kuşlar ile belirli "yırtıcı kuş" benzeri etçil dinozorlar arasındaki ortak özelleşmiş anatomik özellikleri ayrıntılı olarak işleyen birçok makale yazılmıştır. Sonraki çalışmalar, bu listeye birçok karakteristik daha eklemiştir. Günümüzde bu özelliklerin toplam sayısı yüzün üzerindedir. Aslında geleneksel olarak kuşlarla ilişkilendirilen birçok özelliğin kuş öncesi theropod atada evrimleştiğini artık biliyoruz. Örneğin kuşlar gibi etçil dinozorlar da ince duvarlı kol kemiklerine ve omurgada havayla dolu kemiklere sahiptir. Dinozor-kuş bağlantısını destekleyen ek kanıtlar büyüme modelleri, yuva yapma davranışı ve hatta uyuma davranışını içerir.

Fakat Heilmann'ın dinozorlarda köprücük kemiğinin bulunmadığına dair itirazı için ne söylenebilir? Son birkaç on yılda, kuşların kökenine en yakın olduğu düşünülenler de dahil olmak üzere, çok çeşitli theropod örneklerinde köprücük kemiklerine rastlanmıştır. Böylece Heilmann'ın itirazının geçerliliği kalmamıştır.

Kuşların doğrudan dinozorlardan geldiği görüşünü destekleyen en önemli kanıt, son on beş yıldır keşfedilen "dino-kuşlar" adı verilen sayısız geçişsel fosil formlarıdır. Güncel keşiflerin en göz alıcısı, Çin'in kuzeydoğusundaki Liaoning Eyaletinde Kre-

tase Döneminden kalma kayalardan çıkarılan sayısız formdur. Almanya'da Solnhofen kazılarında bulunan örneklerde olduğu gibi, Çin fosillerinde de yalnızca kemikler ve dişler gibi sert dokular değil, aynı zamanda deri izleri ve tüyler gibi yumuşak dokular da hassas bir biçimde korunmuştur.

Biyoloji, çok az mutlaklık içerir; ama çocuklar bile balıkların solungaçları, memelilerin kürkleri ve kuşların tüyleri olduğunu bilir; en azından anlatılanlar böyledir. Tüm örneklerin birbirinden bağımsız yaratıldığı bir dünyada bu doğru olabilirdi. Fakat Darwinci bir dünyada çizgileri bulanıklaştıran geçişsel formlar bekleriz. Liaoning'de bulunan fosilleşmiş tüylerin birçoğu *Confuciusornis* gibi zarifçe korunmuş kuşlarda karşımıza çıkar. Ama kuş olmayan dinazorların iskeletleriyle ilişkili de birçok şey vardır. Günümüze dek Çin'de, kuş dışı dinazorlar arasında tüylere sahip bir düzineyi aşkın farklı tür bulunmuştur ve bu sayı her geçen yıl artmaktadır. En heyecan verici örneklerden biri, yalnızca önyaklarında değil, aynı zamanda arka bacaklarında da tüyleri olan küçük dromaeosaur theropod *Microraptor gui*'dir. *Microraptor* hakkındaki ilk bilimsel açıklamada, Pekin'de Omurgalılar Paleontolojisi ve Paleoantropolojisi Enstitüsünde görev yapan paleontolog Xu Xing ve meslektaşları, evrimin ön tarafta bir çift kanatla uçuş sistemini ortaya çıkarmasından önce kuşlarda uçmanın kökeninin dört kanatla süzülerek uçuş aşamasını içerdiğini ileri sürerek eski bir fikri canlandırmıştır. Böylece daha önce tipik kuş özelliği olan tüyler bile günümüzde iki önemli organizma grubu arasındaki sınırları belirsizleştirmektedir.¹

Evrim yoktan bir şey var edemez. Bunun yerine mevcut yapılarda değişiklikler yapar. Örneğin hem memelilerin kılırları hem de kuşların tüyleri çok fazla değişikliğe uğramış pullardır. Liaoning'deki dino-kuş keşifleri, çok basit kıl benzeri yapılardan karmaşık uçuş tüyelerine uzanan tüylerin evrimi hakkında önemli kavrayışlar sunar. Ayrıca karada yaşayan tüylü dinazorların keşfi, tüylerin ilk başta uçmaktan başka bir işleve hizmet etmek için

¹ 2004'te Xu Xing ve Mark Norell, *Mei long* adı verilen önemli bir Çin teropodunu açıklamıştır. Bu ördek büyüklüğündeki canlı, kuşlara benzer bir şekilde başını ön uzuvlarının altına gizlemiş halde bulunmuştur; anlaşıldığı kadarıyla uyur haldeyken toprak altında kalmıştır.

evrimleştiğine işaret eder. En muhtemel alternatifler, vücut ısısının kontrolü ve kur/gösteriştir. Kuşlarda uçmanın kökeni, tüylerin evriminin yanı sıra, önayakların kanat çırparak uçmaya elverişli uzun kanatlara dönüşümünü gerektirmiştir. Kemikli kuyruğun kaybı kaybolması, arka bacakların kaslarının yeniden düzenlenmesi ve ayakların koşmak yerine tünemeye elverişli hale gelmesi de bununla bağlantılı değişikliklerdir.

Archaeopteryx ve yakın geçmişteki birçok dino-kuş keşfi genellikle "kayıp halkalar" olarak nitelendirilir. Bu talihsiz nitelendirme iki kere yanlıştır. En basitinden, bu bulgular artık bizim elimizde olduğuna göre hiçbir şekilde kayıp değildir. Daha temel olarak da bu fosillerin olsa olsa birkaçı, dinozorlardan günümüz kuşlarına uzanan ata-torun silsilesinin bir parçası olması anlamında halka olarak nitelendirilebilir. Önceki bölümde, *besin zinciri* teriminin bir ekosistemdeki enerji akışını açıklamak için yetersiz bir terim olduğunu görmüştük; bunun yerine yaşamın karşılıklı olarak bağlantılı olma derecesi, ağ metaforunun ekolojik dinamikleri anlamakta çok daha faydalı olduğu anlamına gelir. "Kayıp halka" terimi benzer bir biçimde doğrusal bir zincir gerektirir; bu durumda ilkel ata formların merdiven benzeri bir ilerleme kaydederek daha gelişkin torunlara evrimleştiği bir ilişkiler zinciri gereklidir. Fakat gerçeklik yine çok daha karmaşık ve ilgi çekicidir. Hemen her önemli grubun tarihçesi ve bir bütün yaşam, adım adım gerçekleşen doğrusal bir ilerleme yerine yoğun biçimde büyüme olarak daha iyi kavranabilir. Yeni dino-kuş keşifleri, kuş aile ağacının en altına yakın dallardan bazılarını doldurur ve ağacın yapraklarının o kısmının gerçekten de gür olduğunu gösterir.

Dinozordan kuşa öyküsü, Dünya üzerinde yaşamın tarihçesiyle ilgili binlerce anlatıdan biridir. Bu gezegendeki tüm hayat, yaklaşık 3,5 milyar ila 4 milyar yıl önce yaşamış ortak bir atadan gelen tek bir geniş familyaya aittir. Darwin'in büyük katkısı, bu evrimsel bağları makul ve iyi desteklenmiş bir teoride sağlam bir biçimde ortaya koyması ve insanın dünyadaki yeri hakkındaki algımızda temel bir değişim yaratmasıdır. Evrim teorisinin temel öğretisi, türlerin sabit veya değişmez olmadığıdır. Bütün türlerin ataları ve akrabaları vardır ve sonraki formlara birçok şey aktarılır. Örneğin

evcil kediler ve panterler ortak kedigil memeliler grubundan gelir ve kılıç dişli kediler gibi nesli tükenmiş formlar da bunların yakın akrabaları arasındadır. Bu fikri birazdan ayrıntılı bir biçimde ele alacağım çünkü dinozorların destansı yolculuğunu anlamak için evrimin temelleri hakkında bazı bilgilere sahip olmak önkoşuldur.

Darwinci evrim, yaşam bilimlerinin kavramsal ana kayasını oluşturur ve bilim camiası tarafından şüpheye yer bırakmayacak biçimde kabul edilir. Fakat bilim camiasının dışında bu devrimci fikir hakkında önemli şüpheler ve yanlış anlaşılmalara mevcuttur. Yakın geçmişteki birçok ankete göre, Amerikalıların yalnızca üçte biri evrim teorisinin kanıtlarla desteklendiğini düşünmektedir. Aynı anketlere göre, katılımcıların yaklaşık üçte ikisi fen derslerinde evrimle birlikte onun alternatiflerinin –örneğin akıllı tasarım– öğretilmesini savunmaktadır. Fakat hiçbir bilimsel alternatif, yaşamın zaman içinde çeşitlenmesini açıklayamaz. Evrim çoğu zaman “sadece bir teori” olduğu, yani elimizdeki en iyi tahminden başka bir şey olmadığı söylenerek küçümsenir. Fakat yaygın kullanımının aksine, *teori* sözcüğü bilimde kullanıldığı şekliyle yalnızca spekülasyonu ima etmez; birçok yanlışlama girişimine karşı koymuş birbiriyle bağlantılı hipotezler grubu anlamına gelir. Değişerek türeme –nesli tükenen ve tükenmeyen tüm türlerin ortak atayı paylaştığı görüşü– kütleçekim ve görelilik teorileriyle aynı derecede güvenle kabul edilen bir teoridir.

Peki, bilim insanların Dünya üzerindeki tüm yaşamı bağlayan evrimsel bağlar hakkında nasıl bu kadar emin olabilir? Geçtiğimiz bir buçuk yüzyıldır, biyologlar Darwin’in “tehlikeli görüşünü” destekleyen birçok doğrulanabilir kanıt biriktirmiştir. Özetle ifade etmek gerekirse bu kanıtları şunları içerir:

Genlerden toplam morfolojiye kadar biyolojik yapılar aynı temel evrimsel gruptandır. Bu destekler. Birkaç istisna dışında, toplam anatomi temelinde yakın akraba oldukları düşünülen organizmalar genlerinde (DNA dizilerinde) de birbirine çok benzerdir; örneğin atlar ve zebralar, aslanlar ve kaplanlar gibi. Bazen bu genetik benzerlikler ilk başta tahmin edildiğinden daha da yakındır; şempanzeler ve insanlar genlerinin yaklaşık yüzde 95’ini paylaşır. Bu şempanzeler ve insanların, gorillere oranla birbirlerine çok daha yakın olduğu anlamına gelir! Bunun tersi de

genellikle doğrudur; vücut tipleri ve varsayılan ilişkiler birbirinden ne kadar uzaksa DNA (genomlar) o kadar az birbirine benzer. Bu genetik-anatomi zincirindeki bazı istisnalar evrimi çürütmez; tam tersine anlayışımızın ötesindeki ilgi çekici ve beklenmedik ilişkilere işaret eder.

Belirli bir grubun içindeki organizmalar, bir tek ata formundan türemiştir. Tüm vücut yapıları, organizmalar ile çevre arasındaki derin zaman etkileşimlerinin birikimini temsil eder. Evrim teorisi, birbiriyle ilişkili organizmaların ortak atalardan türeyen özellikleri paylaşacağını öngörür. Bir atadan birçok toruna aktarılan bu tür ortak karakteristikler, HOMOLOJİLER olarak bilinir. Örneğin kurbağalar, kuşlar, tavşanlar ve kertenkeleler her biri benzersiz bir yaşam tarzını yansıtan farklı önayaklara sahiptir. Fakat bu farklı önayakların hepsi ortak bir atadan miras kalan aynı öge grubunu paylaşır: tek üst kol kemiği (humerus) ve çift alt kol kemiği (radius ve ulna).² Bu üçlü kol kemiği, günümüzde yaşayan ve nesli tükenmiş kara omurgalıların çoğunda mevcuttur ve ortak ataya ilişkin ek bir kanıt sunar. İkincil olarak kollarını yitiren yılanlar gibi gruplar istisna teşkil eder.

Organizmalar, bağımsız yaratım veya işlevsel tasarım bakımından hiçbir anlam ifade etmeyen sayısız özelliğe sahiptir. Evrim daha önceden mevcut formların değişime uğramasıyla ilerlediğinden, yetişkin organizmalar evrimsel geçmişlerini yansıtan özelliklere sahiptir. Bazı balinalardaki kalça kemikleri, yeraltı oyuklarında yaşayan canlıların işlevsel olmayan gözleri ve insanların apandisti gibi işlevini kaybetmiş yapılar veya evrimsel "kalıntılar" da bunlara dahildir. Yaşamın tarihi, evrimin ata organizmalarda mevcut hammaddeyi dönüştürerek olumsuz bir koşulu en iyi hale getirdiği evrimsel geçici çözüm örnekleriyle doludur. Pandanın başparmağı klasik bir örnektir. Bu Asya ayıları, yalnızca birkaç primatta bulunan gerçek bir başparmağa sahip değildir. Fakat bambu saplarından filizleri sıyırama ihtiyacı doğ-

² Omurgalılar arasında genel yapıdaki net benzerlikler, birçok paleontologun (uzun yıllar boyunca buna ben de dahilim) tıp ve veterinerlik okullarında anatomi dersi vermesini açıklar. İnsanlar ve diğer tüm omurgalılar, bir hayvanın anatomisini (örneğin kemikler, kaslar, sinirler, kan damarları ve organlar) ayrıntılı olarak bilerseniz genel olarak omurgalıların anatomisi hakkında çok şey bilmenizi sağlayacak kadar benzerdir.

rultusunda evrim pandanın el bileği kemiklerinden birini başparmağın yerini alabilecek biçimde değiştirmiştir.

Organizmaların coğrafi dağılımlarını açıklamanın en iyi yolu, evrimle kıtasal hareketler gibi fiziksel olayların birleşimidir. Bu örüntünün belki de en ünlü örneği, modern formlarının önemli bir bölümü Avustralya'yla sınırlanmış olan keselilerin dağılımıdır. Birinci Bölümde ele alınan Madagaskar Adası da güney Hint Okyanusundaki antik izolasyonundan kaynaklanan büyük ölçüde benzersiz bir flora ve faunaya sahip bir diğer örnektir. Primat ve geyik familyaları gibi iki veya daha fazla kıtayı kapsayan dağılımlara sahip hayvan gruplarında, izole edilmiş alt gruplar ata formlarının uzun süre önce göç ettiğini ve torunların daha sonra bağımsız yollarda evrimleştiğini gösteren birçok benzersiz ortak özelliğe sahiptir. Madalyonun öbür yüzünde, dünyanın farklı bölgelerindeki mukayese edilebilir ekosistemler genellikle fiziksel olarak birbirine yakın görünen ekolojik olarak benzer türleri içerir ve evrimin bütünüyle farklı evrimsel nesillerde paralel olarak gerçekleştiğini gösterir. Bu tür YAKINSAK EVRİM'in klasik bir fosil örneği, memeliler arasında uzaktan akraba olan kılıç dişli etçillerdir: Kuzey Amerika'dan plasental kılıç dişli kedi ve Avustralya'dan kılıç dişli keseli hayvan.

Evrimin temel süreçleri, deney ve gözlemlerle kapsamlı bir biçimde belgelenmiştir. Bunlar mutasyon, doğal seçim ve hatta yeni türlerin kökenini kapsar. Çeşitli organizmalarda önemli evrimsel değişimler belgelenmiştir. Doğal seçim hakkındaki en iyi incelemelerden biri, Darwin'in Galapagos Adalarında gözlemlediği ispinozlara ilişkindir. Belirli ispinoz türünde gaga boylarında önemli değişkenlikler vardır. Kuraklık belirli türden tohumların elverişliliğini farklılaştırınca, geriye kalan tohumlarla beslenmeye en elverişli gagalara sahip olanlar bir tek kuşakta akranlarına üstünlük sağlayabilir ve onlardan çok daha fazla çoğalır. Gaga tiplerinin talihleri birçok kez tersine dönebilir. Her iki durumda da popülasyonun içindeki ortalama gaga boyu önemli bir değişime uğrar. Bakteriler, güveler, meyve sinekleri ve balıklar gibi çeşitli gruplarda aynı türden değişimler gözlenmiştir.

Fosil kayıtlarda geçişsel formlara bolca rastlanır. Evrim karıştırları genellikle geçişsel fosillerin yokluğunu dile getirir. Fakat

işin aslı, yukarıda sözünü ettiğimiz dino-kuşların da aralarında bulunduğu birçok geçişsel veya ara fosil sekansı bilinmektedir. Daha önce değinildiği gibi, bu fosillerin çok azı geçmişten günümüzdeki formlara uzanan doğrudan bağa katkıda bulunmuş olsa da (yaşamın bir merdiven değil, çalı olduğunu unutmayın) belirli grupların evrimindeki temel aşamaları gösterirler. Bu tür geçişsel hayvanları iyi korunmuş örnekleri son yirmi yılda hızla çoğalmıştır ve artık planktonlar ve midyelerden atlar ve boynuzlu dinozorlara kadar yaşamın tüm çeşitliliğine yayılmaktadır. Omurgalılar arasındaki temel örnekler, balıkları amfibilere, karada yaşayan toynaklı hayvanları balinalara ve maymun benzeri ataları dik duran iki ayaklı insana bağlayan ara formları içerir. Günümüzde şempanze türü maymunlar ile modern insanlar arasında olağanüstü bir ara form dizisini kapsayan yaklaşık iki düzine iki ayaklı hominid türüne sahip olsak da, evrim karşıtlarını en çok rahatsız eden hiç de şaşırtıcı olmayan bir biçimde bu son geçiştir. Günümüzde gezegenimiz dik duran bir tek hominid türüne ev sahipliği yapmaktadır: *Homo sapiens*. Fakat son beş milyon yılı aşkın bir sürede en az iki ve bazen dört veya beş adet iki ayaklı, insan benzeri form aynı anda var olmuştur. Yukarıda açıklanan dino-kuş örneği gibi insan aile ağacı da şaşırtıcı bir biçimde çalılıktır.

Jeolojik kayıtlarda fosillerin ortaya çıkış sıralaması, yalnızca evrimci bir bakış açısından kavranabilir. Tek hücreli bakterilerden balinalara, kızıлчаamlara ve insanlara kadar tüm fosil kayıtları, basitten karmaşığa doğru bir ilerlemeyi gösterir. Bu örüntü bir tek yaratım olayı veya tufan gibi bir yıkımla açıklanamaz. Bunun yerine fosil kayıtlarındaki türlerin ortaya çıkması ve ortadan kaybolması, süregelen kökenler ve nesil tükenmeleri fikrini destekler. Yani en eski kayalarda, sadece en basit organizmalara rastlanırken, en karmaşık yaşam formları, yalnızca çok daha genç kayalarda bulunur. Ama daha basit formlar ortadan kaybolmamıştır. Yaşamın önemli gruplarının (bakteriler, protistler, mantarlar, bitkiler ve hayvanlar) temsilcileri varlığını sürdürerek günümüzdeki biyosfere katkıda bulunmaktadır.

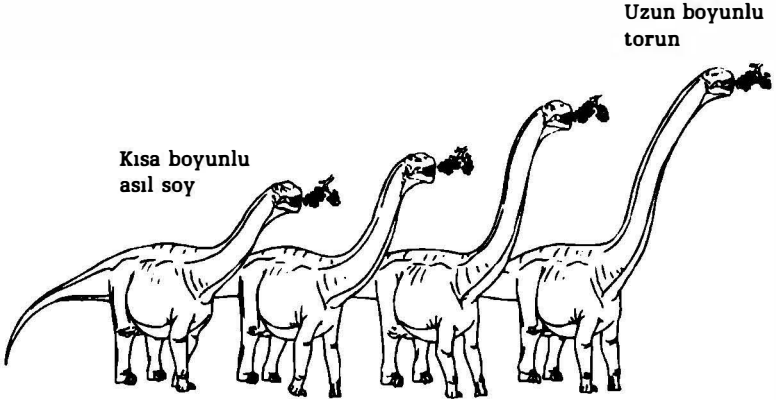
Kısacası Dünya'daki tüm organizmaların –deniz yıldızları, dinozorlar, mantarlar, petunyalar ve insanlar– kökenlerinin çapı belki de bir metrenin on milyonda biri olan tek hücreli mütevazı

bir bakteriye dayandığını doğrulayan bolca kanıt vardır. Bu olgu şaşırtıcıdır ve algılanması güçtür. Fakat sizin ve benim, yaşamla-rımıza bir tek hücre olarak başladığımızı hatırlayın. Dokuz aylık bir süre tek bir hücrenin üç kiloluk çok karmaşık bir bebeğe dö-nüşmesi için yeterliyse, yaşamın çeşitliliğinin bir tek hücreden birkaç milyar yılda doğabilmesi de kesinlikle akla yatkındır!

Charles Darwin hiçbir şekilde ilk evrimci değildir. Darwin'den önce büyükbabası Erasmus da dahil olmak üzere birçok kişi tür-lerin değişebilirliğini ileri sürmüştür. İlk evrimcilerin en ünlüsü, 1800'lerin başında türlerin ihtiyaçlarına uygun olarak yeni form-lar alabileceğini öneren Jean Baptiste de Lamarck'tır. Bu hipote-zin tipik bir örneği, zürafa boynuyla ilgilidir. Bu kitap dinozorlar üzerine olduğundan, biz daha uygun bir örnek kullanalım: sau-ropodlar. Anlatıldığına göre ilkel, kısa boyunlu sauropodlar uzun ağaçlardaki etli yapraklara ulaşamıyordu. Besin ihtiyacının etki-siyle sauropodlar daha yüksek dallara yetismeye çalıştıkça kendi ömürlerinde biraz daha uzun boyunlara sahip olmuştur. Bu uzun boyunlar, çocuklara aktarılmıştır ve onlar da ağaçların tepeleri-ne ulaşma çabasıyla yukarı uzanmaya devam etmiştir. Sauropod boyunları, birçok nesilde gittikçe daha uzun hale gelmiş ve *Brachiosaurus* gibi hayvanlarda aşına olduğumuz abartılı forma ulaş-mıştır.

"Edinilmiş karakteristiklerin kalıtımı" olarak bilinen bu hipotez ilk başta cazip bir çözümlemiş gibi görünebilir. Fakat bu ölüm-cül bir hatadır. İnsanlar üzerinden bir örnek vermek gerekirse, spor salonunda düzenli olarak çalışan ve seneler boyunca durmadan ağırlık kaldıran bir adam ve kadın düşünelim; her ikisi de profesyonel vücut geliştirici olmaya karar versin ve sonunda mu-azzam ölçülere sahip olsun. Bu kas yığını çiftin evlenip çocukla-rının olduğunu varsayalım. Çocukları, anne rahminden birer mini Arnold Schwarzenegger gibi mi çıkar? Çocuklar "kas geliştirmeye" daha da büyük bir yatkınlık mı duyar? Hayır; bir kişinin hayattaki eylemleri ile çocuklarının miras aldığı karakteristikler arasında bu tür basit korelasyonlar yoktur. Bundan çıkarılacak ders, evri-min yalnızca miras alınabilen özellikler –modern deyimle DNA'da kodlanmış özellikler– üzerinden işler.

Charles Darwin, evrim için ilk ikna edici mekanizmayı sunmuştur: DOĞAL SEÇİLİM adlı süreç. Darwin doğadaki seçilimi güvercin, bitki ve besi hayvanı yetiştirenler tarafından yapılan yapay seçimle karşılaştırmıştır. Besiciler özel olarak ilgilenedikleri karakteristiklere sahip çeşitleri birleştirmeyi tercih eder; örneğin domuzlarda daha iri vücut, güvercinlerde daha gösterişli tüyler veya tahıllarda daha büyük tohumlar. Soy, zaman içinde bu seçici güce doğrudan bir yanıt olarak değişir. Darwin, doğanın da sınırlı kaynaklar için en iyi rekabet edebilen hayvanları, kasıtsız bir biçimde kayıarak aynı şeyi yaptığını ileri sürmüştür. Ürünler, hayatta kalma ve çoğalma bakımından farklı karakteristiklere sahiptir ve en başarılı olan çeşitler, ürünlere aktarılması en muhtemel olanlardır. Birçok nesilde, türün sayısız özelliği bu acımasız dış baskıya yanıt olarak değişecektir. Bu nedenle Lamarck'ın görüşünün aksine ortak soy evrimde belirleyici bir rol oynar.



Şekil 6.1: Sauropod dinzorlarda uzun boyunların evrimi. Lamarck, bu türden evrimin bireylerin ömürlerinde edinilen özelliklerin kalıtımıyla gerçekleştiğini ileri sürmüştür. Buna karşın Darwin, bireylerin değil popülasyonun evrimleştiğini fark etmiştir. Bu örnekte biraz daha uzun boyunlu sauropod dinzorlar, daha kısa boyunlu olanlardan daha başarılı olup daha uzun süre yaşama ve daha çok çoğalma eğiliminde olmuştur. Zaman içinde, popülasyonlardaki değişim süreci bu soydaki türler için boyun uzunluğunun artmasıyla sonuçlanmıştır.

Darwin'in teorisi, iki önemli tema içerir ve bunları birbirinden ayırt etmek önemlidir. İlki bir örüntüdür: değişerek türeme veya Dünya üzerindeki tüm yaşamın ortak soyu. İkinci önemli konu olan doğal seçim, bir süreçtir: evrimsel değişimin zaman içinde nasıl gerçekleştiğinin açıklaması. Bilim camiasının büyük bir kısmı, Darwin'in *Türlerin Kökeni* adlı kitabının yayımlanmasından birkaç on yıl sonra değişerek türemeyi benimsemiştir ve günümüzde hemen hiçbir profesyonel biyolog, kendi alanlarının yol gösterici ilkesi olarak evrimin gerçekliğini sorgulamaz. (İronik bir biçimde, değişerek türeme büyük oranda insanların kökenine ilişkin imaları nedeniyle genel kamuoyunda evrim teorisinin en tartışmalı kısmıdır.) Bilim insanlarının araştırmaya devam ettikleri şey, Darwin'in ikinci teması doğal seçilimdir. Doğal seçilimin evrimsel değişimi yönlendiren anahtar faktör olduğu yönünde güçlü bir uzlaşma mevcut olsa da, bunun etkisi ve başka faktörlerin olası rolleri hakkında canlı bir tartışma sürmektedir.

Darwin'in ikinci teması olan doğal seçim, üç temel öncülü temel alır. İlk olarak, bir popülasyondaki bireyler sayısız kalıtsal özelliğin ifadesinde değişkenlik gösterir. Türün içindeki çeşitlenme, bitki ve hayvan yetiştirenler tarafından uzun süredir bilinmektedir. Besiciler belirli değişkenlerin üretilmesine dayalı olarak kediler, güvencinler, buğday, pamuk, mısır ve benzerinin yeni çeşitlerini üretir. Bu örüntüyü kendi başınıza da kolayca gözlemleyebilirsiniz. Bir parka gidip köpeklerle bakın veya dikkatinizi onlara eşlik eden kişilere yöneltin. Ya da ormandaki veyahut da kendi bahçenizdeki belli bir bitki türüne bakın. Bireyler topluluğunu yakından gözlemlerseniz, türün içinde büyük bir çeşitlilik görürsünüz. Paleontologlar da bu çeşitlenmeyi görür. Her dinazor iskeleti, kendi türünün diğer her üyesinden bir biçimde farklıdır. Çeşitlenme, anlaşıldığına göre, evrimin *olmazsa olmaz şartıdır*: Doğal seçilimin beslediği gıdadır.

İkinci olarak, organizmalar çevrenin destekleyebileceğinden daha çok yavru üretir. Bir meşe ağacı her yıl binlerce meşe palamudu düşürür. Dişi bir somon, her yumurtlama döneminde 30.000 kadar yumurta üretir. Bir istiridye, tek bir üreme etkinliğinde 114.000.000 yumurta üretebilir. En yavaş üreyen hayvanlardan biri olan filler arasında bile bir tek dişinin doğurduğu tüm yav-

ruhar hayatta kalıp azami hızda çoğalırsa, 750 yıl sonra bu anenin soyundan gelenlerin sayısı 19.000.000'ü bulacaktır. Elbette ki, yalnızca küçük bir kısmı yetişkinliğe ulaşabilir. Ama bu iyi bir şeydir, aksi halde dünya çok geçmeden meşe ağaçları, somonlar, istiridyeler ve fillerle dolup taşardı!

Üçüncü olarak, organizmalar hayatta kalmak ve çoğalmak için rekabet etmelidir; mevcut ortamlarına en uygun değişkenlere sahip bireyler, hayatta kalması, çoğalması ve bu arzu edilir değişkenleri bir sonraki kuşağa aktarması en muhtemel olanlardır. Bu sürece UYARLAMA adı verilir. Avları yakalamak ve avcılardan kaçmaktan eşler elde etmeye, hastalıklardan kurtulmaktan diğer türlerle simbiyotik ittifaklar kurmaya kadar hemen her biyolojik etkinlik uyarılma ve doğal seçilimin konusu olabilir. Uyarılma başarılı özellikleri ödüllendirip daha az başarılı değişkenleri yok etme eğilimindedir. Örneğin bir çöl bitkisi suyun korunmasını kolaylaştıran bir özellik devralırsa, bu tür bir özellik muhtemelen sonraki kuşaklara aktarılır ve bu özelliğe sahip olmayan bireyler rekabet edemeyebilir. Zamanla bu tür lehte özellikler birikir. Nesiller yeni bir türü ortaya çıkarırsa, bu başarılı özellikler muhtemelen aktarılır. Bu üç adımlı süreç, doğal seçim yoluyla evrimdir.

Sauropod örneğimize dönerek, ata formların kısa boyunlu olduğunu varsayalım. Tümü kısa boyunlu olsa da popülasyon içinde boyun uzunlukları değişkenlik gösterir ve biraz daha uzun boyna sahip olanlar, daha yüksekteki ağaç yapraklarına erişebilir. Sonuç olarak bu talihli hayvanların daha uzun yaşaması ve daha çok üremesi muhtemeldir. Sonraki kuşaklar biraz daha uzun boyunları miras alır ve bu şekilde devam eder. Binlerce yıl sonra sauropod boyunları çok uzun hale gelir. Aslında olayların akışı çok daha karmaşık ve ilgi çekicidir. Boyun uzaması muhtemelen çeşitli sauropod gruplarında bağımsız olarak gerçekleşmiştir. Milyonlarca yılı aşkın bir sürede sayısız tür genelinde ara sıra gerçekleşen değişimin sonucudur. Bazı formlarda boyun uzaması daha çok boyun (servikal) omurunun eklenmesini içerirken, bazı formlarda ise zürafaların çözümüne paralel olarak mevcut omurların uzunluğu artmıştır. Yine de doğal seçilimi temel alan Darwinci senaryo bu gruptaki boyun uzamasının görece geçerli bir açıklamasını sunar.

Darwin tarafından öngörüldüğü gibi, doğal seçim tüm popülasyonlarda doğal olarak ortaya çıkan kalıtsal değişkenlerden faydalanarak bitkiler ve hayvanların özelliklerini değiştirir. Bu değişkenler kendi başına iyi veya kötü değildir. Bunlar sadece vardır ve yaşamın katılığı, yalnızca daha uygun değişken kombinasyonlarının gelecek kuşaklar tarafından miras alınmasını sağlar. Bunun sonucunda popülasyonda depolanan genetik bilgilerde bir değişikliğin yaşanması kaçınılmazdır.

Doğal seçilimi bir süzgeç gibi düşünebilirsiniz. Her kuşakta belli bir popülasyonun tüm üyeleri süzgeçten geçirilir. Daha az uygun olanlar, süzgecin deliklerinden aşağı düşüp bir sonraki kuşağa hiçbir katkı yapmama eğilimindedir. O çevreye en uygun olanlar ise süzgecin ağında kalır; yani yaşamayı sürdürür ve ürer. Daha sonra bunlar büyüyerek bir sonraki kuşağı oluşturur ve aynı acımasız süzgece maruz kalır; böylece evrimin kazananları ve kaybedenleri artar. Zamanla popülasyonun genetik oluşumu değişir ve en başarılı olan özellikler ödüllendirilir. Çevreler periyodik olarak değiştiğinden, bir ekolojik anda uygun görünen özellikler bir süre sonra organizmanın süzgeçten elenmesine neden olabilir.³ Kısacası bireyler uyum sağlamaz veya evrimleşmez; bunları yalnızca popülasyonlar yapar. Bu temel ve sık sık yanlış anlaşılan noktayı yeniden ifade etmeme izin verin. *Bireyler değil popülasyonlar evrimleşir.* Evrim, belirli türden bireylerin hayatta kalma ve üreme bakımından başkalarına oranla daha başarılı olduğu ve böylece bir bütün olarak popülasyonun kalıtsal çeşitlenmesinde farklılıklar yarattığı için gerçekleşir.

Özetle, doğal seçim iki tür olay tarafından yönlendirilir. İlk olarak, doğa mutasyon ve yeniden birleştirme gibi süreçler aracılığıyla genetik bilgilerin içeriğini rastgele bir biçimde farklılaş-

³ Kesinlikle öğretici olmasına karşın süzgeç metaforu, evrimin yukarıdan aşağıya bir olgu olduğu izlenimi vermesi bakımından yanıltıcıdır. Doğal seçilime, istenmeyenleri elemek için "Büyük Birader" (süzgeci elinde tutan kişi) rolü biçer. Asıl süreç çok daha işbirliğine dayalıdır ve aşağıdan yukarı yöndedir; belirli bir ekosistemdeki türler, süregelen karşılıklı uyarlamalarla birbirlerini yeniden yaratır veya "icat eder." Süzgeç perspektifinde vurgu ağırıklık olarak negatif özellikler üzerindeyken, ortak yaratım bakış açısı dikkatleri belirli bir ekosistemde bir türün başarısını artıran pozitif özelliklere yöneltir.

tırır ve böylece organizmalar seviyesinde çeşitlenmeler oluşur. İkinci olarak, organizmalar çevreyle etkileşim kurar; yaşamını sürdürmeye ve üremeye en elverişli olanlar, bir sonraki kuşağa daha çok çocuk verme eğilimindedir. Zaman içinde tüm popülasyonun bilgi içeriği değişir. Evrim gerçekleşir.

Darwin doğal seçilimin işleyişi üzerine düşünürken, çok geçmeden bir problemin farkına varmıştır. Hayvanların birçok karakteristiğinin, yaşam mücadelesinde herhangi bir fayda sağlamadığına dikkat çekmiştir. Ünlü evrimci kısa bir süre sonra bu özelliklerin bir organizmanın üreme piyangosunu kazanma şansını artırdığının farkına varmıştır. Özellikle detaylı işaretleşme yapılarına sahip erkekler eş için rekabet etmeleri gerektiğinde çok daha başarılı olmuştur. Darwin bu yeni seçim sürecini CİNSEL SEÇİLİM olarak adlandırmıştır.

Doğal seçim gibi cinsel seçim de daha başarılı olanlar karşısında daha az başarılı özellikleri ayıklar. Bu durumda başarı, hayatta kalma yerine üreme temelinde ölçülür. Cinsel seçim genellikle eş bulma ve genlerini bir sonraki kuşağa aktarma şansını artıran detaylı silahların ve çiftleşme işaretlerinin –boynuzlar, sorguçlar, renkler, ötüşler ve benzeri– evrimini destekler. Üremeye en başarılı görünen tuhaf özellikler, bazen doğal seçilimin aksine çalışarak hayatta kalma olasılığını azaltır. Örneğin tavuskuşu tüyleri ile geyik boynuzlarının büyütülmesi ve korunması pahalıya mal olur. Kurbağaların ve böceklerin ötüşleri gibi başka bazı özellikler ise bu hayvanları avcılara karşı daha savunmasız bırakır.

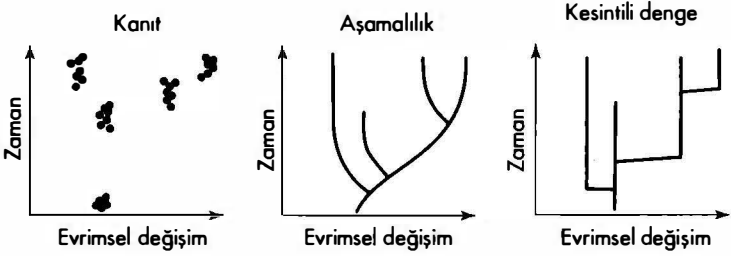
Darwin, bu tür detaylı işaretleşme yapılarının çiftleşme başarısını artırması durumunda, bu özelliklerin hayvanın hayatta kalma ihtimalini azaltsa bile sonraki kuşaklara aktarılacağı sonucuna ulaşmıştır. Kısacası evrim söz konusu olduğunda cinsellik, en azından bir noktaya kadar ölüme baskın çıkar. Dışının tercihi daha detaylı boynuzların veya daha karmaşık ötüşlerin evrimiyle sonuçlanırsa, cinsel seçim aşırı bir etki yaratarak sonraki kuşakların gittikçe daha uç ve tuhaf hale gelmesine neden olabilir. Dinozorlar arasında tuhaf yapıların sayısız örneği, en azından kısmen cinsel seçilimin baskısıyla evrimleşmiş olabilir. Ceratopsian boynuz ve fırfırları, hadrosaur sorguçları, pachycephalosaur kubbe başları, stegosaur pul ve dikenleri, theropod sorguç ve boy-

nuzları bunların örnekleridir. Bu garip kemikli eklentilerin kökeni ve işlev(ler)i uzun ve süregelen bir tartışmaya konu olmuştur; ama bunu daha sonraki bir bölümde ele alacağız.

Ekoloji için enerji neyse, evrim için de bilgi odur. Yaşam zamanda akan büyük bir bilgi nehrine benzetilebilir. Bilgiler yükselir, organizmaların vücutlarında kuşaktan kuşağa akar ve birçok kola ayrılır. Zaman içinde çevreler değiştikçe –örneğin daha sıcak veya soğuk, daha kurak veya yağışlı hale geldikçe– bu kollardan bazıları kurur (nesil tükenmesi) ve bazıları da şiddetlenip nehir yatağından taşar ve yeni kollar oluşturur (türleşme).

Darwin'in evrim görüşü, bitmeyen aşamalı değişimi temel almıştır. AŞAMALILIK olarak bilinen bu perspektife göre, organizmalar sonsuza dek doğal seçilimin yakın ve acımasız gözetimindedir. Sonuç olarak değişken türler sürekli olarak form değiştirerek (çoğu zaman istikrarsız olan) kendi ekolojik çevrelerine daha uyumlu hale gelir. Jeolojik zamanda bu aşamalı, kuşaktan kuşağa aktarılan kalıtsal değişimler önemli evrimsel dönüşümlerle sonuçlanana dek birikir. Bu bakış açısına göre süregelen değişim akışında ayırt edici aralar gerçekleşmeyeceğinden türlerin sınırların keyfi olarak tanımlanması gerekecektir. Darwinci perspektife uygun olarak, mesela kel kartalların evrimsel soyunu fosil atalarının kesintisiz bir zinciriyle küçük bir Jura theropod dinosoruna bağlayabilirsek, bir form pürüzsüz bir biçimde aşama aşama diğerine ulaşacağı için türler arasındaki sınırlar keyfi olacaktır, yani kişisel tercihe dayanacaktır.

Aşamalılığı nehir metaforumuzun bağlamına yerleştirirsek, akışın bilgi içeriği sürekli akar; nehrin bir noktasından alınan su örneği aşağı yönde alınan başka örneklerden farklılaşır. Fark, örneklerin alındığı bölgeler arasındaki mesafe ve akış hızıyla orantılı olur. Birbirinden tamamen ayrı iki bölgeden bir dizi örnek alırsak, önemli bir geçişi tespit edebileceğimiz hiçbir nokta olmaz. Nehir zaman zaman çatallanarak yeni kollar üretir ama akışın oluşumundaki geçişler aşamalı olmaya devam eder.



Şekil 6.2: İki evrim tarzının karşılaştırması: *aşamalılık* ya da dallanıp budaklanmayan evrim ve kesintili denge yahut da türlerin asgari düzeyde değişime uğradığı uzun sürelerin ardından yeni türlerin kökeniyle ilişkilendirilen ani evrimsel değişim patlamaları. Soldaki grafik, fosil örneklerini sunan veri noktalarını gösterir. Diğer iki grafik ise bu verilerin aşamalı evrim (sürekli değişim) veya kesintili dengeye (dengenin hâkim olduğu uzun dönemlerine kısa değişim patlamalarının ara vermesi) göre nasıl yorumlanabileceğini gösterir. Her üç grafikte de evrimsel değişim yatay ekseninde, zaman ise dikey ekseninde gösterilir. Ayrıntılı bilgi için metne bakın.

Son birkaç on yılda aşamalılık görüşü eleştirilere konu olmuştur. Günümüzde evrimci biyologların birçoğu, belki de çoğunluğu, türlerin ayrı doğumlar (TÜRLEŞMME) ve ölümlerle (NESİL TÜKENMESİ) sınırlandırılmış bireysel geçmişlere veya "ömürlere" sahip olduğunu düşünmektedir. Daha 1930'larda popülasyon genetikçisi Sewall Wright, tüm biyologları durup düşünmeye zorlayacak bir doğal dünya görüşü sunmuştur. Türleri, üyeleri periyodik olarak melezlenen ve böylece genetik malzemeleri değiş tokuş eden yarı izole popülasyonlar olarak tanımlamıştır. Bu popülasyonlar büyük bir bölgeye yayılırsa, her popülasyon yerel koşullara yanıt olarak ufak çaplı uyumsal değişikliklere uğrama eğilimi gösterir. Bu yapı göz önünde bulundurulduğunda, Darwin'in düşündüğü gibi tüm bir tür genelinde önemli, yönelimsel bir değişimin nasıl birikebileceğini zihinde canlandırmak zordur; zira bir popülasyondaki her evrimsel değişim, farklı popülasyonların üyeleriyle periyodik olarak melezleşmeyle dolu olacaktır. Örneğin daha iyi görme gücü, gelişmiş sindirim veya daha hızlı koşma yeteneğine yol açan çeşitli mutasyonların, tüm popülasyonların üyeleri için faydalı olduğundan geniş ölçüde yayılabileceği düşünülebilir. Fakat faydalı değişiklikler genellikle sadece yerel olarak

iyileşme sağlayacak olduğundan ayrı popülasyonlar aksi yönde bile evrimleşebilecektir.

Fosil kayıtlarındaki örüntülerin doğrudan gözlemi de Darwin'in aşamalılık görüşüne meydan okumuştur. Bir paleontolog fosillerin gömülü olduğu bir tepeye tırmanırken zamanda yolculuk yapar. Katmanlar katlı pasta tarzında yığıldığından, tepenin en altından çıkarılan fosiller üsttekilerden daha yaşlı olma eğilimindedir. Bazı durumlarda bitişik katmanlarda korunan organizmaların ölümlerini milyonlarca yıl ayırır. Paleontologlar belli bir türün fosillerinin bazen milyonlarca yıla yayılan uzun zaman aralıklarında asgari değişime uğrayarak korunduğunu ve sonra bunların yerini birdenbire ayrı ama ilişkili bir formun aldığını uzun süredir gözlemlemektedir. Darwinci sürekli aşamalı değişim kavramına açıkça tezat olan bu örüntü, geleneksel olarak evrimsel sürecin kanıtından ziyade fosil kayıtlarındaki boşluklara atfedilmiştir. Daha eksiksiz bir kaydın, aşamalılıkla uyumlu sürekli değişimleri ortaya koyacağı düşünülmüştür.

1972'de Amerika Doğa Tarih Müzesinden Niles Eldredge ve Harvard Üniversitesinden Stephen J. Gould, paleontolojik dünyayı baş aşağı çevirmiştir. Eldredge ve Gould, fosil kayıtlarının düşündüğümüzden daha eksiksiz olduğunu ve uzun süreli dengenin ardından gözlemlenen görece kısa değişiklik patlamalarının, fosil kayıtlarındaki kusurlardan ziyade evrimin gerçek, egemen örüntüsünü yansıttığını varsaymıştır. Evrimsel değişimin genellikle yeni türlerin kökeni etrafında yoğunlaştığı ve türlerin nesli tükenene kadar büyük ölçüde değişmeden kaldığı fikrini ortaya atmışlar ve bu görüşlerini destekleyen bolca kanıt sunmuşlardır. Bu hipoteze bir isim de vermişlerdir: KESİNTİLİ DENGE. Durgunluk veya dengenin egemen olduğu bir ardalanda değişim aralıklarının yaşandığını öngördüğü için bu adı seçmişlerdir. Kesintili denge, türler ve popülasyonlarda küçük çaplı evrimsel değişime de imkân tanır ama bütünüyle yeni formların evrimleşmesi anlamında yön değişikliğinin evrimsel dallanma olaylarını gerektirdiğini –yani yeni türlerin kökenini– öngörür.

Son birkaç on yılda bu hipotez yoğun sınamalara ve tartışmalara konu olmuştur. Paleontologlar eski veri kümelerini tarayarak ve yenilerini üreterek örüntüleri ortaya çıkarmak ve onları karşıt

tahmin kümeleriyle karşılaştırmak için yoğun bir çaba sarf etmiştir. Günümüzde kesintili denge, şu veya bu şekliyle birçok paleo-biyolog tarafından desteklenmektedir. Fakat bu hipotezin derin sonuçları, halen aşamalı evrim görüşüne bağlı olan biyologlar tarafından şimdiye dek genellikle takdir edilmemiştir. Kesintili denge- nin birçok istisnası belgelenmişse de, fosil kayıtların tür dengesi (yani türlerin derin zamanda asgari değişime uğraması) baskın örüntü olarak ortaya çıkmıştır. Bu bulgu, Darwinci aşamalılıktan önemli bir kopuşa işaret eder. Genel olarak yön değişikliği yerel popülasyonlarda sürekli birikir. Bilgi akışında yerel değişiklikler yaşanır ama bunlar genellikle popülasyon kolları arasında bilgi alışverişiyle sonuçlanan melezleşmeyle doludur.

O halde türler çoğu zaman pek bir şey yapmıyormuş gibi görünür; en azından evrimsel açıdan böyledir. Aşamalılık perspektifinin aksine, tarihlerinin büyük bir kısmını görünüşe göre nispeten değişmeden geçirirler. Peki, öyleyse evrimsel değişimler zaman içinde nasıl birikip yeni formların ortaya çıkmasına yol açar? Yanıt yeni türlerin kökeni veya türleşmedir. Türleşme, melezleşmenin ve genetik karışımın önüne bir üreme engeli koyduğu için çok önemlidir. Eşeyli üreyen çoğu organizmada, iki popülasyon arasına üreme engeli konduktan sonra eski popülasyon-yeni tür ister bir yıl ister milyonlarca yıl varlığını sürdürsün bilgi akışı izole edilmiş halde kalır.⁴

Nehir metaforuna geri dönecek olursak bir türdeki popülasyonlar çaprazlama kesişen kollar gibidir. Bilgi akışı bir süreliğine ayrı kanallara akar ama bazı zamanlarda melezleşmeyle yeniden birleşir. Bölgesel ekosistemlerde bu dallanma ve yeniden birleşme örüntüsü sınırlı miktarda bilgi alışverişinin (evrimin) gerçekleşmesine imkân tanır ama bu türün tamamını etkileyen yönelimsel, dönüşümsel bir değişim olmaktan uzaktır. Bu yeni bilgilerin bir kısmı, farklı popülasyonların üyeleri arasındaki çiftleşmeler aracılığıyla tüm nehre kademe kademe yayılır, ama çeşitli kolların arasında ve içinde daha birçok bilgi alışverişi gerçekleşir. İki kol (popülasyon) birbirinden izole olduğunda (yani üyeleri artık melezleşmediğinde) üreme engeli genellikle akışların ayrı kanallarda

⁴ Başta bitkiler olmak üzere belirli organizma gruplarında, tür kolları türler arası melezleşmeler aracılığıyla birleşebilir ve sık sık birleşir.

ilerlemesini sağlar ve bunun sonucunda en az bir yeni tür ortaya çıkar. Süreç içinde yeni bilgiler –evrimsel değişiklikler yerel popülasyonda birikmiştir– evrimsel soyun uzun vadeli akışına katılır. Bu kollar birbirinden ne kadar uzun süre izole kalırsa, gelecekte birbirine karışma ihtimalleri o kadar azalır, çünkü yol boyunca bilgi içeriğinde gerçekleşen evrimsel değişimler iki kolun birbirine karışmama olasılığını artırır. O halde türleşme, nehirdeki bir çatallanmadır; bilgi akışındaki kalıcı bir ayrılmaya işaret eder. Yeni bilgilerin ortaya çıkması ve yakalanmasını destekleyerek yeni formlara yol açar ve bunlar da bir ekosistemin genel bilgi akışında dramatik değişiklikler üretebilir. Bu türden revize edilmiş bir perspektiften bakıldığında, türleşme büyük önem kazanır. Özellikle de türlerin doğum ve ölüm hızlarını etkileyen faktörler büyük olasılıkla çeşitlenme örüntülerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Ekoloji ile evrim nasıl etkileşir? Gördüğümüz gibi, ekolojik süreçler bir yandan güneş enerjisini yakalayıp dağıtan, diğer yandan temel besleyicilerin (CHNOPS) döngüsünü devam ettiren ekosistemlerin günbegün işleyişiyle ilgilenir. Buna karşın, evrim doğal seçim ve başka birçok süreç aracılığıyla yaşamın derin zamanda gerçekleşen kaçınılmaz değişimlere ayak uydurabilmesini sağlar. Ekoloji eldeki anlık görevleri gerçekleştirmek için enerji akışını sağlaması bakımından Doğanın kısa vadeli hafızası olarak düşünülebilirken, evrim muazzam genetik bilgi depoları kullanarak uzun vadeli hafıza sağlar ve gerektiğinde akış sırasında düzeltmeler yapar.

Hayatın uzun süreli denge ve kısa değişim patlamalarından oluşan epizotik örüntüsü, evrimin kuşaktan kuşağa süren genetik egemenlik mücadelesi kadar basit olmadığını gösterir. Aslında evrimin, yeni türlerin üretilmesi anlamında süregiden bir hayatta kalma stratejisinden ziyade “son çare” olarak düşünülmesi belki de daha uygundur. Değişen çevre koşulları –örneğin bir buz çağıının veya sera koşullarının başlaması– karşısında, türler ve onların popülasyonları yeni koşullara yanıt vermek için formlarını değiştirmeyi göze alarak olduğu yerde durmakla yetinmez. Bunun yerine organizmalar mümkün olduğunda tercih ettikleri habitat-

lara gider. Nesil tükenmesi ve türleşmenin –ekosistem oyuncularının ortadan kaybolması ve eklenmesinin– bolca örneğiyle karşılaştığımız dönemler genellikle habitat değiştirmenin artık bir seçenek olmaktan çıktığı dönemlerdir.

Hem denizde hem de karada yakın tarihli birçok paleontolojik inceleme, türlerin ortaya çıkması ve neslinin tükenmesinin Dünya tarihi boyunca rastgele bir biçimde sıralanmadığını göstermektedir; bu olaylar kısa zaman dilimlerinde birbiriyle uzaktan ilişkili birçok organizma grubunu etkileyecek biçimde kümelenme ve soylar arası olma eğilimindedir. Belgelenmiş en iyi örneklerden birinde, Carlton Brett (Cincinnati Üniversitesi) ve Gordon Baird (Brockport'taki New York Eyalet Üniversitesi) Kuzey Amerika'da orta Devoniyen devrinden (yaklaşık 380 milyon yıl öncesine ait) sekiz omurgasız (trilobit, midye ve mercan gibi) topluluğu dizisini belgelemiştir. Brett ve Baird, bunların her birinin benzersiz organizma bileşimleriyle karakterize olabilen bir topluluk oluşturduğunu belirlemiştir. Zaman zaman bir türün izole halde ortaya çıktığı veya ortadan kaybolduğu gözlemlenirken, tür değişikliklerinin büyük bir kısmı ekosistemi tümüyle yeniden yapılandırılan kısa dönüşümlerde yoğunlaşmıştır.

Bu ve diğer incelemelerde belgelenen tür dönüşümleri patlamaları, önemli çevresel değişimlere bağlanmıştır. Evrimsel ile çevresel değişiklik arasındaki belirgin eşzamanlılık (bazı araştırmacılar tarafından sorgulansa da) evrimin sık sık tüm ekosistemleri etkileyen dış faktörler tarafından tetiklendiğini gösterir. Bu nedenle yalnızca tek tek türler, jeolojik zamanda denge durumunu sürdürmekle kalmaz, aynı zamanda bölgesel ekosistemlerdeki tüm tür grupları da bunu yapar. Bu, türlerin yalnızca büyük ölçekli dönüşüm olaylarında ortaya çıktığı ve neslinin tükendiği anlamına gelmez; bu tür olaylar en durgun aralıklarda bile düzenli bir ardalın olmayı sürdürür. Günümüzde bu türden geniş çapta ekolojik dengenin derin zamanda nasıl korunabileceği konusunda tartışmalar sürmektedir. Yine de egemen örüntü, ekolojinin güçlerinin egemen olduğu uzun süreli denge dönemleri ve evrimin güçlerinin egemen olduğu kısa epizotlar veya dönüşümler şeklindedir. Tüm ekosistemler, jeolojik olarak kısa sürelerde yerleşir ve onları oluşturan türler uzun dönem (milyonlarca yıl kadar) görece

değişmeden kalır. Nihayetinde çevresel bir değişiklik, tür dönüşümünü ve önemli bir yeniden yapılanmayı zorlar. Bunun sonucunda yeni bir ekosistem oluşur.

Bu, evrimsel biyolojinin tarihinde heyecan verici bir andır. Darwin'in ilk teması olan değişerek türeme tüm makul şüphelerin ötesinde doğrulanmışken, değişim için önerdiği mekanizma –sürekli aşamalı değişimle sonuçlanan doğal seçim–biyologların (ve özellikle de paleontologların) doğada gözlemlediği örüntüleri artık açıklamamaktadır. Yaklaşık on yıllık bir zaman dilimi büyük olasılıkla ekoloji ve evrimin bütünleşmesiyle ilgili önemli yeni anlayışlara sahne olacaktır. Darwin'in bu tartışmayı takdirle karşılayacak olduğundan eminim.

Evrim ister aşamalı bir biçimde, ister aralıklarla gerçekleşsin Darwin'in merkezi mesajı değişimin her zaman ve her yerde olduğudur. İnsan ömrü ölçü alınıp bakıldığında, dünya bazen kalıcı ve değişmezmiş gibi görünebilir (ama hızlı küresel ısınma çağında bu daha zordur). Gördüğümüz gibi, türler yüz binlerce ve hatta milyonlarca yıl, görece değişmeden kalabilir. Fakat derin zaman perspektifinden bakıldığında değişim sürekli ve hiçbir şey değişimden kaçamaz. Ekoloji ve evrimin çifte perspektifiyle kuşanmış bir şekilde Mezozoik Zamana dönerek, dinazorları birbirine ve değişen ortamlarına bağlayan ipliklerin bazılarını açığa çıkaralım.

YEŞİL GEÇİŞİ

Afrika antilopları nehrin kenarında toplandı. Yüksek sesle homurdanıyorlar ve yer kapmak için sinirli bir biçimde itişip kakışıyorlardı. Havadaki gerginlik açıkça hissediliyordu. Sürü, her an bulanık suya atlayıp karşı kıyıya yüzebilirdi. Tedirgin davranışlarından, hiç birisinin ilk olmak istemediği de oldukça açıktı.

2004'te Kenya'nın kuzeybatısındaki ücra Turkana Bölgesinde dinozorların (veya en azından kemiklerinin) avlandığı başarılı bir saha sezonunun ardından, ekip üyelerinin birkaçı ünlü Mara ekosistemini bizzat deneyimlemek için Ulusal Masai Mara Rezervine gitmeye karar verdi. Ülkenin güneybatı köşesindeki Masai Mara, büyük bir bölümü Tanzanya'da yer alan Serengeti-Mara Ekosistemi adındaki çok geniş, komşu koruma alanının en kuzeydeki parçasını oluşturur. Burası, pırl pırl çimenlerin ve nefes kesici gökyüzünün hâkim olduğu bir arazidir; bu manzarayı sadece zaman zaman dik kayalıklar veya yemyeşil nehir ormanı kesintiye uğratır. 25.000 kilometre kareye yayılan bu ekosistem aynı zamanda Dünya üzerinde hem avcı hem de av olan büyük hayvanların serbestçe dolaştığı son büyük sığınıklardan biridir.

Bu, Masai Mara'yı dinozorlar hakkında düşünmek için iyi bir yer kılar.

Afrika antilopları, zebra ve ceylanların bir araya geldiği büyük toynaklı toplulukları yılın büyük bir bölümünde bu rezervin güney kısmında yaşar. Kısa otlarla kaplı düzlüklerde beslenir, çiftleşir, yavrular ve ciddiyetle büyük avcılardan kaçarlar. Haziran veya Temmuz ayında kurak mevsimin başlamasıyla birlikte kuzeye doğru yaklaşık 800 kilometrelik (500 mil) bir yolculuğa çıkarlar. Birçoğu Kenya'nın Mara bölgesine ulaşır. Mara bu mevsimde daha yağışlıdır ve daha çok besin sunar. Basitçe "göç" olarak adlandırılan bu muhteşem olay birkaç ay sonra yağmur mevs-



Kretase otçullarında zıt beslenme stratejileri. Sorguçlu, iki ayaklı, ördek gagalı dinozor *Lambeosaurus* yüksek bitkilerle beslenirken; dört ayaklı, boynuzlu dinozor *Chasmosaurus* alçak bitkilerle beslenmeye yoğunlaşır. Bunlar gibi karma sürüler, avcılardan kaçmanın bir yolu olabilir. Fakat hem davranış farkları hem de türlerin karması halen spekülasyona dayalıdır.

siminin başlamasıyla birlikte son bulur ve güneye doğru topluca geri dönüş başlar.

Biz göçün zirve noktasına yaklaştığı Ağustos ayında bölgeye ulaştık. Ken Kamau adındaki Kenyalı rehberimiz bir noktada Toyota Land Cruiser'ı yavaşça tepenin sırtına doğru sürüp zebra, Afrika antilopları ve ceylanların bir arada bulunduğu büyük bir sürüye yaklaştı. Arabayı durdurdu ve kendimizi dört bir yanda göz alabildiğince uzanan toynaklı hayvanlar denizinin içinde bulduk. Gözlerimi kısıtım, bütün manzara hareket ediyormuş gibiydi. Ot kılığına bürünmüş, güneş enerjisini tüketen yüzlerce çenenin kakofonisine hayret ettik. Kendimi başka bir dünyadaki röntgenci gibi hissediyordum ve milyonlarca yıl önce benzer sahnelerin dinazorlarla oynandığını hayal etmeden duramıyordum.

Afrika antiloplarının kuzeydeki uzun otlarla dolu bereketli topraklara ulaşmak için ilk önce Mara Nehrini aşmaları gerekir. Aylar sonra aynı yolu izleyerek Tanzanya'ya geri döneceklerdir. Çoğu hayvan için bir dakikadan daha kısa süren bu nehir geçişleri her şeye rağmen bir antilobun yılındaki en korkutucu anlar arasındadır. Belki de 50 metrelik -160 fit- mesafeyi yüzmek kolay görünür ama panik halinde düzinelerce hayvan tarafından itilip kakılırken güçlü bir akıntıda köpekleme yüzmeyi zihninizde canlandırmanız gerekir.

Bu kargaşa, korku ve gerginlik neden kaynaklanır? Tek kelimeyle ... *timsahlardan*. Mara timsahları Afrika antiloplarının göçü sırasında kendilerini yıllık olarak doyurur; ektotermik metabolizma ihtiyaçlarını aylar boyunca karşılayacak kadar et tüketirler. Avcılar tarafından yakalananlara ek olarak, toynaklı otçulların bazıları bu çığınca nehir geçişinde boğulur.

Nehrin öteki yakasında üstü açık aracımızda dururken, yüzlerce Afrika antilobundan oluşan sürü yavaşça bize doğru ilerledi. Bir yandan da otluyorlardı. Ken'e nehri geçmeye mi hazırlandıklarını sorduk. Masai Mara'da yıllardır oyun sürüşleri gerçekleştirdiğini ama şimdiye dek bu ünlü olaya hiç tanıklık etmediğini söyleyerek şüphesini dile getirdi. Yine de her ihtimale karşı durup beklemeye karar verdik. 15 dakika içinde sürü Mara'nın bulanık sularına inen kısa, dik yamaca daha da yaklaştı. Birdenbire yetişkin bir Afrika antilobu çimlerle kaplı düzlükten yavaşça, tered-

dütlü bir biçimde indi ve yokuş aşağı suya doğru ilerledi. Fakat suya ulaşmadan döndü ve geri koşup sürüye katıldı. Daha sonra bir başkası yamaçtan indi ve onu bir başkası izledi. Gergin hayvanlar her defasında suya daha çok yaklaşıyordu ve her defasında yukarıdaki kalabalıklaşan sürüye dönüyordu. Bu endişeli girişim dizisi bir süre devam etti. Sonunda sürünün arkasındaki kalabalıklaşma, öndeki hayvanları kelimenin gerçek anlamıyla yokuşa sürükledi. Artık yukarıdaki düzlüğün güvenli ortamına dönmek bir seçenek olmaktan çıkmıştı; Afrika antiloplarının oluşturduğu duvar, yolu kapatmıştı. Sürünün ucu ilerlemeye devam etti ve birkaç yetişkin kendini bulanık suların kenarında buldu.

Bu esnada nehirde büyük su aygırları sığ bölgelerde aylıklık ediyordu. Su aygırları bütün gün yaptığı şeyi yapıyorlardı: hiçbir şey. Yakınlarda belki de 4 metre (12 fit) boyunda büyük bir timsah, otçullar toplanırken kısmen suya gömülü halde hareketsizce duruyordu. Birkaç dakika sonra timsah gelişigüzel bir biçimde canlandı ve zırhlı kuyruğunun uzun, güçlü vuruşlarıyla yavaş yavaş akıntı aşağı ilerledi. Belki de bizim tahminlerimize göre bu aşırı büyük sürüngen neler olacağını hissetmişti ve su altından bir saldırı gerçekleştirmeye hazırlanıyordu.

Sonunda ilk Afrika antilobu yukarı sıçradı ve nehrin içine dalıp nehrin karşı kıyısına yöneldi. Diğer hayvanlar da hızla onu takip etti. Toynaklılar sürüsü çılgınca nehre atlayıp hayatları için yüzmeye başladı. Oluşan kargaşa sersemleticiydi. Afrika antilopları çok geçmeden nehrin bir ucundan diğerine uzun bir kuyruk oluşturdu. Yakınlarda aylıklık eden su aygırlar, sakın bir günün böylesine edepsizce bozulmasından dolayı hoşnutsuzluk ve bıkkınlık karışımı bir tepki verdi. On dakikadan kısa bir süre içinde bütün sürü nehri aşmayı başardı. Korkuya kapılmış genç bir Afrika antilobu yolculuğu neredeyse üç kez yaptı; mesafenin büyük bir kısmını kat etmişken şaşırıp geri döndü ve tekrar yüzdü. Sonunda hepsi nehrin güney yakasına güven içinde ulaştı. Belki de timsahlar kısa süre önce karınlarını yeterince doyummuş olduğu için bölgelerinden geçen bu et furyasına rağbet etmemişlerdi.

Afrika antilopları, Serengeti'nin otlakları ve ormanlarında yaşayan bitki yiyen birçok toynaklı türünden biridir. Daha küçük vücutlu örnekler impala, Thomson ceylanı ve Grant ceylanını içe-

rir. Benzer büyüklüklerde daha birçok otçul –zebra, topi antilobu ve inek antilobu– ve biraz da bunlardan büyük formlar –bufalo, eland, zürafa ve fil– vardır. Gergedanlar da zaman zaman açık savanaya girmeyi göze alır ama genellikle dikdik antilobu ve beyaz Güney Afrika antilobu adlı iki küçük antilop türüne de ev sahipliği yapan çalılık alanları tercih eder. Zaman zaman bir Orta Afrika antilobunun uzun, kıvrımlı boynuzlarının otların üzerinden yükseldiği görülse de, bu görkemli toynaklılar bölgede kıvrıla kıvrıla ilerleyen gür nehir ormanını tercih eder. Avlanacak türlerin bolluğu düşünüldüğünde, Serengeti'nin aslan, leopar, çita, sırtlan, yaban köpeği, çakal ve tilki gibi avcılarının da merkezi olması şaşırtıcı değildir. Elbette ki faunanın tüm bu göz kamaştırıcı üyelerine kemirgenler, kaplumbağalar, balıklar, kuşlar, sürüngenler ve böcekler gibi daha küçük hayvanlar da eşlik eder. Nihayetinde her ekosistemde olduğu gibi biyoçeşitliliğin büyük bir kısmı gözlerden uzak kalan mikroplardan oluşur.

İnsanlar, Dinozorlar Çağını genellikle Dünya tarihinde devasa hayvanların her yere yayıldığı garip ve benzersiz bir dönem olarak düşünür. Fakat dinozorların ilk olarak çeşitliliği erken Jura devrinden itibaren geçen zamanın büyük bir bölümünde –yani 200 milyon yılın yarısından fazlasında– gezegenin büyük bir kısmındaki kara ekosistemleri genellikle sayısız büyük hayvan içermiştir. Mezozoik Zaman sonrası faunalar, en büyük dinozorların ebatlarına yaklaşan hayvanlardan mahrum olabilse de, filer ve büyük gergedan akrabaları gibi çeşitli memeliler karada yaşayan devler rolünü sürekli doldurmuştur. Büyüklüğün sürekli varlığının birkaç istisnası, dinozorların neslini tüketen de dahil olmak üzere kitlesel nesil tükenmelerinden sonra gerçekleşmiştir. Bugün esasen insanlardan kaynaklanan nesil tükenmeleri nedeniyle bu istisnai aralardan birini yaşıyoruz. Büyük hayvanlar gittikçe küçük, korunmuş rezervlerle sınırlandırılmış durumda. İki ayaklı atalarımızın beşiği olan Afrika haricinde, insanların ulaştığı hemen her kıta megafaunal türlerin hızla yok oluşuna tanıklık etmiştir. Sonuç olarak günümüzde görkemli büyük hayvanlarla dolu habitatları görmek için Kenya gibi ülkelere seyahat etmek zorundayız.

Yüksek düzeyde çeşitlilik arz eden Serengeti ekosistemi, büyük ölçüde otlarla kaplıdır. Themeda triandra, Hyparrhenia rufa ve Bothriochloa kuntzeana buradaki egemen bitki çeşitleridir. Homojen görünen bu bitki topluluğundan beslenen bu kadar çok otçul türünü düşününce, otlakların varlığını sürdürmeyi nasıl başardığını merak edebilirsiniz. Bu sorunun yanıtı, özelleşmiş anatomi, bölümlenmiş kaynaklar ve işbölümünün bir karışımıdır. Zebralar çoğunlukla otların tohum başları ve saplardan oluşan kalın, lifli ve genellikle yemeye elverişli olmayan kısımlarıyla beslenir. Otçulların ilk dalgasını oluşturan zebralar, ikinci dalganın –yani Afrika antilobu ve daha birçok büyük toynaklı tür– tercih ettiği daha yeşil, yüksek proteinli yaprakları ortaya çıkarır. Afrika antiloplarının beslenme etkinlikleri de Thomson ceylanı gibi daha küçük toynaklılardan oluşan üçüncü dalganın tercih ettiği taze filiz ve otları açığa çıkarır. Bu sekanstaki diğer oyuncular, topi antilobu ve inek antilobudur; bunların uzun, ince yüzleri ve dar ağızları en besleyici otları özel olarak seçmek için idealdir. Geniş ağızları ve öğütücü dişleriyle Afrika bufaloları, tam tersi yönde bir strateji izler: John Deere marka boynuzlu biçerdöver taburları gibi, hiçbir şeyi ayırt etmeden otlakları bir baştan bir başa biçer. Son olarak fil, eland ve Grant ceylanı gibi bazı hayvanlar daha da genel beslenme alışkanlıklarına sahiptir: Otların yanı sıra büyük yapraklı çeşitli bitkilerle de beslenirler.

Otlar, bu çok çatallı, koordineli saldırı karşısında şaşırtıcı bir biçimde iyi gelişir. Araştırmalar ilk önce zebralar, daha sonra Afrika antilopları, daha sonra da Thomson ceylanları gibi daha küçük toynaklıların bir otlaktan sırayla geçmesinin aslında ot türlerinin gelişimini tetiklediğini ve birçok otçul türünü besleyebilecek kısa, otsul bitkilerin büyük bir çeşitliliğini ürettiğini göstermiştir. Bu, sistemin aşırı otlamadan etkilenmediği anlamına gelmemektedir. Fakat genel olarak etçillerin spektrumu, bitki tüketicilerin toplam sayısını kontrol altında tutmaya katkıda bulunmaktadır. Bitkiler, otçullar ile etçiller arasındaki karşılıklı ilişkinin benzer türleri, dinozorların yoğun olduğu Mezozoik ekosistemlerde de neredeyse kesinlikle var olmuştur.

Otlakların yanı sıra Mara ağaçlıkları da otçulların etkinliklerinden nasibini almaktadır. Aracımızla dolaşırken, uzun akasya

ağaçlarının büyük ölçüde çıplak olduğunu ama en tepede düzgün, geniş, çan şeklinde bir yeşil örtüsünün kaldığını fark ettik. Kalabalık gruplar halindeki Serengeti bahçıvanları, uçsuz bucaksız ağaçlıkları budamış gibiydi; bu, hakikatten çok uzak olmayan bir vizyondur. Ken akasyaların zürafalar tarafından düzenli olarak budandığını açıkladı. Uzun dillerini ve kavrayabilen üst dudaklarını ustaca kullanan zürafalar, yaklaşık altı metre yüksekliğindeki yaprakları sıyrabilir. Bu etkinlik, "browse line" adı verilen bir yaprak yeme hattı oluşturur ve ağaçlar bu sınırın üzerinde uzun boyunlu otçulların bile erişemeyeceği yüksekliklere yayılabilir.

Filler çok daha yıkıcıdır. Bu dev yaratıklar, sık sık olgun ağaçları devirir ve çalılıkları ayırır gözetmeden çiğner. Fillerin kaslı gövdeleriyle ağaç dallarını sıyırmasını veya ağaç gövdelerini yaslanarak kelimenin gerçek anlamıyla çatırdatmasını izlemek insanı hayrete düşürür. Birkaç taşkın hortumlu, geniş ağaçlıkları kısa sürede kırıp geçirebilir. Sauropodlar ve diğer devasa dinazor otçullar, zürafalar gibi yaprak yeme hattı üretmiş olabilir. Hadrosaur ve ceratopsianler gibi birçok dinazorun fil gibi boyutlara ulaştığı ve sauropodların bu sınırı birkaç kat aştığı göz önünde bulundurulduğunda, dinazorların ağaçlara yaklaşımlarında fillerin antik öncüsü olmadığını düşünmek zordur. Sauropodlar için küçük ila orta boy ağaçları devirmek muhtemelen işten bile değildir.

Serengeti'de bu çeşitli otçul-bitki etkileşimlerinin nihai sonucu, her türün ekosistemin bir bütün olarak devamlılığını sağlamakta benzersiz bir role sahip olduğu sürekli, verimli bir enerji akışı ve besin döngüsüdür. Güneş tarafından üretilen enerji geçişi, fotosentez gerçekleştiren bitkiler tarafından yeşil geçişe dönüştürülür; otçullar bunu parçalarına ayırmaya çalışır. Otçulların etine dönüştürülen yeşil geçişi daha sonra çeşitli etçilleri ve nihayetinde ayrıştırıcıları besler.

Hayvan çeşitliliği, o halde ayrılmaz bir biçimde bitki çeşitliliğine bağlıdır. Yeşil geçişi, bir ekosistemin çeşitli büyüklükteki ve trofik seviyedeki tüketicileri destekleyebilme kapasitesini tanımlar. Günümüzde dünyada yaşayan milyonlarca türden yaklaşık yüzde 50'sinin ve belki de yüzde 90 kadarının olağandışı bir

biçimde üretken tropik yağmur ormanlarında bulunduğu tahmin edilmektedir. Ekvatordan kuzeye veya güneye doğru uzaklaştıkça, biyoçeşitlilik gittikçe düşer ve soğuk kutup bölgeleri en az sayıda türü destekler.

Mezozoik Zamanda her şey çok farklıdır. Bunun kutuplarda buzulların yer almadığı, deniz seviyelerinin yüksek olduğu, yüksek enlemler ile alçak enlemler arasındaki ısı farklarının çok düşük olduğu bir sera dünya olduğunu hatırlayın. Kutuplar çok çeşitli bitkiler, dinozorlar ve diğer hayvanları desteklemiştir; ancak tıpkı bugün olduğu gibi güneş enerjisindeki önemli mevsimsel farklılıklar en yüksek enlemlerde yaşama potansiyelini sınırlandıracaktır. Günümüzün aksine, Mezozoik küresel ısınmayla ilişkili kuraklık anlaşıldığı kadarıyla ekvator bölgelerindeki bitki üretkenliğini de ciddi şekilde sınırlandırmıştır. Dinozorların dünyası, tropik yağmur ormanlarından ve onlarla ilişkili biyokütleden mahrumdur; biyoçeşitlilik belki de daha yağışlı orta enlemlerde zirveye ulaşmış olabilir. Bu noktaya kadar fosil kayıtları bu tahmini doğrulamamaktadır: Çeşitlilik ve bolluk orta enlemlerde (örneğin Kuzey Amerika ve Asya) çok yüksekken, kutupsal ve ekvatorial bölgelerde (sırasıyla Alaska ve Kuzey Afrika) çok daha sınırlıdır. Buna karşın, bu fikri sınamak için ılıman enlemlerin dışından halen görece çok az fosil bölgesine sahibiz.

Otçullar; dev gibi filler ve sauropodlardan küçücük kın kanatlılar ve tırtıllara kadar her türlü şekil ve boyuttadır. Böcekler, küçük olmalarına rağmen, çok sayıda olmaları sayesinde bitki toplulukları üzerinde toplamda omurgalılarından çok daha büyük bir genel etki bırakır. Kalabalık Afrika antilobu, zebra ve impala sürüleriyle dolu Serengeti gibi savana otlaklarda bile omurgalılar tüketilen bitkilerin üçten birinin daha azından sorumluyken, bitki yiyen böcekler otçulların üçte ikisine yaklaşıp. Memeliler ve dinozorlar gibi böcekler de bitkileri işlemek için şaşılabilecek çeşitlilikte çene yapısını ve çok sayıda simbiyotik bağırsak mikrobunu içeren çok çeşitli stratejiler evrimleştirmiştir. Tıpkı bizim gibi böcekler de gıdaları parçalayarak ve besinlerin tüm vücuda özümsemesine imkân tanıyarak sindirime katılan bağırsak mikroplarına sahiptir.

Omurgalılar arasında besin kalitesi ve otçul vücut boyutları ayrılmaz bir biçimde birlikte dokunur. Büyük hayvanların küçük hayvanlardan daha çok besin tükettiğini her çocuk bilir. Fakat bitkisel gıdaların kalitesi aynı bitkinin içinde bile çok son derece değişkendir. Bitkiler de tıpkı hayvanlar gibi ekosistemleri içinde büyük bir çeşitlilik arz eder. Daha az beslenme ihtiyacı duyan küçük hayvanlar, genellikle düzensiz bir dağılımı olan meyveler, tohumlar ve taze filizler gibi yüksek kaliteli, kolayca sindirilebilir öğeleri aramayı göze alabilir. Sonuçta, küçük otçullar bitkilerin tamamını değil ama en besleyici kısımlarını tüketerek daha özel beslenme biçimlerine sahip olma eğilimindedir. Kış ayları için fındık depolayan sincapları düşünün. Öte yandan, tohumlar ve meyveler gibi çok besleyici diyet öğeleri daha sınırlı bir dağılımla daha az sayıda olma eğilimi gösterdiğinden, büyük hayvanların popülasyonlarını destekleyemez. Büyük otçullar yalnızca daha çok besin tüketmekle kalmaz, aynı zamanda daha düşük kalitede, lif oranı yüksek, yağ ve protein oranı düşük gıdaları tüketmek zorunda kalır. Serengeti Afrika antilopları, depolanmış fındıklar veya bitkilerin çok besleyici olan başka kısımlarını depolayarak yaşamlarını sürdüremedikleri için her yıl yüzlerce mil göç etmek zorundadır.

Vücut büyüklüğü ile besin kalitesi arasındaki bu yakın ilişki, büyük ve küçük otçullarda çok farklı stratejilerle sonuçlanır. Kolayca sindirilebilen meyve ve tohumları yeterince bulamayan büyük otçullar, bitkilerin parçalarını seçmek yerine büyük bir kısmını tüketen "bütün bitki avcıları" olma eğilimindedir. Fakat otçullar kendi başlarına bitkilerin selüloz ve lignin gibi hücre duvarı bileşenlerini parçalayabilecek enzimlerden genellikle mahrumdur. Bu nedenle bilmeyerek de olsa arka bağırsaktaki fermentasyon fıçılarında bulunan mikroorganizmaların yardımına başvururlar. Büyük iştahları, kalabalık popülasyonları ve seçici olmayan diyetleriyle bu hayvanlar, doğal habitatlarında büyük bir etkiye sahip olma eğilimindedir. Bu, Mezozoik devler dünyası için açık imalar taşıyan bir modeldir.

Fakat geçmişte veya günümüzde bitkiler, otçulların bu kötü muamelesine kayıtsız kalmaz. Görece hareketsizlikleri ve görünüşte yaşama pasif yaklaşımlarına rağmen, bitkiler otçulların en iyi girişimlerini bertaraf etmek için bir dizi etkili savunma ev-

rimleştirmiştir. En açık savunma, kabuk ve diken gibi besleyici olmayan sert koruma tabakalarıdır. Yapraklar da çok lifli olabilir veya mumlu, tatsız bir tabakayla kaplanabilir. Bu türden besleyici değeri düşük (kötü tadı bir tarafa) ve sert yemlerle karşı karşıya kalan otçullar için sindirilebilirlik genellikle önemli bir engeldir. Bitki tüketiciler, buna yanıt olarak iki stratejiden birini benimsemiştir. İlk strateji çene, dişler ve mide taşları gibi “ön-uç” araçların kullanımına dayalı mekanik parçalamadır. İkinci strateji, tüketilen besinin uzun geçiş zamanları ve büyük, uzun bağırsaklar gibi “arka-uç” düzenlemelerini içerir; bu özellikler bağırsakta yaşayan bakterilerin bitkileri fermente edebilmesini sağlar ve böylece besleyici maddelere erişilebilir. Bitkiler ve otçullar zamanla birbirlerinin üzerinde ekolojik üstünlük sağlamaya çalışarak evrimsel “silahlanma yarışı”na girer.

Askerlik metaforunu genişletecek olursak, bu silahlanma yarışı bazen kimyasal “savaş” halini alabilir; bitkiler otçullarla savaşmanın bir yolu olarak biyo-toksinler, hatta kansere yol açan ajanlar üretir. Bu biyokimyasal üretimin büyük bir kısmı, bitki toplulukları üzerinde önemli boyut farklılıklarına rağmen genellikle omurgalılarından daha büyük bir etkiye sahip olan böcekleri hedef alır. Bu kimyasallardan bazıları yalnızca tatsızken, bazıları ölümcül olabilir; tüketicinin üreme döngüsünün zarar görmesiyle ve hatta ölümüyle sonuçlanır.¹ Bitkiler tarafından üretilen insektisitler, dikkat çekecek biçimde, otçul böceklerin sayılarını sınırlandıran en etkili güç olabilir.²

Bazı bitkiler, caydırıcı zırlara veya zehirli kokteyllere başvurmak yerine alternatif bir savunma stratejisi izleyerek başka türlerle simbiyoz yaşam aracılığıyla ağgözlü otçulları uzak tutar. Örneğin Meksika ve Orta Amerika’nın düzlüklerinde yetişen boğa boynuzlu akasya karıncalarla işbirliği yapar. Çoğu akasya gibi di-

¹ Kahve bitkilerindeki kafein ve tütün bitkilerindeki nikotin, otçulluğu caydırmak için evrimleşen bitkiler tarafından üretilmiş zehirlerin iki benzer örneğidir. Elbette ki bu toksik bileşenler, insanlar tarafından ikincil olarak beyin uyarıcıları olarak kullanılmıştır.

² DDT gibi, insanlar tarafından üretilen böcek ilaçlarının gösterdiği gibi, böcek popülasyonları evrim aracılığıyla kimyasal saldırılara sık sık yanıt verebilmektedir; böceklerin sonraki nesillerinin zehri metabolize etmesine imkân tanıyan başarılı mutasyonlar kaydedilmektedir.

kenlidir ama dikenleri karıncalara bir yuva sunacak şekilde şişkin ve oyuktur. Barınma imkânının yanı sıra karınca ortaklarına şekerler, yağlar ve proteinler de sunar. Bunun karşılığında karıncalar akasyanın yüzeyini kaplayarak bitkiyle temas kurabilecek her boyuttan hayvanı ısırır, kaşındırır ve genel olarak caydırır.³

Bitkilerin otçullarla mücadele etmek için evrimleştirdiği son ve belki de en “ustaca” strateji, onları yemek sofrasına davet etmek, hatta ücretsiz yemeğin reklamını yapacak kadar ileri gitmek ve sonra da hiçbir şeyden habersiz hayvanları çalıştırmaktır. Özellikle çiçekli bitkiler, karşı konulmaz lezzetler üreterek tüketicilerin beslenme ihtiyacından faydalanır. İki yüzyıldan daha kısa bir süre öncesine kadar, insanların gözüne güzel gözüksünler diye Yaratıcı’nın bitkilere güzel çiçekler açtırdığı düşünülmüştür. Daha sona çiçeklerin iki ayaklı primatlarla hiçbir ilgisi olmayan önemli bir ekolojik işlev üstlendiği anlaşılmıştır. (İlk çiçekli bitkilerin insanlardan 125 milyon yılı aşkın bir süre önce ortaya çıktığı düşünüldüğünde, bu geriye doğru dönülüp bakıldığında hiç de şaşırtıcı değildir!) Çiçekler, bitki dünyasının siren şarkılarıdır; polen taşıyıcılarını çekmenin bir aracıdır. Gübreye üşüşen sinekler gibi, bu polen taşıyıcılar-kelebekler ve arılardan yarasalar ve kuşlara kadar- polenleri çiçekten çiçeğe yayar ve kapalı tohumlu bitkilerin çoğalmasını hızlandırır. Günümüzde kapalı tohumluların büyük kısmının polenleri (büyük bir çeşitlilik gösteren tropik yağmur ormanlarının düzlüklerinde yüzde 98 kadarı) hayvanlar tarafından yayılır. Çiçekli bitkiler yayılmak ve üremek için bu ortak evrimleşmiş simbiyozların kelimenin tam anlamıyla eline bakar.

³ Kısa bir süre önce keşfedilen karşılıklı olarak faydalı simbiyozların bir diğer önemli örneği, bazı kozalaklı ağaç türlerinde görülmektedir. Douglas çamları ve kıyı kızılçamı gibi sürekli yeşil olan büyük kozalaklı ağaçlar genellikle yüzlerce yıl yaşar. Buna karşın, onların iğnelerinden beslenen böceklerin görece kısa ömürleri vardır ve bu böcekler genellikle bir yıldan az yaşar. Silahlanma yarışı evrimi gerektirdiğinden, böceklerin ağaçlardan daha hızlı evrimleşmesi ve dolayısıyla onları istila etmesi beklenebilir. Fakat en azından bazı ağaçlar, iğnelerinin içinde yaşayan ve ağaçtan şeker ile nişasta alan mikroskobik mantarlar formunda simbiyotik müttefiklerden faydalanır. Bunun karşılığında mantarlar yerel yaprak döktürücü böcekleri zehirleyen kimyasallar üretir. Mantarlar kısa ömürlü olduğundan, böcek saldırganların hızla değişen taktikleriyle daha iyi başa çıkabilir ve kocaman, heybetli part-nerlerinin yüzlerce ve hatta binlerce yıl ayakta kalabilmesine imkân tanır.

Polenleşme ortaklıkları, milyonlarca yıllık ortak evrimin sonucudur ve birçoğu çok ince ayarlıdır. Örneğin türler arası ilişkiler genellikle çok spesifiktir; bir polen yayıcı hayvan bir tek bitkiye bağlanır. Dahası hem bitki hem de polen yayıcı genellikle ilişkilerini kolaylaştıran özel yapılara sahiptir. Arılar renkli görme, çeşitli kokulara hassasiyet gösterme ve özelleşmiş polen ve nektar taşıma yapılarına sahiptir; bunların tümü polenlerini taşıdıkları çiçeklerle bağlantılıdır. Poleni böcekler tarafından taşıyan çiçekler mavi ve sarı tonlarında olma eğilimindedir, çünkü çoğu böcek kırmızıyı göremez. Buna karşın kırmızı çiçekler büyük ölçüde sinekuşlarının etki alanındadır. Paleontologlar genellikle Kretase Dönemindeki birçok otçul dinazorun kapalı tohumlularla beslendiğini varsayar. Fakat tıpkı günümüzde bizim için de geçerli olduğu gibi bu devasa otçulların besin kaynaklarının çoğalmasa için böceklere bel bağladığını unutmamak önemlidir.

Mezozoik bitkiler ve otçullar, yaklaşık 200 milyon yıl kadar ortak evrimleşmiştir. Bu sürenin büyük bir kısmında dinazorlar büyük otçullar arasında egemen olan türdür. Modern örneklerde olduğu gibi, Mezozoik bitkiler ve hayvanlar da birbirleriyle baş etmek için bir dizi değişen strateji evrimleştirmiştir. Burada bu ortak evrimsel dansın her iki tarafındaki yenilikleri kısaca açıklayıp bu dansın zaman içinde nasıl ilerlediğine dair en iyi tahminlerden bazılarını değineceğim. Bu, bitkileri otçul dinazorların bakış açısından görmeye ve otçul dinazorları da bitki perspektifinden düşünmeye çalışmamızı gerektirir. Burada ilerlerken Serengeti'yi zihninizde tutmanızı istiyorum. Günümüzde Mezozoik ekosistemlerini yalnızca en genel hatlarıyla yeniden yapılandırabilirsek de, tıpkı Afrika örneğinde olduğu gibi bunlar da şüphesiz karmaşıktır ve sıkıca birlikte dokunmuştur.

Beşinci Bölümde dinazorların dünyasına egemen olan dokuz temel bitki grubunu incelemiştik. İlk olarak spor taşıyan pteridofitlerin üç klanı gelmiştir: eğreltiotları, atkuyrukları, kurtayakları. Bunların çoğu alçak boylu, suya bağımlı otsul bitkilerdir. Daha sonra açık tohumluların dört grubu gelmiştir: çikaslar, ginkgolar, kozalaklı ağaçlar ve bennettitler. Tohum taşıyan bu bitkiler Triasik Dönemden erken Kretase devrine kadar yaygın olmuştur. Son olarak

kapalı tohumlular veya çiçekli bitkiler en son ortaya çıkan tohumlu bitkiler grubudur. Erken Kretase devrinde ortaya çıkan kapalı tohumlular bu dönemin sonu itibariyle küresel olarak çeşitlenmiştir. Bu Mezozoik bitkiler, modern karşılıklarıyla aynı türden zorluklara maruz kalmıştır. Onlar da böceklerden dinazorlara otçulları uzak tutmak için çeşitli mekanik ve kimyasal savunmalar evrimleştirmiştir. Aslında paleobotanikçiler günümüzde bitkilerde gördüğümüz savunmaların birçoğunun hem böceklerin hem de dinazorların çoğaldığı Mezozoik Zamanda ortaya çıktığını düşünmektedir.

Bitkiler otçullara çeşitli yollardan yanıt verir. Tercih edilen "strateji" büyük ölçüde atasal formlardan miras alınan evrimsel hammaddeye dayanır. Spor taşıyan pteridofitlerin yaprakları dolgundur ve dikenler veya sert kabuk gibi önemli mekanik savunmalardan mahrumdur. Buna karşın eğreltiotları ve atkuyrukları gibi günümüzde de varlığını sürdüren örnekler sık sık zehirli kimyasallar üretir. Mezozoik spor taşıyıcıların da dinazorlar üzerinde benzer etkilere sahip kimyasal savunmalara sahip olması da olasıdır, belki de büyük olasılıktır. Bir dinazor otçulun perspektifinden, pteridofitler potansiyel olarak hızlı büyüyen, yenilenebilir bir kaynak sunmuş olabilir. Fakat bu kaynağın bolluğu suda çoğalma ihtiyacı nedeniyle sınırlanmıştır ve kimyasal savunmalar sindirilebilirlik bakımından önemli engeller üretmiş olabilir.

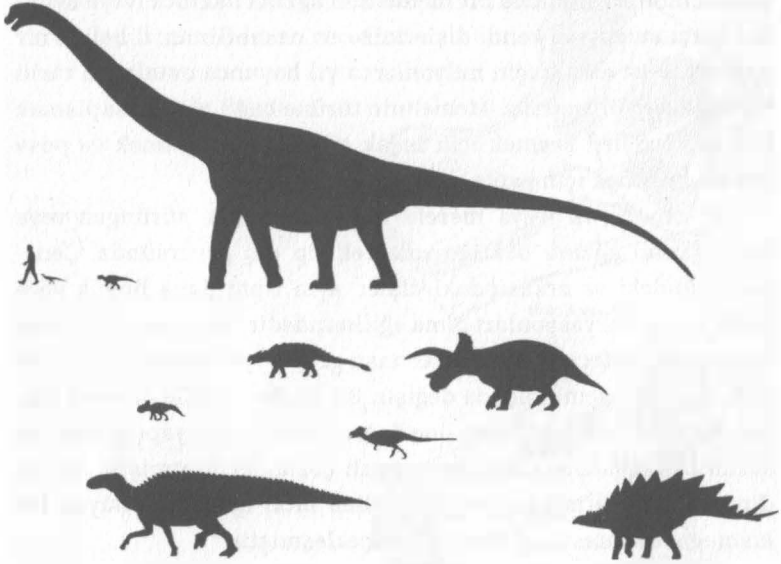
Kapalı tohumlular dışındaki tohumlu bitkiler arasında dinazorlar için hem iyi hem de kötü haber vardır. Çikarlar, ginkgolar, kozalaklı ağaçlar ve bennettitler, su kaynaklarından bir ölçüde bağımsız bir biçimde geniş alanlara yayılarak farklı habitatlar yaratmış ve bolca besin kaynağı sunmuştur. Fakat bu grupların canlı temsilcileri, sert dış kabuklara ve/veya dirençli yapraklara, bazen de dikenlere sahiptir. Ayrıca hücreler genellikle parçalanıp sindirilebilmelerini zorlaştıracak şekilde kalın duvarlıdır. Son olarak tohumlu bitkilerin büyük bir kısmı sindirimi güç kimyasallar ve reçineler bakımından zengindir. Birçok engele rağmen, tüm bu açık tohumlu bitki familyalarının üyeleri dinazorlar tarafından ömürlerinin büyük bir kısmında tüketilmiş olabilir.

Spor taşıyan ve diğer tohum taşıyan bitkilerin aksine kapalı tohumlular bitki yiyen dinazorlar için elverişli bir alternatif sunmuş olabilir. Günümüzdeki çiçekli bitkileri gösterge alırsak, Mezozoik örnekler dolgun yapraklara ve daha az kimyasal savunma-

ya sahip olmalıdır. Diğer tohumlu bitkiler gibi kapalı tohumlular da kalıcı su kaynaklarından büyük ölçüde bağımsız bir biçimde çok çeşitli habitatlarda yetişebilir. Zarar gören bir kapalı tohumlu, çoğu tohumlu bitkinin aksine genellikle yeraltındaki tomurcuklardan yeniden yeşererek hızla toparlanabilir. Bu nedenle çok çeşitli habitatlardan yararlanarak (ve onları birlikte yaratarak) yayılma potansiyeline sahiptirler. Kısacası çiçekli bitkiler bir dinozor otçulun rüyasını süsleyebilir: bol, dolgun ve hızlı büyüyen, sindirilmesi güç daha az kimyasal barındıran, yoğun otçulları tolere edebilen ve biçildikten sonra hızla kendini toparlayabilen bitkiler. Buna karşın kapalı tohumluların Mezozoik Zamanda en son ortaya çıkan bitkiler olduğunu unutmayın. Kapalı tohumlular erken Kretase devrinde ortaya çıkmıştır ve *Brachiosaurus* ve *Stegosaurus* gibi Jura otçulları hiç çiçek görmemiştir. Bazı paleobotanikçiler, kara dünyasının çiçekli bitkilerin ortaya çıkmasının ardından çok daha fazla bitkiyle kaplandığını ve böylece hayvanların da çok daha geniş alanlara yayılabildiğini ileri sürmüştür.

Bitki yiyen dinozorlar hakkında unutulmaması gereken en önemli nokta, birçoğunun gerçekten büyük olduğudur. En büyük sauropodlar, yaklaşık 70 ton (150.000 pound) ağırlıklarıyla en büyük fillerden on kat daha ağırdır. Bilinen en küçük dinozor otçullar bile oldukça büyüktür; Güney Afrika'dan ilkel bir form olan *Lesothosaurus*'un boyu yaklaşık bir metre, ağırlığı ise 4 ile 7 kilogram (9-15 pound) arasındadır. Bu da kuşlar ve memelilerin en küçük örneklerinden katbekat büyüktür.

Dinozorların beslenme davranışına ilgi duyuyorsanız, ipuçlarını araştırmaya başlamak için en iyi yer dişlerdir. Bu dirençli mine ve dentin parçaları, sahibinin diyeti hakkında kıymetli işaretler sunar. Dişler bakımından dinozorlar köpekbalıklarına çok benzerdir. Köpekbalıkları sürekli diş değiştirir ve düzenli olarak yeni dişler üretir. Taşıma kayışına benzer muhteşem bir sisteme sahip olan köpekbalıkları eski dişleri dışarı atar ve yeni dişleri döndürerek onların yerine yerleştirir. Bir deniz aslanına saldırırken birkaç dişi kırılırsa? Hiç sorun değil; hazırda bekleyen birçok diş vardır. Köpekbalıkları ve dinozorların çene mekanizmaları birçok bakımdan tamamen farklı olsa da, her iki grup da eski dişlerinin yerine sürekli yeni diş üretir/üretmiştir.



Şekil 7.1: Dinozor otçullardaki boyut çeşitlenmesi. Soldan sağa üst sıra: *Lesothosaurus* (erken Jura devrinden ilkel bir ornithischian), *Psittacosaurus* (erken Kretase devrinden ceratopsian) ve *Argentinosaurus* (geç Kretase devrinden bir sauropod). Soldan sağa ikinci sıra: *Protoceratops* (geç Kretase devrinden bir ceratopsian), *Euoplocephalus* (geç Kretase devrinden bir ankylosaur), *Pachycephalosaurus* (geç Kretase devrinden bir pachycephalosaur) ve *Triceratops* (geç Kretase devrinden bir ceratopsian). Soldan sağa alt sıra: *Edmontosaurus* (geç Kretase devrinden bir ornithomimid) ve *Stegosaurus* (geç Jura devrinden bir stegosaur). Üst sıradaki insan figürü ölçek sunmak için eklenmiştir.

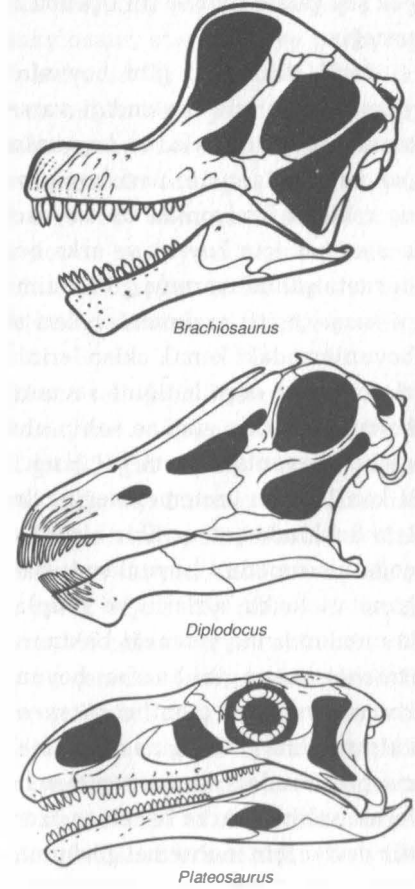
Buna karşın insanlar ve diğer birçok memeli, genellikle “bebeklik” ve “yetişkinlik” dişi olarak adlandıran iki diş kümesine sahiptir. Yetişkin dişler yıpranınca insanlar (en azından bunun masrafını karşılayabilenler) dişçilere gider. Filler ve atlar gibi diğer memeli türlerinin yaşlı bireyleri, dişlerini bilemeleriyle tanınmıştır; bu hayvanlar beslenemezse çok geçmeden açlıktan ölür. Evrim, diğer omurgalılar sınırsız sayıda yeni diş çıkarabilirken memelileri neden sadece iki diş kümesiyle lanetlemiştir? Bu sorunun yanıtı özelleşmedir. Dişleri sürekli çıkmadığı için memeliler üst ile alt diş yapısı arasında hassas ve çeşitli türden temaslara

sahip olabilir. Ortalama bir memelinin ağzına bakınca (veya aynanın karşısına geçip kendi dişlerinize de bakabilirsiniz) belirli bir işleve hizmet etmek için milyonlarca yıl boyunca ustalaşan türlü türlü dişler görürsünüz. Memelinin türüne bağlı olarak, saplamak için sivri dişler, kesmek için bıçak gibi dişler, öğütmek ve posa haline getirmek için geniş azıdişleri bulunabilir.

Bir dinozorun (veya mesela bir köpekbalığı, sürüngen veya kurbağanın) ağzına baktığınızda tek tip diş görürsünüz. Çenenin önündeki ve arkasındaki dişler, aynı tipin daha büyük veya daha küçük varyasyonları olma eğilimindedir. Fakat diş tiplerinin spesifik karakteristikleri söz konusu grup veya hayvanın diyetine bağlı olarak önemli ölçüde değişir. Bir başka deyişle dinozor dişleri aynı tür içinde arkadan öne doğru homojen bir yapıda olsa da, evrim beslenmenin zorluğuna çeşitli çözümler üretmiştir. Ayrıca dinozorlar tarafından gerçekleştirilen bitki işlemenin büyük bir kısmı gastrointestinal kanalda gerçekleşmiştir.

Birlikte Sauropodomorphlar adıyla bilinen yakın akraba prosauropodlar ve sauropodlar, kara hayvanlarının tarihinde en başarılı "deneylerden" birini temsil eder. Ayrıca dinozor otçulların ilk yayılışına neden olmuşlardır. İlk olarak geç Triasik devirde ortaya çıkan bu dinozorlar, daha önceki büyük kara hayvanlarının tüm büyüklük rekorlarını kırmıştır ve Mezozoik Zamandan itibaren çok az hayvan buna yaklaşmıştır. Sauropodlar, Jura Döneminde küresel olarak egemen kara otçullarıdır ve Kretase Döneminde de başta Güney Yarımküre olmak üzere gezegenin büyük bir kısmında bu rolü oynamaya devam etmiştir. İnsanlar sauropodların inanılmaz büyüklüklerine uzun süre hayret etmiş ve bu tür hayvanların karınlarını doyurmak için yeterli besini nasıl tüketebildiğini merak etmiştir. Metabolizma hızından bağımsız olarak bu tür büyük hacimli hayvanlar beslenme tercihlerinde aşırı seçici olamamıştır.

Sauropod kafatasları, birçok garip çeşide sahip olmakla birlikte iki genel tiptedir. *Camarasaurus* ve *Brachiosaurus* tarafından örneklendirilen ilk kafatası tipi, önden arkaya kısıdır ama kaşık şeklindeki kalın dişleriyle ve kemikli dış burun deliğiyle ön kısmı uzundur. *Diplodocus* ve birçok 'titanosaur'a özgü ikinci tip



Şekil 7.2: Sauropodomorph dinazorlarının kafataslarında ki çeşitlenme: *Brachiosaurus* (bir sauropod), *Diplodocus* (bir sauropod) ve *Plateosaurus* (bir prosauropod). Çizimler ölçekli değildir.

kafatası, çenenin ön tarafıyla sınırlanmış dar, kalem gibi dişleriyle daha uzun ve daha kısadır. Genellikle sauropodların dişleriyle yaprakları dallardan sıyrarak beslendiği düşünülmektedir. Birçok form, çene kapatıldığında üst ve alt diş taçlarının görece hassas bir biçimde birbirine denk geldiği diş oklüzyonuna sahiptir. Fakat sauropodlar, memelilerin çiğneme yeteneklerinin olsa olsa çok azına sahiptir. Bazı araştırmacılar, zürafalar gibi sauropodların da besin öğelerini dilimlemek için güçlü dillerini kullandığını varsayar. Bu tür dev hayvanların muazzam cüsselerini beslemek için boğazlarından yeterince besini nasıl geçirebildiği hakkında

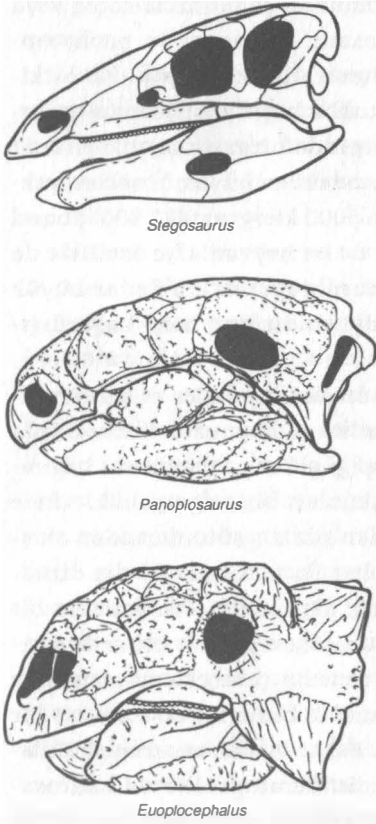
çok şey yazılmıştır ve On Üçüncü Bölümde bu ilginç probleme dö-
neceğiz.

Zarif, dik, kuğu gibi boyunlarıyla sauropodların genellikle yüksek bitkilerle beslendiği varsayılır. Neredeyse düşey olarak tutulan boyunlarıyla, bu hayvanların en büyükleri dört katlı bir pencereden içerisini periskop gibi dikkatle inceleyebilirdi. Daha uç rekonstrüksiyonlar, bu hayvanları dövüşmek, eşleşmek veya beslenmek için kuyruk ve arka bacaklardan oluşan üç ayaklı bir duruşta şahlanıyormuş gibi betimler. Son yıllarda bu davranışlara karşı çeşitli argümanlar ileri sürülmüştür. Bazıları sauropod boyunlarındaki kemik eklemlerinin zürafa benzeri dik boyun pozisyonlarını engellediğini savunurken, bazıları kasların baş ve boynu kaldırma gücüne sahip olmadığına dikkat çeker. Bazıları da bu hayvanların kanı göğüsten kafaya pompalamak için yeterli kan basıncı üretemeyeceğini ileri sürer. Günümüzde bu problem hakkında çok az fikir birliği vardır. Yine de mevcut kanıtlar, çoğu sauropodun boyunlarını daha yatay bir pozisyonda tuttuğuna ve farklı türlerin ve grupların boynu dik bir pozisyonda konumlandırma yeteneği bakımından farklılaştığına işaret eder. *Brachiosaurus* gibi bazıları boyunlarını her zaman zürafalar gibi konumlandırmış olabilir; *Dicraeosaurus* gibi bazıları kafalarını kaldırabilme yeteneğine muhtemelen hiç sahip değildir; *Diplodocus* gibi bazıları da muhtemelen bazı yatay ve düşey hareket yetilerine sahiptir. Arka bacaklar üzerinde şaha kalkma davranışı bu tür devler için muhtemel görünmemektedir. Fakat cinsel birleşme eylemi en azından bazı erkeklerin bu davranışı zaman zaman sergilemiş olmasını gerektirmiştir. Doğada yaşayan filler gibi (sirk fillerinin aksine) sauropodların şaha kalkması mümkün olsa bile bunun Mezozoik coğrafyalarda yaygın bir görüntü olmadığını düşünüyorum.

Sauropodomorphlar dışında tüm önemli dinazor otçul grupları, kuş kalçalı Ornithischia klanının içindedir. Bu grubun üyeleri, hayattayken muhtemelen sert bir kaplamayla örtülen dişsiz gagalara sahiptir. Fakat beslenme stratejileri, ornithischianler arasında görünüşe göre büyük farklılıklar arz etmiştir. En basit

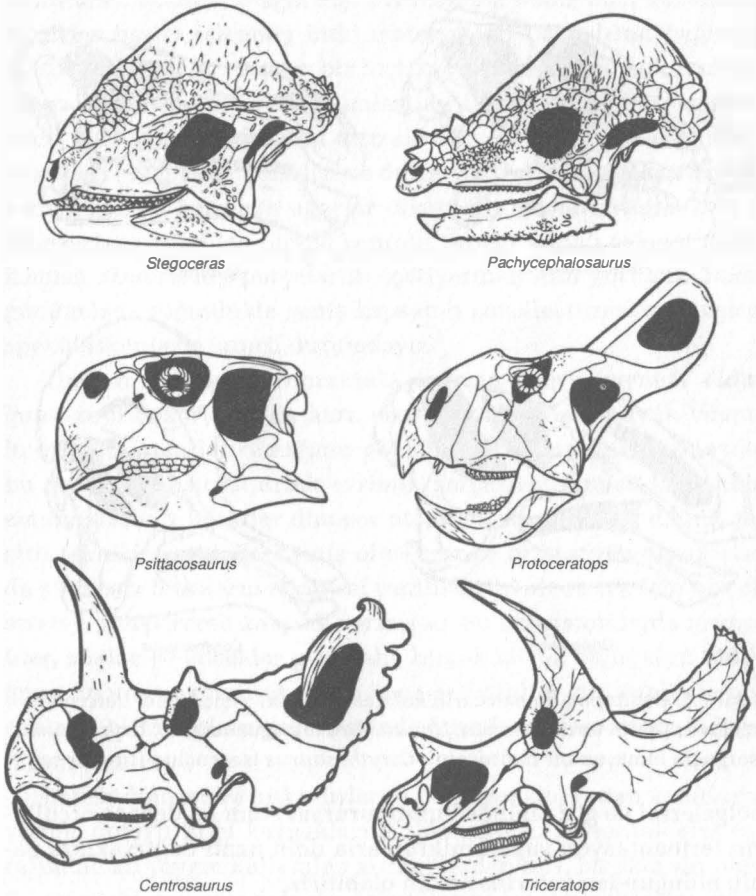
dişler –üstlerinde sert çıkıntılar bulunan çoğunlukla kaşık veya yaprak şeklindeki yapılar– ankylosaur, stegosaur ve pachycephalosaurlar gibi hayvanlarda bulunur. İlk iki grup alçak bitkilerle beslenen dört ayaklılarken, kubbe başlı pachycephalosaurlar iki ayaklıdır ve üst bitki tabakasında biraz daha yukarılarda beslenebilmiştir. Bu otçul klanlarındaki en büyük örnekler, yaklaşık 10 metre (30 fit) uzunlukta ve 6000 kilogram (13.000) pound ağırlığındadır. Dolayısıyla bir kez da bu hayvanların özellikle de etkisiz dişleri göz önünde bulundurulduğunda bu kadar büyük vücutlara bakmak için yeterli bitkiyi sindirmeyi nasıl başardığını merak konusudur.

Ornithischianler arasındaki en özelleşmiş dişler ve çeneler ördek gagalı dinozorlarda (hadrosaurlar) ve boynuzlu dinozorlarda (ceratopsidler) bulunur. Bu iki grup güçlü diş takımlarını bağımsız olarak evrimleştirmiştir. Diş takımları bir araya geldiklerinde kesintisiz bir kesici kenar teşkil eden sıkı diş sütunlarından oluşmuştur. Üst ve alt diş yapılarının her iki tarafında 40 diş dizisine ve her sütunda birden çok yedek dişe sahip olan yetişkin bir *Triceratops* veya *Edmontosaurus*'un çenesi gerçek anlamda yüzlerce diş içermiştir. Etçillerde alt çenenin çene eklemi genellikle diş dizisiyle aynı seviyededir ve çenenin basit, makasa benzer bir biçimde kapanmasına neden olur. Fakat makas tasarımı bitkilerin işlenmesi için daha elverişsizdir. Ceratopsidler ve hadrosaurlarda çene eklemi diş dizisi seviyesinin altındadır; bu öncesi ve sonrasında diğer otçularda görülen bir modeldir. Karşılıklı denkleştirme, bütün üst ve alt diş yapılarının neredeyse aynı anda birbirlerine temas etmesini mümkün kılar. Bu, bitkiyle dolu bir ağızda büyük bir avantaj teşkil eder. Alttaki dişler, üsttekilerin içine geçerek alt ve üst diş dizilerinin birbiriyle temas etmesini ve iki uzun bıçak gibi birbirine sürtmesini sağlar.



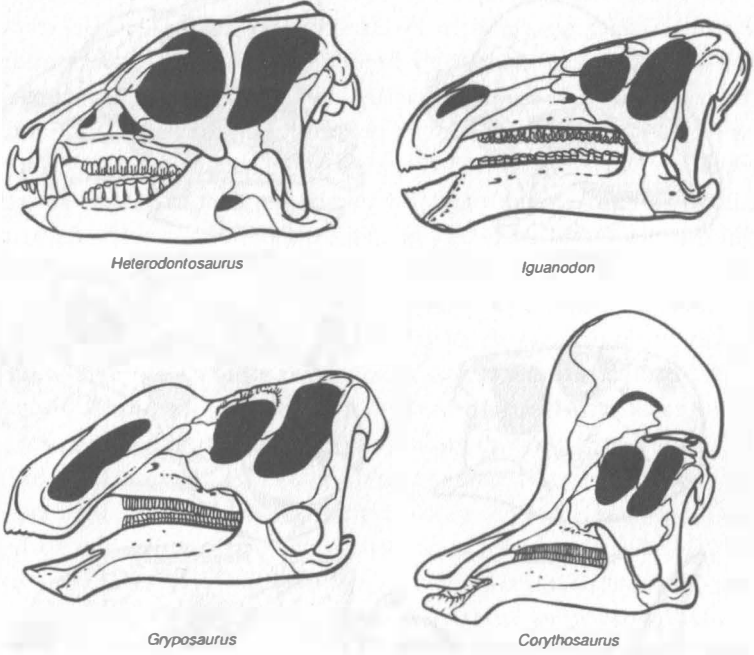
Şekil 7.3: Thyreophoran (zırhlı) dinozorların kafataslarındaki çeşitlenme: *Stegosaurus* (bir stegosaur), *Panoplosaurus* (bir nodosaurid ankylosaur) ve *Euoplocephalus* (bir ankylosaurid ankylosaur). Çizimler ölçekli değildir.

Hadrosaurılar ve ceratopsidlerde bağımsız olarak evrimleşen bu ayrıntılı besin işleme sistemleri, memelilerde olduğu gibi çiğnemeye elverişli değildir. Ceratopsidlerin çeneleri besin öğelerini daha küçük lokmalara bölerken, hadrosaurılarda üst ile alt diş yapıları arasındaki eğik temas dilimlemenin yanı sıra ezme ve öğütme yeteneğini de akla getirir. Her iki grupta da dişlerle dolu çenenin ön kısmında son derece kalın, sağlamlaştırılmış bir gaga eşlik etmiştir; ceratopsidlerde bu dar ve papağan benzeriyken, hadrosaurılarda daha geniş ve daha çok toynak şeklindedir. Gaga muhtemelen bitkileri koparmak için kullanılmıştır. Bitkiler daha sona yutulmadan önce dişler tarafından dilimlenmiştir. Keratinle kaplı bir gaga, güçlü diş takımları, alçalmış bir çene eklemi



Şekil 7.4: Kafası köşeli olan (marginosefalin) dinazorların kafataslarındaki çeşitlenme: üst sırada pachycephalosaur *Stegoceras* ve *Pachycephalosaurus*; orta sırada ceratopsian *Psittacosaurus* ve *Protoceratops*; alt sırada seratopsid ceratopsianler *Centrosaurus* ve *Triceratops*. Çizimler ölçekli değildir.

ve bolca kas gücüne sahip bu ileri seviye besin işleme sistemleri, Kretase Döneminin "Cuisinart" mutfak robotu gibidir; boynuzlu ve ördek gagalı dinazorları hassas beslenme aparatlarıyla donatmıştır; bunlar büyük otçul memelilerin 30 milyon yılı aşkın bir süre sonra evrimleştiireceği kadar karmaşıktır. Büyük bağırsak



Şekil 7.5: Ornitopod dinazorların kafataslarındaki çeşitlenme: *Heterodontosaurus* (bir heterodontosaur); *Iguanodon* (bir iguanodont); *Gryposaurus* (sorguçlu olmayan bir hadrosaur); *Corythosaurus* (sorguçlu bir hadrosaur).

bölgelerini de göz önünde bulundurursak, tüm bu devasa otçulların fermentasyon yapan mikroplarla dolu uzun bağırsaklara sahip olduğundan yeterince emin olabiliriz.

Otçul dinazorların belirli türlerini, tercih ettikleri bitki diyetleriyle eşleştirme noktasına gelince karanlığa gömülürüz. Bu talihsiz durum, bilgi dağarcığımızda gelecekteki araştırmaların doldurabileceği önemli bir boşluğu temsil eder. Dişlerdeki mikroskobik aşınma örüntülerine ilişkin araştırmalar, farklı bitkiler farklı aşınma izleri bırakabileceğinden yardımcı olabilir. Diş mineleri, araştırmacıların diyetle ilgili en azından genel ölçekli soruların –örneğin et ve bitki karşılaştırması, açık ve kapalı kanopi orman koşulları karşılaştırması gibi– yanıtlarını aramasına imkân tanıyan izotopları koruyabilir. Gastrointestinal (GI) ka-

nalın arka ucunda, olağandışı bir biçimde nadir olan korunmuş örnekler bazen işlenmiş bitki materyalleri barındıran bağırsak içeriklerini kapsar. Benzer bir biçimde, büyüklükleri bakımından dinazorların dışkısı olduğu anlaşılan fosilleşmiş dışkı örneklerinin (KOPROLİT) sayısı da artmaktadır. Son iki kanıt çizgisinin örnekleri –bağırsak içerikleri ve dışkı– hadrosaurların en azından zaman zaman kozalaklı ağaçlar tükettiğini gösterir. Buna karşın dinozorlara atfedilen birkaç koprolit örneği, kapalı tohumluların kısmen sindirilmiş parçalarını içeriyormuş gibi görünür. Fakat günümüzde çoğunlukla geniş kapsamlı genelleştirmeler ve cesur spekülasyonlarla sınırlı durumdayız.

Yine de bitkilerin topraktaki egemen enerji kaynağı olduğunu ve dinozorların da kara ekosistemlerindeki büyük vücutlu egemen otçullar olduğunu göz önünde bulundurduğumuzda, bu gruplar arasında ortak evrimin gerçekleştiğinden kesinlikle emin olabiliriz. Bitkiler dinozor otçulları engellemeye dönük çeşitli teknikler evrimleştirmiş olmalıdır ve bitki yiyen dinozorlar da şüphesiz bitkilerin evrimsel yeniliklerini alt etmek için birçok strateji geliştirerek karşılık vermiştir. Bu ekosistemlerde memeliler, kuşlar ve böcekler gibi daha birçok küçük otçul türü olduğunu da unutmamalıyız. Daha önce belirtildiği gibi özellikle böceklerin bitki toplulukları üzerinde önemli etkilere sahip olduğu bilinmektedir.

Belirli dinozor ve bitki türlerini bağlayan doğrudan kanıtların yerine, dolaylı bilgi kaynaklarına dönmeliyiz. Paleontologlar tarafından en yaygın kullanılan stratejilerden biri, birlikte var olan iki gruptaki evrimsel değişim örüntülerini araştırmak ve bu örüntülerin anlamlı şekillerde örtüşüp örtüşmediğini görmektir. Bu nedenle dinozorlar ve bitkilerin tüm Mezozoik kadrosuna bakıp ortak evrimin olası örneklerini gözden geçirelim. Bu bitki-otçul etkileşimlerinin ayrıntıları derin zamanın milyonlarca yılında belirsiz hale gelse de, sınanabilir hipotezleri yapılandırmaya başlayabiliriz. Bitki-dinazor denkleminin her iki tarafındaki bilinen evrimsel örüntüler bazı provokatif senaryolara yol açabilir. Aşağıda özetlenen hipotezlerin birçoğu iki paleobotanikçinin çalışmasından gelir: Smithsonian Kurumundan Scott Wing ve Santa Barbara, California Üniversitesinden Bruce Tiffney.

Dinozorlar geç Triasik devirde ilk olarak ortaya çıktığında, bitki dünyasına tohumlu bitkiler egemendi. Karasal ekosistemlerin Pangaea oluşumundan sonra önemli bir dönüşüme uğradığını hatırlayın; suyu seven spor taşıyıcı bitkilerin yerini büyük ölçüde kuraklığa uyum sağlayan tohum taşıyan bitkiler almıştır. Başta kozalaklı ağaçlar olmak üzere, bunların bazıları daha önceki kara bitkilerinin çok ötesindeki yüksekliklere ulaşarak yerden yüksekteki bitkilerin büyük bir kısmında yoğunlaşmıştır. Atalarının aksine geç Triasik devri bitkileri de sert ya da dikenli kabuklara sahip olma eğilimindedir; bu büyük otçulların artık görece düşük kalitede diyetlere dayanması gerektiği anlamına gelir.

Yukarıda değinildiği gibi, kozalaklı ağaçların hem evrimsel anlamda hem de mutlak yükseklik anlamında geç Triasik devirde yükselişinin otçul dinozorlarla ortak evrimle bağlantısı kurulabilir. Kozalaklı ağaçlar, prosauropodlarla yaklaşık olarak aynı zamanda yeni yüksekliklere ulaşmıştır. Avrupa'da *Plateosaurus* ve Güney Amerika'da *Riojasaurus* gibi uzun boyunlu prosauropodlar geç Triasik ekosistemlerde başlıca oyunlar olarak ortaya çıkmıştır ve daha önce karada yaşayan bütün otçulların büyüklüklerini önemli ölçüde aşmıştır. Bunlara ilkel sauropodlar eşlik etmiştir ve prosauropodların nesli erken Jura devrinde son bulurken, sauropodlar Jura Dönemi boyunca küresel olarak egemen büyük otçullar olmayı sürdürmüştür. Geç Triasik devirde bitki topluluklarında görülen savunma taktiklerindeki değişim, kısmen dinozor tüketicilere bir yanıt olarak gerçekleşmiş olabilir. Yeni evrimleşmiş dev büyüklükler ve uzun boyunlara sahip sauromorflar, daha yüksek bitkilerle beslenebilmiştir. Yüksek ve alçak bitkilerle beslenen hayvanların var olduğu Triasik ekosistemler, anlaşıldığı kadarıyla bitkilerin otçullar tarafından yükseklik temelinde bölümlenmesini içeren ilk ekosistemlerdir. Bu çok kademeli otçul yaklaşımı, tekrar tekrar evrimleşen bir örüntüdür ve Mezozoik Zamandan önce ve sonra kara ekosistemlerinin standart bir özelliği haline gelmiştir.

Sauropod-kozalaklı ağaç bağlantısının, Jura Dönemi boyunca ve en azından bazı bölgelerde Kretase Dönemine kadar devam ettiği düşünülmektedir; bu süreçte her iki grup da çeşitlenerek geniş bir form aralığına ulaşmıştır. En büyük Jura sauropodları,

üst bitki tabakasına 10 metreden (30 fit) daha fazla yaklaşabilmiştir. Sauropodların belirli türleri arka bacakları üzerinde dikilebildiyse, daha da yükseklerle erişebilirdi. Bazı sauropodların başlarını vücutlarından yukarıya kaldırmaları muhtemel görünmese de, diğerleri yüksek ağaçların üst kısımlarıyla beslenmek için büyük vücutlarını ve uzun boyunlarını kullanabilmiştir. Dolayısıyla uzun boyunlar ve yüksek ağaçlar beraber evrimleşmiş olabilir. Yine de bu araştırmada bilimsel bir yaklaşım izleyeceksek, ağaçların neden yükseldiğinin tüm olası nedenlerini gözden geçirmeliyiz. Örneğin, daha yükseğe ulaşan türler avantaj sağladığı için bitkiler arasında güneş ışığına erişmek için artan bir rekabet olabilir.

Otçulların boyu, bunda etkili bir faktör olduysa bile yalnızca denklemin bir kısmını teşkil etmiştir. Bir diğer önemli evrimsel faktör vücut kütlesi, yani büyüklüktür. Geç Triasik devirdeki floralar daha kalın olduğundan ve dolayısıyla düşük kalitede besin sunduklarından daha büyük vücut kütlelerine sahip otçullar başarı kazanmış olabilir. Gittikçe sert, lifli bitkilerin egemen olduğu bir dünyada, daha uzun bağırsaklara sahip büyük hayvanlar bu problemleri daha iyi sindirebildikleri için özel bir avantaj sağlamış olabilir. Bu ortak evrimsel hızın örnek teşkil ettiği geribesleme döngüsünün, uzun zamandır süregelen bir gizeme çözüm sunduğunu ileri sürenler de çıkmıştır. Dinozorlar neden çok büyüktü? Belki de otçul dinozorlar daha yüksek, daha zayıf kalitede bitkilerden beslenmek için gittikçe büyük boyutlara evrimleşti. Etçil dinozorlar da devlerin dünyasında etkin birer avcı olabilmek için modaya uydu ve otçul avlarındaki bu egemen motifi taklit etti. Gerçeklik şüphesiz daha karmaşıktır ve "tamamen doğru" bir öyküyü daha az anımsatır ama bu basit senaryo, kara ekosistemlerinin yüzünü sonsuza dek değiştiren birbiriyle bağlantılı olaylar dizisini ortaya koyan önemli bir doğru nüvesi barındırabilir.

Kretase Dönemine geri döndüğümüzde, flora âlemindeki en büyük olay kapalı tohumluların ortaya çıkması ve yayılmasıdır. Çiçekli bitkiler ilk olarak erken Kretase devrinden fosil kayıtlarında yaklaşık 125 milyon yıl önce ortaya çıkmış ve geç Kretase devrinin sonunda yaklaşık 65,5 milyon yıl önce egemen kara bitkileri haline gelmiştir. Kretase Dönemi, dinozor otçulların birçok gru-

bunun çeşitlenmesine de tanıklık etmiştir. Bu liste ördek gagalı hadrosaurılar (ornitopodların bir alt grubu) ve çok uzmanlaşmış, besin işleyen çenelere sahip boynuzlu ceratopsidler kapsar. Bu örüntülerin kabulü, ilk olarak 1980'lerin ortasında Robert Bakker ile bağımsız olarak Scott Wing ve Bruce Tiffney tarafından ortaya atılan otçul dinozorların çiçekli bitkilerin evrimini tetiklediği hipotezine yol açmıştır. Bakker kendine özgü provokatif bir tarzda "dinozorların çiçekleri icat ettiği" iddiasını dile getirecek kadar ileri gitmiştir. Bu fıkre göre, geç Jura ve erken Kretase devirlerde bitkiyle beslenen dinozorların yoğun beslenme etkinlikleri çikar, ginkgo ve kozalaklı ağaclar gibi tohum taşıyan bitki topluluklarının üzerinde büyük bir baskı yapmıştır. Bu büyük zarar, iddia-ya göre, belirli karakteristiklere sahip bitkilerde daha büyük bir evrimsel başarıyla (doğal seçim ve uyarılma sayesinde) sonuçlanmıştır: hızlı büyüme, zarara tolerans ve yeraltındaki tomurcuklardan yeniden yeşerebilme yeteneği. Spor taşıyan bitkiler ve birçok tohum taşıyan bitki bu baskıya yanıt veremediğinden, tüm bu özelliklere sahip tohumlu bitkilerin yeni bir grubunun yayılması için sahneyi hazırlamıştır: kapalı tohumlar bitkiler.

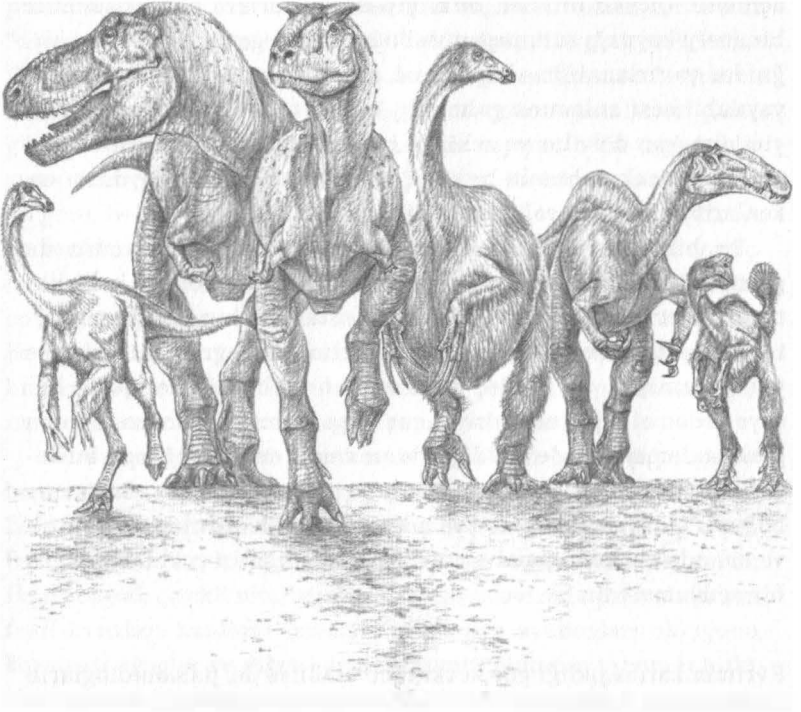
Bu hipotez, çelişkili birçok noktaya dikkat çeken diğer paleo-biyologlardan oldukça ayrıntılı eleştirilere konu olmuştur. Öncelikle erken Kretase devrinde (ve hatta geç Kretase devrinde) kapalı tohumlu bitkiler-dinozor etkileşimlerinin asgari kanıtları vardır. İkinci olarak çiçekli bitkiler erken Kretase devrinde yaygınlaşırken, fosil kayıtları bunların önemsiz ekosistem oyuncular olduğunu, kozalaklı ağaclar ve diğer kapalı tohumlu olmayan tohumlu bitkilerin güncel biyokütlerde egemen bitkiler olarak kaldığını gösterir. Üçüncü olarak otçul dinozorlardaki karmaşık çene mekanizmaları ve diğer önemli beslenme yeniliklerinin kapalı tohumlu bitkilerin kökeninden çok önce veya uzun süre sonra ortaya çıkması, bu özelliklerin çiçekli bitkilerin kökeninde çok az etkiye sahip olduğunu gösterir. Bir başka deyişle, kapalı tohumlu bitkiler ve dinozorların temel evrimsel örüntülerinin çakışmaması, çiçeklerin "icadında" başka faktörlerin etkili olması gerektiğini anlamına gelir.

Yine de kapalı tohumlu bitkilerin, hadrosaurılar ve ceratopsidler gibi otçulların geç Kretase devrinde yayılmalarını etkin bir biçimde "sigorta ettirdiği" kesinlikle akla uygundur. Tüm dinozor-

ların yaklaşık yarısı, Mezozoik Zamanın son 20 milyon yılından bilinmektedir; dolayısıyla tüm dinazorların yüzde 50'si 160 milyon yıllık Mezozoik kadronun son yüzde 12'lik dilimiyle sınırlıdır. Bu gözlem en azından kısmen koruma ve örnekleme problemlerinden kaynaklanabilecek olsa da, en son Kretase ekosistemlerinin daha önceki her şeyden tamamen ayrı olduğunu iddialarına yol açmıştır. Çiçekli bitkiler, bitki yiyen dinazorlara bol, erişilebilir bir enerji kaynağı sunmuştur ve bu bitkilerin geniş bir çevre aralığından yararlanabilme kapasitesi, dinazorların bu yeni ortamlara yayılabilmesi anlamına gelmiştir. Kapalı tohumlu bitkiler, besleyici olmayan dokular ve zehirler başta olmak üzere pteridofitleri ve daha önceki tohumlu bitkileri iştah kaçırıcı kılan caydırıcı etkenlerin birçoğuna sahip değildir.

Bu, bitkilerin Kretase dinazorlarını "icat ettiği" anlamına da gelmez. Bitkiler ve dinazorlar, diğer birçok yaşam formuyla birlikte, ortak evrimleşmiştir; birbirlerini ortak bir biçimde yaratmıştır yani ekosistemin ayrı parçaları evrim aracılığıyla birbirlerine yanıt vermiştir. Bu tür bir açıklamanın tehlikesi, "her şeyin her şeye neden olduğu" neticesiyle baş başa kalmaktır. En azından bu genel anlamıyla ifade edildiğinde sınamayı engellediği için bu kaçınılmaz bir netice olacaktır. Her şeye rağmen formların birbirine bağımlı olarak birlikte ortaya çıkması, büyük olasılıkla olayların ve aslında evrimin genel olarak nasıl işlediğinin çok daha doğru bir açıklamasıdır.

Evrimin karmaşıklığı göz korkutucu olabilse de, paleontologların bugün karşı karşıya olduğu durum kasvetli değil heyecan vericidir. Örüntüleri ve zamanlamalarını daha iyi tanımlayabildiğimize göre, görüşlerimizi arındırmaya başlayabiliriz. Tıpkı Serengeti gibi Mezozoik ekosistemleri anlamak için kat etmemiz gereken çok uzun bir yol varken paleontologların ekosistemler hakkında daha yüksek, daha bütüncül seviyede yanıtlar aramaya daha yeni başladığını hatırlamak önemlidir. Yeni, daha bütüncül bir perspektif gerçekten yerleştikten sonra, sayısız beklenmedik keşfin yaşanması olasıdır. Elbette ki dinazorların destansı yolculuğu, otçulların yanı sıra etçilleri de içermiştir ve şimdi dikkatlerimizi et yiyenlere yönlendireceğiz.



Etçillerin yanı sıra olası hepçil ve otçulları içeren temsili theropod dinzorlar. Soldan sağa: ornithomimosaur *Ornithomimus* (hepçil?); tyrannosaur *Tyrannosaurus* (etçil); abelisaur *Carnotaurus* (etçil); therizinosaur *Therizinosaurus* (otçul); spinosaur *Suchomimus* (etçil); oviraptorosaur *Khaan* (hepçil?).

YIRTICILAR TAKIMI

Birkaç istisna dışında, bitki yiyen hayvanların bulunduğu her yerde et yiyenler de bulunur. Aslında hemen her ekosistem en az iki tüketici seviyesi –yani diğer tüketicileri yiyen tüketicileri– içerir; trofik veya beslenme piramitlerinin tepesinde bazen aslanlar veya katil balinalar gibi ünlü hayvanlar yer alır. Bu ekolojik yapı, güneş enerjisi akışının bitkilerden otçullara ve onlardan da etçillere geçmesine olanak tanır; tüketici zincirinde birbirini izleyen halka, önemli ölçüde küçülen bir kullanılabilir enerji havuzuyla kısıtlanır.

Dinozorlar dünyası da bu kural için bir istisna teşkil etmez. Mezozoik Zamanın son üçte ikilik kısmında theropod dinozorlar karadaki egemen büyük etçillerdir. Bu yırtıcı familyası, Triasik Dönemde süperkita Pangaea’da ortaya çıktıktan sonra dünya genelinde önemli bir form çeşitliliğine ulaşmıştır. Theropod kalıntıları belli başlı tüm kıtalardan çıkarılmıştır ve Antarktika’dan Kuzey Kutbunun en uç noktalarına kadar uzanır. Günümüzde bilinen yaklaşık 700 dinozor türünden yüzde 40 kadarı theropoddur. Bu tahmin muhtemelen birçok önyargı içerse de, theropodların çeşitlilik arz eden bir grup olduğu rahatlıkla söylenebilir. Fakat ekosistemler üzerinde düşünürken, tek tek hayvanların toplam sayısı ile mevcut türlerin toplam sayısını ayırt etmek önemlidir. Bu nedenle tek tek etçil hayvanların toplam sayısı (ve dolayısıyla biyokütlesi) genellikle otçulardan çok daha küçük olsa bile, etçil türlerin sayısı bitki yiyenlerinkine yaklaşabilir.

Çoğu theropodun et yediğini nasıl bilebiliyoruz? Ete dayalı bir diyetin doğrudan kanıtı, birden çok kanıt çizgisinden gelir. En açık göstergeyi beş yaşındaki her çocuk söyleyebilir: sivri dişler. Diş şekilleri theropod türler arasında önemli bir çeşitlilik gösterse de, büyük çoğunluk bıçak şeklinde, geriye doğru eğimli ve

tırtıklıdır. Mikroskopla bakıldığında her tırtık, ucu kör olan minyatür bir dişi andırır. Bu küçük yapılar, tıpkı bir et bıçağı gibi, avın etindeki kas liflerini ayırmaya yaramıştır. Tırtıklı dişler etlerin işlenmesinde öylesine faydalı bir araçtır ki köpekbalıkları, Komodo ejderleri ve kılıç dişli kediler gibi etçil omurgalılarda birçok kez evrimleşmiştir. *T. rex* dahil olmak üzere en azından bazı theropodların diş tırtıklarının dişlerde çürüyen et liflerini tutarak farklı bir rol üstlendiği ve bu yırtıcıların bu sayede günümüzdeki Komodo ejderleri gibi ölümcül, bakteri yüklü ısırmalar attığı ileri sürülmüştür.

Diğer dinazorlarda olduğu gibi, theropod dişleri de değişebilir; theropodlar eski dişlerin yerini yenilerin aldığı dalgalar halinde diş çıkarmıştır. Uzun bir hayat boyunca (mesela yaklaşık 30 yaşında) *Tyrannosaurus* muhtemelen yüzlerce diş değiştirir. Bunlardan bazıları zamanından önce çıkmıştır (örneğin kemiğe şiddetli bir darbenin ardından) ama birçoğu düzenli bir döngü halinde değişmiştir. Mutlak bir biçimde bozulmamış örnekler içeren izole theropod dişler, Mezozoik fosil kalıntılarında yaygın olarak bulunur.

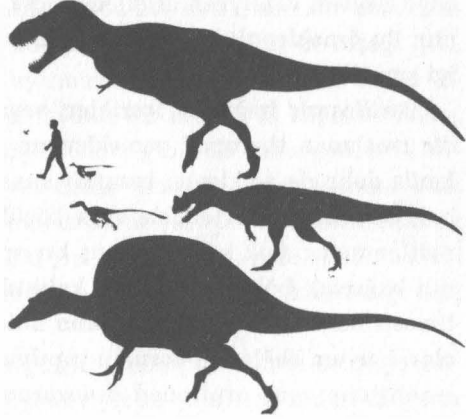
Diş izleri bulunan dinazor kemikleri de theropod diyetlerinin ek kanıtlarını sunan çok yaygın keşiflerdir. Bu ısırılma izleri basit, konik delikler ve derin yarıklardan, tırtıklı dişlerin kemiği sıyırması sonucu oluşan paralel çizgilere değişkenlik gösterir. Colorado'da bulunan kimi sauropod kemiklerindeki iyileşmiş ısırık izleri, bu hayvanların geç Jura devri theropodlarının saldırılarından kurtulduğunu gösterir. Benzer bir biçimde, bazı araştırmacılar geç Kretase devrinden bir 'hadrosaur'un delinmiş ve iyileşmiş kuyruk kemiklerinden yola çıkarak o ekosistemde var olan tek büyük yırtıcı *Tyrannosaurus*'un saldırısından kurtulmayı başardığı sonucuna ulaşır. Madagaskar'a dönecek olursak, geç Kretase devrinden abelisaur *Majungasaurus* bu dönemde adada var olan tek orta ila büyük vücutlu theropod olarak görünür. Birçok *Majungasaurus* kemiğinde *Majungasaurus*'unkilerle eşleşen theropod diş izlerine rastlanmıştır. Bu, onların birbirlerini ısırıldığı anlamına gelmez. Diş izleri rekabet eden yetişkinler arasındaki kısa dövüşlerden kaynaklanmış da olamaz, çünkü ısırıkların bir-

çoğu hayvan canlıyken erişilemeyecek olan kol kemiklerinde yer alır. Bu örnekler theropodlar arasındaki yamyamlık tarihinin en iyi kanıtlarıdır.

Fosilleşmiş bağırsak içerikleri veya dışkı şeklindeki çok nadir rastlanan theropod yemeklerinin kalıntıları, beslenme hakkında daha da açıklayıcı kanıtlar sunar. Küçük coelurosaurların bağırsaklarında kertenkele veya küçük memelilerin kemiklerine rastlanmıştır. Çok iyi korunmuş bir spinosaur *Baryonyx* örneğinin bağırsak bölgesinde balık kalıntıları bulunmuştur; böylece timsah benzeri uzun kuyruğunun balıkları yakalamak için özel olarak uyum sağladığı yorumu yapılmıştır. (Aynı örneğin, kısmen sindirilmiş genç ornitopod dinazorun kalıntılarını da içermesi genellikle göz ardı edilir.) *Tyrannosaurus rex*'e atfedilen 44 santimetrelilik (17 inç) fosilleşmiş koprolit (dışkı) bir veya birkaç kuş kalçalı genç dinazorun toz haline gelmiş kemik parçalarını içermektedir.

Elbette ki theropodlar dünyalarını başka etçillerle paylaşmıştır. Geç Triasik devirde, dinazorlar uzaktan akraba olan çeşitli archosaurlara (dinazorları ortaya çıkaran sürüngenler grubu) sık sık av olmuştur; bu konuya bir sonraki bölümde geri döneceğiz. Jura ve Kretase dönemlerinde etçil timsahlar theropodlarla beraber bolca yaşamıştır. Bazı Kretase örnekleri, dinazorları yiyip bitirmek için yeterince büyük "süper timsah" ölçülerine ulaşmıştır. Paleontolog Paul Sereno, Afrikalı canavar timsah *Sarcosuchus*'un 12 metre (36 fit) boy ve 8000 kilogram (17.640 pound) ağırlığa ulaşarak her yırtıcı dinozoru geride bıraktığını tahmin etmektedir. Kuzey Amerika'da benzer boyutlardaki *Deinosuchus* et için tyrannosaurlarla rekabet etmiştir. Hem ördek gagalı dinazorların hem de tyrannosaurların kemiklerinde *Deinosuchus*'a atfedilen ısırık izlerinin bulunması bu ekolojik ilişkinin kanıtları arasındadır. Diş izlerinin avcılık veya leşçiliğin sonucu olduğunu net bir biçimde söyleyemesek de, dinazor avcılarının dünyasında bile bu tür timsah kâbuslarının sulak bölgelerde hüküm sürmüş olması muhtemeldir.

Şekil 8.1: Theropod dinazorların büyüklüklerindeki çeşitlenme: (yukarıdan aşağıya) tyrannosaur *Tyrannosaurus*; sinekkuşu *Stellula*; dromaeosaur *Microraptor*; dromaeosaur *Velociraptor*; ceratosaur *Ceratosaurus*; spinosaur *Spinosaurus*. İnsan figürü ölçek sunmak için eklenmiştir.



Jura ve Kretase dönemlerinde tatlısu timsahları yalnızca sulak bölgelerde yaşarken, theropodlar tüm Mezozoik kara ekosistemlerine –kumlarla kaplı çöllerden yemyeşil alt tropikal ormanlara ve bugünkü kadar soğuk olmasa da yılın belirli dönemlerinde karla kaplanmaya yetecek kadar serin kutup bölgelerine kadar– yayılmıştır. Bilebildiğim kadarıyla, bitki yiyen dinazorların görüldüğü makul bir biçimde örneklendirilmiş her Mezozoik ekosistem bir veya birkaç theropod türü içerir. Bu antik avcılarının birçoğu tonlarca ağırlıktaki devlerdir ama theropodların boyutları önemli ölçüde değişmiştir. Büyüklük, tersi yöndeki küçülme eğilimi gibi, grubun içinde birçok kez evrimleşmiştir. Büyük olasılıkla 5000-6000 kilogram (11.000-13.200 pound) ağırlığa varan 15 metrelik (45 fit) *Tyrannosaurus*, büyüklük yelpazesinin en ucundadır.¹ Karşıt uçta ise yetişkin olarak yaklaşık 40 santimetre (16 inç) boya ulaşan kuzgun ölçülerindeki *Microraptor* yer alır. Bu uzunluğun büyük bir kısmı da kuyruktan ibarettir. 1 kilogramdan (2 pound)

¹ “En büyük” theropod dinazor iddiaları genellikle ya vücut uzunluğu ya da vücut kütlesi tahminlerini temel alır. Güney Amerika’daki *Giganotosaurus*, *Tyrannosaurus*’un toplam uzunluğuna eşittir veya ondan biraz daha uzundur ama her ikisinin de en büyük uyluk kemiği (femore) *T. rex*’in daha ağır siklet olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşın *Giganotosaurus*’un iri, izole çene kemiği, daha da büyük ve ağır bir dinozoru temsil edebilir. Her ikisinin de gerçekten büyük olduğu ve benzer boyutlarda başka dinazorların (ama muhtemelen çok daha büyük değil) muhtemelen keşfedilmeyi beklediği söylenebilir.

daha hafif olan bu küçük hayvanı rahatlıkla elinizde tutabilirdiniz. Theropod oldukları için canlı kuşları da bu karışıma dahil edersek, sinekkuşları grubun en küçük üyesidir. Sinekkuşunun bir kilogramın binde biri kadar olduğu düşünülüğünde Tiran Kral ondan 5 milyon kat ağırdır!

En büyük theropodları devler olarak nitelendirmek, bu yırtıcıların karada yaşayan gelmiş geçmiş etçillerden ne kadar farklı olduğunu ifade etmekten uzaktır. Günümüzde en büyük kara yırtıcıları, yaklaşık 800 kilogram (1760 pound) ağırlığındaki kutup ve Kodiak ayılarıdır. Dinozorların dışındaki fosil kayıtlarına bakarsak, karada yaşayan ağır etçillerin birçoğu Kretase Dönemindeki kitlesel nesil tükenmesinden çok sonra yaşayan memelilerdir. Miyosen devri Afrikasından 880 kilogram (1940 pound) ağırlığındaki sırtlan benzeri kreodont *Megistotherium osteothlastes*, Pliyosen devri Afrikasından 750 kilogram (1650 pound) ağırlığındaki ayı *Agriotherium africanum* ve Oligosen devri Afrikasından 600-900 kilogram (1320-1980 pound) ağırlığındaki mesonychid *Andrewsarchus mongoliensis* (canlı balinaların bir akrabası) bunlar arasındadır. Dikkate değer bir Pleistosen yırtıcı devi de Avustralyalı dehşet verici kertenkele *Megania priscus*'tur. Tahminler değişiklik gösterse de, bu kertenkelenin steroidlerdeki ortalama ağırlığı 320 kilogram (700 pound) kadardır ve nadir de olsa 2000 kilograma (4400 pound) varan dev örneklerle de rastlanmıştır. Dinozor âleminin dışında hiçbir kara etçilinin yetişkinlik dönemi vücut kütlelerinin bir tondan (1000 kilogram veya 2200 pound) daha ağır bir ortalamaya ulaşmadığına dikkat edin. Buna karşın Mezozoik Zaman boyunca en az altı theropod soyu 1000 kilogram veya daha ağır ortalama vücut kütlelerine sahip ve birçoğu da 3000 kilogramı (6600 pound) aşan sayısız tür ortaya çıkarmıştır. *T. rex* dinozor olmayan kara yırtıcılarından altı kat daha büyüktür!

Ortada çok az rakip ve bolca otçul hedef varken, *Tyrannosaurus* ve kana susamış akrabalarının işinin kolay olduğunu düşünebilirsiniz. Ama öyle değildir. Büyük etçiller ciddi fizyolojik ve ekolojik engellerle karşılaşır. İster etçil ister otçul olsun, ister endotermik ister ektotermik olsun aşırı büyük hayvanlar çok miktarda besin tüketmelidir. Devler yeterli kalorileri elde etmek için zorunlu olarak büyük yaşam alanlarına sahip olmaya meyillidir.

Bu tür problemler, özellikle et yiyen devler için ciddidir. Bitkilerden otçullara ve otçulardan da çeşitli etçillere her trofik seviyede kullanılabilir enerji miktarı ısı yitirdiğinden (ayrıntılı bilgi için Beşinci Bölüme bakın) en üstteki etçiller ekosistemin enerjik pastasının küçük bir dilimiyle varlıklarını sürdürmek zorundadır. Artan yaşam alanı büyüklüğü, belirli bir alanın küçüklere oranla daha az sayıda dev hayvana destek sunabileceği anlamına da gelir. Bu, daha düşük nüfus yoğunlukları (habitat alanı başına daha az sayıda hayvan) demektir. Düşük nüfus yoğunlukları da bir türün uzun ömürlülüğünü çok zorlaştırır; hayvanların nüfus yoğunluğu çok düşerse, tür ortadan kaybolmaya aşırı derecede meyillidir. Bir tek çevre olayı –örneğin kuraklık– veya bu tür olayların hızlı bir serisi, geride kalan hayvanları silip süpürmeye yeterli olabilir. Bir başka deyişle, türün ömrü söz konusu olduğunda sayılar en azından belirli bir noktaya kadar önemlidir. Dev etçillerdeki maksimum vücut ölçüleri, nüfus yoğunluklarının avların aşırı tüketilmesini önlemek için yeterince düşük ama nesil tükenmesi olasılığını azaltmak için yeterince yüksel tutulması arasındaki evrimsel dengeyi yansıtır. Sadece bu iki engel –asgari düzeydeki kullanılabilir enerji ve düşük nüfus yoğunlukları– temelinde bu büyük, öfkeli hayvanların yaşamın tarihinde neden az sayıda olduğunu görmeye başlayabilirsiniz.

Theropod aile ağacına daha yakından bakınca, theropodlar ve sauropodların Saurischia adıyla bilinen kertenkele kalçalı grubu oluşturduğunu hatırlayabilirsiniz. Tarihsel olarak theropodlar iki önemli gruba ayrılmıştır. *Tyrannosaurus* ve *Allosaurus* gibi büyük vücutlu formlar bir evrimsel klanı yerleştirilirken, *Velociraptor* gibi daha küçük vücutlu kuzenleri bir başka klanı yerleştirilir. Fakat bu düzenlemenin çok fazla basit olduğu ortaya çıkmıştır. Paleontologlar çoğu önemli bir vücut ölçüsü aralığını kapsayan çeşitli theropod grupların farkına varmıştır. Görünüşe göre büyüklük grup içinde birçok kez evrimleşmiş ve büyüklüğün nasıl evrimleştiği ve neden evrimsel bir avantaj sağladığı sorularını gündeme getirmiştir. Bu problemlere birazdan döneceğiz.

Günümüzde theropod aile ağacındaki dalların ayrıntılı düzenlemesi halen tartışmalıdır. Omurgalılar Paleontolojisi Derneğinin yıllık toplantılarında uzmanlar her yıl revize edilmiş bir ilişkiler grubu savunan yeni hipotezler ve kladogramlar sunar. O halde bu ünlü ailenin tarihini ortaya çıkarmak için daha çok çalışmamız gerektiği açıktır. Yine de mevcut bilgilerimiz temelinde önemli dallar ve iç içe yuvalanmış ilişkiler Tablo 1’de özetlenmektedir. Bir örneği vurgulamamız gerekirse, kuşlar (Aves) *Velociraptor* ve orak pençeli akrabasını da kapsayan Paraves’in üyeleridir. Paraves, Maniraptora’daki gruplardan biridir ve Maniraptora da Tetanurae’nin bir alt kümesi olan Coelurosauria’nın parçasıdır. Karşılaştırma yapmak için birbirinin içine geçen ünlü Rus matruşka bebeklerini düşünün.

Tablo 1: Theropod Ailesi

Theropoda
Coelophysoidea (örneğin *Coelophysis*, *Dilophosaurus*)

Ceratosauria

*Ceratosaurus*Abelisauridea (örneğin *Carnotaurus*, *Masiakasaurus*)

Tetanurae

Spinosauroidea (örneğin *Spinosaurus*, *Megalosaurus*)Allosauroidea (örneğin *Allosaurus*, *Carcharodontosaurus*)

Coelurosauria

Tyrannosauroidea (örneğin *Tyrannosaurus*, *Albertosaurus*)Ornithomimosauria (örneğin *Ornithomimus*, *Gallimimus*)

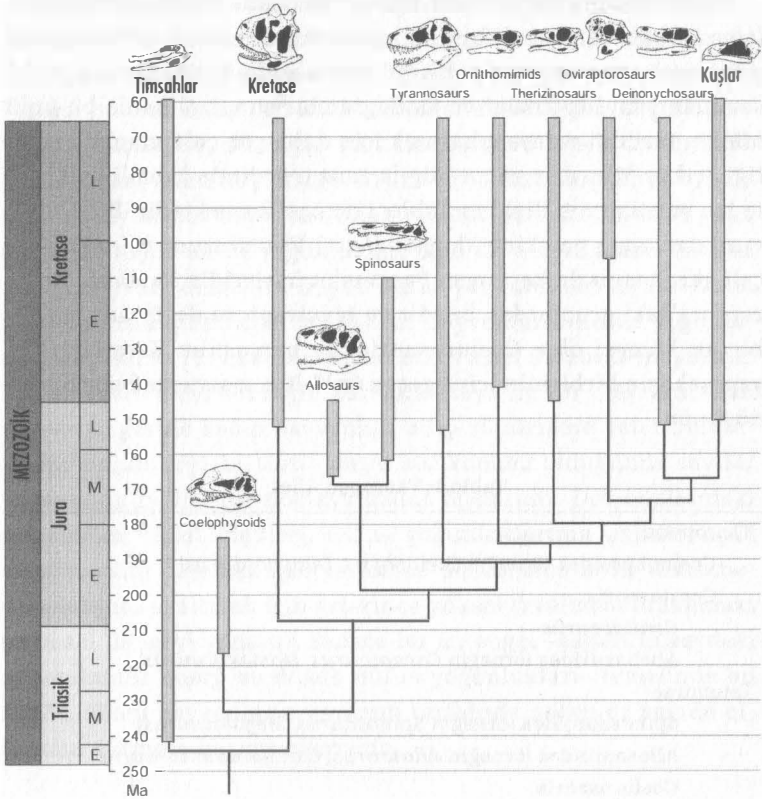
Maniraptora

Oviraptorosauria (örneğin *Oviraptor*)Therizinosauroidae (örneğin *Therizinosaurus*, *Falcarius*)

Paraves

Deinonychosauria

Troodontidae (örneğin *Troodon*)Dromaeosauridae (örneğin *Velociraptor*,*Deinonychus*)Aves (örneğin *Archaeopteryx*, *Confuciusornis*, diğer kuşlar)



Şekil 8.2: Önemli grupları ve zamandaki yerlerini gösteren bir kladogram veya dallanan diyagram olarak resmedilen theropod dinazorların aile ağacı. Gölge çubuklar, belirli grupların var olduğunun bilindiği zaman aralıklarını temsil eder. "My" olarak kısaltılan milyon yıllar olarak gösterilen jeolojik zaman skalası solda görülmektedir. Timsahlar dinazor olmasa da, dinazor dışı sürüngenlerle kırılma noktasını göstermek için solda onlara da yer verilmiştir.

Theropodlar, onları neredeyse tüm diğer dinazorlardan ayıran ince duvarlı kemikler gibi bir takım özellikleri paylaşır. Dinazor kökünden dallanan ilk theropodlar, Kuzey Amerika'dan *Coelophysis* ve Afrika'dan *Syntarsus* gibi görece küçük vücutlu formların yanı sıra *Jurassic Park*'ta zehir tükürdüğü farz edilen (yeri gelmişken, zehir bezlerine neredeyse kesinlikle sahip olmayan ve

dolayısıyla bu çirkin davranışı sergilemeyen) *Dilophosaurus* gibi orta büyüklükteki birkaç örneği içeren bir grup olan coelophysoidlerdir. Bir grubun en ilkel üyelerinden beklenebileceği gibi, bu grup geç Triasik ve erken Jura devirlerinde yaşayan en eski theropodlar arasındadır.

Ağaçtaki bir sonraki dal, ilk olarak Jura Döneminde *Ceratosaurus* gibi formlarla ortaya çıkan ama grup *Carnotaurus*, *Majungasaurus* ve *Masiakasaurus* gibi büyük ve küçük formlarda yayılınca erken Kretase devrine kadar evrimsel radarda varlığını sürdüren garip bir topluluk olan Ceratosauria'dır. *Tyrannosaurus* Kuzey Amerika'da *Triceratops* ve *Edmontosaurus*'a dehşet salarken, daha küçük vücutlu abelisaurlar çeşitli güney kıtalarında titanosaur sauropodları avlamıştır.

Theropodların bir sonraki dalı olan TETANURAE, ceratosaurların aksine, orta Jura devrinden Kretase Döneminin sonuna kadar güçlü bir mevcudiyete sahiptir. Coelophysoidler ve ceratosaurlar dışında hemen her theropod bu geniş grubun içindedir. *Tetanurae* adı, bitişik kuyruk omurlarını bağlayan kenetli kemik işlevlerine referansla "sert kuyruk" anlamına gelir. Daha ilkel formlara kıyasla birçok tetanuran daha büyük beyinlere sahiptir. Birçoğu iyi koşucudur ve birkaçı çok gelişmiş binoküler görme gücüne sahiptir. Ağacın tetanuran parçasının tabanının yakınlarında spinosauroidler adını verdiğimiz daha büyük grubun bir parçası olan *Spinosaurus* ve *Suchomimus* gibi timsah burunlu spinosaurlar yer alır. Diğer spinosauroidler, *Torvosaurus* ve *Megalosaurus* gibi megalozorları içerir. Bir sonraki dal, geç Jura devrinden *Allosaurus*'un yanı sıra *Giganotosaurus* ve *Carcharodontosaurus* gibi Kretase Döneminin devleri CARCHARDONTOSAURS'u içeren allosaurlardır. Büyüklük özellikle spinosaurlar, megalosaurlar ile allosaurlar arasında yaygındır.

Theropodların en çok çeşitlilik barındıran grubu coelurosaurlar da tetanuranların içindedir. Coelurosaurlar en büyük (en azından vücut kütlesi bakımından) ve en küçük yırtıcı dinosorları kapsar. Bu yelpazenin büyük ucunda, orta Jura devrinde Kuzey Yarımkürede ortaya çıkan ve geç Kretase devrinde Asya ve Kuzey Amerika ekosistemlerinde standart üst theropod haline gelen yırtıcılar grubu tyrannosaurlar vardır. Coelurosaurlar ile ornit-

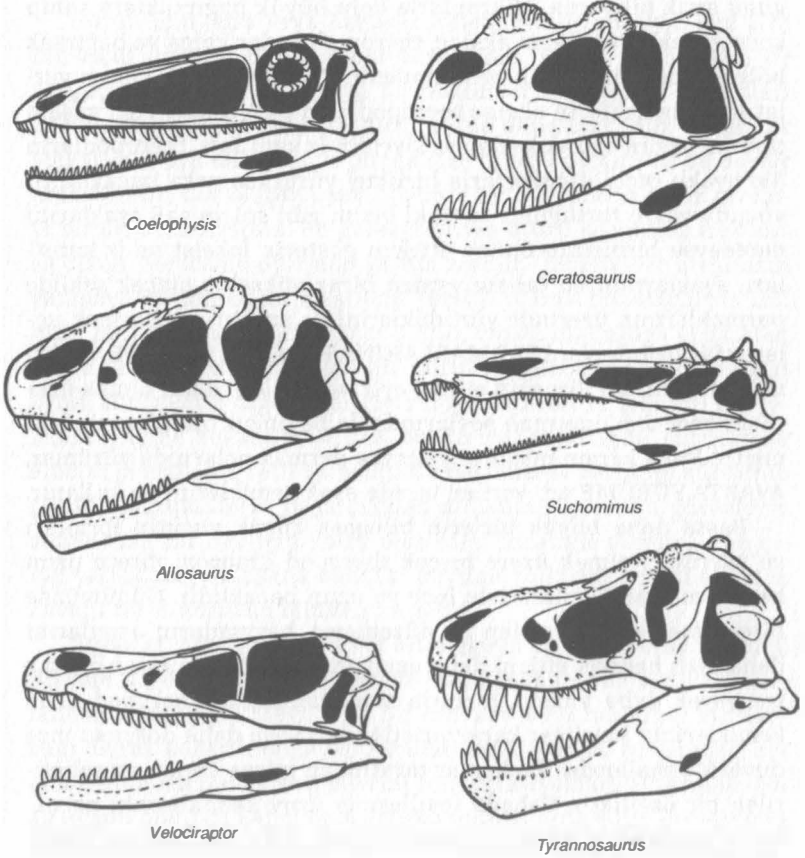
homimosaurlar arasında gezegenin gelmiş geçmiş en hızlı dinozorlarını ortaya çıkaran devekuşu benzeri esrarengiz formlar da bulunur. Son olarak tüm önemli theropod gruplarının en türemiş olanı, başlı başına çeşitli bir dal olan ve orak pençeli DROMAEOSAURS ve TROODONT'ların yanı sıra kuş benzeri oviraptorosaur-lar, garip therizinosaur-lar ve kuşları kapsayan maniraptorlar-dır. Bilinen en küçük dinozorlar da maniraptorlar arasında bulunur.

Bu büyük çeşitlilik göz önünde bulundurulduğunda, çoğu theropodun evrimsel olarak tutucu olması ve dinozor dışı uzak atalarında bulunan genel uyuşumu korumaları belki de şaşırtıcıdır. Bu, theropodların homojen olduğu anlamına gelmez. Etçil dinozorların çeşitli alt grupları, ilginç uzmanlaşmalar evrimleştirmiştir. Doğrusunu söylemek gerekirse, gerçekten garip olan birçok özellik mevcuttur ve uzun burunlu, timsah benzeri spinosaur-lar bunların arasındadır. Birçok tür yeterli kalori almakla çok az ilişkili görünen boynuz veya sorguç gibi garip yapılara sahip olsa da bu gruptaki birçok kafatası çeşitlenmesi, farklı avlanma ve beslenme stratejilerine atfedilir.

Theropodlar zekâ bakımından değil (bilakis en büyük beyinli dinozorlardır) kafatası kemiklerinin birçoğunun gerçekten havayla dolu veya "pnömatik" olması anlamında gerçekten "boş kafalıdır". Özelleşmiş, kemik yiyen hücrelerle kaplı HAVA KESESİ theropod kafataslarının burun, kulak ve boğaz bölgelerinde değişen büyüklüklerde boşluklar oluşturur. Bu PNÖMATİKLİK hakkında ki en net örnek, burun boşluğundan ayrılan bir hava kesesi tarafından oluşturulan burun ile gözü barındıran -ANTORBİTAL AÇIKLIK- kemik deliklerinin arasındaki büyük açıklıktır. Diğer hava keseleri, kulak bölgesine nüfuz etmiş ve beyin çevresindeki kemiklerin parçalarını tüketmiştir.² Yakın tarihli bir çalışmada Larry Witmer ve Ryan Ridgely (Ohio Üniversitesi) *Tyrannosaurus* ve *Majungasaurus* gibi büyük theropodların en büyük "boş kafalılar" arasında olduğunu ve kafataslarında beyin dokularından çok hava sinüslerinin yer aldığını keşfetmiştir. Bu havalı ve çok

² Pnömatiklik, theropodlar veya hatta dinozorlarda hiçbir şekilde eşsiz olmayan kayda değer bir olgudur. Hava dolu pnömatik boşluklar, memeliler de dahil olmak üzere birçok omurgalı grupta görülür. İnsanların da yüzlerinde birçok hava boşluğu yer alır; bunlar hasta olduğumuz zaman enfeksiyon kapma ve yoğun bir sıvıyla dolma eğilimindeki sinüslerdir.

kırılgan görünümüne rağmen, evrim yırtıcı dinazorların kafataslarına çok etkin silahlar yerleştirmiştir. Avlarını zapt etmek için sık sık ellerini ve ayaklarını kullanmış olsalar da, günümüz etçillerden yola çıkacak olursak theropod cephaneliğindeki en ölümcül silah kafadır.



Şekil 8.3: Theropod dinazorların kafataslarındaki çeşitlenme: geç Triasik devrinden soelofizoid *Coelophysis*; erken Jura devrinden ceratosaur *Ceratosaurus*; geç Jura devrinden allosaur *Allosaurus*; orta Kretase devrinden spinosaur *Suchomimus*; geç Kretase devrinden dromaeosaur *Velociraptor*; geç Kretase devrinden tyrannosaur *Tyrannosaurus*.

İskeletin geri kalanına dönecek olursak, tüm theropodların ilk dinozorlardan miras kalan bir karakteristik olarak iyi ayaklı olduğunu biliyoruz. Uzun süredir düşünüldüğü gibi bedenlerini dik tutup kuyruklarını sürüklemek yerine, vücutlarını neredeyse yatay olarak tuttuklarını ve arka bacakları üzerinde dengelediklerini, uzun kuyruğun gövde ve baş için bir karşı denge oluşturduğunu artık biliyoruz. Mikroplarla dolu büyük bağırsaklara sahip koca göbekli otçulların aksine, theropodlar dar kalça ve bağırsak bölgelerine sahip olma eğilimindedir. Otçullara özgü küt, yuvarlatılmış toynakların aksine theropodların pençeleri yırtıcı yaşam tarzına uygun olarak keskin ve sivridir. İz kanıtları, theropodların (iki ayaklı otçul dinozorlarla birlikte) yürürken arka bacaklarını vücuda yakın tuttuğunu ve tıpkı bizim gibi sol ve sağ ayaklarını neredeyse birbirinin önüne attığını gösterir. İskelet ve iz kanıtları, ayaklarının ön tabanı yerden biraz yüksekte olacak şekilde parmaklarının üzerinde yürüdüklerini de anlatır. Bu parmak uçlarında yürüme, yani PARMAKLARINA BASARAK YÜRÜME, çeşitli memeli grupları (örneğin atlar, geyik ve antilop) dahil olmak üzere dinozor dışı omurgalı soylarında da bağımsız olarak evrimleşmiştir. Buna karşın insanlar yalnızca parmak uçlarında yürümez, AYAKTA YÜRÜME adı verilen tarzda ayak kemiklerini de kullanır.

Başta daha büyük türlerin bilhassa küçük vücutlu formları ve yavruları olmak üzere birçok theropod dinozor, görece uzun bacak ve ayak kemikleriyle ince ve uzun bacaklıdır. Günümüzde birçok memelide var olan bu düzenleme, hayvanların uzuvlarını daha hızlı hareket ettirip daha uzun adımlar atabilmesine olanak tanıyarak daha yüksek hızlarla sonuçlanmıştır. Theropod uzuv kemiklerinin bir diğer karakteristiği, boş veya daha doğrusu ince duvarlı olmalarıdır; bu kuşlar tarafından miras alınan ve geliştirilen bir özelliktir. Sahada fosilleşmiş uzuv kemiklerinin parçalarını toplayan dinozor paleontologları, çoğu kez sadece kemik kalınlıklarını inceleyerek theropodları diğer dinozorlardan ayırt edebilmektedir.

Yaşam her hayvanın karşısına önemli güçlükler çıkarır. Belki de bunların en önemlileri yeterli miktarda besleyici gıda tüketmek, eşler bulmak ve onları cezbetmek ve başka bir hayvan tarafından

vakitsizce öldürülmekten kaçınmaktır. Hayvanlarda gözlemlediğimiz özelliklerin birçoğu, doğrudan doğruya bu temel güçlülüklerin biri veya birkaçıyla ilişkilendirilebilir. Örneğin otçul dinazorlar, bitkilerin zorlu savunma mekanizmalarıyla başa çıkmak için bir dizi strateji evrimleştirmiştir. Bununla birlikte, terpodların tüketim çabalarına engel olma görevinin de bitki yiyen dinazorlar için aynı ölçüde önem arz ettiği açıktır.

Bir an için Jura veya Kretase dönemlerinde yaşayan dev gibi bir otçul dinazor olduğunuzu hayal edin. Birini seçin; belki de sorguçu bir hadrosaur veya boynuzlu bir seratopsid olma fikri hoşunuza gidebilir. Belki de zırha sahip olma tutkunuz varsa, bir stegosaur veya ankylosaur olmak size hitap edebilir. Ya da devler arasında bir dev olarak uzun boyunlu bir soropod kılığına girmeyi tercih edebilirsiniz. Bu gerekçelerden ötürü seçiminiz ne olursa olsun, Mezozoik dünyada yaşam zordur. Öncelikle iç ateşinizin yanmaya devam edebilmesi için sürekli olarak bol miktarda lifli bitki bulup yemelisiniz. İkinci olarak cinsel olgunluğa eriştikten sonra üreme yönünde güçlü bir dürtünüz olacaktır ve bu da sizi kendi türünüzün diğer üyeleriyle doğrudan, hatta şiddetli bir rekabetin içine sokabilir. Ayrıca bu dünyada varlığını sürdürmek elbette ki sizin gibi etli yaratıklarla beslenerek varlığını sürdüren çeşitli theropodlarla başa çıkmak anlamına gelir. Bu görevlerin sonuncusu bir dev için kolay olsa bile, öncelikle yumurtadan çıkıp yetişkinliğe ulaşana kadarki büyüme yıllarını geçirmelisiniz. Zavallı bir dinazorun elinden ne gelir?

Neyse ki, hangi tarih öncesi alter-egoyu seçmiş olursanız olun, dikkate değer bir müttefik –evrim– tarafından buna ustaca hazırlanmanız sağlanır. Megaotçul bir dinazor (veya herhangi bir hayvan) olarak başarılı olmayan formları ayıklayan ve beslenmek, avlanmaktan kaçınmak ve genlerini sonraki kuşaklara aktarmak için en uygun olanları kalıcı hale getiren milyonlarca yıllık bir evrimin ürünüsünüz. Theropodlarla başa çıkmak için hangi seçeneklere sahipsiniz? En net strateji gizlenmektir. Bu, otçul dinazorların birçok çeşidinin zaman zaman başvurmış olabileceği bir taktiktir. Gözükmeme veya ardalana karışma yeteneği olan KRİPSİS özellikle yetişkinlerden daha yavaş hareket eden ve kendilerini daha az koruyabilen genç dinazorlar için önem arz etmiş olabilir.

Şaşırtıcı bir biçimde, yetişkin megaotçul dinozorlar bile yerlerinin belirlenmesinden kaçınmak için bu tekniği kullanmış olabilir. Kocaman gövdesini bir tek sekoyanın arkasında gizlemeye çalışan bir sauropodu gözünüzde canlandırınca buna şüpheyle yaklaşabilirsiniz. Fakat tonlarca ağırlıktaki hayvanları bile yoğun bir bitki örtüsünde ayırt etmek zor olabilir. Afrika'daki oyun parklarında yaptığım birçok yolculukta, içinde bulunduğum araç hiç kimse farkına varmadan bir zürafa veya fille karşı karşıya kalıverdi. Büyük oyun izleyicileri, birçok büyük hayvanın yanında onu hiç fark etmeden geçip gider. Fil gibi kocaman hayvanların ne kadar sessiz olabileceğini ve renklerinin ardalanana nasıl bütünüyle karışabildiğini görmek dikkat çekicidir. Mezozoik bitki örtüsünün yoğunluğuna bağlı olarak (bu yoğunluk zamanla ve gezegenin genelinde önemli ölçüde değişmiştir) kripsis özellikle yalnız veya küçük gruplar halinde yaşayan otçul dinozorlar için mükemmel bir hayatta kalma stratejisi teşkil etmiş olabilir. Memeliler gibi bazı dinozorlar da bu yeteneği geliştirmek için renklerle kendini kamufle etmiş olabilir. Fakat renklenme günümüzde büyük hayvanlar arasında daha az yaygın olması, fil büyüklüğündeki dinozorların donuk bir görünüme sahip olabileceğini akla getirir. Dinozorlar arasında deri veya tüy rengine dair doğrudan bir kanıta henüz ulaşamamış durumdayız ve bu nedenle de kamuflej (ve daha genel olarak renklenme) kavramı olası modern benzerlikler kurularak yapılabilecek spekülasyonlara dayanır.

Şimdilik sizin (yani büyük bir etçil dinozor olarak sizin) yerinizin büyük bir theropod, belki de tek başına bir allosaur veya tyrannosaur ya da yırtıcı kuş benzeri bir grup dromaeosaur tarafından tespit edildiğini varsayalım. Geriye iki net seçenek kalır: dövmüşmek veya kaçmak. Rakibinizi düşününce, kaçmak en makul seçenek olarak görünebilir. Modern ekosistemlerde koşarak kaçmak, bir veya birkaç avcıyla karşı karşıya kalan büyük otçul memelilerin en sık ve başarılı yanıtıdır. Otçulun en yüksek hızı avcınıninkinden düşük olsa bile –örneğin bir ceylan ve çitayı düşünün– koşarak kaçmak genellikle çok etkilidir. Bu kısmen avcı memelilerin genellikle en yüksek hızlarını birkaç saniyeden daha çok koruyamamasından kaynaklıdır.

Ama durun bir dakika. Megaotçul bir dinazor olarak ciddi bir probleminiz var. Sizi yemek niyetindeki otçuldan çok yavaşsınız; çoğu durumda koşarak kaçamayacak kadar yavaşsınız. Günümüzdeki memelilerin aksine, dinazor otçullar theropodlardan çok daha az yetenekli koşuculardır. Bu çıkarım, birçok iskelet özelliğini temel alır. Bacak kemikleri çok şey anlatır. Sauropodlar ve ornithischianlerde, UYLUK KEMİĞİ (femur) geri kalan uzuvlara kıyasla görece uzun olma eğilimindedir. Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı, bu da koşma yeteneğini önemli bir biçimde sınırlandırır. Aynı örüntü, büyük ve uzun ÜST KOL KEMİĞİ'ne (humerus) sahip olma eğilimindeki dört ayaklı stegosaurular, ankylosaurular ve ceratopsidlerin dört uzvu için de geçerlidir. Smithsonian Enstitüsünden Matt Carrano'nun dinazorların hareket yetenekleri konulu çalışması sauropodlar, hadrosaurular, ceratopsianler, ankylosaurular ve stegosaurular dahil hiçbir büyük, cüsseli otçulun gerçek anlamda koşamadığını gösterir; bu tüm uzuvların yerden havalandığı kısa bir havada asılı kalma aşamasını gerektirir. Büyük otçullar, dünyalarının avcılarıyla karşılaştırıldığında hantal görünür.

Sonuçta kaçamıyorsanız ve gizlenemiyorsanız hayatta kalmak için dövmüşmek yegâne alternatif görünür. Burada bir kez daha spekülasyonlara geçeriz. Yine de günümüzde yaşayan büyük vücutlu hayvanların işlevsel analizleri ve gözlemlerinin bir karışımı temelinde birçok açıklama yapılabilir.

Uzunca bir süre dinazorların birçok garip yapısının –örneğin ceratopsidlerin boynuzları ve pachycephalosauruların kubbe şeklindeki başlarının yanı sıra stegosaurular ve ankylosauruların sırasıyla kuyruk dikenleri ve kuyruk tokmakları– avcılara karşı silah işlevi gördüğü düşünülmüştür. Fakat Onuncu Bölümde inceleyeceğimiz çeşitli nedenlerden dolayı, birçok paleontolog artık bu kemikli eklentilerin olsa olsa birkaçının esasen theropodlara saptamak ve vurmak için kullanıldığını düşünmektedir. Ayrıca ornitopodlar ve sauropodlar gibi bazı gruplar silah benzeri hiçbir eklentiye sahip değildir.³

³ Nathan Myhrvold ve Philip Currie tarafından sunulan orijinal bir öneri, *Diplodocus* gibi sauropodların uzun kuyruklarının, teropodların cesaretini kırabilen ses bobmaları üretmek amacıyla devasa kırbaçlar gibi kullanıldığı

Kaçamayan ve (en azından birçok grupta) açık silahlara sahip olmayan otçul dinozorlar, theropodları savuşturmayı nasıl başarmıştı? Bu aşırı büyük otçul dinozorları savunmasız olarak görmek kesinlikle mantıksızdır çünkü Dünya'nın gelmiş geçmiş en dehşetli yaratıklarıyla beraber yaklaşık 160 milyon yıl boyunca büyük bir çeşitlilik içinde yaşamışlardır. Avcılara karşı en muhtemel iki "strateji" dev ölçüler ve komunal yaşamdır.

Hızlı veya yavaş, boynuzlu veya boynuzsuz, megaotçul dinozorlar büyük vücutlarının sayesinde zorlu rakipler olmalıdır. Artan kütle, daha çok atalet ve daha yüksek çarpma kuvvetlerine neden olur. Yetişkin bir sauropodun bir tek darbesi, büyük theropodun bacağını kırabilir ve hayatına son verebilir. Büyük vücutlu türlerin sağlıklı yetişkinleri genellikle avcılara karşı en az savunmasız olanlardır. Günümüzde örneğin yetişkin filler, aslanların açlık dönemlerinde gerçekleşen nadir saldırı örnekleri hariçinde avlanmaya karşı neredeyse bağımsızdır. Bu kadar farklı otçul dinozorların devasa ölçülere ulaşmasının nedenlerinden birinin, etçillerden korunma ihtiyacı olduğu ileri sürülmüştür. Bir başka deyişle, büyük türler daha küçük akrabalarına karşı özel bir evrimsel avantaja sahip olabilir ve bu da daha büyük formların daha uzun süre var olmasıyla ve daha da büyük türlerin ortaya çıkmasıyla sonuçlanabilir. Milyonlarca yıl boyunca katmerlenen bu eğilim, dinozor soylarını devliğe doğru iten başlıca faktör olabilir. Elbette ki yırtıcılar da daha büyük vücutlar evrimleştirerek onları izlemiştir.

Daha önce değindiğimiz *Tyrannosaurus rex*'e atfedilen büyük koprolit, bir veya birkaç genç ornithischian dinozordan sayısız kemik parçası içerir ve büyük theropodların yetişkinlere saldırarak uzuv ve hayatlarını riske atmaktansa genç avları tercih ettiği spekülasyonunu destekler. Sadece bir tek örnek kesinlikle sağlam sonuçlara temel teşkil edemeyecek olsa da, theropodların çoğunlukla daha genç, daha küçük avların peşine düşmesi makuldür. Dinozorlar her yıl çok sayıda yumurta üretmiştir. Bu üreme stratejisi, toplam tür biyokütlesinin önemli bir kısmının (herhangi bir anda yaşayan tüm bireylerin kümülatif kütlelerinin) yetişkin

yönündedir. Bu hipotez, mekanik olarak makul olabilecekse de, çok zoraki görünmektedir ve diğer paleontologlardan çok az destek görmüştür.

olmayan dinozorlardan oluştuğu anlamına gelir.⁴ Tüm bu küçük dinozorlar hayatta kalmış olsaydı, Mezozoik ekosistemler çok geçmeden tüm bitkileri silip süpüren aç ağızlarla dolup taşardı. Bu nedenle büyüyen dinozorların ölüm oranları yüksel olmalıdır ve görünüşe göre bu gençlerin birçoğunun theropodlar tarafından vakitsizce yenmesi tamamen makuldür.

Sosyallik, bitki yiyen bazı dinozorlar tarafından avcılara karşı kullanıldığı anlaşılan bir diğer stratejidir. Ne demişler, birlikten kuvvet doğar. Başta açık habitatlarda yaşayanlar olmak üzere birçok büyük vücutlu memeli kalabalık sürüler oluşturur. Açıkta gizlenmek zor olduğundan, birçok gözün sürekli olarak avcıları kolağan etmesi sayesinde sürü bir koruma tedbiri sağlar. Dahası grup yetişkin erkek ve dişilerin yanı sıra çok sayıda genç içeriyorsa, daha büyük yetişkinler etçillerin saldırılarını savuşturabilir. Aynı türün on ila yüz üyesini barındıran "kemik yatakları" adı verilen kitlesel mezarlıklarda çeşitli otçul dinozorların kalıntıları bulunmuştur. Bu bölgelerde genellikle gençler ve yetişkinlerin kalıntıları karmakarışık bir biçimdedir. Örnekler *Centrosaurus*, *Pachyrhinosaurus* ve *Einiosaurus* gibi boynuzlu dinozorları ve *Iguanodon*, *Hypacrosaurus*, *Edmontosaurus* ve *Maiasaura* gibi ornitopodları içerir. Kemik yatakları sadece hayvanların aynı yerde gömülü olduğunu teyit etse de, bu hayvanların en azından bazı zamanlarda kalabalık sürüler oluşturduğu yönünde güçlü bir izlenim verir. Aynı yönde seyahat eden değişik boyutlardaki (ve muhtemelen yaşlardaki) hayvanları gösteren sayısız dinozor izi örneği de bu sonucu destekler.

Otçul dinozorlar, avcıları engellemek için dev büyüklükler ve sosyal gruplara ek olarak bir strateji daha benimsemiş olabilir. Bir önceki bölümde Kenya'daki Masai Mara ekosisteminde yaşadığım bazı tecrübeleri açıklamıştım. Bazen ufka doğru her yönde yayılan bu kadar çok sayıda hayvanı bir arada görmek şaşırtıcı olsa da, bunun tam tersi bir durumla karşılaşmak da çok kolaydır. Gürültülü bir biçimde soluyan ve yemek yiyen toynaklı hayvanlar deni-

⁴ Genel olarak dinozorlar ve sürüngenlerin aksine, büyük memeliler görece uzun sindirim sürelerine sahip olma ve daha az yavru dünyaya getirme eğilimindedir. Bu nedenle belirli bir anda yaşayan hayvanların çok daha küçük bir bölümü, yetişkin olmayan hayvanlardır.

zini seyrettikten sonra parktaki yolculuklarımıza devam ettik ve çoğu zaman kendimizi bir tek önemli fark dışında neredeyse aynı ortamın içinde bulduk; görünürde bir tek hayvan bile yoktu. Sadece uzun otların arasından esen rüzgârın sesi duyulabiliyordu. Otçulların bu türden parçalı dağılımları, kalabalık ve karma sürüler halinde bir araya gelme eğiliminden kaynaklanır. Birden çok türün bir araya geldiği bu gruplanmalar kısmen otlardaki yemleri tüketen otçul türlerin daha önce açıklandığı gibi birbirini izlemesiyle ilişkili olabilir ama birçok biyolog bu davranışın avcılara karşı temel bir strateji olduğunu düşünür. Birden çok tür, tehlikelere karşı ufka daha da çok gözün bakması anlamına gelir. Modern ekosistemlerde bir türün panik haykırışı, diğerlerini de avcılara karşı uyarır ve böylece hepsinin hayatta kalma potansiyelini artırır (elbette ki avcılarınki hariç). Otçul dinazorların da aynı nedenle karma sürüler oluşturduğunu ileri sürmek ilgi çekicidir; ama doğrudan bir kanıtla sahip olmadığımız için bu bir spekülasyondan ibarettir.

Yaşama otçulların perspektifinden baktıktan sonra, odağımızı avdan avcıya çevirelim. Büyük, bitki yiyen dinazorlar genel olarak çok miskinse, sürat koşucusu theropodlar fikrine ne demeli? Bir başka deyişle, avları çok yavaşsa avcılar hızlı koşma kapasitesini neden evrimleştirmiş olsun? Ornithomimosaurılar ve troodontlar gibi küçük vücutlu bazı theropodlar, saatte yaklaşık 40-60 kilometre (25-40 mil) gibi görece yüksek hızlara ulaşmış görünür. Bu tür bir hareket hünerinin kanıtı, hem arka bacak kemiklerinde hem de yol izlerinde bulunabilir. Sauropodlar, hadrosaurılar, ceratopsidler ve diğer büyük otçul dinazorların aksine bu theropodlar uzun kaval kemikleri ve ayaklara sahiptir. Bunlar koşmayı karakterize eden evrimsel özelliklerdir. Fakat birazdan inceleyeceğimiz gibi daha küçük bazı terodoplar hepçil veya hatta otçul olabilir. Buna karşın Londra'daki Kraliyet Veterinerlik Kolejinden John Hutchinson'ın son çalışması, devasa theropodların avlarından daha hızlı koşmalarına rağmen etçil memelilerin en yüksek hızlarına yaklaşmadığına dair güçlü kanıtlar sunar. Örneğin *Tyrannosaurus* büyük olasılıkla saatte 16-40 kilometre (10-25 mil) aralığında bir hıza ulaşabilmiştir. Bu kayda değer bir hızdır ama yine de günümüzde yaşayan birçok hayvanın hızının çok gerisindedir.

Bu tahmin, Tiran Kral hakkındaki daha önceki birçok tahminden de çok daha yavaştır. Fakat sadece bu yırtıcının inanılmaz kütlelerini değil büyük otçul dinozorların zayıf hareket yeteneklerini düşününce bu bulgular makul görünür.

Takip hızı görünüşe göre kontrol altına alındıktan sonra, theropodların bir sonraki kaygısı silahlardır. Daha önce belirtildiği gibi büyük, sağlıklı dinozorları etkisiz hale getirmek zor bir görevdir. Bu nedenle theropodlar, şaşırtıcı olmayan bir biçimde, avlarını öldürmeye ve parçalamaya elverişli geniş bir silah yelpazesi evrimleştirmiştir. Bu yapılar vücudun üç bölgesinde yoğunlaşmıştır: arka bacaklar, ön bacaklar ve baş. Fakat evrim belli bir grupta çoğu zaman bunların bir veya ikisini vurgulamıştır.

Önayaklarla başlayacağız. Dört ayak yerine iki ayak üzerinde yürümenin büyük avantajlarından biri, kolları ve elleri başka işlevler için serbest bırakmasıdır. Birçok theropod güçlü, hareketli kollara bağlı büyük ve esnek ellere sahip olarak bu potansiyelden tam olarak faydalanmıştır. İlk theropodlarda ve onların soyundan gelenlerin birçoğunda uzun parmaklar kavrama yeteneklerini daha da artırmıştır. Bu eğilim, çok uzun ellere sahip oviraptorosaur ve dromaeosaurlar gibi alt gruplarla maniraptorlarda en uç noktaya ulaşmıştır. Birçok theropodun başparmağı yarı bükülebilir; yani döndürülüp diğer parmaklara temas edebilecek kadar esnektir. Üçüncü Bölümde açıklandığı gibi bu "eksensel" uyarılma elin kavramak için kullanılabilmesine olanak tanımıştır. Theropodların pençeleri, özellikle ellerdekiler, genellikle eğimli ve uzundur ve sivrilerek keskin uçlar oluşturur. Uzun parmaklar ve büyük, keskin pençelerin etkili kesici silahlar olduğu düşünülür.

Daha ilkel theropodlar dört parmağa sahipken, daha sonraki birçok grupta bu sayı üçe (allosaur, spinosaur ve diğerlerinde), ikiye (tyrannosaurlarda) veya hatta sadece bire (alvaresaurid adı verilen kuş benzeri garip bir maniraptor grubunda) düşmüştür. Rakamlardaki evrimsel düşüş, dışarıdan içeri doğru gerçekleşmiştir; önce beşinci parmak, daha sonra dördüncü parmak kaybolmuştur. Tyrannosaurlardaki parmak azalmasına, başparmakta önemli bir kısalma eşlik etmiştir. *Majungasaurus* gibi abelosaurlar dört parmağını korumuştur ama aynı zamanda cılız kollar ve ellere sahiptir.

Tyrannosaurlar ve abelisaurların küçük ön ayakları ne için kullanılmış olabilir? Elleri ve kolları öylesine kısadır ki bu hayvanlar ağızlarına ulaşamamıştır. Paleontologlar, vücudu uyuma pozisyonundan yukarı kaldırmak gibi muhtemel görünmeyen alternatifler gibi birçok olası işlev hakkında spekülasyonlar üretmiştir. Bir diğer olasılık, balinaların kalça kemikleri ve mağara balıklarının işlevsiz gözleri gibi bu küçük ön ayakların da işlevini yitirmiş yapılar olmasıdır. Evrimin artık ve enkazı olan işlevi yitirmiş yapılar, bir organizmanın yaşam tarzından çok ataları hakkında bilgi verir. Tyrannosaurlar ve abelisaurların kolları ve elleri küçük olsa da tamamen işlevsel ve kaslıdır; sahip oldukları kimi olağandışı uzmanlaşmalar, ön ayakların bir ölçüde işlevsel olmasını gerektirir. Bunlar belki de avlanan hayvanın vücudunu yakalamak için beslenme sırasında tutma kancaları gibi kullanılmıştır. Paleontologlar bu konu üzerinde halen kafa yormaya devam etmektedir.

Ayaklara geçerse, üç işlevsel parmağa sahip olma eğilimindedir. Bu durumda, birinci ve beşinci parmak eksilmiş veya yitirilmiştir. İşlevli üç parmak ikinci, üçüncü ve dördüncü parmaklardır. Birçok kuş modern ayak izlerinde kolayca tanımlanabilen bu bilindik üç parmaklı formu korur. Eğimli, bazen tırpan benzeri el pençelerinin aksine, çoğu theropodun parmaklarının ucunda keskin ama düz ve biraz da toynağa benzeyen pençeler vardır. Önemli filmlerde yer verilen meşhur orak pençeli istisnalar, *Velociraptor* gibi maniraptorların ikinci parmağındadır. Dromaeosaurlar ve troodontları kapsayan bu kuş benzeri formlarda, sözde öldürücü pençe dinazor yürürken ve koşarken muhtemelen korumak maksadıyla yerden yukarıda tutulmuştur. Aşırı uzatılabilen bu ikinci parmak, pençeye geniş bir yay hareketi vermiştir. Hızlı bir tepme hareketiyle birleştirildiğinde bu ayak parmağı ölümcül bir saplama veya yarma aracı olabilir. Alternatif olarak mücadele eden avı etkisiz hale getirmek, avın vücudunu açmak veya avcının vücudunu beslenme sırasında stabilize etmek için kullanılmış olabilir.⁵

⁵ Maniraptor orak pençelerin, en azından bazı anlarda silah olarak kullanıldığının kanıtı, şimdiye dek bulunmuş en göz kamaştırıcı fosillerin birinden gelmektedir: anlaşıldığı kadarıyla bir ölüm anında ceratopsian *Velociraptor* ile birbirine dolanmış bir *Velociraptor* fosili. Moğolistan'da bulunan bu örnekte, yırtıcının orak pençelerinden biri otçulun boyun bölgesinde yer

Görme gücüne bakacak olursak, theropodlar iyi gözlere sahip görünür. *Tyrannosaurus* gibi birkaçı, bizim gibi primatlarda görülen derecede olmasa da gelişmiş stereoskopik görüşün işareti olan yukarı bakan gözlere sahiptir. *T. rex* ve başka bazı theropodlar keskin bir koku duyusuna sahiptir; beyin boşluğunun hemen önündeki bir çift geniş kemikli çukur bunu kanıtlar. En azından orak pençeli troodontlar arasında iki kulak arasındaki pnömatik bağlantı, kulaklarıyla mesafeyi net bir biçimde hesaplama yönünde gelişmiş bir yeteneği akla getirir. Tüm bu değişikliklerin –daha büyük beyinler, keskin koklama ve işitme duyuları ve stereoskopik görüş– yırtıcı dinozorlara ne kadar faydalı olduğunu tahmin etmek zor değildir.

Theropod kafatasları çoğunlukla görece uzun, dar ve hafif bir yapıya sahiptir ve her iki tarafında dört büyük açıklık vardır. Bunlar önden arkaya doğru burun açıklığı (etli burun deliğini barındırır), antorbital açıklık (bunda geniş bir hava kesesi baskındır), orbit veya göz çukuru (gözü barındırır) ve çene kası boşluğu (hayattayken çenenin kapanma kasları tarafından doldurulur). Memeliler ile etçil dinozorlar arasındaki en açık farklardan biri, etçil dinozorlardaki diş çeşitlenmesinin görece azlığıdır. Memeliler dişlerinde ve çenelerinde farklılık gösteren avlanma ve beslenme davranışlarını yansıtan sayısız uzmanlaşma sergiler. Örneğin ayıların hepçil diyeti dişlerine yansır; eti delmek için ön üstte köpek dişleri yer alırken, ağzın arka kısmında bitkisel gıdaları işlemek için azı dişleri yer alır. Sırtlanlar gibi kemik konusunda uzmanlaşmış olanlar vardır; kemikleri kırabilen dişleri ve çeneleriyle içerideki çok besleyici ilik ve mineral tuzlara ulaşabilirler. En azından büyük theropodlar arasında hepçilliğin veya uzmanlaşmış kemik kırmanın net bir kanıtı yoktur. Theropodlara özgü keskin, kıvrımlı ve tırtıklı diş taçları, ekologların yerinde bir ifadeyle “hiperetçil” olarak nitelendirdiği biçimde sadece et tüketmeye bağlı kalındığına işaret eder.

Theropodların sıkça bahsi geçen bir avlanma stratejisi, sürü halinde avlanmaktır; bu popüler kitaplar ve filmlerde sık sık kar-

almaktadır ve ölüm anında muhtemelen boğazı çevreleyen dokuların içine gömülmüştür. *Velociraptor*’un ellerinden biri, *Protoceratops*’un ağzını tutmaktadır veya ağzı tarafından tutulmaktadır. Doğru bir şekilde yorumlanırsa (ki şüpheler mevcuttur) iki hayvan ölümüne bir mücadelede birbirine dolanmıştır ve ansızın bir kum tepesinin çökmesiyle birlikte gömülmüştür.

şımıza çıkar. Özellikle *Velociraptor* gibi maniraptorların genellikle kurtlara benzer bir biçimde sosyal gruplar veya “sürüler” halinde yaşadığı ve avlandığı betimlenir. Bu yorum, en azından dinozor rönesansının babası ve yırtıcı kuş benzeri bir dinozor olan *Deinonychus*’un kaşifi John Ostrom’a kadar gerilere gider. Bu küçük (3,5 metre; 10 fit) orak pençeli maniraptorun ilk kalıntıları, orta büyüklükteki (7 metre; 21 fit) ornitopod *Tenontosaurus*’un iskeletinin etrafına dağılmış birçok üyesinin kemiklerini içermiştir. Etçiller ile otçullar arasındaki önemli boyut farkı, Ostrom’un *Deinonychus*’un büyük vücutlu hayvanları devirmek için sürüler halinde avlandığını düşünmeye sevk etmiştir. Sonrasında çeşitli araştırmacılar en azından bazı büyük theropodların da sürü davranışını sergilediğini ileri sürmüştür. Peki, ama kanıt nedir?

Prosauropodlar, sauropodlar, ornitopodlar ve ceratopsianler gibi çeşitli otçul dinozorların kalıntılarının birçok örneğin kalıntılarını içeren kemik yataklarında bulunması gibi, birçok theropod için de aynı şey geçerlidir. Otçullarda olduğu gibi, bu kemik yatakları da sosyal yaşam ve sürücül davranış argümanlarını kuvvetlendirmek için kullanılmıştır. New Mexico, Ghost Ranch’ta ilkel küçük etçilin yüzlerce iskeletinin bulunduğu *Coelophysis* yatağı en ünlü örneklerden biridir. Allosaurlar, tyrannosaurlar ve carcharodontosaurlar gibi büyük terodopların kalıntılarının ağırlıkta olduğu kemik yatakları da bulunmuştur. Alberta Üniversitesinden ünlü dinozor araştırmacısı Philip Currie, Alberta’daki Dry Island Buffalo Jump Eyalet Parkında *Albertosaurus* olarak tanımlanabilen en az 24 tyrannosaur örneğinin kalıntılarının bulunduğu bölgede bir çalışma yürütmüştür. Kalıntılar yavrular, yetişkinliğe yakın olanlar ve yetişkinler olmak üzere birçok yaş grubunu temsil eden hayvanları içermektedir.

Currie, bu tür kemik yataklarının ördek gagalı ve boynuzlu dinozorlarıinkiyle denk düştüğüne dikkat çekerek Dry Island bölgesinin büyük theropodlardaki sürücül davranış tarihinin en iyi örneği olduğunu düşünür. Büyük otçullar kalabalık sosyal gruplar halinde yaşadıysa, bu kısmen sürü halinde avlanan tyrannosaurlara karşı koymak için evrimleştirilen bir strateji olabilir. Currie avlanma stratejileri hakkında da tahminlerde bulunur. Gençlerin yetişkinlerden daha hızlı olduğunu gösteren kemik kanıtlarına

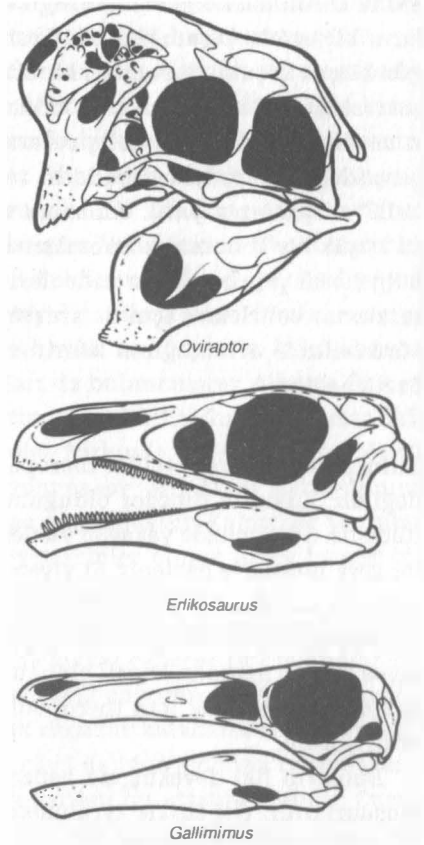
değinererek, tyrannosaurların avlanırken bazen işbirliği yaptığını tahmin eder; hızlı koşan, daha çevik gençler potansiyel avı daha büyük, daha güçlü yetişkinlere doğru yöneltmiş olabilir. Fakat Currie, gelişmiş hareket hünlerinin genç albertosaurlara yetişkinlerden farklı, daha küçük avlarla beslenme olanağı da tanıması olabileceğini ekler.

Dinozorların sürü halinde avlanma senaryoları, özellikle de sosyal bir yırtıcılar grubunda karmaşık ve işbirliğine dayalı bir davranışı gerektirenler hakkında kafa yormak eğlencelidir. Fakat fosil kayıtlarının sınırları göz önünde bulundurulunca bunları ispatlamak son derece zordur. Bir tek türün birçok üyesinin bir arada korunması olgusu, işbirliğine dayalı sürüler bir tarafa onların bir arada yaşadığını biri kesin olarak göstermez. Kuraklık gibi birçok koşulun yırtıcıları bir araya (örneğin bir su kaynağının çevresine) toplamış olması mümkündür; bu da şüphesiz otçulları caydıracaktır. Bu tür çalışmaların önemli bir parçası, ölümün gerçekleştiği sıradaki koşulların rekonstrüksiyonudur. "Suç mahalli" milyonlarca yıllık olmasına ve orijinal ipuçlarının yalnızca küçük bir kısmının korunmasına rağmen, paleontologlar fosil bölgelerini yalnızca ölüm nedenlerini değil, aynı zamanda yaşam tarzlarını belirlemek için de araştırır. Günümüzde theropodların sürü halinde avlandığının kanıtı en iyi olasılıkla şüpheli olarak özetlenebilir.

Bilinen tüm dinozor etçiller theropoddur. Fakat bunun tersi doğru değildir. Kuşların dinozor olduğunu düşünürsek, bu çelişkili bir ifadedir. Günümüzde yaşayan yüzlerce kuş türü tohumlar, meyveler veya bitkilerle beslenir. Et yiyen atalardan türemiş olmalarına rağmen, kuş dışı theropodların en az bir grubunun sadık bir biçimde vejetaryen olduğu ve bir veya ikisinin de tamamen otçul olmasa bile en azından hepçil olduğu anlaşılır. Bu üç tuhafılığı daha yakından incelemek için theropodlarla ilgili bu tartışmayı sona erdiriyorum.

Bunların ilki devekuşuna benzeri dinozorlar olan ornithomimosaurlardır. Genellikle tyrannosaurların yakın akrabaları olarak görülmelerine rağmen, bu grubun üyeleri yeni bir doğrultuda evrimleşmiştir. Uzun, kemikli kuyruklarının dışında bu hayvanlar

gerçekten de devekuşlarını andıracak bir biçimde uzun boyunlara, uzun bacaklara ve ince, uzun burunlu kafataslarına sahiptir. En azından bazı türlerin ve belki de hepsinin tüyleri bile vardır. Ornithomimosaur bacak ve gövdelerinin çeşitli özellikleri, en hızlı dinozorlar arasında yer aldıklarını gösterir. En ilkel ornithomimosaurlar çok az diş korurken, birçok form görünüşe göre sert bir gagayla kaplı çenelere sahiptir. Dikkate değer bir biçimde, Asya'dan olası bir istisna dışında, devekuşu benzeri dinozorların tüm üyeleri 1000 kilogramdan (2200 pound) daha düşük ağırlıklarla orta büyüklüktedir.



Şekil 8.4: Olası hepçil ve/veya otçul coelurosaurların kafatasları: geç Kretase devrinden oviraptorosaur *Oviraptor*; geç Kretase devrinden therizinosaur *Erlisosaurus* ve geç Kretase devrinden ornithomimosaur *Gallimimus*. *Oviraptor* ve *Erlisosaurus* hem *Velociraptor* gibi "yırtıcı kuş" dinozorları hem de kuşları kapsayan maniraptorlar adlı coelurosaur alt grubunun bir parçasıdır.

Ornithomimosaurların dişsiz kafatasları, paleontologların uzun süre ilgisi uyandırmış ve beslenme alışkanlıkları hakkında spekülasyonlara yol açmıştır. Yıllar ilerledikçe bu zavallı yaratıklar etçillik, otçulluk ve HEPÇİLLİK olmak üzere akla gelebilecek hemen her diyet grubuna sokulmuştur. Güncel bir görüş, ornithomimosaurların planktondan karidese kadar her şeyi süzmeye elverişli elek benzeri gagalarıyla Mezozoik Zamanın flamingoları olduğudur. Fakat süzerek beslenmenin kanıtı zayıftır ve başka araştırmacılar ikna edici bir biçimde otçul bir diyeti ileri sürer. Çok lifli bitkileri işlemeye elverişli bir mideyi akla getiren mide taşları veya GASTROLİTLER bunun ipuçları arasındadır.

Birkaç istisna dışında dişlere sahip olmayan bir maniraptor topluluğu olan oviraptorosaur –veya daha gayri resmi olarak oviraptorlar– bir sonraki muammalı gruptur. Bu theropodlar da tüylerinin olması ve çok gelişmiş, dişsiz bir gagaya sahip olmaları gibi birçok bakımdan kuşlara aşırı benzerdir. Daha uzmanlaşmış üyelerin bazıları, ilk bakışta önünü arkasını belirlemek zor olan garip, kutu gibi, havayla dolu kafataslarına ve derin çenelere sahiptir. *Oviraptor* sözcüğü, bu hayvanların varsayılan orijinal diyetlerine referansla “yumurta hırsızı” anlamına gelir. 1920’lerde orijinal Amerikan Müzesinin keşifleri sırasında Moğolistan’da bir tek oviraptor örneği bulunmuştur. Kretase yaşlı, rüzgârla taşınmış çökeltilerde, yuvalarda korunmuş dinazor yumurtaları çok daha yaygındır. En yaygın kalıntılar ise küçük ceratopsian dinazor *Protoceratops* iskeletleridir. Roy Chapman Andrews ve ekibi, sayısız yumurta kümesinin neredeyse her yerde var olan *Protoceratops* türüne ait olduğunu varsaymıştır. Daha sonra da atik, dişsiz oviraptorların büyük ölçüde bu yumurtalarla beslendiğini ileri sürmüşler ve buna uygun bir isim koymuşlardır.

1990’larda bu yorum tam tersine dönmüştür. Amerika Doğa Tarihi Müzesinden ekipler tarafından keşfedilen birçok oviraptor örneği, yuvaların üstünde bulunmuştur. Hayvanlar ölüm anında yumurtaların üzerinde kuluçkaya yatmış gibi görünür ama yumurtaları güneşten korumak gibi başka alternatifler de düşünülebilir. Tıpkı kuşlar gibi oviraptorlar da muhtemelen yumurtaların iç ısını düzenlemek için vücutlarını doğrudan yumurtaların üstüne yerleştirerek tüylü kollarıyla yuvayı kuşatmıştır. Bir yumur-

tanın içinde onun ceratopsian değil oviraptor yumurtası olduğunu gösteren bir embriyo bulunmuştur. Yumurta hırsız zanlısı bir gecede şefkatli bir ebeveyne dönüşmüş ve dinazorlar ile kuşlar arasında bir bağ daha kurulmuştur. O halde oviraptorlar yumurta yemiyorsa ne yiyordu? Bir kez daha, en dürüst yanıt bunu bilmediğimizdir. Yine de birkaç paleontolog bu hayvanların katı bir biçimde etçil bir diyet gözettiğini ileri sürer. Çoğunluk ise otçul oldukları görüşündedir veya bu küçük vücutlu theropod grubunun karma bir tat duyusuna sahip olduğunu ve hem bitki hem de et yediğini düşünür.

Theropodlar hakkındaki bu kısa değerlendirmede, en garip grubu en sona sakladım. Therizinosaurular, birçok araştırmacının şüpheye yer bırakmayacak biçimde otçul formlar evrimleştirdiği noktasında hemfikir olduğu tek theropod grubudur. Yakın kuzenleri oviraptorlar gibi therizinosaurular da Kresate Döneminde çeşitlenen maniraptorlardır. Bu grubun Kretase Döneminin sonlarına doğru yaşayan en uzmanlaşmış üyeleri küçük bir baş, uzun bir boyun, şişkin bir karın ve çok büyük tırpan benzeri pençelere sahip iri, kısa bacaklı hayvanlar olma eğilimindedir. Kâbus gibi devekuşu, devasa bir tembel hayvan ve Edward Scissorhands karışımını gözünüzde canlandırırsanız bir fıkre sahip olmaya başlayabilirsiniz.⁶ Öylesine gariplerdir ki paleontologlar uzunca bir süre bunlarla ne yapacağını bilememiştir. Son birkaç on yılda fosilleşmiş ek parçalar ve kısımlar ortaya çıktıkça therizinosaurular, dinazorların hemen her önemli grubuna yerleştirilmiş ve hatta kaplumbağalara bağlanmıştır! Sonunda tüyleri de bulunan neredeyse eksiksiz iskeletlerin keşfi, therizinosauruların maniraptor theropod olduğunu net bir biçimde ortaya koymuştur.

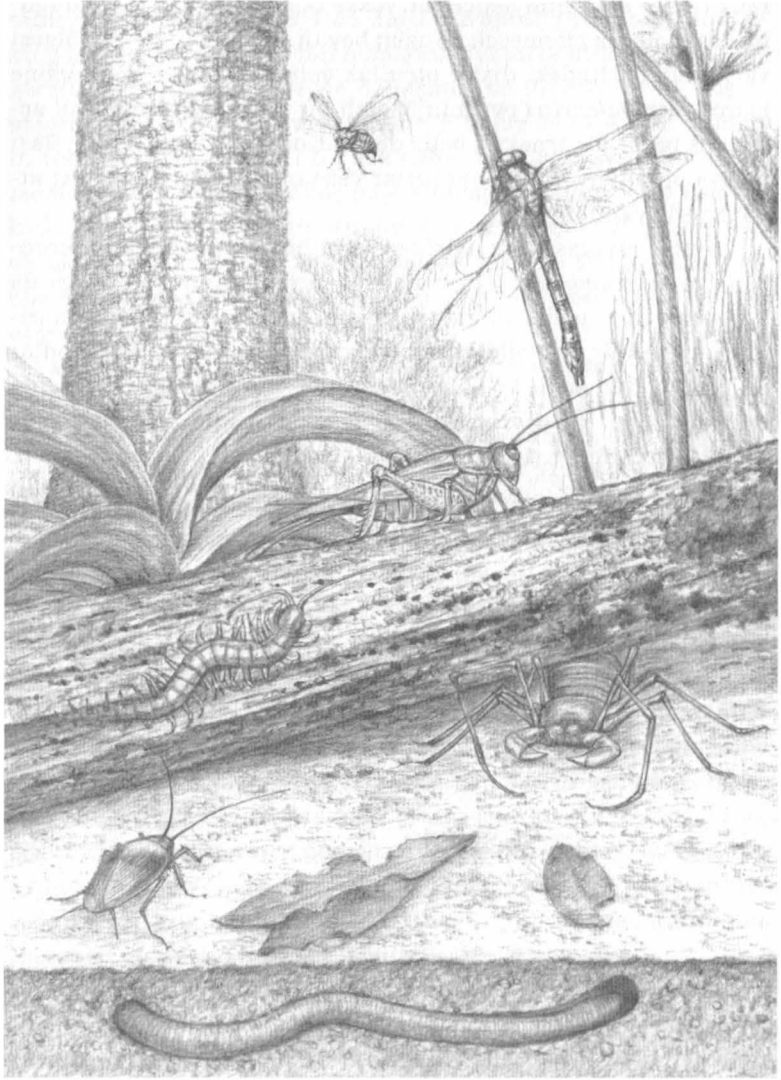
Therizinosauruların etçil atalarındaki kökeni son zamanlara kadar bir gizem olmayı sürdürmüştür. Utah'ta erken Kretase devrinden, yaklaşık 125 milyon yıl öncesine ait yeni, ilkel terizonozor *Falcarius utahensis*'in keşfiyle her şey değişmiştir. Bu çalışmadaki baş yazarlar, Utah Jeoloji Etüdü'nde görev yapan Jim Kirkland ve Utah Üniversitesindeki yüksek lisans öğrencilerimden biri olan Lindsay Zanno'dur. *Falcarius* görece kısa, keskin pençeler de dahil olmak üzere birçok bakımdan *Velociraptor*'u andırır. Bu dört met-

⁶ Bu provokatif sözlü imge için Lindsay Zanno'ya teşekkür ederim.

relik (12 fit) hayvanın hepçil mi, yoksa tamamen otçul mu olduğunu kesin olarak bilemesek de uzun boyun, büyük bir göbek bölgesi ve yaprak şeklindeki dişler otçulluk yolunda epeyce ilerlediğine işaret eder. *Falcarius* evrimin önemli bir diyet değişimine yol açtığı çok nadir bir örnektir, belki de dinazorlar arasında tektir. Bazı medya organları “Katil Dinazorlar Vejetaryen Olmuş” manşeti atıklarında yanılmıyordu.

Diyette uyumsuzluk görülen ornithomimosaur, oviraptorosaur ve therizinosaur aynı zamanda tyrannosaur ve kuşları da kapsayan theropodların en gelişmiş önemli grubu Coelurosauri-anın üyeleridir. Bilebildiğimiz kadarıyla tüm diğer theropodlar ilk theropodun etçillik yolunu sıkı sıkıya takip etmiştir. Yukarıda değinilen etçil dinazorların diğer grupları neden hepçiller veya otçullar çıkarmamıştır? Bu soruyu aklınızın bir köşesinde tutun. Dinazorların fizyolojisi hakkında uzun süredir var olan bir gizemi çözmenin ipucu olabilir.

Güneş enerjisinin bitkilere, dinazor otçullara ve daha sonra da etçillere akışını inceledikten sonra, dikkatlerimizi daha küçük olan bazı Mezozoik yaşam formları üzerinden enerji ve besinlerin hareketine çevirelim. Bu organizmaların küçük olsalar da dinazorların destansı yolculuğunda kritik roller oynadığını göreceğiz.



Brezilya'da Crato Oluşumunda yer alan Araripe Havzasında erken Kretase devrinden yarı kurak bir kıyı ormanındaki mikroorganizmalar. Resmedilen omurgasızlar yukarıdan aşağıya yabanasısı, yusufçuk, cırcır böceği, kırkayak, kamçılı akrep, hamamböceği ve solucan. Araucarian (maymun bulmacası) ağaçları yukarı doğru yükselir ve alt bitki örtüsünün büyük bir kısmı *Ephedra* ve *Welwitschia* gibi gnetales bitkilerinden oluşur.

GİZLİ İPLİKLER

Dünya üzerindeki en büyük canlılardan biriyle çevrelenmiş bir halde antik bir kızılçamın içinde durmak küçültücü bir histir. O gün etrafımı saran kalın kabuk çok alazlanmıştı, çok uzun zaman önceki bir yangın tabanını oymuştu ve geriye geniş bir iç boşluk bırakmıştı. Yangınlar en azından insani anlamda bu ormanı sık sık harap etmez. Ama zaman zaman 1000 yılı aşan kızılçamların ömrüyle ölçüldüğünde yangın en az ölüm kadar kaçınılmazdır. Neyse ki evrim bu heybetli ağaçları ateşe dayanıklı kabuklar ve başka hayatta kalma stratejileriyle donatmış ve hatta onların periyodik felaketlerden faydalanmasına olanak tanımıştır.

Ağaçtan çıkınca gökyüzüne baktım. Göz alabildiğince yükselen ağaç gövdesine bakarken başım döndü. En üstteki dallar, yeşil yaprak denizinin altında gizlense de en tepedeki iğnelerin benden yaklaşık 90 metre (300 fit) yüksekte güneş ışığını işlediğini biliyordum. Bu, Dünya üzerindeki en uzun organizmaları kapsayan bir tür olan kıyı kızılçamıydı: *Sequoia sempervirens*. Bilinen en büyük örnekler yaklaşık 115 metre (375 fit) yüksekliğe ulaşır; 35 katlı bir binadan daha yüksektir. Günümüzde yalnızca üç tür sekoya kalmıştır ama kabukları ve ömürleri gibi mirasları da çok uzundur. Sekoyalar, dinazorlar dünyasını süsleyen bu ağaçlardan çok farklı değildir. Bu nedenle bir kızılçam ormanını ziyaret etmek, derin zamanda geriye gitmek gibidir. Bu ormanlar, dinazorların destansı yolculuğunu düşünmek için bir başka olağanüstü yer sağlar.

Anlattığım içi boş ağaç, ünlü ağaç âşığı ve çevreci John Muir'in adını taşıyan balta girmemiş bir kızılçam ormanı olan Muir Ormanı Ulusal Anıtında yer alır. Burası San Francisco şehrine en yakın doğal yaşlı orman parçasıdır. Sonuç olarak John Muir'i çok mutlu edecek bir biçimde her yıl yedi yüz elli bin ziyaretçi ağırlar. Muir Ormanını birçok kez ziyaret etmiş olsam da o gün heybetli

ağaçları düşünmek için değil, ormanın daha muğlak, gizli yönlerine kafa yormak için gelmişim.

Muir Ormanı, kızılçam dışındaki ağaç çeşitlerinin yuvasıdır. Balıklı yolda ilerlerken bir California Körfezi defnesinden sarkan büyük bir yaprak dikkatimi çekti. Üstünde bir sürü delik vardı ve yaprak marjında birkaç parça eksikti. Daha da yakından bakınca bu kusurların böceklerin çenelerinin bıraktığı karakteristik motiflerle çevrelendiği görülüyordu. Onları görmüyordum ve duymuyordum ama çevremdeki dünyanın küçük otçullarla dolu olduğunu biliyordum.

Çiçek özü yemeğini arayarak kaotik bir biçimde uçan kelebek, bu etkinliğinin bitkilerin cinsel dansının bir parçası olduğundan hiç farkında değildi. Daha sonra yola paralel olarak duran devrilmiş bir kızılçamla karşılaştım. Bin yılı aşkın bir süre karbon-dioksit alıp oksijen verdikten ve sayısız ağaççık, mikrop, mantar ve hayvana bakım, gölge ve güvenli bir sığınak sunduktan sonra, bu heybetli ağaç yere devrilmiş ve birçok küçük ağacı da kırmıştı. Her şeye rağmen yıkıcı olay bile bir son olmaktan çok, başlangıçtı.

Bir ağaç ölünce, ayrıştırıcı organizmaların yavaş bir geçit törenine sahne olur. Bu organizmaların tümü, şu veya bu şekilde ağacı parçalar ve karbonunu tüketir; böylece onun besleyici öğelerinin geldikleri yere dönmesini sağlar. Süreç genellikle larva yuvaları üretmek için kabuğa tünel açan kın kanatlılarla başlar. Önümde duran ağacın kabuğundaki delikler, kın kanatlıların etkinliğinin epeyce ilerlemiş olduğunu gösteriyordu. Suyun ve bakteriler, maytlar ve kurtçuklar gibi birçok ayrıştırıcı organizma için giriş noktaları oluşmuştur. Kın kanatlılar, vücutlarında mantarlar taşır. Bunlar aktarıldıktan sonra ağacı tüketmeye ve daha da ayrıştırmaya başlar. Kın kanatlıların larvaları tünellerde baş gösterdikten sonra, yeni gelen mantarlarla beslenir ve devrik ağacın daha da derinlerine iner. Yaklaşık olarak aynı anda, daha çok kın kanatlı türü ve karıncalar gelir; bu böcekler ölü tomruğun kalbine birlikte nüfuz eder. Yabanarıları tünellere girer, kın kanatlı larvalarını bulur ve yakınlarına yumurtalarını bırakır; böylece yeni yabanarısı yavruları bolca besin kaynağına sahip olur. Yaklaşık bir yıl sonra çok lifli olan kızılçamın iç kısmını işleyebilen farklı mantar türleri böceklerin açtığı yolları izler ve tomruğun içine doğru yayılır. Bun-

ları termitler ve bağırsak bakterileri yakından takip eder. Bunlar son derece kalın selülozu fermantasyon süreci aracılığıyla işler. Termit bağırsaklarındaki bakteriler, nitrojeni de yakalar ve şimdiye kadarki ev sahipleri ölürken onları doğaya döndürür.

Bu devrilmiş devin tamamen ayrıştırılması üç veya dört yüzyıl sürebilir. Bu uzun süreç boyunca, kızılçam çevreye sürekli ve hayati bir besin kaynağı sunar. Aslında ağaç kendi başına karmaşık bir mikroekosistem olacak ve küçük yaşam formlarının silsilesine ev sahipliği yapacaktır. Bu karmaşık organik süvari alayı olmaksızın, ağacın ayrışması çok uzun sürecektir ve gövdesinin içindeki kıymetli kimyasallar daha büyük sistemler tarafından kullanılmaya elverişli hale gelmeyecektir. Paradoksal olarak bu kızılçam öldükten sonra çok daha canlı haldedir. Yaşamı sırasında bir ağacın yaklaşık yüzde 5'i canlı dokudan oluşur; suyu ve besleyici öğeleri yukarı ve aşağı aktaran yüzeye yakın ince bir katmanın dışında, gövdenin tamamı ölü dokulardan oluşur. (Yangın nedeniyle gövdesinin içi oyulan bir ağacın uzun yıllar ayakta kalabilmesi bu sayededir.) Devrilen bir ağaç, çürümenin ileri bir aşamasında büyük ölçüde ayrıştırıcıların işgaliyle birlikte ağırlığının yüzde 20'si oranında canlı dokudan oluşabilir. Bir bakıma, ağaçların iki yaşamları vardır; ilkinde güneş enerjisi elde edilir ve ikincisinde bu enerji bolca besleyici öğeye dönüştürülür. Çürüten tomruk, önemli bir ekolojik gerçekliğin altını çizer: Her tür, parçası olduğu daha büyük ekosistemin sürmesinde benzersiz bir role sahiptir.

Yere eğilerek elime bir avuç toprak aldım. Düşen yaprakları, ağaçları veya hayvanları gelecek kuşakların kimyasal yapı taşlarına dönüştürebilen ayrıştırmanın kalbi ve ruhu avcumun içindeydi. Bu zengin, yumuşak maddeyi parmaklarımla kurcaladığımda bitki döküntüleri, mantar iplikleri ve küçük organizmaların nemli karışımını gördüm. Mikropların her zaman yaptıkları gibi canlı dünyayı defalarca döndürdüğünü kendime hatırlattım. Bunun gibi rastgele seçilmiş bir avuç toprak, çoğunluğu bakteriler olmak üzere milyarlarca mikroskobik yaşam formu içerir. Şu anda dünya üzerinde yaşayan insanların sayısından çoktur; sersemletici bir düşünce.

Elbette ki mikroplar toprakla sınırlı değildir; her ekosistemdeki hemen her yerde vardır ve öylesine küçüktürler ve yaşamın tüm

yönlerine öylesine çok yerleşmişlerdir ki onları güçbela fark ederiz. Daha yakın bir örnek vermek gerekirse, insan ağızı yedi yüzü aşkın simbiyotik bakteri türü içerir. Bunların her biri dil, dişler ve diş etlerinin karmaşık topografyasında benzersiz bir varlığa sahiptir. Çok yoğun bir biçimde ağzınızın her santimetre karesini sert bir biçimde fırçalamadan önce, hastalığa sebebiyet veren bakterilerle mücadele ederken bu mikrop topluluğunun sağlığınız için hayati olduğunu hatırlayın. Bağırsaklar, kirpikler, burun ve aslında tüm vücuttaki birçok bakteri için de aynı şey geçerlidir. Fiziksel varlığınız olarak kabul ettiğiniz şey yaklaşık 10 trilyon hücreyi içerir ama bunların onda dokuzu insan hücresi değildir. Bir başka deyişle vücudunuz Dünya üzerindeki insanlardan veya Samanyolu galaksisindeki yıldızlardan çok daha fazla yaşam formuna ev sahipliği yapıyorsunuz. Hoşunuza gitsin veya gitmesin, yaşamın bu küçük parçalarıyla farkında olmadan uyum içinde yaşayan yürüyen bir koloni veya daha doğru bir ifadeyle ekosistemsiniz. Bu olgu, dinazorlar için de doğrudur; Dünya üzerindeki gelmiş geçmiş en büyük hayvanlar olan uzun boyunlu sauropodları devasa, dört ayaklı bakteri kolonileri olarak düşünmek büyüleyicidir.

Önceki bölümlerde bitkilerden otçullar ve etçillere enerji akışının takip etmiştik. Fakat yaşamın değişen ağı, yaşam spektrumunun mikroskobik uçlarında enerji akışının ek yollarını içerir. Dikkatler doğal olarak bu spektrumun makro ucundaki dinazorlar ve başka canlılara yönelse de, bu önyargı bizi asla ekolojik önemin şu veya bu şekilde mutlak boyutla orantılı olduğu sonucuna ulaştırmamalıdır. Aslında birçok ekosistem, büyük omurgalı gruplar birdenbire yok olsa bile bir şekilde varlığını koruyabilir. Fakat böcekler ve mikroplar enerji akışının ipliklerinin devamlılığında öylesine kritik bir önem taşır ki bunlardan biri çıkınca sistem derhal çöker. *Tyrannosaurus* hiçbir zaman bir sinek veya bakteriyi takip etmemiş olsa da, ekosistemin alt parçalarının karmaşık bağlantıları Mezozoik Zamana ait bu minik canlıların Tiran Kral'ın hayatta kalmasında *Triceratops* kadar önem taşıdığı anlamına gelir. Bu nedenle Mezozoik mikrodünya bir şekilde hesaba katılmadan yaşamın dinazor ağı hakkındaki her inceleme büyük ölçüde eksik kalacaktır.

Ne yazık ki Mezozoik böcekler, mantarlar ve bakterilerin fosil kayıtları büyük ölçüde eksiktir. Sert parçalarının yokluğu göz

önünde bulundurulduğunda bu şaşırtıcı değildir. Buradaki incelemenin büyük bir kısmı canlı âlemini temel alacaktır. Fakat günümüzdeki mikroplara ilişkin anlayışımız da maalesef yetersizdir. Başka dünyalara insanlı ve insansız uzay araçları göndermemize rağmen, kendi gezegenimizin yüzeyine çok az aşınayız. Dünya üzerinde şu anda yaşayan türlerin toplam sayısı hakkında sadece çok kabaca tahminler yapabilmemiz dünyanın biyotası hakkındaki cehaletimizi gösterir. Tahminler yaklaşık 4 milyondan başlayarak 100 milyonun üzerine kadar çıkmaktadır; 15 milyon sıkça telaffuz edilen tahmini bir rakamdır. Bu şaşırtıcı toplam sayı içinden 2 milyondan daha az yaşam formu türünü tanımlamış ve Latince cins ve tür adları vermiş durumdayız. Resmi olarak adlandırılmış türler içinde yalnızca küçük bir kısmı hakkında bu etiketin ötesinde bilgi sahibiyiz. Doğanın gelişmekte olan çeşitliliğinin büyük bir kısmı için türlerin içindeki ve türler arasındaki etkileşimlerin ayrıntıları bir tarafa yaşam süresi, diyet ve çoğalma hakkında temel bilgilere bile sahip değiliz.

Bardağın dolu tarafı ise fosil kayıtlarının bu gizli ipliklere ilişkin sessiz kalmamasıdır. Son yirmi yılda başta Mezozoik bitkiler ve böcekler hakkında bolca bilgiye ulaşılmış ve bakterilerin fosilleşme sürecindeki temel rolü noktasına kadar birçok heyecan verici keşif yapılmıştır. Bu fosil ipliklerini bulmak ve açığa çıkarmak için kullanılan bilimsel stratejiler, televizyondaki çok başarılı suç mahalli araştırma dizilerinde her gece izlediğimiz stratejileri andırır. Adli tarzda çeşit çeşit araç ve teknikler kullanılarak tarih öncesi ölüm mahallerinde korunan kanıt parçaları araştırılır. Bu antik süreçler hakkındaki araştırmalar medya dilinde "cold case" yani çözüme kavuşturulmamış vakaları aydınlatır.

Mezozoik bitkiler hakkındaki kayıtlarımız, başta gövde, dal, yaprak ve çiçekler olmak üzere fosilleşmiş ağaç parçalarından ve mikroskobik polen parçalarından gelir. Büyük ölçüde eksiksiz iskeletlerin ortaya çıkarılabildiği dinozorlar ve diğer omurgalıların aksine, fosil kayıtlarında eksiksiz ağaçlar neredeyse yoktur. Paleobotanikçiler, bir filin farklı parçalarına dokunan gözleri görmeyen insanlar gibi, parçaları birleştirmek ve tüm bitki türünü tanımlamak için ellerinden gelenin en iyisini yapar. Bu belirsizliğe rağmen, Mezozo-

ik bitkilerin modern karşılıklarıyla aynı tür zorluklarla karşılaştığından emin olabiliriz. Yedinci Bölümde incelediğimiz gibi onlar da otçulları engellemek için çeşitli türden mekanik, kimyasal ve biyolojik savunmalar geliştirmiştir. Canlı bitkilerde gözlemlenen birçok savunma, hem böcekler hem de dinazorların yaygınlaştığı Mezozoik Zamanda ortaya çıkmış görünür. Otçul dinazorlar gibi böcekler de şüphesiz uzmanlaşmış çene mekanizmaları ve sindirim stratejileri evrimleştirerek buna yanıt vermiştir.

Böceklerin bitki toplulukları üzerindeki önemli, hatta egemen otçul etkiyi temsil ettiğini düşünecek olursak, dinazorlarla birlikte var olan ve evrimleşen böcekler hakkında bilgi sahibi olmak çok faydalıdır. Sert parçaların görece yokluğuna rağmen, böceklerin kapsamlı fosil kayıtlarına sahibiz. Bu kanıtların çoğu, ağaç reçinelerinde hapsolmuş ve daha sonra kehribara dönüşmüş böceklerden gelir. Günümüzde yaşayan böcek gruplarının büyük çoğunluğu, Jura Döneminden itibaren dinazorlarla beraber yaşamıştır. Böcek türleri uzun ömürlü olma eğilimindedir; ortalama olarak yaklaşık 10 milyon yıldır varlıklarını sürdürürler ve birçok Mezozoik böcek günümüzde yaşayan formlarla yakın akrabadır. Bu belirgin uzun ömürlülük, türleri genellikle bir milyon yıl kadar varlığını sürdüren memeliler ve diğer omurgalılarla keskin bir tezat teşkil eder. Birçok memeli grubu, bu grupların içindeki türler bir tarafa, dinazorların 65,5 milyon yıl önce neslinin tükenmesinden çok sonra evrimleşmiştir.

Mezozoik böcekler dünya genelindeki artan sayıda kehribar bölgelerinde bolca mevcut olsa da, ayırt edici böcek beslenme izlerini taşıyan fosil yapraklar çok daha boldur. Dışarı çıkıp en yakın ağaca giderseniz, muhtemelen birçok yaprakta benim Muir Ormanında gördüğüme benzer böcek beslenme izleri görürsünüz. Biraz daha zaman ayırıp bu izleri mikroskop altında incellerseniz, çok geçmeden belirli yerlerde birçok ayrı türün bulunduğunu fark edersiniz. Canlı böcekler üzerinde yapılan araştırmalar, beslenme izlerindeki bu çeşitlenmelerin böceğin ağız kısmındaki uzmanlaşmış yapılara ve bitkilerin savunmalarına yanıt olarak geliştirilen alternatif stratejileri temsil eden beslenme davranışlarına teka-bül ettiğini gösterir. Evrim bitki kompozisyonunu veya yaprak şeklini değiştirirken bir yandan da buna böceklerin beslenme yenilikleriyle karşılık verir.



Scott Sampson

Resim 1: Berivotra sahası, kuzeybatı Madagaskar.



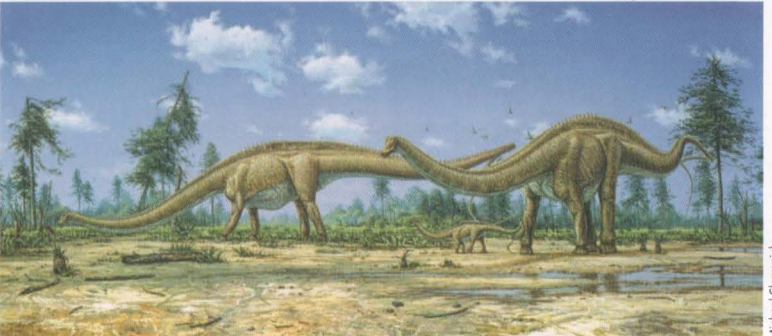
Scott Sampson

Resim 2: Madagaskar'daki Berivotra sahasında geç Kretase devrinden sayısız fosil bulunan 93-18 numaralı alan.



Mark Loewen

Resim 3: Kenya'da Mara Nehrini geçen Afrika antilopları.



Michael Skrepnick

Resim 4: Geç Jura devrine ait taşkın ovasını geçen ikisi yetişkin ve biri genç olmak üzere üç *Diplodocus* sauropod.



Resim 5: Geç Jura devrine ait şaşılacak bir kaplamaya sahip *Stegosaurus*.



Resim 6: Geç Kretase devrine ait bir tyrannosaur olan *Albertosaurus* çürümüş bir leşle beslenirken, küçük maniraptor theropod *Bambiraptor* kalıntılarla yetinmek zorunda kalıyor.



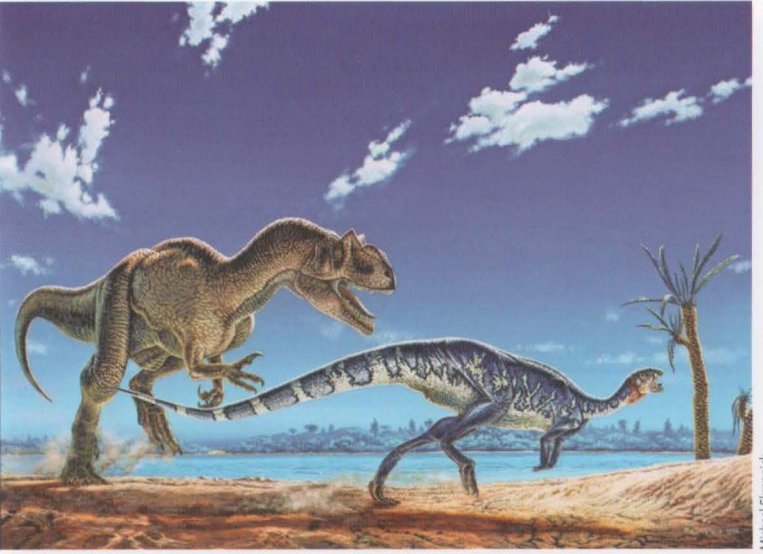
Mark Loewen

Resim 7: Utah'ta Geç Triasik Chinle Oluşumunun etkileri.



Mark Loewen

Resim 8: Ghost Ranch'ta toplanan bir *Coelophysis* fosil bloğunun fotoğrafı, geç Triasik devre ait bu coelophysoid theropodun karmaşık iskeletini gösteriyor.



Michael Skrepnick

Resim 9: Geç Jura devrinde Morrison Oluşumunda geçen bir sahne. Büyük bir theropod olan *Allosaurus*, küçük bir ornitopod olan *Dryosaurus*'u yakalamaya çalışıyor.



Jelle Wiersma

Resim 10: Utah'ta Geç Jura Morrison Oluşumunun etkileri.



Michael Skrepnick

Resim 11: Geç Kretase devrinde Montana'da yazarın adını taşıyan kısa fırfırlı (centrosaurine) boynuzlu dinazor *Achelousaurus*.



Michael Skrepnick

Resim 12: Geç Kretase devrinde Alberta'da sorguçlu (lambeosaurine) hadrosaur *Carythosaurus*.



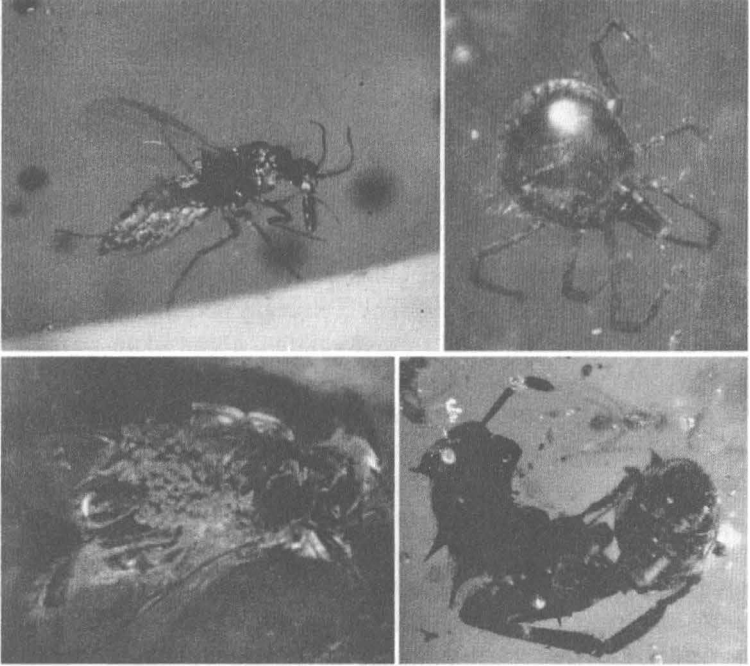
Michael Skrepnick

Resim 13: Geç Kretase devrinde Montana'da avcı ve av. Büyük tyrannosaur theropod *Daspletosaurus*, *Einiosaurus* boynuzlu dinazor sürüsüne saldırıyor.



Rebecca Hunt-Foster

Resim 14: Utah, Grand Staircase-Escalante Ulusal Anıtında Geç Kretase Kaiparowits etkileri.

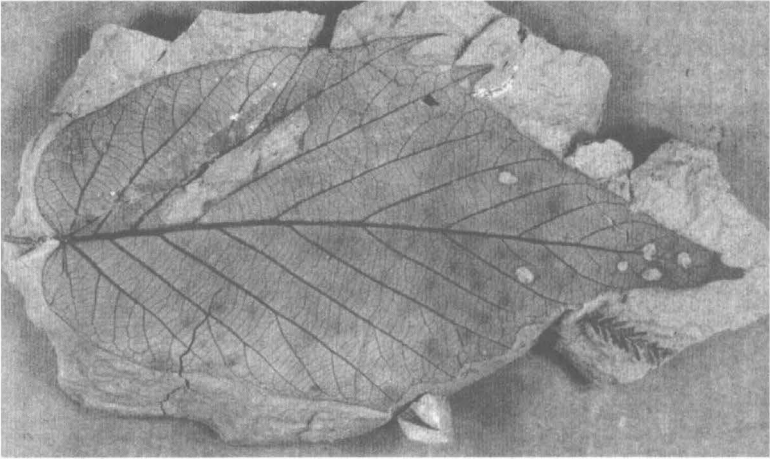


Şekil 9.1: Kehribarda korunan fosilleşmiş böceklerin fotoğrafları. Saat yönünde sağ üstten itibaren: kene, yaprak yiyen karınca, arı ve tanımlanamayan bir böcek.

Smithsonian Enstitüsünden paleontologlar Conrad Labandeira ve Peter Wilf, olağandışı bir dedektiflik çalışması yaparak günümüzdeki bitkilerde böceklerin bıraktığı birçok ayırt edici beslenme izinin fosil yapraklarda bulunabileceğini keşfetmiştir. Bu derin zaman korelasyonu, şaşırtıcı bir teşhis aracı sunmuştur. İnsan ayak izlerinin insanın varlığına dair kanıtlar sunması gibi, Mezozoik Zamandan böcek beslenme izleri de modern grupları ile eşleştirilerek bu böceklerin (veya yakın akrabalarının) fosil kayıtlarında varlığı kanıtlanabilir. Günümüzde zencefile beslenen ve yaklaşık 2,5-3,0 milimetre (yaklaşık 0,1 inç) genişliğinde uzun, dar beslenme izleri bırakan hispine adındaki yaprak böceği grubu bunların bir örneğidir. Araştırmacılar aynı izleri Kretase Döneminin sonuna ait fosil zencefil yapraklarında bularak yaprak

böceklerinin bilinen fosil kayıtlarını 20 milyon yıl daha geriye götürmüştür. Mezozoik zencefillerdeki bu uzmanlaşmış böcek beslenmesinin kanıtı, söz konusu ilişkinin en az Kretase Dönemine kadar gerilere gittiğini işaret eder. Böceklerin vücut fosilleri ve beslenme izleri bir araya geldiğinde belirli yerler ve zamanlar için antik böcek çeşitliliğinin şaşırtıcı bir biçimde detaylı bir resmini sunar. Bu, önümüzdeki yıllarda kesinlikle gelişme kaydedecek bir anlayıştır.

Mezozoik Zamanda böcek polen taşıyıcılar ne kadar önemliydi? Başta sinekler olmak üzere bazı Kretase böcekleri muhtemelen bitki özünü çekmek için pipet vazifesi gören uzun burunlar ve hortumlara sahiptir. Özle beslenmenin doğrudan (ve dikkate değer) kanıtı, Mezozoik böceklerin bağırsaklarında bulunan özlerdir. Modern polen taşıyıcıların en önemli grubu olan arılar, başka birçok böcek grubuyla beraber Kretase Döneminde evrimleşmiş ve yaygınlaşmış görünür. Toplam olarak hem otçulluk hem de polen taşımının kanıtlarını düşündüğümüzde, böcekler büyük olasılıkla Kretase Döneminin ikinci yarısında bitkilerle (belki de dinozorlardan çok daha fazla) kapsamlı bir ortak evrim geçirmiştir.



Şekil 9.2: Geç Kretase devrinden bir kapalı tohumlu bitki yaprak fosilinin iki farklı böcek hasarını gösteren fotoğrafı.

Sonuçta böcekler açık bir biçimde Mezozoik ekosistemlerde enerji akışını yönlendiren önemli roller oynamıştır. Bazıları polen taşıyıcılar olarak bitkilerin çoğalması ve enerji üretilmesine katılmıştır. Bazıları önemli bitki tüketiciler olarak besin ağları aracılığıyla enerji akışına katılmıştır. Bitki toksinlerinin böcek popülasyonlarını kontrol altında tutması gibi böcekler de bitkilerin hızını sınırlandırarak ve ekosistemin dengesinin korunmasına yardımcı olarak bunu yanıtsız bırakmamıştır. Birazdan inceleyeceğimiz gibi böcekler aynı zamanda organik malzemeleri gelecek bitki kuşakları için besleyici öğelere dönüştüren önemli ayrıştırıcılarıdır.

Atık, ekosistemlere uygulandığında boş bir kavramdır. Bir ormanda ölü bir bitki veya hayvanın –dallar, yapraklar, kemikler, gövdeler ve kurumuş et– ayrıştırılmak yerine ormanın zemininde biriktiğini hayal edin. Bu tür bir ekosistem yürüyüş için tehlikeli ve kötü kokulu olmasının dışında uzun süre varlığını koruyamazdı, çünkü organizmaların birbirini izleyen kuşakları büyük ölçüde daha önceki kuşakların yeniden yapılandırılmış kalıntılarından oluşur.

Ekoloji ve evrim, kaynağı ne olursa olsun organik maddenin yeniden döngüsünü neredeyse kusursuz hale getirmek için milyonlarca yıl beraber çalışmıştır. Bitkiler gibi hayvanların ölüleri de –ister bir böcek ister bufalo olsun– ayrıştırıcı organizmalar silsilesini tetikler. Bir balina öldükten ve denizin dibine battıktan sonra vücudu yüzyıl kadar bir süreyle zengin bir ekosistemin odak noktası, aslında temeli haline gelir. Genellikle 2000 metreyi (6500 fit) geçen derinliklere inen bu “balina düşüşü” diğer türlü kaynak bakımından fakir olan bir ortama muazzam miktarda besin –145 ton (320.000 pound) organik malzeme– sağlar. Bu memeli deniz hayvanı leşleri etrafında toplanan hayvanlar, yumuşak dokuları silip süpüren köpekbalığı, balık asalağı ve yengeçler gibi leşçilleri kapsar. Balina yağının bakteriyel ayrışmasının ürettiği sülfür zengini habitattan başka organizmalar da faydalanır. Bu derin deniz hayvan koleksiyonundaki dört yüzü aşkın türün birçoğu, spesifik olarak bu geçici kaynak adalarından faydalanmak için evrimleşmiş görünür. Belki de en tuhaf olanlar kemiklerde oyuk açan kurtçuklardır. Gözleri, ağzı veya midesi olmayan bu canlılar solungaç gibi davranan yumuşak tüylere sahiptir. Bunlar

balina kemiğindeki katı ve sıvı yağları sindirmek için uzmanlaşmış simbiyotik bakteriler de taşır.

“Dinozor düşüşü”yle ilgili paralel bir koşulu düşünmek ilgi çekicidir. Ölü bir sauropod da milyonlarca tonluk bir kaynak adası teşkil eder ve kara ayrıştırıcılarının geniş bir yelpazesini kendine çeker. Daha sonra göreceğimiz gibi, bu Mezozoik geri dönüşümcülerin bazıları da kemiklerden faydalanmak için uzmanlaşmıştır.

Karada yaşayan büyük omurgalılarda, leşin çürümesinin korkunç seyri iyi incelenmiştir ve şu şekilde özetlenebilir. Ölümünden sonraki ilk iki günde leş birçok bakteri, protist ve kancalıkurt tarafından etrafı sarılırsa da taze görünür. Çeşitli omurgalı leşçiller de ilk birkaç gün boyunca bu kalıntılarından paylarını muhtemelen alır. 2 ila 12 gün, çürüme dönemidir. Etsinekleri ve yabanarıları da gelerek leşe larvalarını bırakır. Vücudun içinde bağırsakta yaşayan bakterilerin etkinlikleri konakçılarının ölümüne rağmen devam eder ve gazların oluşumuna neden olur. Gastrointestinal kanaldan çıkamayan bu iç gazlar, şişme ve tahrife yol açar. 12. günden 20. güne kadar, bozulan et doku değiştirir ve “kremsi” hale gelir. Çok şişen bağırsak sonunda patlayarak pis bir koku üretir. Parçalanan leş daha da çok yabanarısının hedefi haline gelir. Yaklaşık 20. günden 40. güne kadar, leş kurur ve çok sayıda dermestid böcek gelerek geriye kalmış her eti hızlıca tüketir. Leşin hemen her bölgesine sızabilen maytlar ve mantarlar da devreye girer. Kırkıncı günden sonra yaklaşık bir yıl boyunca daha da çok kuruma ve çürümeyle daha aşamalı bir dönüşüm gerçekleşir. Dermestidler, maytlar ve mantarlar çalışmalarını yalnızca kemikler kalana dek hız kesmeden sürdürür. Bazı örneklerde kemikler, delici kın kanat veya başka böceklerin hedefi olur; bunlar genellikle açtıkları oyuklara larva bırakır. Bazı ekosistemlerde, kirpi veya sırtlan gibi uzmanlaşmış omurgalılar da kemik ayrışmasına katkıda bulunur. Nihayetinde atmosferik koşullara maruz kalan kemikler parçalanıp dağılır ve birkaç yıl içinde ortadan kaybolur.

Son on yıllarda, paleontologlar çürüyen leşlerle etkileşim kuran diğer yaşam formlarını tanımlamak amacıyla dinozor fosillerine daha yakından bakmaya başlamıştır. Makro ölçekte çiğnemedi kaynaklı kopmalar ve diş izleri gibi değişiklikler yer alır. Bunlardan bazıları leş yiyen veya belki de ölümü gerçekleştiren

dinozor etçiller tarafından bırakılmıştır. Mikro ölçekte ise daha geniş ekolojik etkileşimlerin ipuçlarını sunan organizma grupları tarafından gerçekleştirilmiş kemik değişiklikleri vardır. Yapraklarda olduğu gibi antik böcekler de kemiklerde ayırt edici izler bırakmıştır. Bunların çoğu ya kemiğin içine işleyen delikler ya da yüzeydeki kıvrımlı izlerdir. Delikler leş böcekleri tarafından kazılan pupa odacıkları olarak yorumlanırken, kıvrımlı izlerin beslenme izleri olduğu düşünülür. Bazı örneklerde aynı osteofilik (kemik seven) böcekler veya en azından yakın akrabaları her iki türdeki izlerden de sorumlu olabilir; yüzey izleri hayatta kalmayla, delikler ise ürümeyle ilişkilidir.

Bazen dinozor iskeletleri etrafında bulunan kalıntılar, bakteriler ve belki de mantarların fosilleşmiş kalıntıları gibi görünür. Birçok güncel inceleme, bakterilerin özellikle olağandışı korunmuş örneklerde fosilleşmenin tamamlayıcısı olduğuna işaret eder. Bu mantığa aykırıymış gibi görünebilir çünkü birçok bakteri organik maddeyi korumaktan ziyade parçalayıp yeniden dönüşüme sokmakla ün yapmış mükemmel bir ayrıştırıcıdır. Özellikle sulu koşullarda bakteriyel koloniler leş etrafında bir biyofilm halesi oluşturan jel benzeri salgılar üretebilir. BİYOMİNERALLEŞME adı verilen süreç aracılığıyla bu bakteriler ya hücre duvarlarında ya da doğrudan çevredeki ortama mineraller salgılayıp fosilleşmede önemli bir rol oynayabilir. Gelecek yıllarda bu konuya büyük olasılıkla çok fazla dikkat gösterilecektir. Kendi adıma bakterilerin fosillerin korunmasında genel olarak önemli olduğunun ortaya çıkacağını düşünüyorum.

Bir zamanlar kanalizasyon işleri yapan bir sıhhi tesisatçı kamyonu görmüştüm; Roto-Rooter tarzı bir tahliye hortumu tutan, gururla gülümseyen baştan aşağı üniformalı bir adam karikatürüyle süslenmişti. Karikatürün altında "Sizin atığınız benim etmek kapım" sloganı yazılıydı. İştah kaçıracı olmasına rağmen bu motto dışkı seven birçok organizmaya uygundur. Ne de olsa ölü hayvanlar ekosistemlerde geri dönüştürülmesi gereken yegâne organik atıklar değildir. Hayvanlar hayatları boyunca atık üretir ve hemen her ekosistemde her gün tonlarca atık birikir. Leşler için geçerli olan "atık yok" kuralı, dışkıları için de eşit ölçüde geçerlidir. Dışkıları onları tüketmek için evrimleşen organizmalara zengin

bir besin kaynağı sunar. Devasa dinazorlar, metabolik stratejilerinden bağımsız olarak şüphesiz büyük miktarlarda dışkı üretmiştir. Antik dışkıların içine gizlenmiş önemli ipuçları bulmayı kesinlikle umabiliriz.

Koprolit bilim insanlarının fosilleşmiş dışkılar için kullandığı terimdir ve Boulder, Colorado Üniversitesinden Karen Chin bu alanda dünyaca ünlü bir uzmandır. Neyse ki seçtiği araştırma konusu, iğneleyici bir mizah anlayışıyla eşleşmiştir. Bu nedenle, dile getirilmeyen daha birçok sıfatın yanı sıra “Koprolit Kraliçesi,” “Dışkı Düşesi” ve “Kaka Prensesi” unvanlarını alması şaşırtıcı değildir. Chin hem otçul hem de etçil dinazorlara atfedilen farklı türden fosilleşmiş dışkılar tanımlamıştır. Önceki bölümde sözü edilen büyük boy *T. rex* koprolitini açıklayan incelemenin baş yazarıdır. Belki de ilk titiz izlenimlerinizin aksine “paleoskatoloji” (dışkı inceleme bilimi) ne kirli ne de mide bulandırıcıdır. Fosilleşmenin zorluklarını aşan dışkılar tamamen taşlaşır; yumuşaklıktan ve kötü kokulardan yoksundur. Modern karşılıkları gibi fosilleşmiş dışkılar da çeşitli şekillerde ve büyüklüklerdedir. Bazıları klasik bir biçimde anal sfinkter tarafından bırakılan sıkıştırılmış uçlar ve çizgilerle tamamlanmış hayvan dışkıları gibi görünürken, bazıları da sadece uzman bir göz tarafından tanımlanabilen alelade kütlelerdir.

Chin’in koprolitlerde saklı gizemleri açığa çıkarmak için kullandığı tekniklerin birçoğu dinazor doku bilimcilerin kullandıklarıyla aynıdır. Elmas uçlu testere bıçağıyla kaya kadar sert olan dışkı örneklerinden ince dilimler kesilir. Bu kesitler daha sonra yaklaşık üç santimetrenin birkaç binde biri kalınlığa indirilir ve cam slaytlar üzerine yerleştirilir. Çok güçlü mikroskoplarla incelenen bu dilimler, organik ayaktakımının karmaşık bir bileşimini gözler önüne serer. Etçil dinazor dışkısında kemik parçaları, dişler ve hatta kaslar korunabilirken, otçul koprolitleri genellikle bitki parça, gövde, dal, tohum, polen ve/veya sporlar içerir. İlginç bir biçimde, Chin dinazor dışkısının korunmasının da en azından kısmen bakterilerin mineralleşmeyi destekleyen metabolik etkinliklerine bağlı olduğunu düşünür.

Kaka karıştırmak, en azından dinazorların taşlaşmış dışkıları söz konusu olduğunda hem bir sanat hem de bilimdir. İnsa-

nın doğru araştırma görüntüsünü elde etmesi gerekir. Diğer fosil türlerinde olduğu gibi koprolitlerin de hem renk ve doku hem de şekil bakımından çeşitlilik arz etmesi durumu karmaşıklaştırır. 1980'lerin sonunda soğuk bir yaz sabahı Chin'le birlikte kuzey Montana'da geç Kretase devrinden kalma görülmeye değer çorak arazide yürüdüğümüzü hatırlıyorum. Bölge, Jack Horner ve ekibinin burada gerçekleştirdiği muhteşem dinazor yuvası ve yumurtası keşifleri nedeniyle Yumurta Dağı olarak bilinir. Yumurta Dağı, Horner'ın *Maiasaura* "iyi anne kertenkele" adını verdiği bir hadrosaurun birçok kitlesel ölü topluluğunu da barındırır. Bu ismin verilmesinin nedeni, fosillerin ebeveyn bakımından faydalandığı anlaşılan yavruların yuvalarıyla ilişkilendirilmiş olmasıdır. Chin, aynı alanda büyük bir otçula, belki de *Maiasaura*'ya atfedilebilecek birçok büyük koprolit tanımladığını anlattı. Bu küçük arazide haftalar boyunca her gün yürüyüp fosilleşmiş dışkı işareti rastlamadığım için şüphe duydum. Ama Chin en büyüğü bir ayakta daha geniş olan kırık kaya parçaları yığınının arasına yöneldi. Dizlerinin üstüne çöküp kayanın içindeki sayısız bitki parçasını gösterdi. Çoğunlukla kozalaklı ağaçlardan gelen odunsu liflerin, bir hayvanın bağırsak yolundan geçtiğini anlattı (dışkı bloklarının büyüklüğü göz önünde bulundurulduğunda büyük bir dinazor olmalıydı). Ayrıca örnekte küçük tüneller gibi görünen şeyleri gösterdi ve bunların belki de bok böceklerinden kalma fosilleşmiş böcek yuvaları olabileceğini söyledi.

Bu tahmini, Chin daha sonra Kanada, Ontario'daki dışkı böcek uzmanı Bruce Gill'le temasa geçince doğrulandı. Antik dışkıda bok böceklerinin kendinden hiçbir kalıntı bulunmаса da, oyukların çoğu dışkı kümesinden organik maddeyle doluydu. Birçok omurgasız dışkı öbeğini kazabilir ama yalnızca bok böcekleri (resmi adıyla parasopridler) tünellerini geri doldurur. Bok böcekleri, yavruları için gıda dolu kuluçka odacıkları oluşturmak için taze dışkıyı kazarak ilerler. Chin'in aynı dışkı kütlelerine ilişkin daha sonraki çalışmaları iki gizli ağ bilgisini daha ortaya çıkardı. İlk olarak, koprolitler dört farklı türden düzinelerce salyangoz içerir; büyük, nemli, mikrop yüklü maiasaur dışkısı görünüşe göre salyangozlar için mükemmel besin kaynakları ve tüneller sunmuştur. İkinci olarak dışkıdaki kozalaklı ağaç parçalarının yapraklar,

saplar veya dallarla karışmamış olması, maiasaurların ağacın özünden odun yediğini gösterir. Canlı odun genellikle besleyici değildir ama dışkıdaki kısmen sindirilmiş parçalar mantarlar tarafından aşındırılmıştır. Chin'in görüşü, hadrosaurların yalnızca ölü değil aynı zamanda ileri derecede çürümüş, mantarlar ve başka döküntü-besleyicilerle dolu ağaçlarla beslendiği yönündedir. Öyleyse, büyük dinazorlar en azından bazen çürümüş ağaçlar tüketmiştir; bunu odunun kendisinden ziyade ayrıştırıcılarıdaki kaloriler ve karbon için yapmışlardır.

Chin'in bir dizi meslektaşıyla yaptığı keşifler birçok açıdan önemlidir. Bir Kretase dinazorunun diyetinde çürümüş odun gibi sıra dışı bir besin ögesinin doğrudan kanıtını sunarlar. Bok böceklerinin bilinen fosil kayıtlarını Mezozoik Zamanda milyonlarca yıl geriye götürürler ve bu kaka seven böceklerin daha önce düşünülenin aksine memelilerle değil dinozorlarla beraber evrimleştiğini gösterir. Belki de en şaşırtıcı olan, bu araştırmanın bir Kretase besin ağındaki çoklu ekolojik bağları aydınlatmasıdır. Üretici olan kozalaklı ağaçlardan tüketici dinozorlara ve ayrıştırıcı böcek, salyangoz ve mantarlara uzanan 75 milyon yıllık bir ekosisteme ender ve olağanüstü bir bakış sunar.

Bir diğer örnek Hindistan'dan gelir. Geç Kretase devrinden bir koprolit koleksiyonunu inceleyen araştırmacılar, fosilleşmiş dışkının içinde yalnızca bitki kalıntıları değil birçok türden mantar da bulmuştur. Bu tarih öncesi mantarlar, dikkat çekici bir biçimde, günümüzde halen canlı olan formlara ait görünür. Bazı mantarlar, yapraklara tutunan bitki parazitleridir. Bunlardan biri olan *Colletotrichum* yaprak lekelerine ve kırmızı çürüklük hastalıklarına neden olurken, *Ersiphe* ve *Uncinula* gibi bazıları da yapraklarda toz halinde küfler üretir (bu kendi bahçemde de gördüğüm bir şeydir). Araştırma *Glomus* adlı mikorizal toprak mantarının örneklerini de ortaya koymuştur. Burada bir başka antik besin ağı gözümüze ilişir. Otçul dinozorlar (belki de aynı kalıntılardan ortaya çıkarılan titanosaur sauropodlar) parazit mantarların bulunduğu yaprakları tüketmiştir; bu besinlerin sindirilmemiş kısımları, dinozorların ağız ve gastrointestinal kanalından geçtikten sonra boşaltılmış ve daha sonra farklı türden mantarlar bunlara yerleşmiştir; bu mantarlar besleyici maddeleri dışkı malzemesinden

ayırılmış ve belki de bunları simbiyotik müttefikler aracılığıyla başka bitkilere dağıtmıştır.

Mezozoik mantar keşifleri, yerin üzerindeki habitatlardan ekosistem yeniden döngüsünün ağır yükünün gerçekleştiği yeraltı âlemlerine uygun bir geçiş sağlar. Mantarlar bizi günümüze dönmeye de sevk eder.

Toprak, Doğa Ananın horlanmış üvey çocuğudur; ya göz ardı edilmiş ya da sadece "pislik" olarak küçümsenmiştir. Arazi, orman veya çölde yürürken ayağımızın altındaki tabakayı (düşünsek bile) sadece fiziksel bir madde gibi düşünürüz. Fakat bu bakış bütünüyle yanlıştır. Evet, toprak bolca mineral, hava ve su içerir. Fakat daha önce dikkat çekildiği gibi bitkiler, mantarlar, solucanlar, maytlar, kırkayaklar, çıyanlar, nematodlar ve teşbih böcekleri gibi canlı ve ölü yaşam formlarıyla dolup taşar. Yükselen ağaçlar, renkli kuşlar ve muhteşem yırtıcılar bizi cezbederken, toprağın içinde çok daha fazla yaşam formu yaşar.

Toprakta yaşayan hayvanların birçoğu, bu cümlelerin sonundaki noktadan daha küçüktür. Bir böcekbilimci, ortalama bir ormanda attığınız her adımda ayağınız 16.000 omurgasızın üzerinde yükselir ve bu omurgasızlar da toplamda ortalama 120.000 ayağın üzerinde durur!¹ Sadece iki gruba odaklanacak olursak, dünyadaki tüm karıncaların toplam ağırlığı kabaca 6,8 milyar insanın toplam külesine eşittir ve dünya genelinde hemen her toprakta bulunan küçük yuvarlak solucanların Dünya'daki tüm hayvanların beşte dördünü oluşturduğu tahmin edilir. 16 santimetre küplük (1 inç küp) toprak iç içe geçmiş bir milden daha uzun miselyum içerir; mantar örtüsü toprağın ilk birkaç inçlik kısmını kaplar. Bu rakamlar yeterince kafa karıştırıcı değilmiş gibi, parmaklarınız arasında tuttuğunuz verimli bir toprağın bir tek gramı yaklaşık 10 milyar bakteri ve belki de 6000 bakteri çeşidi veya türü içerir. Bugüne kadar biyologlar 6000'in biraz üzerinde bakteri türünü resmi olarak tanımlamıştır; bu yaklaşık olarak toprağın bir gramındaki bakteri türüyle aynıdır.²

Bu, bir avuç orman toprağının gelişmekte olan bir mikrokosistem olduğu anlamına gelir; bu ekosistem, hakkında sadece

¹ A. Moldenke'nin şekilleri, Luoma, 1999, s. 97.

² Wilson'dan alınan istatistikler, 2006.

ufak ipuçlarına sahip olduğumuz şaşırtıcı bir bitki (veya en azından bitki parçası), otçul, etçil ve ayrıştırıcı çeşitliliği barındırır. Ayaklarımızın altındaki küçük doğanın her parçasında aslanların zebraların peşine düşmesi veya tyrannosaurların boynuzlu dinozorları avlaması kadar zorlu dramlar sahnelenir. Bu yabancı mikro âlemde, ağaçlar ile fundaların iç içe geçmiş köklerinin arasındaki karanlıkta, muazzam genişlikteki diafanoz mantar iplikleri ağı besleyici öğeleri bitkiler arasında nakleder; karıncalar genellikle egemen yırtıcılar ve leşçillerdir; gittikçe daha küçük organizmalar silsilesi ölüyü sürekli öğütür ve geri dönüştürür.

Toprak, gizli ağın simgesidir. Toprakların kara ekosistemlerinin sağlığı bakımından vazgeçilmez olduğunu ve güncel bir ifadeyle yaşamsal “ekosistem servisleri” sunduğunu biliyoruz. Nitrojen, fosfor ve kükürt gibi birçok önemli elementin geri dönüşümü bunların başında gelir. Fakat yerin altındaki bu bereketli âlem hakkındaki cehaletimiz o kadar büyüktür ki bu kadar küçük yerlere neden bu kadar çok türün sıkıştığını bile anlayamayız. Birçok memelinin de dahil olduğu daha büyük, tünel kazan hayvanlar hava, su, mineraller ve organik malzemeleri karıştırır. Bu karıştırma görevini karıncalar ve solucanlar gibi daha küçük organizmaların farklı bir seviyede gerçekleştirir. Daha da küçük yaşam formları organik kalıntıları parçalar ve geri dönüştürür. Birinin dışkısı diğerinin besinine dönüşür. Bir araştırmacının dikkat çektiği gibi toprağı “böcek kakası” olarak düşünmek belki de en iyisidir. Tümü bağırsaklarındaki uzmanlaşmış bakteriler tarafından desteklenen bu sayısız gübre üreticisinin etkinlikleri, kullanılabilir besinleri yeniler ve devamlı bitki gelişimini mümkün kılar, böylece sistem güneş enerjisini yakalamayı sürdürür. Toprak karasal besin kaynağının devamlılığını sağlamanın yanı sıra temel su filtresidir; suyu ekosistemin kullanabilmesi için temizleyip depolar. Dahası toprak, iklimle beraber, belli bir alanda hangi yaşam formlarının yaşayabileceğini belirler.

Yerin üzerinde sayısız simbiyoz örneği mevcut olsa da (örneğin daha önce değindiğimiz karıncalar ve boğa boynuzlu akasya) bu tür ortaklıklar yerin altında daha da boldur. Bunların en önemlilerinden biri mikoriza (“iri kökler”) yani bitkilerin bakteriler veya mantarlarla ortaklık kurduğu çok türlü birliklerdir. Bitkiler

tarafından kullanılan tüm nitrojen, daha önceki bitki ve hayvan nesillerinin çürümesinden türer. Buna karşın bitkiler nitrojeni doğrudan topraktan alamadığından bir aracıya ihtiyaç duyulur. Bitki köklerine genellikle köklerdeki şişkinlikler olarak görünen lifli bakteriler eşlik eder. Bu bitki-bakteri simbiyozları mikorizadır. Bu ortaklığın bakteriyel tarafı nitrojeni topraktan alır ve bitkilerin gelişmek için kullanabileceği aminoasitlere dönüştürür. Bakteriler de bunun karşılığında bitki köklerinden besleyici öğeler alır.

Mikoriza, bitkiler için fosfor özümseyen ve onların kuraklık, yüksek sıcaklık ve toksin gibi zorlu çevre koşullarıyla başa çıkmalarına imkân tanıyan mantar çeşitleri de olabilir. Mantarların, kara ekosistemlerinin sağlığı ve devamlılığı açısından birkaç on yıl öncesine kadar düşünüldüğünden çok daha kritik olan dikkate değer organizmalar olduğu anlaşılır. Mantarlar, bakterilerle beraber en önemli organik geri dönüşümcülerdir. Bir mantar sadece meyve veren küçük gövdedir; yani buzdağının görünen kısmıdır. Mantarsı biyokütlenin büyük bir kısmı zeminin altında gizlidir; iç içe geçmiş yoğun miselyum tabakası oluşturur. Gezegenin her yanında ilk birkaç inçlik toprakta miselyumlar neredeyse her zaman en önemli toprak oluşturunucular arasındadır. Günümüzde ve belki de geçmiş yarım milyar yılın büyük bir kısmında Dünya üzerindeki en büyük organizmalar dinazorlar veya sekoyalar değil, miselyum tabakası şeklindeki mantarlardır. Bilinen en büyük örnek olan 2400 yaşındaki bal mantarı (*Armillaria ostoyae*) yalnızca 1 metre (3 fit) derinliktedir ama 9 kilometre kare kadar (3,5 mil kare veya 2200 akre) yayılır ve tahminen 550.000 kilogram (1.200.000 pound) ağırlığa sahiptir!

Bir ekosistemin tüm parçaları gibi toprak da her zaman değişir. Milimetre milimetre oluşan toprak, kaya aşınmasına dayalı bir sürecin sonucu olarak aşağıda kaya ve yukarıda organik birikinti karışımından inşa olur. Rüzgâr, yağmur veya donmanın etkisiyle gerçekleşen fiziksel veya mekanik aşınma, kayaların daha küçük parçalara bölünmesine neden olur. Çatlaklara sızan su donup çözülerek kayaların genişlemesine, büzülmesine ve nihayetinde parçalanmasına yol açar. Genellikle yağmur ve su taşkınından kaynaklanan kimyasal aşınma ise kayanın kimyasal yapısını

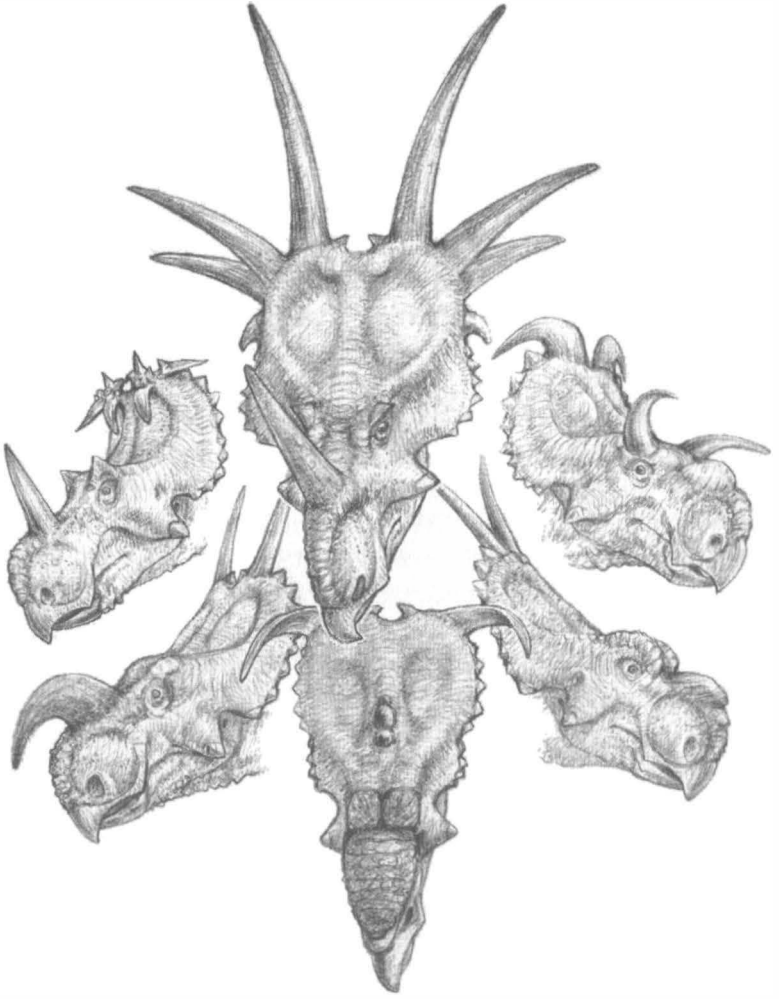
farklılaştırır. Uzun zaman dilimlerinde, çözünmüş karbondioksit barındıran su kaya yüzeylerini kelimenin tam manasıyla aşındırır. Üçüncü bir faktör olan biyolojik aşınma kısa bir süre öncesine kadar göz ardı edilmiştir. Besleyici öge arayışındaki kökler kayalara nüfuz eder ve kırılmaya yol açar. Likendeki mantarlar, kaya yüzeylerini aşındıran daha çok asit üretir. Ayrıca birçok bakteri türü, kayaların içinde fisürler ve çatlaklarda şişmeye neden olan bileşikler salgılar ve daha da çok parçalanmaya yol açar. Genel olarak, kayaların aşınma ve erozyon hızlarının cansız bir gezegenden bin kat daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. Jeolojik zamanda bütün sıradağlar bu kuvvetler tarafından düzleştirilir.

Peki ya Mezozoik topraklar? Dinozorların ayaklarının altında da günümüzdeki örneklerle karşılaştırılabilecek baş döndürücü bir küçük ve mikroskobik çeşitliliğe sahip topraklar var olduğundan emin olabilir miyiz? Neticede örneğin geç Kretase toprak tabakasının çeşitliliğini örneklememiz mümkün değildir. Gerçek şu ki antik toprak tabakalarını kazıp yaşamın kanıtlarını bulabiliriz. Bu çoğu zaman bolca kök izi, oyuk ve hatta bakteriyel etkinliğin işaretlerini kapsar. Fakat bu ipuçlarının ötesinde bilim insanları Mezozoik kara ekosistemlerinin de tıpkı modern karşılıkları gibi yer, su ve hava arasında büyük bir çeşitlilik arz eden, organik yönden zengin bir ara katmana bağımlı olduğu ve bununla beslendiğinden çok emindir.

Erken dönem Dünya topraktan bütünüyle yoksundur. Yaşamın karaya göç etmesinden önce, kayadan türeyen pekişmemiş materyal ayın yüzeyinde bulduğumuz türden "regolit" adını verdiğimiz kısır bir maddedir. Yaşamın kara âlemine yayılması bakterilerle olmuştur. Bakterilerin metabolizmik etkinlikleri çıplak kayaları aşındırmaya başlamıştır. Mantarlar muhtemelen onları takip eden bir sonraki önemli gruptur ve sonunda yoğun miselyum tabakaları oluşturmuşlardır. Daha sonra gelen bitkiler 350 milyar yıldan daha önce karada egemenlik kurmuştur. Kaya aşınmasına katkıda bulunan bu çeşitli yaşam formlarının sayısız kuşağı, canlıyken iri kaya parçalarını bölerek ve öldükten sonra kendi kalıntılarını organik karışıma ekleyerek ilk gerçek toprakları üretmiştir. Bu yer matrisi, daha sonradan su kenarından içlere göç eden omurgasızlar ve omurgalıları kapsayan kara tabanlı evrim

için zengin bir katman sunmuştur. Milyonlarca yıl içinde artan çeşitlilikteki organizmalar gittikçe daha çok kara parçasına yayılmıştır. Bu istilalar muhtemelen büyük ölçüde toprakların üretilmesine bağlı olmuştur. Bu ince organik madde kaplaması, kıtaları sarmaya başlamış ve beraberinde bitkilerin gelişmesine olanak tanıyan karmaşık molekülleri de taşımıştır, bitkilere bağımlı olan tüketiciler ve ayrıştırıcılar da onları takip etmiştir. Kara sahnesine daha sonra çıkan dinazorlar, miselyum tabakaları, mikorizal simbiyontlar ve uzmanlaşmış sayısız toprak organizmasıyla dolu toprakların karmaşık dünyasına gelmiştir. Toprağa bağımlı yaşam formları araziye daha önceden uzun süre işgal etmemiş olsaydı, ne dinazorlar olurdu ne de biz.

Sonuç olarak, hayat neredeyse suyun sınırlarının ötesine ilk geçtiği andan itibaren toprağa bağımlı olmuştur. Mezozoik omurgasız ve bakteriyel toprak türlerinin sayısının modern çeşitlilik seviyelerine yaklaşıp yaklaşmadığı sonuca bağlanmamış bir sorudur. Fakat en önemli kahverengi, ufalanan, dışkı dolu madde hiçbir şüpheye yer bırakmayacak şekilde oradadır ve dinazorların destansı yolculuğuna zemin hazırlamıştır. Buradan çıkarılacak ders, biyolojik açıdan görkemli canlılar olan dinazorların, kızılçamların ve insanların süslediği bir dünyada bile mikropların hüküm sürdüğünü kabul etmek zorunda olduğumuzdur.



Kısa fırfırlı (centrosaurine) boynuzlu dinazorlarda garip baş yapıları. Üst ortada yer alan *Styracosaurus albertensis* daha gösterişli fırfır süslemelerinden birine sahipken, diğerleri aynı oranda olağandışı kafataslarına sahiptir: soldan sağa doğru *Centrosaurus brinkmani*, *Einiosaurus procurvicornis*, *Pachyrhinosaurus lakustai*, *Achelousaurus horneri* ve *Albertoceratops nesmoi*.

BOYNUZ KAFALILAR VE ÖRDEK GAGALILAR

1987 yazında Toronto Üniversitesinde büyük bir araştırma projesinin peşindeki genç, istekli ve saf bir yüksek lisans öğrencisiydim. Paleontolog olma yolunda epeyce mesafe kat etmişim ve dinazorları hedef grubum olarak neredeyse kararlaştırmışım. Özellikle theropodlar veya *Triceratops* gibi boynuzlu ceratopsidler üzerinde çalışma fikri hoşuma gidiyordu. Fakat incelenmemiş fosillere erişmem gerekiyordu. Memleketim olan Britanya Kolumbiyası'nda ichthyosaurılar (Mezozoik Zamandan yunus benzeri, deniz sürüngenleri) ortaya çıkardıktan sonra doğuya dönerken, çalışma arkadaşlarımla Alberta, Drumheller'deki dinazor uzmanı Philip Currie'nin evine uğradık. Gecenin geç saatlerinde ona bir lisanüstü projesi aradığımı anlattım. Montana, Bozeman'daki Rockies Müzesinde görev yapan dinazor paleontologu Jack Horner'la konuşmamı önerdi. Montana grubunun kısa bir süre önce yeni bir boynuzlu dinazor ortaya çıkardığı konuşuluyordu ve dinozorun kemikleri araştırmaya müsait olabilirdi. Bu öneriyi değerlendirerek birkaç gün sonra Horner'ı görmek için Montana'ya gittim.

1980'lerin ortasında Jack Horner bebek dinazor, yumurta ve yuva keşiflerinin ardından bu alanda bir lider olarak adını duyurmuştu. Çok geçmeden Rockies Müzesinin saha ekiplerinin başta Kretase Döneminin sonlarına ait bir kaya birimi olan Two Medicine Formasyonundan olmak üzere birçok yetişkin dinozoru da ortaya çıkardığını öğrendim. Horner'ı ilk olarak kuzey Montana'nın olağanüstü Big Sky bölgesindeki saha kamplarının birinde tanıdım. Rocky Dağları hava kararırken belli belirsiz görünüyordu. Karaayak kabilesinin çadırlarının (o dönemlerde tercih edilen kalacak yer) arasında oturduk. Boynuzlu dinozorlara duyduğum ilgiyi heyecanla açıkladım ve yeni dinozoru sordum. Horner yeni hayvanı kısaca açıkladı. Her sözcüğünü zihnime kazıdım.

Yetişkin kafatasları yaklaşık 1,8 metre (6 fit) uzunluğundadır ve burnun üzerinde yandan yana dar olan ve tarih öncesi bir konserve açacağı gibi ileri doğru kanca şeklinde uzanan sert bir boynuzla sahiptir. Ek süsler, gözlerin üzerinde küçük birer boynuz ve kemikli boyun fırır arkasından geriye doğru bir çift uzun dikedir. Dikenli fırır, Alberta'daki Dinosaur Provincial Parkta yaklaşık olarak aynı dönemden boynuzlu bir dinazor olan *Styracosaurus*'la yakın bir ilişkiyi akla getirmiştir. Yeni Montana dinozoru, Kanada sınırına doğru kıvrılan Landslide Butte adındaki zengin kırgıbayır bölgesinden çıkarılmıştır. Önemli bir biçimde, bu yeni hayvanın birçok örneği yavrular, yetişkinliğe yakın olanlar ve yetişkinlerin fosilleşmiş kalıntılarını içeren iki kemik yatağından elde edilmiştir. Bu nedenle birden çok büyüme aşamasını inceleme fırsatı doğmuştur. Bu en azından o tarihte dinazorlar için ender bir fırsattır. Horner'ı yeterince dinledim ve görünüşe göre Horner'da beni yeterince dinlemişti. Dakikalar sonra uzlaşmaya vardık. Doktora tezim, konserve açacağı seratopsidi adlandırmak ve açıklamak, diğer boynuzlu dinazorlarla ilişkilerini değerlendirmek ve büyüme örüntülerini araştırmak olacaktı.

İçim içime sığmıyordu. Dinazorlara ilgi duyan bir yüksek lisans öğrencisi için daha iyi bir proje olabilir miydi? Horner'a çok teşekkür ettim ve seratopsid dinazorlar hakkında elime ne geçerse okumayı aklıma koyarak Toronto'ya döndüm. Kuzey Amerika'da geç Kretase devrinden bilinen özgün bir dev otçul grubunun var olduğunu öğrendim. Birçok türün neredeyse tamamen kafatasının üstündeki birkaç kemikteki farklılıklar temelinde birbirinden ayrıldığını öğrenince şaşırdım. Özellikle tanısal özellikler, fırırların yanı sıra burun ve gözlerin üzerindeki süslemelere yoğunlaşmıştır. Gençliğin verdiği cüretle, diğer araştırmacıların bazı kanıtları gözden kaçırmış olması gerektiğine inanmıştım. Yeterince dikkatli bakarsam, hem kafatasının başka yerlerinde hem de iskelette yakın akraba türleri ayırt edebilecek kemikli özellikler tanımlayabilirdim.

Birkaç ay sonra kendimi Rockies Müzesinin bodrum katında konserve açacağı seratopsidin kemiklerini incelerken buldum. O sırada Horner yeni keşfedilen ikinci bir boynuzlu dinozoru projeye dahil etmeyi isteyip istemeyeceğimi sordu. O da Landslide

Butte'de keşfedilmişti ama daha yüksek bir kaya katmanında bulunmuş olması biraz daha yakın bir zaman aralığına işaret ediyordu. Bu ikinci hayvan ilkinе çok benzerdi; kafatasının uzunluğu yaklaşık 1,8 metreydi (6 fit) ve fırlarlarda geriye doğru bakan göz korkutucu bir çift diken vardı. Buna karşın gözler ve burun üzerinde boynuzlar yerine kalın kemik platformlar vardı ve bunlar pürümlü metali anımsatan pürüzlü bir dokuyla kaplıydı. Yalnızca bir annenin sevebileceği bir yüzün klasik bir örneğiyle karşı karşıyaydık. (Doğrusunu söylemek gerekirse, bu yüz başka bazı boynuzlu dinozorlara da çekici gelmiş olmalıdır; bu nokta daha sonra ikna edici bir biçimde açıklanacaktır.) Benzer bir biçimde yumrulu kemik platformlar, Alberta'da bulunan *Pachyrhinosaurus* adlı kemikli dinozorda görülmüştü. Ayrıca Montana fosilleri öyküyü daha da ilgi çekici kılmıştı ve Horner'ın önerisini memnuniyetle kabul ettim.

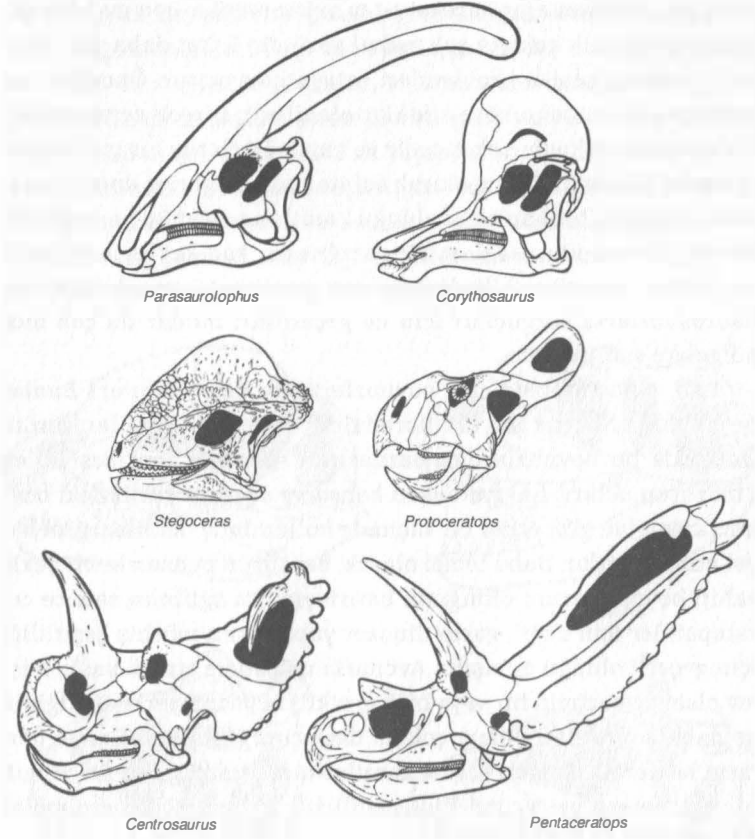
Elimdeki ayrıntılı notlar ve fotoğraflarla, Royal Tyrrell Müzesi, Kanada Doğa Müzesi, Royal Ontario Müzesi, Amerika Doğa Tarihi Müzesi ve Doğa Bilimleri Akademisi gibi diğer Kuzey Amerika müzelerinde bulunan boynuzlu dinozorları incelemeye başladım. Çok geçmeden bu grup üzerinde çalışan daha önceki paleontologların zaten konuyu açıklığa kavuşturduğunu anladım. Temel farklar, büyük ölçüde kafatasının üst bölümünde bulunan süslerdeki çeşitlenmeyle sınırlıydı. Örneğin birçok maxilla (dişli üst çene kemiği) örneğini bir masanın üzerine dizip iki veya daha fazlasının arasında bulduğum çeşitlenme kadarını veya daha fazlasını belli bir türün içinde de bulabildim. Omurga ve bacak kemikle için de aynı şey geçerliydi. Bir başka deyişle, kafatasının üst kısmı hariç eksiksiz bir iskelet bulursanız, kemiklerin hangi dinozor türüne ait olduğunu tam olarak tanımlamak zor olacaktı. Ölçülerde ufak tefek farklılar mevcut olsa da, çoğu türe ait az sayıda kemik bulunması nicel yaklaşımların uygulanmasını sınırlandırıyordu.

Ben de kendimden öncekiler gibi dikkatimi kafatasına odakladım ve ilk defa bu nükseden örüntünün olası sonuçlarını düşünmeye başladım. Boynuzlu dinozorlar neden esasen tuhaf kemikli yapılar temelinde birbirinden ayrılıyordu? Kemiklerin herhangi bir omurgalı hayvanın öyküsünün yalnızca bir kısmını anlattığını varsayarsak, yakın akraba türler arasında dişler, çeneler ve ba-

caklarda net farklılıkların bulunmaması bütün bu dinazorların yaşamlarını sürdürmek için tamamen aynı şeyi yaptığını anlatıyordu. Bu sonuç, ekoloji hakkında bildiklerimle çelişiyordu çünkü bir ekosistemdeki her hayvan kendine özgü bir nişe sahip olma eğilimindedir. İkinci çıkarım, bu antik gruptaki evrimsel değişimin esasen boynuzlar, fırırlar ve dikenleri hedef almış olduğuydu. Bu nedenle bu garip başlığın işlevini anlamak birdenbire önemli hale geldi.

Dinazorların bunca yıl neden bu kadar popüler olmaya devam ettiği sorusuyla sürekli karşılaşıyorum. Bu tür egzotik bir tutku-yu ateşleyen şey ne olabilir? Elbette ki bu sorunun yanıtı kısmen birçok dinazorun boyutudur. Antik manzaralarda devasa etçillerin daha da büyük avların peşine düştüğünü düşünmek dehşet vericidir. Yine de insanların çok uzun süre önce nesli tükenmiş bu hayvanları nesiller boyunca hayranlık duymasının sadece büyüklükleriyle değil, tuhaflıklarıyla da ilgili olduğunu düşünüyorum. Daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi dinazorlar şaşırtıcı kemikli yapılarıyla gösteriş yapmıştır. Ceratopsidlerin boynuzları ve fırırlarına ek olarak hadrosaurların sorguçları, stegosaurların plaka ve dikenleri, pachycephalosaurların kubbeleri ve ankylosaurların vücut zırhı ve kuyruk tokmakları vardır.

Yıllar boyunca bu garip özelliklerin açıklamak için birçok fikir ortaya atılmıştır. Örneğin *Parasaurolophus*'un içi boş, uzun sorgucunun şnorkel vazifesi gördüğü ve bu sayede hayvanların suyun altında sürekli nefes alarak beslenebildiği ileri sürülmüştür. Fakat bu fikre ilişkin ciddi bir hata, sorgucun ucunda hava girişine imkân tanıyacak hiçbir açıklığın bulunmamasıdır. Benzer bir biçimde, ceratopsidlerin uzun fırırlarının sadece çok geniş çene kapatma kaslarının bağlandığı genişletilmiş yüzeyler olduğu ve bu mega otçullara sert bitki kabuklarını işlemekte büyük bir avantaj sağladığı uzun süre savunulmuştur. Fakat kas gücü, uzunluktan çok çapraz kesitsel kalınlıktan gelir ve çeşitli kemik göstergeleri, çene kaslarının fırırının üstüne çok fazla uzanmadığını gösterir. Belki de bazı araştırmacıların düşündüğü gibi dinozorlardaki garip kemikli özelliklerin çeşitliliği birçok gruba kapsayan daha genel bir açıklama gerektirir.



Şekil 10.1: Ornithischian dinzorlarda garip yapılar: üst sırada iç boş sorguçlar taşıyan lambeosaurine hadrosaur *Parasaurolophus* ve *Corythosaurus*; orta sırada kubbe başlı pachycephalosaur *Stegoceras* ve fırfırlı ceratopsian *Protoceratops*; alt sırada centrosaurine seratopsid *Centrosaurus* ve çasmozorin seratopsid *Pentaceratops*, her ikisi de burun ve gözlerin üzerinde kemikli fırfırlar ve boynuzlara sahiptir.

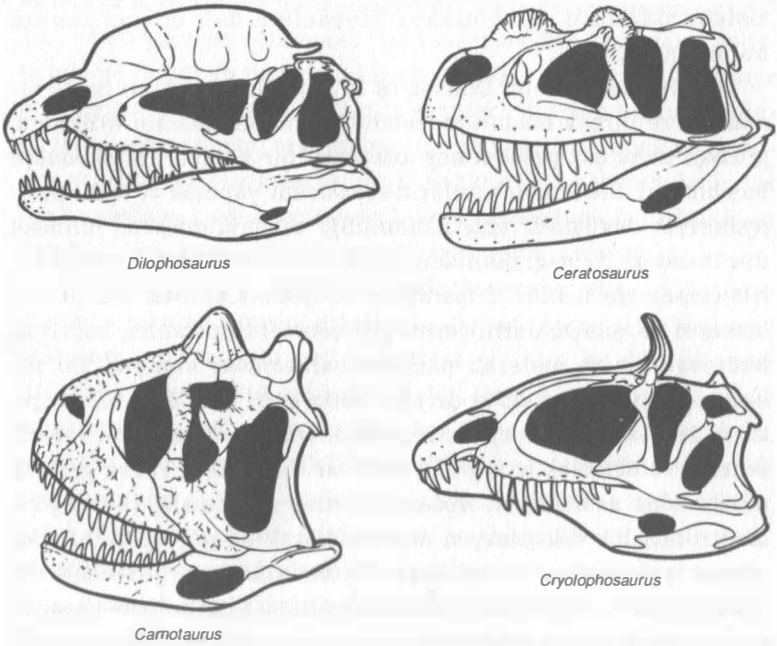
Geleneksel olarak, en çok kabul gören hipotez bu yapıların av-cıları savuşturma işlevi üstlendiğidir. 20. yüzyılın büyük bir kısmında dinzor rekonstrüksiyonları genellikle *Tyrannosaurus* ve *Triceratops* veya *Allosaurus* ve *Stegosaurus* gibi etçil-otçul çiftleri arasındaki tarih öncesi açmazları veya mücadeleleri resmetmiştir. Özellikle tonlarca ağırlıktaki keskin dişli etçillerle dolu bir

dünyayı paylaşan ağır hareket eden vejetaryenler için avcı karşıtı işlev hipotezi ilk bakışta çok makul görünür. Fakat daha yakından bir inceleme, çeşitli problemleri ortaya koymuştur. Öncelikle bu garip yapıların çoğu kötü silahlar olabilirdi. Birçok seratopsidin fırırları kısım kısım çok incedir ve bazı bölgelerde bir milimetreye kadar küçüktür. İkinci olarak kafatasının bu geriye doğru uzantısında zengin bir kan akışı olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle büyük bir theropodun sağlam bir ısırığı aşırı kan kaybıyla ve belki de ölümle sonuçlanabilirdi. Aynı şey stegosaurların plakaları ve hadrosaurların sorguçları için de geçerlidir; bunlar da çok ince bölgelere sahiptir.

Peki, ya ceratopsidlerin boynuzları gibi diğer yapılar? Bunlar iyi silahlar olamaz mıydı? Burada da tartışmalı konular vardır. Öncelikle bu boynuzlardan bazılarının –örneğin yeni keşfedilen dinozorun uçları aşağıya bakan konserve açacağı şeklindeki boynuzları– silah gibi etkili bir biçimde kullanılmış olabileceğini hayal etmek zordur. Daha temel olarak, her türün benzersiz bir şekle sahip boynuzlarının olduğunu hatırlayın. Bu eğilimin sadece ceratopsidler için değil, garip dinozor yapılarının müthiş çeşitliliği için geçerli olduğu anlaşılır. Avcılarla mücadele etmek başlıca işlev olsaydı, evrimin bir veya birkaç etkili tasarımı yerleştirdiğinin ve daha sonra da bunları çok az değiştirdiğinin kanıtlarını görmeyi beklerdik. Bunun yerine kanıtlar tam tersini gösterir: yaygın bir çeşitlenme ve evrimsel işlenebilirlik. Ayrıca etçil theropodlar da kendilerine özgü, bazen hassas, garip yapılarla faaliyet göstermiştir. Örneğin *Dilophosaurus* yüzün üstünden çıkan bir çift ince sorguca sahipken, Asya theropodu *Monolophosaurus* bir tek sorguca sahiptir. *Allosaurus* ve *Carnotaurus* gibi dinozorlar gözlerinin üstünde çok gelişmiş boynuzlara sahiptir. Bir kez daha tüm bu örneklerde süslerin tür içinde çok tutarlı olmasına karşın iki türün hiçbir şekilde aynı süslere sahip olmadığını görürüz.

En azından bazı garip yapıları açıklamak için ileri sürülen ikinci bir hipotez, TERMOREGÜLASYON veya vücut ısısının kontrolüdür. Sonraki bölümde göreceğimiz gibi, hacim ve yüzey alanıyla ilişkili nedenlerden ötürü büyük hayvanlar ısıyı küçüklere oranla çok daha fazla tutma eğilimindedir. Bu nedenle evrim bazen aşırı ısıyı boşaltmak ve harareti önlemenin bir yolu olarak

daha büyük hayvanların genel yüzey alanını artırır. Örneğin fillerin büyük kulakları ısıyı vücudun içinden dış ortama yönlendirir. Belki de stegosaur plakaları ve dinazorların başka bazı garip yapıları da ısı boşaltma stratejilerini yansıtır. Fakat bazı şekiller diğerlerinden çok daha etkili ısı yayıcılarıdır. Bu hipotezin bir öngörüsü, dinozor süslerinin aşırı ısıyı boşaltma yeteneğini mümkün olduğu kadar artıran tasarımlara yönelecek olmasıdır. Bir kez daha, bu yapılardaki türe özgü çeşitlenmelerin birçoğu alternatif bir açıklama aramamız gerektiğini gösterir.¹



Şekil 10.2: Theropod dinozorlardaki garip yapılar: bir çift uzun sorguç taşıyan coelophysoid *Dilophosaurus*; burun ve gözlerinin üzerinde boynuzları olan ceratosaur *Ceratosaurus*; gözlerinin üzerinde birer boynuzu olan abelisaur *Carnotaurus*; başının üstünde küçük, eğimli sorguca sahip allosauroid *Cryolophosaurus*.

¹ Başta hadrosaurılar, seratopsidler ve sauropodlar olmak üzere birçok dinozor grubu çok büyük burunlara sahiptir. Burunlar daha sıcak olan kandan gelen ısıyı perdelemek ve daha soğuk olan kanı beyin bölgesine döndürerek beyni soğuk tutmak suretiyle ısı düzenleyici bir role sahip olabilir.

Kevin Padian (California Üniversitesi, Berkeley) ve Jack Horner tarafından kısa bir süre önce ileri sürülen üçüncü bir fikir, dinozorların garip kemikli özelliklerinin birçoğunun hayvanın kendi türünün üyelerini ayırt etmesine imkân tanıdığıdır. Türü tanıma, iki veya daha çok yakın akraba türün aynı habitatı paylaşması durumunda önemlidir çünkü hayvanlar kıymetli enerjilerini başka formların üyeleriyle çiftleşmeye çalışarak boşa harcamak istemez. Bu nedenle, evrim tür üyeliğini belirlemeyi kolaylaştıran ve yanlışlıkla türler arası çiftleşmeleri engelleyen özellikler üretebilir. Bu fikirle ilgili problemlerden biri, aynı ekosistemi paylaşan yakın akraba hayvanlara dair çok az kanıtın bulunmasıdır.

Jim Farlow ve Peter Dodson'ın 1975 tarihli makalesi başta olmak üzere birçok önemli makalenin yayımlanmasının ardından, gittikçe daha çok paleontolog alternatif bir görüşü desteklemeye başlamıştır. Bu detaylı yapıların esasen kur yapmak ve aynı türün üyeleriyle dövüşmek için kullanıldığı düşünülmüştür. Bilimsel düşüncedeki bu değişimin kanıtı, dinozor resimlerinin yakın tarihçesinde görülebilir. *Triceratops* ve *Tyrannosaurus* arasındaki efsanevi karşılaşmaların yerini güreşen ceratopsianler, bağrıışan hadrosaurular ve toslaşan pachycephalosaurular almıştır. Bu tür betimlemeler çoğu zaman çarpıcı, hatta aşırı renk örüntüleri içerir ve özellikle tuhaf yapılar renklendirilir. En azından bu son hipotezi desteklemek için güçlü kanıtlar var mıdır? Yoksa gelecek paleontolog nesilleri bu dönemi kontrol edilmemiş, yanlış yönlendirilmiş bir spekülasyon dönemi olarak mı görecektir? Kendi adıma, bu konuda inkar edilemez bir biçimde önyargılı olsam da, konuya artık hâkim olduğumuzdan eminim. Günümüzde yaşayan hayvanlara bakmak yeterlidir.

Hayvan davranışlarının büyük bir kısmının genel hatlarıyla ya hayatta kalmayı ya da üremeyi kolaylaştırdığı söylenebilir. Önceki bölümlerde başta beslenme ve besin haline gelmekten kaçınma olmak üzere hayatta kalmanın çeşitli yönlerine odaklanmıştık. Ama üreme dürtüsü de evrimde eşit ölçüde etkilidir. Hayvanlar hem eş bulmak hem de yavrularını yetiştirmek bakımından üremeye önemli bir enerji sarf eder.

Altıncı Bölümde kısaca açıklandığı gibi bu hayatta kalma/üreme ikilemi ilk önce Charles Darwin tarafından anlaşıp analarlarıyla ortaya konmuştur. Darwin, doğal seçilimin hayatta kalma şansını artıran özellikleri yayma eğiliminde olduğunu görmüştür. Ayrıca birçok hayvan karakteristiğinin görünüşe göre hayatta kalma mücadelesinde hiçbir fayda sağlamadığına da dikkat çekmiştir. Hatta tavuskuşu kuyruğu ve geyik boynuzu gibi bazı karakteristikler aslında vaktinden önce ölüm ihtimalini artırır gibi görünür. Yine de aynı özelliklerin üreme başarısı olasılığını artırdığı açıktır. Özellikle süslü özelliklere sahip erkekler genellikle eş bulma rekabetinde daha başarılıdır. Darwin, tavuskuşu tüyleri gibi süslü yapıları açıklamak için cinsel seçim kavramını geliştirmiş ve ikinci en uzun kitabını bu konuya ayırmıştır. Darwin'e göre hayvanlar hayatta kalmanın yanı sıra üremek zorunda olduğu için üreme şansını artıran her özellik hayatta kalmak bakımından zararlı olsa bile gelecek nesillere aktarılma eğilimindedir. Bir başka deyişle, cinsel seçim eş bulma yeteneğindeki farklılıklardan kaynaklı üreme başarısındaki çeşitlenmeyi içerir.

Cinsel seçim, erkeklerin erkeklerle rekabet etmesi, dişilerin dişilerle rekabet etmesi, erkeklerin dişileri seçmesi ve dişilerin erkekleri seçmesi gibi çeşitli formlar alabilir. Bu dört alternatif içinde erkek-erkek rekabeti ve dişi tercihi en yaygın biçimde belgelenen ve tartışılan iki formdur. Örneğin daha süslü tüylere sahip erkek kuşlar dişiler tarafından tercih edilirse, tüyler zaman içinde gittikçe süslü hale gelebilir. Veyahut daha büyük, daha süslü boynuzlara sahip erkek geyikler GÖSTERİŞ ve fiziksel mücadele aracılığıyla diğer erkeklerle üstünlük sağlar ve ege-men olursa, bu kuşaktaki boynuzlar üreme başarısındaki farklılıklar nedeniyle zaman içinde gittikçe daha uzun ve süslü hale gelebilir. Çiftleşme işaretlerinin en açık örnekleri görsel olanlardır; benzersiz renkleri ve/veya boynuzlar, sorguçlar ve süslü kuyruklar gibi fiziksel yapıları içerir. Fakat cinsel seçim diğer her duysal yoldan yararlanabilir ve yararlanır: işitsel, koku-sal, dokunsal ve kimyasal. En çok bilinen örnekler kuşlar başta olmak üzere kurbağalar, böcekler ve memeliler gibi hayvanların değişik sesleridir.

Son yirmi yıldır cinsel seçim biyolojinin durgun sularından gürleyen akıntıya karışmıştır. Yayımlanan çalışmaların yüzlercesi ve sayısız kitap, erkek rekabeti teorisini ayrıntılandırır ve geniş popülasyonlarda bunun gerçekleştiğini belgeler.² İlginç bir biçimde, dişilerin tercihi ve erkeklerin işaretleme yapısı pozitif veya pekiştirici geribesleme döngüsü oluşturabilir; dişilerin değişmez tercihleri gittikçe daha süslü –yani garip– işaretlerin ağırlık kazanmasıyla sonuçlanır.

Modern dünyanın garip yapıların binlerce örneğini içerdiği görülür. Bu özelliklerin ayrıntılı bir biçimde incelendiği örneklerin büyük bir kısmında, bunlar ya eşleri cezbetme ya da rakipleri püskürtme işlevi üstlenir. Bir başka deyişle, bunlar başarılı üreme olasılığını artırma rolü üstlenen çiftleşme işaretleridir. Bu bulgu karınca, kın kanatlı ve bukalemundan cassowary kuşu, antilop ve geyiğe kadar boynuzlar veya boynuz benzeri yapılara sahip hayvanların çoğu için geçerlidir. Hemen her örnekte başlıca işlev eşler için rekabettir. Canlı âlemden bu kadar baskın bir örüntü, dinozorların garip yapılarının da benzer bir role hizmet ettiği kanaatini üretir. Yine de başka yönde kanıtlar da mevcuttur.

Montana'dan *Einiosaurus* ve *Achelousaurus* adını verdiğim ³ iki yeni boynuzlu dinozor üzerindeki ek çalışmalar bu hayvanların ve

² Daha ünlü örneklerden biri, biyolog Malte Andersson'un Afrika dul kuşları üzerinde gerçekleştirdiği yenilikçi bir deneydir. Bu türün erkekleri, uzun süredir dişileri cezbetmeye yaradığı düşünülen uzun kuyruklara sahip olma eğilimindedir. Andersson, bu erkeklerden bazılarının uzun kuyruk tüylerini kesmiş ve bu tüyleri uzun kuyruklara sahip erkeklerle yapıştırmıştır. Böylece üç gruba gözlemlemiştir: normal yetişkin kuyruk uzunluğuna sahip olanlar, çok kısa kuyruğa sahip olanlar ve çok uzun kuyruğa sahip olanlar. Kuşların davranışlarını gözlemlediğinde, dişilerin en çok yapay bir şekilde uzatılmış kuyruklara sahip olan erkekleri tercih ettiği ve en az da kuyrukları kesilenleri tercih ettiğini tespit etmiştir. Bu nedenle uzun kuyrukların uçuşa yeteneğini engellemesine ve erkekleri avcılar karşısında daha görünür kılmasına rağmen, sonraki nesillere aktarılan güçlü bir seçimsel avantaj ortaya çıkabilmiştir.

³ Konserve açacağı ceratopsid, *Einiosaurus procurvicornis* haline gelmiştir. "Eini" sözcüğü, Amerikan yerlilerinden Karaayakların bufalolar için kullandığı sözcüktür. Fosiller Karaayakların bölgesindeki topraklarda bulunduğu ve bu dinozorlar yakın geçmişte bufaloların yaptığı gibi İç Batı düzlüklerinde büyük sürüler halinde hareket ettiği anlaşıldığı için, bu isim uygun görünmektedir. Aynı zamanda Karaayakları ve onların tarihindeki önemli bir hayvanı onurlandırmıştır. İkinci isim olan "procurvicornis" Latince "öne

yakın akrabaların yalnızca benzersiz ve süslü kanca, boynuz, diken ve/veya yumru dizileriyle birbirinden ayrıldığına ilişkin ilk gözlemleri teyit etmiştir. Bu kemikli yapıları çiftleşme işaretleri olarak düşünürsek bu bulgu şaşırtıcı değildir. Paleontologların dinazor yapılarını bu garip özellikler temelinde tanımlayabilmesinin nedeni, dinozorların da muhtemelen aynı ipuçlarını kullanarak kendi türünün üyelerini tanıması ve eşler için rekabet etmesidir.

Bilimde çoğu zaman olduğu gibi *Einosaurus* ve akrabasındaki büyüme örüntüleri hakkındaki araştırmam beklenmedik yönlerde ilerledi. Daha önce değinildiği gibi iki *Einosaurus* kemik yatağı birçok büyüme aşamasını korumuş ve türün örnekleri büyüdükçe kafataslarının nasıl şekil değiştirdiğini göstermiştir. İki meslektaşım - şu anda Cleveland Doğa Tarihi Müzesinde görev yapan Michael Ryan ve Royal Tyrrell Paleontoloji Müzesinde görev yapan Darren Tanke- birlikte çalışarak *Einosaurus*'taki büyüme değişikliklerini *Centrosaurus* ve *Styracosaurus* gibi akraba hayvanları ile karşılaştık. Bütün bu formlarda aynı büyüme örüntüsü mevcuttu. Yavrular gözlerin ve burnun üzerindeki kısa ve basit boynuzlarla ve görece kısaltılmış ve süssüz fırfırlarla hayata başlıyordu. Bu özellikler, hayvanlar yetişkin boyutuna yaklaştıktan sonra çeşitlilik kazanıyordu ve onları ayırt etmek için kullandığımız türe özgü özellikler haline geliyordu. Bir başka deyişle, yakın akraba türlerdeki genç ve yetişkinliğe yakın ceratopsidler birbirlerine çok benzerken yetişkinler genellikle kolayca ayırt edilebilir.

Bu garip yapıların temel işlevi avcılarını uzaklaştırmaksa, günümüze yaşayan hayvanlarda da yaygın olarak gördüğümüz bu türden gecikmiş bir gelişme çok az anlam ifade eder. Ne de olsa olgunlaşmamış otçulların da kendilerini savunma ihtiyacı olabi-

doğru kıvrılan boynuz" anlamına gelmektedir. İkisi birlikte "öne doğru kıvrılan boynuzlu buffalolizard" demektir. Boynuz yerine kısa kemiksi yapılarla sahip olan ikinci ceratopsid *Achelousaurus horneri* olarak adlandırılmıştır. Achelous, istediği zaman şekil değiştirebilme yeteneğine sahip bir Yunan nehir tanrısıdır. Ünlü Herakles'le (Roma mitolojisinde Herkül) bir kadın için mücadele eden Achelous, kendini bir boğaya çevirmiştir. Herakles, boğanın kafasından bir boynuzu kopardıktan sonra mücadeleyi kazanabilmiştir. Bu boynuzlu dinazor, boynuzlarını evrimin akışında yitirmiştir. İsmi ikinci kısmı, paleontolojiye yaptığı tüm katkılardan dolayı Jack Horner'ı onurlandırır. Ayrıca bu kayda değer fosil koleksiyonu üzerinde çalışmama izin verdiği için kendisine teşekkür borçluyum.

lirdi. Fakat bu özellikler çiftleşme işaretleri olarak kullanıldıysa gecikmiş gelişmeyi öngörebiliriz. Büyük kemikli yapıların oluşması ve korunması enerjik olarak külfetli olduğundan, hayvanların eş için rekabet etmeye başladığı cinsel olgunluk dönemine kadar tam olarak gelişmelerinin ertelenmesi makuldür.

Günümüzde yaşayan hayvanlar arasında çiftleşme işaretlerinin gecikmiş gelişimi genellikle egemenlik hiyerarşileriyle veya “ast-üst sistemleriyle” ilişkilendirilir. Boynuzlar gibi gösterişli özellikler, bir hayvanın yaşı ve olgunluk seviyesinin açık işaretleridir. Bu tür işaretlerin gecikmiş ve gitgide artan ifadesi, karma sosyal gruplarda yaşayan üyelerin fiziksel mücadelede uzuvlarını ve hayatlarını riske atmadan grup içindeki yerlerini belirlemelelerine imkân tanır. Büyüme kanıtları ve birden çok kemik yatağının bulunması temelinde, bazı dinazor türlerinin –özellikle de ceratopsidler ve hadrosaurular gibi grupların– en azından yılın belli bir döneminde karmaşık, hiyerarşik olarak düzenlenmiş sürüler halinde yaşamış olması mümkündür ve belki de büyük olasılıktır.

Bu bulgunun önemli bir sonucu, yalnızca genç ve yetişkinliğe yakın fosillerden bilinen bazı boynuzlu dinazorların aslında diğer bilinen türlere ait olabileceğidir. Bir başka deyişle, boynuzlar ve fırırlardaki türe özgü özellikler yetişkin olmayan üyelerde tam olarak ifadesini bulmadığı için yetişkin örneklerle sahip olunmadıkça tür üyeliğini değerlendirmek zordur. Bu olgunlaşmamış hayvanlar yetişkinliğe ulaşabilmiş olsaydı, başka türlerle ilişkilendirebileceğimiz boynuz ve fırır karakteristikleri geliştirebilirdi. Aynı argüman daha önce ördek gagalı dinazorlardaki büyüme ve çeşitlenme konulu klasik çalışmalarda gündeme getirilmiştir.

Bir bilim insanı gibi düşünürseniz, çiftleşme işareti hipotezinin olası bir öngörüsü aklınıza gelebilir. Yaşayan birçok türün erkekleri genellikle dişilerden daha büyük veya daha renklidir ve erkekler çoğu zaman dişilerde ya daha küçük olan ya da hiç bulunmayan boynuzlar veya sorguçlar gibi sosyal yapıları sahiptir. Türlerdeki cinsiyete dayalı çeşitlenmelere CİNSEL DİMORFİZM denir. Dinazorların garip yapılarının başlıca işlevi eş için rekabet etmekse, erkeklerin muhtemelen dişilerden daha büyük ve daha süslü olması şeklindeki cinsel dimorfizm kanıtlarını bulmamız gerekmez mi? Bu sorunun yanıtı görüşüne göre hem evet hem hayırdır.

Kafatasındaki cinsel dimorfizm, birçok dinazor türü için ortaya ileri sürülmüştür. İki hayvanın bile tamamen aynı olmadığını göz önünde bulundurursak, yetişkinleri makul bir biçimde erkekler ve dişileri temsil edebilecek iki gruba ayırmanın bir yolunu bulmak önemli hale gelir. Elbette ki çeşitlenmelerin yetişkinler arasında yaş, cinsiyetle ilişkili olmayan farklılıklar veya hatta tür seviyesindeki farklılıklar gibi faktörlerin bir sonucu olup olmadığını değerlendirip ihtiyatlı davranmamız gerekir. Fakat kemik yataklarının sunduğu tüm bilgilere rağmen, istatistiksel sınaama için yeterli büyükteki örnek boyutlarında bilinen tür örneklerinin şaşırtıcı ölçüde az sayıda olmasıdır.

Buna karşın garip yapılara sahip tüm hayvanlarda cinsel dimorfizm görülmez. Örneğin günümüzde yaşayan büyük vücutlu, kara memelileri arasında, hem büyüklük hem de silah bakımından cinsel dimorfizm küçük vücutlu formlarda (vücut kütlesi 20 kilogramdan veya 44 pounddan daha düşük olan) en az, orta büyüklükteki formlarda en çok olma eğilimindedir ve özellikle açık ortamlarda yaşayan en büyük vücutlu türlerde (vücut kütlesi 300 kilogramdan veya 660 pounddan yüksek olan) azalır. En büyük formlarda boynuzlarda ufak tefek cinsel farklılıklar yaygın olsa da görünüşe göre dişiler garip yapılarda erkekleri taklit etme eğilimindedir.⁴ Günümüzdeki hayvanlarda görülen bu örüntü dinazorlar için de geçerliyse, cinsel dimorfizmi en çok orta büyüklükteki dinazorlarda görmemiz gerekir; vücut büyüklüğü ve silahlar bakımından en az cinsel dimorfizmi ise birçoğu 300 kilogramı (660 pound) büyük ölçüde aşan iri ve dev boyutlardaki dinazorlarda görmeyi bekleriz. Mevcut kanıtlar bu öngörüyü en azından *Triceratops* ve *Einosaurus* gibi seratopsid dinazorlarda bu öngörüyü destekler; cinsel dimorfizm varsa bile boynuzlar ve fırfırlarla sınırlıdır.

Şu anda olsa olsa dinazorlardaki cinsel dimorfizmin eğer var olduğunu kabul edersek büyük olasılıkla garip yapılarda yoğunlaştığı, çünkü yetişkin çeşitlenmesinin büyük bir kısmının bun-

⁴ Dişilerin erkekleri bu şekilde taklit etmesinin ardındaki nedenler, birkaç faktörle ilişkili olabilir; avcılara karşı bir savunma olarak dişilerin avcılara açık bir hedef olarak görünmemesi için veya artan grup içi rekabette dişilerin genç erkekleri savuşturabilmesi için kullanılmış olabilir.

larda gerçekleştiği söylenebilir. ⁵ Bu nedenle, dinazor türlerinin büyük ölçüde garip yapılar temelinde birbirinden ayrıldığını ve en azından bazı durumlarda gelişmesinin veya tam olarak ifade bulmasının gecikme eğiliminde olduğunu göz önünde bulundurunca, dinozorlardaki kayda değer özelliklerin birçoğunun her şeyden önce çiftleşme işaretleri olduğuna inanıyorum. Bu, bazı durumlarda ek işlevlere sahip olmadıkları anlamına gelmez. Günümüzdeki hayvanlar arasında boynuzlar ve benzer yapılar bazen İsviçre çakısına benzer görünür ve hayvanın sadece eş için rekabet etmesine katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda eşleri ayırt etmek, avcılarını savuşturmak, vücut ısısını kontrol etmek gibi daha birçok işlev üstlenir. Garip bir örnek vermek gerekirse kudu olarak bilinen büyük Afrika antilobu uzun, sarmal boynuzlarını ağaçlara erişmek ve lezzetli tomurcuklar yer alan dalları kırmak için kullanmasıyla tanınır. Yine de en azından benim düşündüğüm kadarıyla bu tür özelliklerin başlıca rolü muhtemelen eş için rekabet etmekle ilgilidir.

Belirli bir dinazor yapısının eşler için rekabet etmekte kullanıldığını ileri sürmekle, bunun tam olarak nasıl gerçekleştiğini söylemek aynı şey değildir. Örneğin *Parasaurolophus*'un tüp gibi sorgucu gösterişli (belki de parlak renkte) bir görsel işaret, sesler üretmek için kullanılan trombon benzeri bir rezonatör veya bunların her ikisi birden olabilir mi? Buradaki asıl problem, alternatif hipotezlerin sınanmasıdır. Bir kemik yığınının ibaret olan nesli tükenmiş formlar bir tarafa yaşayan, nefes alıp veren, hareket eden hayvanlarda belli bir yapının işlevini belirlemek bile

⁵ Son yenilikler, gelecekte cinsel dimorfizme daha net bir şekilde ulaşabileceğimiz umudunu vermektedir. Geçtiğimiz yıllarda belirli bir dinozorun öldüğü zamanki yaşını net bir biçimde tahmin edebilmeyi mümkün kılmıştır ve gelece analizlerde büyümenin etkisini hariç tutmaya yarayabilecek önemli bir yeniliktir. Cinsel farklılıkların kesin bir ifadesi hakkında yakın geçmişte yayımlanan bir araştırma umutları artırmıştır. Kuzey Carolina Eyalet Üniversitesi'nden Mary Schweitzer ve meslektaşları tarafından gerçekleştirilen bu araştırma, bir *Tyrannosaurus* örneğinde günümüzde dişi kuşlarda yumurtlama döneminde ortaya çıkan kemiğe çok benzer görünen özel bir kemik türünü belgelemektedir. Ek keşiflerle doğrulanması halinde, bu metot en azından bazı örneklerin dişilere ait olduğunu belirlemenin bir aracı olabilir.

çoğu zaman son derece problemlidir. Çoğu durumda nesli tükenmiş organizmaların davranışları söz konusu olduğunda hipotezleri teke indirmek olası değildir ve birçok makul açıklamayla baş başa kalmak kaçınılmazdır.

Her şeye rağmen bu süreçte önemli bir ilk adım, kemikli olmayan veya "yumuşak" dokuların anatomisini mümkün olabildiğince doğru bir biçimde yeniden yapılandırmaktır. Seratopsid boynuzları, antiloplarda olduğu gibi keratinden oluşan bir kaplamayla veya başka bir dokuyla kaplı mıydı? Ördek gagalı dinazorların içi boş sorguçları, bu kıvrık odacığın rezonans üretme kapasitesini artıran dokularla kaplı mıydı? Bu gibi soruları yanıtlamaya çalışmak, dinazor paleontologlarının sürekli karşı karşıya olduğu problemi gündeme getirir; bilimimizin maddi temeli büyük ölçüde kemiklerle sınırlıdır ve bu da omurgalılardaki birçok doku türünden yalnızca biridir. Daha da kötüsü, çeşitli yumuşak dokular (örneğin kan damarları, sinirler, kas, kıkırdak ve deri) çoğu zaman anatomik işlev konusunda daha bilgilendiricidir. Neyse ki yumuşak dokular çoğunlukla kemiklerle etkileşim halindedir ve kas bağlantı izlerinden bir zamanlar sinirleri ve kan damarlarını ileten deliklere kadar birçok açıklayıcı işaret bırakır. Mesele bu özelliklerin yorumlanmasıdır; günümüzde yaşayan omurgalıların, hem dinozorların yakın akrabaları olan kuşlar ve timsahlar gibi hayvanların hem de dinozorlarınkine benzer özelliklere sahip daha uzaktan akraba hayvanların incelenmesi ihtiyacı öne çıkar. Larry Witmer gibi anatomik yaklaşımı benimseyen araştırmacıların öncülüğünde, yumuşak dokuların yeniden yapılandırılmasını amaçlayan anatomik hafiyelikte son zamanlarda önemli bir artış olmuştur ve bu türden karşılaştırmaya dayalı detaylı çalışmalar daha yeni başlamıştır. Kemiklerde saklı ince mesajları okuyabilme yeteneğimiz arttıkça dinozorların davranışları hakkında birçok önemli kavrayışa ulaşacağımızdan emin olabiliriz.

Bir diğer faydalı yaklaşım, belirli bir yapının varsayılan bir işlev için iyi tasarlanmış olup olmadığını belirlemek için biyomekanik sınamalar gerçekleştirmektir. Böylece özel bir garip yapının gösteriş için kullanılıp kullanılmadığını değerlendirmek zor olsa da belli bir türün diğer üyeleriyle mücadele önermesini sınamak olasıdır. Örneğin *Triceratops* ve yakın akrabası ceratopsidlerin

kafatası ve boynu, rakiplerin boynuzlarını birbirine geçirip üstünlük sağlamak için güreştiği mücadeleler için elverişli görünür. Dövüşle ilgili olası uyarlamalar, gözlerin üzerindeki bir çift büyük boynuz, beynin üzerindeki kalın çifte kafatası çatısı, güçlendirilmiş kemikli göz yuvaları ve ilk üç boyun omurunun birleşmesini kapsar. Günümüzde yaşayan boynuzlu hayvanların benzer mücadeleler sergilemesi de bu yorumu destekler. Fakat birçok türün fırırları daha hassas bir yapıya sahiptir ve mücadele için elverişli olmayıp sadece gösteriş için kullanılabilir. Dinozorların başlarını dik bir biçimde tuttuğu ve belki de daha büyük görünmek için yana salladığı gövde gösterileri kolayca hayal edilebilir. Bu gösteri bir rakibi engellemeye yetmezse, boynuzlar devreye girerek itiş kakış başlar.

Söz edilmeye değer son kanıt kaynağı paleopatoloji yani bir dinozorun hayattayken maruz kaldığı travmanın kanıtlarıdır. Örneğin Andrew Farke (Raymond Alf Müzesi) ve arkadaşlarının son çalışmalarında belgelendiği gibi bazı boynuzlu dinozorların fırırları aynı türden rakiplerinin boynuz darbelerinden kaynaklanmış olabilecek yaralar sergiler.

Kubbe başlı pachycephalosaurlarla dönecek olursak, California Üniversitesi, Berkeley'den Mark Goodwin ve Jack Horner histolojik kanıtlar temelinde bu grupta sıkça yeniden yapılandırılan kafa atma davranışının pek muhtemel olmadığını ileri sürmüştür. Kafa atma davranışı işlevsel açıdan da sorgulanabilir görünür. Şiddetli bir biçimde toslayarak mücadele eden kanada koyunu gibi günümüzde yaşayan boynuzlu hayvanlarda boynuzlar önde geniştir ve boyunun dönmesinden kaynaklanabilecek omurilik zedelenmesi ihtimalini azaltan geniş bir temas platformu oluşturur. Pachycephalosaurların yuvarlak kafatası kubbeleri, toslayan hayvanlarda görülmesi beklenebilecek yapının tam tersi gibi görünür. Bilardo masasının karşıt uçlarında duran ve ellerinde bir tek top tutan iki kişi düşünün. Her ikisi de bu topları aynı anda masanın merkezine doğru fırlatırsa, çarpışan topların doğrudan geriye dönmesi pek mümkün değildir. Yuvarlak şekil çoğunlukla topların açılı bir şekilde darbe alması ve yanlara sekmesiyle sonuçlanır. Pachycephalosaurlar kanada koyunlarına benzer bir şekilde toslaşsaydı, bu ölümcül yaralarla sonuçlanabilirdi. Elbet-

te ki pachycephalosaurların daha az şiddetli bir biçimde toslaşarak mücadele etmeleri mümkündür ama yuvarlak kubbeler bu davranış türü için de elverişli görünmez çünkü başlar boynuzlu hayvanlarda olduğu gibi birbirine kenetlenmez. Bu konuda ileri sürülen alternatifler yandan toslama, türü ayırt etme, cinsel gösteriş veya bunların bir kombinasyonunu içerir.⁶



Şekil 10.3: Pachycephalosaur kubbeleri için olası bir alternatif işlev olarak yandan toslamak.

⁶ Günümüzdeki hayvanlarda yandan saldırı sayısız grupta görülürken, kafayla şiddetli vuruşlar az sayıda özel türle sınırlanmıştır. Bazı araştırmacılar, kubbe şeklindeki kafanın mikro-yapısı temelinde yandan saldırının bile pachycephalosaurlarda muhtemel olmadığını ileri sürmüştür. Bunun yerine pachycephalosaurların kubbe şeklindeki kafaların gösteriş işlevine sahip olduğu kanısına varılmıştır. Başka bazı araştırmacılar ise kafa kafaya toslaşmalarda oluşan kuvvetlerin daha önce düşünüldüğünden daha küçük olduğu ve bunların kalınlaşmış kubbe formlar tarafından soğurulabileceği görüşünü dile getirerek buna karşı çıkmıştır. Son olarak tüm bunların dışında pachycephalosaurların kafatası kubbelerindeki önemli tür varyasyonunun, erkeklerin rekabet davranışları aralığıyla daha tutarlı olduğu ileri sürülmüştür; düz kubbeli formlar yandan saldırılara girişirken, daha yuvarlak kubbeli formlar kafayla vurmak için kullanılmış ve en uzun kubbeler ise yalnızca gösteriş yapma amacına hizmet etmiştir. Bu konudaki süregelen anlaşmazlık ve birçok çarpıcı hipotez göz önünde bulundurulduğunda, paleontologların konuyla ilgili daha da çok çalışmalarını gerektiği açıktır.

Dinozorların sosyal davranışı değerlendirilirken iki olumsuz noktanın unutulmaması gerekir. İlk olarak çiftleşme işaretleri duysal kanalların tümünü kullanabilse de fosiller genellikle bunların yalnızca birine ilişkin doğrudan kanıtlar sunar: boynuzlardaki görsel işaretler. Bu nedenle paleontologlar potansiyel olarak kullanılabilen kayıtların miktarı ve niteliği bakımından ciddi sınırlamalarla karşı karşıyadır.⁷ İkinci olarak Mezozoik Zaman çok farklı bir zamandır ve dinozorlar gelmiş geçmiş tüm hayvan gruplarından bazı temel bakımlardan farklılaşmıştır. Dinozorları bir bütün olarak düşünürsek, çiftleşme işareti tablosunun büyük bir kısmını göremediğimizden emin olabiliriz. Zamanda yolculuk teknolojisi icat edilmedikçe, bu koşulun önemli ölçüde değişmesi muhtemel değildir ve dinozorların sosyal yaşamlarının incelenmesi çok spekülatif bir girişim olarak kalmaya mahkumdur.

Diğer taraftan, hayvanların çiftleşme işaretlerinin tüm karışımı içinden yalnızca çok azı kemikleri içerir ve fosilleşmeye yatkındır. Bu anlamda dinozorların garip yapıları çok önemlidir çünkü paleontologlar için genellikle muamma olan antik davranışlar hakkında fikir verir. Yakın geçmişi baz alacak olursak, yumuşak doku yeniden yapılandırması ve biyomekanik analiz gibi teknikler kullanan gelecekteki araştırmalar alternatifleri değerlendirmenin ve şu anda yanıt veremediğimiz soruları yanıtlamanın yenilikçi yollarını sunacaktır.

Cinsiyet ve tür ayrılmaz bir biçimde beraber dokunmuştur. Biyolojik türleri ayıran sınırlar üreme potansiyelini temel alır. İki organizma yaşayabilen çocuklar (yani üreyebilen yavrular) doğurup yetiştirebiliyorsa, aynı türün üyeleri olarak kabul edilir. Değilse iki ayrı türe aittirler.⁸ Asgari seviyede yeni bir türün kökeni çift-

⁷ Yer yer istisnalar bilinmektedir; Royal Ontario Müzesinin koleksiyonunda yer alan zarifçe korunmuş hadrosaur *Maiasaura* iskeleti bir gerdanın veya boynun altındaki büyük bir deri tabakasının nasıl olabileceğine dair bir fikir vermektedir.

⁸ Nadir örneklerde, kısıtlanmış durumdaki iki farklı türden hayvan yavru yapabilir. Örneğin kaplanlar ile aslanların üreyebildiği bilinmektedir; çocuklarına bazen "tigron" adı verilmiştir. Fakat bu olağandışı eşleşmelerin birçoğu yaşayabilen bir ürün vermez ve bunlar doğada genellikle eşleşmez. Bu nedenle böyle türleri birbirinden ayrı değerlendirmeye devam ederiz.

leşme sisteminde bir değişiklik gerektirir. Çiftleşme davranışlarındaki farklılıklar bunun bir örneği olabilir. Eşeyli üreme genellikle karmaşık bir davranış zincirini içerir. Aynı türün partnerleri uygun işaret ve yanıt sekansını tamamlayıp başarılı bir biçimde çiftleşebilir; farklı türlerin üyeleri arasında bu sekans genellikle tamamlanamaz. Bir popülasyona yayılan ama bir başkasında eksik olan bu zincirin bir tek halkasında evrimsel bir değişiklik yaşanması, bunların karışımını engellemeye yetebilir ve yeni bir tür sınırı ortaya çıkarabilir (ayrıntılı bilgi için Altıncı Bölüme bakın). Bu nedenle iki popülasyon çiftleşme işaretlerinde izole ve farklı hale gelirse, yeniden bir araya geldiklerinde birbirlerini aynı türün üyeleri olarak göremezler. Bu açıdan bakıldığında, çiftleşme işaretlerinin çoğu zaman yeni türlerin kökeninde önemli bir rol oynaması veya türlerin genelde çoğunlukla veya sadece bu tür işaretler temelinde birbirinden ayrılması şaşırtıcı değildir.

Cinsel seçim, birçok hayvan grubunda çeşitliliğin evrimiyle ilişkilendirilmiştir. Omurgalıların bilinen en büyük evrimsel yayılmalarından biri, Afrika'nın büyük göllerinin sularında yüzen ciklet balığı adlı balık grubunda görülür. Bu göllerde ciklet balıklarının 1500'den fazla türü evrimleşmiştir ve son kanıtlar, bu büyük çeşitlenmenin 12.000 yıl gibi görece kısa bir sürede gerçekleştiğine işaret eder. Büyük göllerde yaşayan bu balıkların birçoğu, tür seviyesinde çiftleşme işaretlerine dayalı olarak birbirinden ayrılır ve cinsel seçimin bu hızlı çeşitlenmede anahtar bir rol oynadığı varsayılır. Göl seviyeleri yükselip alçaldıkça, balık popülasyonları uzun süreler boyunca birbirinden ayrı kalmıştır ve belki de bu süreç, çiftleşme işaretlerinin farklılaşarak yeni türler oluşturmaya yetecek kadar uzun olabilmıştır.⁹

Fosil kayıtlarında ek örnekler görülür. Pleistosen Döneminin ortalarından sonuna kadar Eski Dünya'daki bir geyik grubu büyük ölçüde vücut boyutları ve boynuz şekilleri ve boyutlarındaki

⁹ Yakın geçmişte komşu bölgelerdeki ağaçların kesilmesi hızlı bir erozyona yol açınca ve ardından göllerin birinde alüvyonlar oluşunca, ciklet balığında türler arası bariyer etkisinin zayıf doğası ortaya çıkmıştır. Kendi türlerinin üyelerini tanımak için kullanılan renklenme desenlerini göremeyen bu balıklar üreme alanlarını genişletmiş ve yakın akrabası olan türlerle çiftleşmiştir. Bu doğal olmayan birleşmeler, üreyebilen çocuklar vermiştir ve sonunda bu balıkların çeşitliliğinde en azından geçici bir düşüş yaşanmıştır.

çeşitlenmeler temelinde çok farklı formlara ayrılmıştır. Bu familyanın en ünlü üyesi *Megaloceros* yani İrlanda Musu'dur (ama ne İrlandalı ne de mus olduğu için yanlış bir adlandırmadır). Diğer geyikler gibi *Megaloceros* erkekleri de boynuzlarını her yıl büyütmüş ve daha sonra düşürmüştür. Diğer geyiklerin aksine İrlanda musunun boynuzları 3,1 metre (10 fit) genişliğe ulaşmış ve yaklaşık 36 kilogram (80 pound) ağırlıktadır! Günümüzde yaşayan geyiklerin gözlemlerinden boynuzların esasen eşler için rekabette, özellikle de erkeklerin mücadelelerinde kullanıldığını biliyoruz ve bunun İrlanda musu için de geçerli olduğu neredeyse kesindir. Bu nedenle, cinsel seçim gibi kuvvetlerin güçlü bir etki yaratması ve boynuzların şeklinin zaman içinde değişerek geniş bir form dizisi oluşturmaları olası görünür. İlginç bir biçimde bu büyük geyik yayılımı buz tabakalarının ilerlemesi ve gerilemesi gibi çevresel değişimlerin fonunda gerçekleşmiştir.

En son ve nesli tükenmiş omurgalı gruplar arasında, mevcut kanıtlar bu garip yapıların dinazorların evriminde anahtar bir rol oynadığını gösterir. Spesifik olarak türlerin kökeni ve çiftleşme sistemleri arasındaki paylaşılan yakın ilişki düşünüldüğünde bu aynı özellikler yeni dinazor türlerinin oluşumunda önemli olabilir. Örneğin ceratopsidler ve hadrosaurların geç Kretase devrinde yayılmasında tür çeşitliliğinin büyük bir kısmı, cinsel seçim gibi süreçlerin yönlendirdiği çiftleşme işaretlerindeki farklılaşmadan kaynaklanmış olabilir. Cinsellik ve eşler için rekabet yeni dinazor türlerinin kökeninde önemli bir etki yarattıysa, dinazorları bizim gözümüzde bu kadar garip ve hayranlık uyandırıcı kılan aynı özellikler onların evrimlerinde ve genel başarılarında önemli olabilir. Eski Dünya'daki geyik örneğinde olduğu gibi bu dinazor yayımları da çevresel değişimin epizotlarıyla yakından bağlantılı olabilir. Bu konuya On Dördüncü Bölümde döneceğiz.

Eşler için rekabet, hayvanların üremesi genel başlığında eşler yalnızca bir alt başlıktır. Yuva yapma ve aile bakımının yanı sıra cinsel üreme eylemi de diğer alt başlıklardır. Eylemin kendisi bakımından dinazorların "bunu nasıl yaptığı" hakkında şaşırtıcı derecede az bilgiye sahibiz. Muhtemelen erkekler cinsel organlarını dişilerinkiyile birleştirmek ve sperm aktarmak için dişilere

arkadan yaklaşmıştır. Dört ayaklı formlarda bu etkinlik erkeklerin arka bacakları üzerinde yükselmesini gerektirmiş olmalıdır ve bu sauropodlar gibi devasa hayvanlar için büyük bir başarıdır. Sırtlarındaki plakalar ve kuyruklarındaki dikenlerle iki stegosaurun cinsel ilişkiye girdiğini düşünmek merak uyandırıcıdır. Neyse ki dinazorların çiftleşme sonrasındaki üreme davranışları hakkında biraz daha fazla bilgiye sahibiz.

Biyologlar, üreme ve aile bakımı hakkında spektrumun uç noktalarını temsil eden iki farklı strateji tanımlar. Bir uçta, yavrusu sayısını artırıp aile bakımını azaltan gelişigüzel tasarlanmış bir yaklaşım vardır. Bir istiridye binlerce yumurta üretir ama çoğalmak bir yana bunların çok azı hayatta kalır. Tüm üreme enerjisi yumurta sayısına yöneltilir ve aile bakımına hiç yatırım yapılmaz. Diğer uçta ise genellikle beslenme, koruma ve sosyalleşmeyi içeren yoğun bir aile bakımı olmaksızın hayatta kalamayacak bir tek yavru doğuran insanlar gibi organizmalar yer alır. Burada yaklaşım tüm yumurtaları bir veya birkaç sepete doldurmak ve az sayıdaki yavruya en fazla aile bakımını sunmaktır. İlk strateji niceliği vurgularken, ikincisi niteliğe odaklanır. Bütün organizmalar, çok sayıda yavru üretmek ve bu yavruların hayatta kalabilmesi ve sonraki kuşaklara katkıda bulunabilmesi için aile bakımı sunmak arasındaki ödünleşmeyi temsil eden bu spektrumun bir noktasında yer alır. Dinozorlar bu spektrumun neresinde konumlanmıştır? Mevcut kanıtlar, farklı grupların iki uç arasındaki orta kısımlarda farklı konumlar aldığını gösterir.

Tüm dinozorlar yumurtlar. Dinozorların yaşayan en yakın akrabaları olan kuşlar ve timsahların da yumurtladığı düşünülürken bu şaşırtıcı değildir. Bilinen ilk dinozor yumurtaları, Roy Chapman Andrews öncülüğünde 1920'lerde Moğolistan'da gerçekleştirilen keşiflerde bulunmuştur. Daha yakın tarihlerde keşfedilen birçok yumurta, yuva ve hatta yuva zemini dinozorların üremesi hakkındaki anlayışımızı önemli ölçüde artırmıştır. Bu keşiflerin belki de en önemlisi, Arjantin'in Patagonya bölgesinde yaklaşık 5 kilometre kareyi (2 mil kare) kaplayan şaşırtıcı yuva, yumurta ve embriyo topluluğudur. Auca Maheuvo adı verilen bu geç Kretase devrinden kalma yerde on binlerce büyük yumurta vardır ve görünüşe göre burası titanosaur sauropodların kuluçka

bölgesidir. Yumurtaların birçoğu şaşırtıcı bir biçimde fosilleşmiş embriyo iskeletleri içerir ve bunların bazılarında deri de korunmuştur. Üst üste yığılmış yuva katmanları, hayvanların her yıl aynı kuluçka bölgesine döndüğünü gösterir.

En büyük dinazorların orantılı olarak devasa yumurtalar ürettiğini düşünebilirsiniz ama bu doğru değildir. Yumurtanın bütünlüğünü korumak için maksimum yumurta büyüklüğü kabuk kalınlığı tarafından sınırlandırılır. Yumurtanın hacmi arttıkça kabuklar daha kalın hale gelir. Fakat embriyoların yumurta kabuğundaki küçük delikler aracılığıyla dış ortamdan hava alabilmesi gerekir. Yumurta çok büyük olursa, artan kabuk kalınlığı bu delikleri kapatır ve gelişen embriyonun hava alabilmesini engeller. Bu nedenle 50.000 kilogram (110.000 pound) ve daha ağır dinazorlar bile basketbol topundan çok daha küçük yumurtalardan çıkmıştır. Örneğin Auca Mahuevo'daki sauropodlar, çapı yaklaşık 13-15 santimetre (5-6 inç) olan küre şeklindeki yumurtalardan çıkmıştır. Bu yumurtalar, daha yakın tarihteki yer kuşlarının yumurtalarından çok daha küçüktür.

"Kuluçka büyüklüğü" adı verilen yuvadaki toplam yumurta sayısı, Auca Mahuevo'daki sauropodlar için 15 ila 35'tir. Mevcut kanıtlar diğer dinazorların da benzer kuluçka büyüklüklerine sahip olduğunu gösterir. Örneğin sauropodlardan çok daha küçük olan hadrosaurılar yuvalarında ortalama 20 ila 30 yumurtaya sahiptir ve daha da küçük oviraptor theropodlarda benzer kuluçka büyüklüklerine rastlanmıştır. Moğol oviraptorları üreme davranışları bakımından en çok tanınan dinazorlar arasındadır. Bu theropod grubunun dişileri anlaşıldığı kadarıyla bir defada iki yumurta yumurtlamış ve yuva bir yumurta spiraliyle doluncaya dek her yumurta çiftini sırayla yerleştirmiştir. Bir bakıma bu yumurtlama davranışı, dinazorları üreme spektrumunda istiridyenin yer aldığı uca yaklaştırır çünkü bu strateji dişilerin canlı doğumla elde edilebilecek olandan çok daha fazla yavru üretmesini mümkün kılar.

Fakat istiridye örneğinin aksine birçok dinazorun bir tür aile bakımı üstlendiğine işaret eden kanıtların sayısı artmaktadır. Auca Mahuevo bölgesi, bir tek kuluçka alanında yüzlerce yuva içerir ve bu hayvanların yıllık kuluçka kolonileri oluşturmuş olabileceğini gösterir. Yumurtalar muhtemelen kısmen yuvaların

üzerine bitkiler yerleştirilerek kuluçkaya yatırılmıştır; bitkilerin çürümesi yuvayı çevreden biraz daha sıcak tutan ısıyı üretmiştir. Ayrıca aynı habitatı birçok büyük yırtıcının da paylaştığı düşünüldüğünde yetişkinlerin yuvaları terk etmesi ve yerel etçiller için zengin ve bol bir besin kaynağı sunması muhtemel görünmez. Bunun yerine, yetişkinlerin (erkekler?, dişiler?, her ikisi de?) gelişen embriyoları korumak amacıyla yuvayı savunma davranışı sergilemiş olabileceği ileri sürülmüştür. Bir tek kuluçka bölgesinde potansiyel olarak yüzlerce yuva bulunduğu düşünüldüğünde, çok da küçük olmayan bir sürü ağzın beslenmeyi beklediği anlaşılır. Bir an için sauropodların bu geniş kuluçka kolonilerinden birini gözünüzde canlandırın; bu kadar çok sayıda hayvanın yarattığı kargaşa, gürültü, koku ve görüntü gerçekten seyre değer olurdu.

Ördek gagalı dinozorlar veya hadrosaurılar için daha da kapsamlı bir aile bakımı ileri sürülmüştür. Birçok ördek gagalı dinozorun da kuluçka kolonileri oluşturduğu ve her yıl aynı kuluçka bölgelerini kullandığı, belki de yumurtaları kuluçkaya yatırmanın bir yolu olarak çürüyen bitkilerden faydalandığı anlaşılır. Jack Horner, bazı türlerin yavrular yumurtadan çıktıktan sonra da bir süre onların bakımını üstlendiğini ileri sürmüştür. Uzatılmış aile bakımının kanıtları, yuvaların içindeki parçalanmış yumurta kabuklarını kapsar. Bu, yavruların yumurtadan çıktıktan sonra da bir süre yuvaya bağlı kaldığına işaret eder. Hadrosaurların yumurtadan yeni çıkmış yavrularının kemik uçlarının çok gelişmemiş olması, yürüme yeteneklerinin çok az olduğunu anlatır. Yavrular muhtemelen yumurtadan çıktıktan sonra haftalar veya aylar boyunca çaresizdir ve tamamen ebeveynlerinin biri veya ikisine bağımlıdır. Buna karşın hypsilophodontlar gibi daha küçük ornitopodların yumurtadan yeni çıkmış yavrularının kemikleri daha iyi derecede katılaşmıştır ve küçük yavruların yuvayı terk edebildiğini gösterir. Hadrosaur yetişkinler, birçok kuşun yaptığı gibi yediklerini geri çıkartarak yavrularını beslemiş olabilir. Büyük hadrosaur kemik yatakları, bazı türlerin yavrulardan yetişkinlere kadar her büyüklükte hayvanı içeren büyük sürüler halinde dolaştığına dair ikinci derecede kanıtlar sunar. Eğer öyleyse, yavrular yuvadan ayrıldıktan uzun süre sonra da yetişkinler tarafından korunmuş olabilir.

Bazı maniraptor theropodlar, günümüzdeki kuşlar gibi yuva yapmıştır. Hem oviraptor hem de troodont örnekleri, bir yetişkinin (muhtemelen anne, baba veya her ikisinin; bundan emin olmayız) yumurtaları kendi vücut ısılarıyla ısıtmak için kuluçkaya yattığına işaret eder. Yuvanın içindeki ısının korunmasını için yalıtıcı görevi üstlenen tüyler bu davranışı kolaylaştırmıştır. Şüpheliler, yetişkinlerin kuluçkaya yatmadığını, yumurtaların üzerinde öldüğünü ileri sürse de bu senaryo muhtemel görünmez çünkü bilinen tüm oviraptor iskeletlerinin dörtte biri stereotipik kuluçka durumunda bulunmuştur; ayaklar iki tarafa simetrik olarak yerleştirilmiş ve yumurtaların üstünü örtecek şekilde yayılmıştır. Birçok timsah hem yavrular yumurtadan çıkmadan önce hem de yumurtadan çıktıktan sonra bir tür aile bakımı sunsa da yuvalarının üstünde bu karakteristik duruşla kuluçkaya yatmaz. Fakat günümüzdeki birçok kuş aynı kuluçka duruşunu kullanır ve bu durum kuşlarla ilişkilendirdiğimiz bazı üreme davranışlarının kuş öncesi theropod atada evrimleştiğini gösterir.

Son örneğim, dinazorların aile bakımındaki en son ve en heyecan verici keşiflerden birini temsil eder. 2007'de David Varricchio (Montana Eyalet Üniversitesi) ve arkadaşları bilinen ilk oyuk açan dinozorun şaşırtıcı kanıtlarını sunmuştur. Hypsilophodont benzeri küçük bir ornitopoda "kazı yapan koşucu" anlamında *Oryctodromeus* adı verilmiştir. Güneybatı Montana'daki geç Kretase dönemine ait kayalarda bulunan *Oryctodromeus* kazıcılarla ilişkilendirilen uzun burun, omuz ve LEĞEN KEMİĞİ gibi çeşitli kemikli yapılara sahiptir. Bir oyukun ucunda bulunan bir yetişkin ve iki yavrunun kalıntıları, dinozorlarda uzun süreli aile bakımının belki de en iyi kanıtını sunar. Varricchio, oyuk açmanın bu hayvanın geliştirdiği önemli bir bakım stratejisi olabileceğini savunmuş ve bu oyukların bazı dinozorların çöller, alp bölgeleri ve kutup enlemleri gibi mevsimsel şartların aşırı ölçüde değiştiği ortamlarda yaşamasına imkân tanımış olabileceğine dikkat çekmiştir.

Dinazorların yaşamlarının birçok yönü muğlak kalsa da dinozorların üreme davranışının resmi yavaş yavaş ortaya çıkmaktadır. Birçok grubun ayrıntılı çiftleşme işaretlerine ve bununla oranlı olarak eşleş için rekabete hatırı sayılır derecede enerji ayır-

dığı artık nettir. Bütün dinazorlar yumurtlayarak üremiştir ve bu her neslin çok sayıda yavru üretmesini sağlamıştır. Bu strateji sayesinde beklenmedik krizlerle karşılaşıldığında popülasyon sayıları hızlıca toparlanabilmiştir. Fakat birçok dinazor, belki de büyük çoğunluğu yavrularının yetişkinliğe ulaşabilmesini sağlamak için bir tür aile bakımı sunmuştur. Bu bakım görünüşe göre çeşitli şekiller almıştır. Yavrunun yumurtadan çıkmasındaki önceki bakım büyük olasılıkla yuvanın korunmasını (bazı sauropodlarda) ve kuluçkayı (bazı maniraptor theropodlarda) içerirken, yavrunun yumurtadan çıkmasından sonraki bakım yuvaya (ve oyuğa) bağlı yavruların beslenmesi ve korunmasını (bazı ornitopodlarda) ve sosyal gruplarda yavrular ve yetişkinlik öncesi üyelerin korunmasını (hadrosaurılar ve ceratopsidlerde) içermiştir. Dinazorların destansı yolculuğunun bu yönünü aydınlatmaya daha yeni başlamış olsak da ileri düzey üreme davranışların dinazorların yaşamlarının önemli bir boyutu olduğu açığa çıkmaktadır.

Başta tüylü dinazorlar arasında olmak üzere aile bakımı konusu, bizi dinazor paleontolojisindeki en tartışmalı konulardan biri olan fizyolojiye götürür.



Tüylü bir maniraptor theropod *Oviraptor* geç Kretase döneminde Asya'daki bir çölün rüzgârdan savrulmuş kumlarında yumurtalarının üzerinde kuluçkaya yatmaktadır.

YAŞAMA ELVERİŞLİLİK HİPOTEZİ

Dinozorların fizyolojisi en büyük paleontolojik gizemlerden biridir. Kuşlar ve memeliler gibi endotermik miydiler, yoksa kertenkele, timsah ve diğer birçok hayvan gibi ektotermik mi? Omurgalılar arasında bu farklı stratejiler genellikle sırasıyla aktif veya miskin yaşam tarzlarıyla ilişkilendirilir. Kuşların doğrudan küçük etçil dinozorların soyundan geldiğinin kabulü, bu muammalı soruyu daha da ilgi çekici kılar. Kuşların endotermik metabolizmaları dinozorlardan ayrıldıktan sonra mı ortaya çıktı, yoksa dinozorların içindeki ortak bir atadan veya belki de daha da ilkel bir gruptan mı miras alındı? Metabolizmayla ilgili bu gizeme tatmin edici bir çözüm üretmek, dinozorların destansı yolculuğunu anlama çabamızda çok önemlidir çünkü bu sorunun yanıtı büyük ölçüde dinozorları nasıl kavrayacağımızı belirleyecektir.

Dinozorların gizemlerini sıralanırken irilik listenin üst sıralarında yer alır. Dinozorlar karada yaşayan hayvanların büyüklük sınırlarını zorlamış ve sauropodlarda bu sınırları yıkmıştır. Bu kadar çok dinozor grubu, birçok örnekte karada yaşayan gelmiş geçmiş bütün hayvanların boyutlarını çok aşarak nasıl ve neden dev haline geldi? Çok büyük vücutlar, genellikle zayıf kalitedeki besinleri çok miktarda tüketme ihtiyacı başta olmak üzere birçok fizyolojik ve ekolojik sonucu da beraberinde getirir. Mezozoik Zamanında bu devlerin birbiri ardına ortaya çıkmasına imkân tanıyan evrimsel yol neydi?

Son birkaç on yıldır dinozorların fizyolojisi ve irilik hakkında önemli adımlar atılmış olsa da birçok uyumsuzluk mevcuttur. Bu gizemlerin her ikisini de çözmeye yakın olduğumuzu ve bu ikisinin en azından kısmen tek bir çözümü olduğunu düşünüyorum. Bu bölümde, temel sorunları ortaya koymak ve olası bir çözümün ana hatlarını sunmak için dinozor gelişimini ve metabolizmasını inceleyeceğiz.

Dinozor fizyolojisine girmeden önce metabolizmayla ilgili bazı temel bilgileri gözden geçirmemiz gerekir. METABOLİZMA hayatı sürdürmek için gerekli hücrelerin kümülatif kimyasal etkinliğini ifade eder. Bütün organizmalarda enerji ATP (adenozin trifosfat) adı verilen önemli bir molekülün parçalanmasından elde edilir. Yaşamın evrensel yakıtı olan ATP hücresel solunum süreci aracılığıyla üretilir ve depolanır. Bu süreç, oksijen tüketen ve ısı üreten bir dizi kimyasal reaksiyonda karbonhidratların parçalanmasını içerir. Bir organizmanın enerji çıktısı arttıkça, ATP ihtiyacı hızla artar ve daha fazla oksijen tüketilmesine ve ısı üretilmesine yol açar. Egzersiz yaparken hem solunum hızının hem de kalp atım hızının artması bu nedenledir. Metabolizmanın kimyasal süreçleri, daha yüksek iç vücut ısılarında hızlanır. Böylece artan metabolizma hızları daha fazla oksijen tüketilmesine ek olarak artan etkinlik seviyelerine imkân tanır. Nihayetinde organizmalar artık ATP yakıtı üretemeyecekleri bir sınıra ulaşır. Bu noktaya ulaşıldıktan sonra laktik asit oluşmaya başlar ve organizmanın aktif kalabilme yeteneğini ciddi biçimde sınırlandırır. Bu eşik, aerobik etkinliği anaerobik etkinlikten ayıran sınırdır gerçekleşir. Bir başka deyişle bu oksijen rezervlerinin tamamen tükendiği noktadır. Örneğin uzun mesafe koşucuları sürekli oksijen desteği alan kaslarla neredeyse tamamen aerobik etkinlik aralığında çalışırken, kısa mesafe koşucuları bu limiti aşar ve bir yarışı tamamladıklarında oksijensiz kalan kaslarla anaerobik aralıktadır.

Ne yazık ki "endotermik" ve "ektotermik" terimleri muğlak ve yetersizdir. Bunları, ihtiyaçlarımıza daha iyi hizmet edecek dört sözcükle değiştirmemiz gerekir. Tüm organizmalar tarafından uygulanan ısı düzenlemesi, metabolizmanın önemli bir boyutudur. İç ısı kaynakları aracılığıyla vücut ısınısını düzenleyenlere "endotermik" (*endo* = iç; *termik* = ısı), bunu dış kaynaklar aracılığıyla yapanlara "ektotermik" (*ekto* = dış) denir. Öte yandan görece sürekli bir iç vücut ısınısını koruyan organizmalara "homeoterm" (*homeo* = aynı), iç ısılarında önemli dalgalanmalar yaşayanlara "poikiloterm" (*poikilo* = değişen) denir. Dolayısıyla ENDOTERMİ ve EKTOTERMİ vücut ısınısının nasıl düzenlendiğine (bedenin içi veya dışı) işaret ederken, HOMEOTERMİ ve POİKİLOTERMİ vücut ısınısının görece sabit tutulup tutulmadığını anlatır. Bu kadar her şey yolunda.

Biz de dahil olmak üzere birçok memeli endotermik homeotermidir. Yani ısı üretimi ve ısı kaybının hassas bir dengesiyle birlikte yüksek metabolizma hızları aracılığıyla vücut ısımızı içten düzenlemeye yakınız. İç vücut ısınız birkaç dereceden fazla dalgalanırsa, bu hasta olduğunuz anlamına gelir. Buna karşın sürüngenler ve yılanlar ektotermik poikilotermilerin klasik örnekleridir. Düşük metabolizma hızları, iç ısılarını düzenlemek için başta güneş olmak üzere dış ısı kaynaklarına bağımlı olduklarını gösterir. Fakat bu hayvanların birçoğu işlevsel olarak homeotermiktir, yani çeşitli davranış türleri aracılığıyla iç vücut ısılarını uzun süre boyunca sabit tutabilirler. Örneğin sürüngenler güneşe çıkıp gölgeye çekilir ve içsel olarak ısı üretmenin bir yolu olarak aktif hale gelir.

Yaşam formları iki temiz fizyolojik kampa ayrılabilseydi her şey basit olurdu: endotermik homeotermi (içsel olarak üretilmiş sabit vücut ısısı) ve ektotermik poikilotermi (dışsal olarak yönlendirilmiş değişken vücut ısısı). Fakat doğa çeşit çeşit metabolizma stratejileriyle çok daha karmaşık ve ilgi çekicidir. Örneğin yarasalar endotermik poikilotermidir; ısılarını içsel olarak düzenlemelerine karşın vücut ısıları önemli ölçüde değişkenlik arz eder. Bu uçan memeliler hareketsizken metabolizma hızlarını düşürür ve çok düşük bir vücut ısısıyla uyuşuk hale gelir. Ayılar aynı şeyi mevsimsel olarak yapar; kış uykusunda iç ısılarını ve metabolizma hızlarını (ve dolayısıyla gıda gereksinimlerini) düşürürler. Birçok kuşun da farklı etkinliklere uygun olarak dalgalanan vücut ısılarına sahip endotermik poikiloterm olduğu görülür. Ayrıca memeliler ve kuşlar endotermi sınıfını kaplamamıştır. "Ektotermik" balıkların üyeleri olmalarına rağmen ton balıkları, ısıyı sıcak kandan vücuda geri döndüren ve suya ısı kaybını asgariye indiren bir kan akımı sistemi aracılığıyla iç vücut ısılarını artırabilir. Başta yusufçuk, arı, yabanarısı, kelebek ve camkanatlılar gibi uçan formlar olmak üzere çeşitli böcekler de işlevsel olarak endotermiktir.

Diğer tarafta görece sabit iç ısıları koruyabilen "ektotermik" hayvanlar, ektotermik homeotermiler yer alır. Örneğin Galapagos kaplumbağaları yaklaşık 200 kilogram (440 pound) ağırlığındadır ve soğuk gecelerde bile vücut ısılarını ortamdan birkaç derece daha yüksek tutabilir. Bu metabolizma özelliğini hacim, yüzey

alanı ve ısı akışına ilişkin basit bir ilişki mümkün kılar. Bir kürenin boyutu arttıkça, hacmi (içteki boşluk) yüzeyinin alanından daha hızlı artar. Daha spesifik olarak yüzey alanı yarıçapın karesi oranında büyürken, hacim yarıçapın küpü oranında büyür. Somut bir örnek vermek gerekirse, görece büyük bir yüzey alanı ve küçük hacme sahip bir pinpon topuyla karşılaştırıldığında bir plaj topu iç hacmine göre daha küçük bir dış yüzey alanına sahiptir. Hayvanlar küre şeklinde olmasa da aynı orantı geçerlidir; küçük hayvanlar büyüklere oranla görece daha büyük yüzey alanı ve daha küçük hacme sahiptir. Isı kaybı doğrudan yüzey alanıyla orantılıdır; alan ne kadar büyükse ısı kaybı o kadar hızlı olur ve alan ne kadar küçükse ısı kaybı o kadar yavaş olur. Sezgisel bir kanıt olarak, üşüdüğümüzde ısıyı korumak için nasıl tortop olduğumuzu düşünün. Devasa ve kompakt hayvanlar olan Galapagos kaplumbağaları, büyük hacimleri ve görece küçük yüzey alanları nedeniyle vücut ısını koruma eğilimindedir. Daha yüksek metabolizma hızı yerine büyüklük aracılığıyla iç ısıları koruma eğilimi bazen JİGANTOTERMİ olarak adlandırılır.

Yüzey alanı-hacim ilişkisi, özellikle vücut büyüklüğü spektrumunun iki ucunda endotermiler için vahim sonuçlara sahiptir. Küçük uçta fare ve hamster büyüklükleri için geniş bir yüzey alanına sahiptir ve bunun sonucunda çok hızlı ısı kaybetme eğilimindedir. Bunu telafi etmek için yalıtım sağlayan bir kürke ihtiyaç duyarlar ve ek vücut ısısı üretmek için titreme eğilimi gösterirler. Birçok sürüngen ve yılan örneğinde olduğu gibi, yüzey alanını önemli ölçüde artıran boru şeklindeki uzun vücutları ektotermilerde görece yaygındır. Fakat bunlar ısı kaybındaki muazzam artış nedeniyle kuşlar ve memeliler arasında çok nadirdir (ve enerjik olarak maliyetlidir). Spektrumun büyük ucunda, filler gibi hayvanlar görece daha büyük hacme ve daha küçük yüzey alanına sahiptir ve bunların problemi, vücut ısını korumak değil boşaltmaktır. Fillerin aşırı ısınmaya meyilli olması bu nedenledir. Büyük kulakları ve uzun gövdeleri yüzey alanını artırmaya ve ısıyı yaymaya katkıda bulunur. Filler en çok soğuk gece saatlerinde aktif olma ve gün içerisinde sık sık banyo yapma eğilimindedir. Açık nedenlerden ötürü modern filler asgari düzeyde tüyle kaplıdır (buna karşın buz çağında yaşayan mamutlar ve mastodonlar gibi akrabaları soğuk

Pleistosen şartlarıyla başa çıkmanın bir yolu olarak kalın, tüylü kürkler geliştirmiştir).

Mezozoik hayvanlar, modern hayvanları etkileyen fizik yasalarının aynılarından kaçınmadığı için yüzey alanı-hacim ilişkisi dinozorlar üzerinde açık etkilere sahip olmuştur. Dinozorlar memeliler veya kuşlar gibi endotermik metabolizmalara sahip olsaydı, yüksek hacim-düşük yüzey alanına sahip vücutları fillerin deneyimlediği ısı koruma problemlerinin aynılılarıyla karşı karşıya kalırdı. Aşırı vücut ısını boşaaltmak, en büyük dinozorlar için bilhassa ciddi bir sorun teşkil ederdi. Sauropodların uzun boyunları ve kuyruklarının kısmen yüzey alanını artırma ve vücut ısını yayma işlevi görmüş olabileceği ileri sürülmüştür. Birçok araştırmacı, dev dinozorların endotermik olamayacağını, bunun yerine yüksek metabolizma hızları yerine devasa büyüklükler aracılığıyla sabit iç vücut ısılarını (ve böylece daha yüksek etkinlik seviyelerini) koruyan gigantothermler olarak kabul edilmelerinin daha makul olduğunu savunmuştur.

Memeliler olarak endotermik emsiline üstün olduğunu düşünürüz. Endotermik faydaları, daha yüksek bir sürdürülebilir etkinlik kapasitesini içerir. Bu, avı yakalarken veya yakalanmaktan kaçarken potansiyel olarak önemli bir faydadır.¹ Endotermik gece tamamen aktif olabilir ve birçoğu aşırı soğuk iklimlerde yaşamaya adapte olmuştur. Bu nedenle artık iklimde timsahlar yerine kutup ayılarını görürüz. Kısacası endotermikler, ektotermiklere göre çevrelerinden daha bağımsızdır. Fakat bu davranışsal esnekliğin maliyeti yüksektir. Benzer büyüklükte hayvanlar karşılaştırıldığında, endotermikler genellikle 10 ila 30 kat daha fazla enerji gerektirir. Komodo ejderinin her doksan günde bir kendi vücut ağırlığı kadar av yemesi gerekirken, aynı büyüklükteki aslanın bunu her dokuz günde bir yapması gerekir. Ektotermikler hayvan dünyasının verimli hibrit araçlarına benzetilirse, endotermikler benzini adeta içen haff ve kıvrak araçlardır. Kuşlar ve memeliler etkili bir biçimde rölantide çalışmaz; motor sürekli yüksek devirde çalıştığı için bizim de dahil olduğumuz bu grup daha sık yakıt doldurmalıdır.

¹ Özellikle varanidler ve teidler olarak bilinen grupların arasında çok az ker-tenkele, saatlerce aktif olarak fizyolojilerinin sınırlarını bir şekilde aşmayı başaran gündüz vakti avcısıdır.

Bu da yetmezmiş gibi endotermi küçük vücutlarda daha da külfetli gelir. Daha küçük vücutlarda yüzey alanındaki görece artış, daha çok ısı kaybına ve vücut ısısının içsel olarak düzenlenememesine yol açar. En küçük kuşlar ve memeliler yaklaşık 3 gram (0,1 ons) ağırlığındaiken, birçok ektoterm bu vücut ağırlığının onda biri (0,3 gram; 0,01 ons) olması büyük ölçüde bu nedenledir. Kuşlar ve memeliler bu ısı kaybını vücudu bir yalıtım katmanı olarak saran sırasıyla tüyler ve kürkle önlemeye çalışır. Tüyler veya kürkü kabartarak bu yalıtım katmanının kalınlığını artırmak, daha da çok ısı tutmanın etkili bir yoludur.²

Endoterminin çok yüksek külfeti, ektotermiyi bir tür evrimsel durgunluk değerlendirirken ihtiyatlı olmamızı gerektirir. Ektotermik hayvanlar, dayanıklılık eksikliklerini telafi etmek için birçok çözüm evrimleşmiştir. Yüksek seviyelerde enerji çıktısını sürdüremeseler de, birçoğu birkaç dakika süren kısa etkinlik patlamaları yaşayabilir. Uzun mesafe koşucusundan ziyade kısa mesafe koşucusunun stratejisine benzeyen bu strateji, avların yakalanması, yuvaların korunması ve avcılardan kaçmak gibi davranışlarda çok faydalıdır. Ektotermikler, sıcaklıkların her gece donma derecesinin altına düştüğü yüksek rakımlar ve bunaltıcı sıcaklıktaki çöllere yerleşerek aşırı iklim koşullarına adapte olmuştur. Ektotermi de çok başarılı bir stratejidir. Nihayetinde ektotermi ve endotermi yaşama tamamen farklı yaklaşımlar olarak görülmelidir ve her ikisi de kendine özgü avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Ektotermi enerjileri kısa etkinlik patlamalarına yoğunlaştıran düşük maliyetli, ekonomik seçenekken, endotermi sürdürülebilir etkinliğe imkân tanıyan ama çok daha fazla enerji alınmasını gerektiren görece nadir, yüksek maliyetli alternatiftir. Ektoderm, omurgalılar için ilkel durumdur ve 500 milyon yılı aşkın bir süre hayvanların egemen fizyolojik stratejisi olarak kalmıştır.

² Hava soğuduğunda neden tüylerinizin diken diken olduğunu hiç merak ettiniz mi? Çok daha tüylü primat atalardan evrimleştiğimiz için böyledir. Tüylerin diken diken olması, gövdemizin tüylerini dikerek ve günümüzde neredeyse yok olan yalıtım katmanımızın kalınlığını artırarak ısıyı korumaya dönük nafia bir çabayı temsil eder.

Dinozorların fizyolojisi hakkında ne söyleyebiliriz? Dinozorların yaşayan en yakın akrabalarından evrimsel kanıtlar muğlaktır; timsahlar ektotermiler, kuşlar resmi endotermilerdir. Nesli tükenmiş hayvanların vücut ısılarını veya metabolizma hızlarını doğrudan ölçemeyeceğimiz için paleontologlar dolaylı kanıtları araştırır. John Ostrom ilk bilinen "raptor" dinozor *Deinonychus*'u açıklayarak ve anatomisinin birçok yönünün çok aktif, endotermik metabolizmaya işaret ettiğini ileri sürerek 1960'ların sonunda dinozor rönesansını ateşlemiştir. Aradan geçen yıllarda endotermik dinozorlar kavramının lehine ve aleyhine sayısız kanıt çizgisi ileri sürülmüştür. Dinozorların endotermik olduğu hipotezini savunan araştırmacılar dinozorlar, kuşlar ve memeliler tarafından paylaşılan ama diğer omurgalılarda bulunmayan anahtar anatomik özellikleri araştırmıştır. Buna karşın dinozorların ektotermik olduğunu savunanlar, dinozorları hariç tutarak kuşlar ve memelileri bağlayan özellikleri tanımlamaya çalışmıştır.

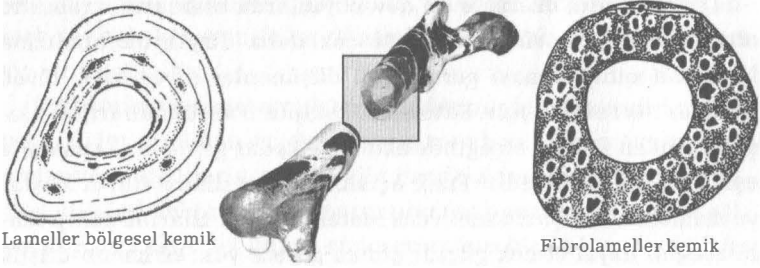
Sıcakkanlı kamp, endotermik dinozorlar fikrini pekiştiren çok sayıda, genellikle de ustaca kanıt çizgisi sıralamıştır. Görece beyin büyüklüğü, avcı-av oranları ve yüksek enlemlerdeki dinozorlar bunun örnekleridir. Kafatasındaki büyük kemikli boşluğun ölçümleri temelinde, başta küçük maniraptor theropodlar arasında olmak üzere dinozorların beyinleri kuş ve memelilerin beyin boyutlarına yaklaşmıştır. Fakat dinozorlardaki görece beyin büyüklüğü son derece değişkendir ve bazı araştırmacılar bu tür tahminlerin doğruluğunu sorgular. Benzer bir biçimde, belirli bölgelerden toplanan fosillerin sayımları dinozor otçulların etçillerden yaklaşık on kat daha yaygın olduğunu gösterir. Bu sonuç, günümüzdeki endotermilerde (memeliler ve kuşlarda) görülen avcı/av oranlarını yakından andırır ve ektoterm topluluklarında görülen yaklaşık 1:1 oranıyla tezat teşkil eder. Fakat bu tür sayımlar birçok önyargıya açıktır ve kimin kimi yediğini bile bilmediğimiz için bu tür çıkarımları faydası hakkında ciddi kaygılar doğar. Son olarak, dinozorların hem kuzey hem de güney kutup bölgelerindeki varlığı, endotermik metabolizmaların kanıtı olarak sunulur. Daha önce değinilen kutup ayısı-timsah karşılaştırmasında olduğu gibi çok soğukta hayatta kalabilmek için buna ihtiyaç duyulacaktır. Fakat Mezozoik Zamanın kutuplarda buzulların yer almadığı bir

sera olduğunu düşünöldüğünde, en azından bazı bölgelerde, dinozorlar soğuk, karanlık kış dönemlerinde daha düşük enlemlere göç etmiş olabilir.

Dinozorların endotermik olduğu fikrini desteklemek için sunulan diğör argümanlar, duruş ve iç kemik yapısıdır. Dinozorlar, kuşlar ve memelilerin yaptığı gibi bacaklarını dik tutmuştur; sürüngenler gibi ektotermik omurgalılar ise bacaklarını yayma eğilimindedir. Fakat dik duruş endotermi için bir önkoşul olsa bile –belki de daha yüksek hızlar ve gelişmiş akciğör ventilasyonuyla ilişkili olarak– sonraki nesiller içinde duruşun ilk önce gelmesi ve yüksek metabolizma hızlarının çok sonradan bunu takip etmesi her zaman mümkündür. Benzer bir biçimde, kuşların ve memelilerin kemikleri birçok ektotermi aksine hızlı büyüme ve kan damarlarıyla dolu olma eğilimindedir. Kan açısından zengin olan kemiklerin ince kesitleri mikroskop altında enine kesitler olarak incelendiğinde, sayısız kan damarı kanalı HAVERSİAN KANALLARI adındaki tekrarlanan mercek örüntüleriyle neticelenir. Genellikle memeliler ve kuşlarla ilişkilendirilen Haversian kanalları, kemiğün uzun eksenine paralel olarak ilerleyerek hem sinirleri hem de kan damarlarını taşıyan dar tüplerdir. Hem memeliler hem de hızlı büyümeyle ilişkilendirilen bir diğör kemik türüne FIBROLAMELLER KEMİĞİ adı verilir; bu, genellikle belirgin büyüme halkaları görölen yavaş büyüyen KATMANLI BÖLGESEL KEMİK türüyle tezat teşkil eder. Bununla birlikte belirli timsah ve kaplumbağaları içine alan günümüz ektotermilerinde zaman zaman Haversian kanallarına ve/veya hızlı büyüyen fibrolameller kemik türüne rastlarız; bazı küçük memeli endotermelerde ise bu kemik türleri yoktur. Suları daha da bulandıracak biçimde, birçok dinozor genellikle yavaş büyüyen ektotermilerle ilişkilendirilen belirgin büyüme halkaları sergiler. Bu nedenle kemik türü ve metabolizma arasındaki korelasyon kusursuz olmaktan çok uzaktır. Bunun sonucunda araştırmacılar hipotezlerini yeniden tanımlayarak vücut büyüklüğünü hesaba katmaya ve Haversian kanalları ve fibrolameller kemik türünün sadece varlığı veya yokluğunu değil yoğunluğunu ölçmeye başlamıştır. Bu tartışma, birazdan ele alacağım büyüme hızları sorunuyla yakından ilişkilidir.

Dinozorların, özellikle de dev boyutlarda olanların endoterm olamayacağını, sürüngenler gibi çok daha düşük metabolizma hızlarına sahip olması gerektiğini düşünenler de eşdeğer türde iddialar ileri sürmüştür. Ektotermi kampının argümanları, ısı akışı fiziğinden kıtalar ölçeğinde ekolojiye kadar geniş bir kapsamda eşit ölçüde yenilikçidir. Fizik açısından dev dinozorların kuşlar ve memelilerle kıyaslanabilecek metabolizma hızlarına sahip olabileceğini hayal etmek güçtür çünkü görece yüksek hacim-düşük yüzey alanına sahip vücutları aşırı ısınmaya maruz kalacaktır. Bunun yerine, birçok paleontolog dinozorların veya en azından dev boyutlarda olanların vücut kütleleri sayesinde yüksek ve sabit vücut ısısının faydalarından yararlanan ama endotermik düzeydeki metabolizma hızlarını desteklemek gibi ek bir yükün altına girmeyen gigantothermler olarak değerlendirilmesi gerektiğini ileri sürmüştür.

Benzer bir anlayışla, endoterminin cisimleştirdiği yüksek maliyetli yaşam tarzı bol miktarda yakıt tüketilmesine bağlıdır. Daha büyük hayvanların, daha küçük olanlardan daha fazla besin tüketmesi gerekir. Bu nedenle dev boyutlardaki endotermiler çifte sorunla karşılaşır; hem daha yüksek metabolizma hızlarını hem de daha iri gövdelerini sürdürmek için muazzam miktarlarda enerji almaları gerekir. Filler günün on sekiz saatini beslenmeye ayırır; fil sürüleri araziye dev elektrik süpürgesi çeteleri gibi dolaşır. Ağırlığı 4000 ile 7000 kilogram (8800 ve 15500 pound) arasında değişen yetişkin bir fil, her gün 150 kilogram (330 pound) kadar (yaklaşık olarak vücut ağırlığının yüzde 6 ila 8'i) gıda tüketmek zorundadır ve bu da yaklaşık 32 kilometre kare (12,5 mil kare) verimli arazi gerektirir. Elbette ki birçok dinozor türü fillerden daha büyüktür ve en büyük sauropodlar fillerden 10 kat kadar büyüktür. Filler gibi dinozorların birçoğunun da büyük sürüler halinde gezdiğini gösteren yol izi ve kemik yatağı kanıtları, yeterli besinin bulunması problemini derinleştirir.



Şekil 11.1: Kemik mikro yapısındaki çeşitlenme. Soldaki idealize edilmiş kesit, genellikle yavaş kemik gelişimiyle ilişkilendirilen ve gelişim halkalarının varlığıyla ve kemiğin içinde asgari düzeyde kan akışıyla karakterize olan lameller bölgesel kemiği resmeder. Sağdaki kesit, genellikle hızlı kemik gelişimiyle ilişkilendirilen ve zengin bir kan akışı ve asgari düzeyde büyüme halkalarıyla karakterize olan fibrolameller kemiği gösterir. Ortada görülen *Allosaurus*'un bacak kemiği (uyluk kemiği) histolojik araştırma için dilimlerin alındığı tipik bir çapraz kesiti gösterir.

Besin zincirindeki en yüksek halka olup trofik piramidin zirvesinde yer aldıkları için dev etçiller için vücut büyüklüğü problemi daha da şiddetlidir. Beşinci ve Sekizinci Bölümden enerji bitkilerden otçullara ve otçulardan etçillere aktığı için enerjinin büyük bir kısmının ısıya harcandığını hatırlayın. Sonuç olarak en üstteki etçiller, bitkilerin ilk başta ele geçirdiği toplam enerjinin sadece küçük bir kısmına erişebilir. Bu olgu, belirli bir ekosistemdeki en büyük memeli etçillerin neden en büyük otçulardan daha küçük ve sayıca çok daha az olduğunu açıklar. Örneğin aslanlar, sürdürülebilir popülasyon sayılarını korumak için kıta büyüklüğünde coğrafi alanları gerektirdiğinden Afrika antiloplarından çok daha düşük nüfus yoğunluklarında yaşamalıdır.³ Şimdi *Tyrannosaurus*

³ Ciddi insani etkilerin öncesinde, günümüzde Afrika aslanları olarak adlandırdığımız tür Afrika'nın yanı sıra Avrupa, Ortadoğu ve Asya'nın bir kısmına yayılmıştır; toplam alan Kuzey Amerika'dan daha büyüktür. İnsani etkiler nedeniyle, günümüzde büyük etçiller böylesine geniş coğrafyalarda varlığını sürdürmemektedir ama çok uzak olmayan geçmişte kıta geneline yayılmış türlerin varlığını gösteren önemli kanıtlar mevcuttur. Günümüzde karşı karşıya olduğumuz önemli çevre koruma güçlüklerinden biri, ayılar, kurtlar ve aslanlar gibi büyük yırtıcıların kendi varlıklarını sürdürebilir popülasyonlarını desteklemek için doğal ortamların korumalı koridorlarla birbirine bağlanmasıdır. En önemli çevre koruma kavrayışlarından biri, ekosistemlerin dar araziler olarak ve bazen büyük oyun parkları olarak korunamayacak

rex'i düşünün. Ağırlığı 5000 kilogramı (11000 pound) bulan bu devlerden biri, yaklaşık 25 Afrika aslanının kütlesine eşit olurdu. Bir aslan türünün uzun vadede desteklenmesi için kıta ölçekli alanlara ihtiyaç olduğunu varsayarsak, *Tyrannosaurus*'un 25 kıtaya eşdeğerde bir alana ihtiyaç duyduğu sonucuna ulaşamaya çağımız açıktır; çünkü bu tür bir süperkita Pangaea'nın büyüklüğünü bile aşacaktır. Bu ne anlama gelir? Olası açıklamalar, düşük (endotermik olmayan) metabolizma hızları, daha çok otçul ve etçili destekleyen daha büyük bir bitki kaynağı veya bu ikisinin bir kombinasyonunu içerir.

Tüm bu argümanları, artıları ve eksileri göz önünde bulundururken ektotermik Hatfield'ler ile endotermik McCoy'lar arasındaki bu akademik kan davasından ne sonuç çıkarabiliriz? Bazıları bu ihtilafın yararlı açıklamalar üretmek yerine kısır tartışmalardan öteye geçmediğini ileri sürse de ben aynı görüşte değilim ve iki kampın birbirinden tamamen ayrı olmadığını düşünüyorum. Endotermi ve ektotermi basit bir ikilem sunmaz; olası ara stratejilerin geniş bir aralığını içeren metabolizma spektrumundaki uç noktalardır. Yüksek veya düşük metabolizma hızının lehine kanıtlar oluşturmak yerine bir ara yol alternatifine ihtiyaç vardır.

Dinozorlarda yüksek metabolizma hızlarını destekleyen veriler onların kuş veya memeliler benzeri yüksek maliyetli endotermiler olduklarını göstermek için yetersiz olsa da, bu kanıtlar dinozorların metabolizma hızlarının sürüngenlerden çok daha yüksek olduğu görüşüne güçlü bir destek sunar. Benzer bir biçimde, dinozorların ektoterm olduğunu savunanlar sürüngenler benzeri düşük metabolizma hızları için ikna edici kanıtlar sunamasa da, birçok dinozorun kuş/memeli tarzı yüksek maliyetli fizyolojilere sahip olmadığı ortaya koyar. Mevcut kanıtlar, dinozorların sürüngenler ve kuşlar arasında metabolizma hızlarına sahip olduğuna işaret eder. Belfast Queen's Üniversitesinden R. E. H. Reid gibi çeşitli yazarların daha önce ileri sürdüğü bu sonuç çarpıcıdır. Daha önce değindiğimiz birkaç istisna dışında, günümüzde yaşayan hayvanlar endotermiler (kuşlar ve memeliler) ve ektotermiler (geri kalan her şey) olarak ikiye ayrılabilir. Fakat dinozorların

olduğudur. Bir ekosistemi bozulmadan korumak için büyük arazilere veya azından birbiriyle bağlantılı arazilere ihtiyaç vardır.

(veya en azından büyük bir kısmının) fizyolojik bir “tarafsız bölgeye” girmesi ve ara fizyolojileri büyük bir başarıyla keşfetmesi, yaşama elverişli –ne çok sıcak, ne çok soğuk, tam kararında– bir metabolizmaya sahip olmalarından kaynaklanmış olabilir. Şimdi bu yolda ilerleyip iki akademik kampı ayıran engeli aşıp aşamayacağımıza bakalım.

Bilim, örüntüleri –belirli bir düzenleme sergileyen özellik kombinasyonları– tanımlayarak ve bunları başka örüntülerle karşılaştırarak ilerler. Örüntüler, bilimsel gizemleri çözmek için kullanılan ipuçlarıdır. Yeni gözlemlenen bir örüntü belirli bir hipoteziyle uyumluysa, hipotez destek bulur. İyi desteklenmiş bir örüntü belli bir hipotezin öngörülerine ters düşerse, hipotezin değiştirilmesi veya terk edilmesi gerekir. Son birkaç yılda dinozorlar hakkında çoğu metabolizma hızıyla ilgili birçok önemli örüntü ortaya konmuştur.

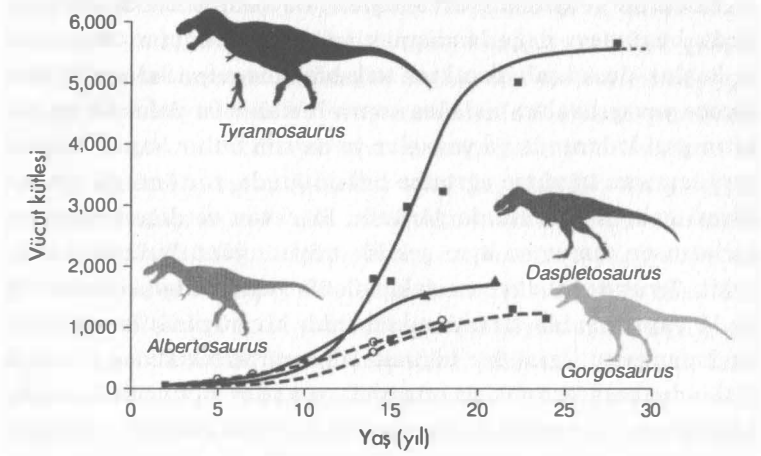
İlk örüntü grubu, vücut büyüklüğü ve irilik sorunuyla ilişkilidir. Dev (giant) terimini kütlesi 1000 kilogramı (bir metrik ton veya 2200 pound) aşan tüm türler olarak tanımlarsak, iriliğin dinozorlarda sayısız kez evrimleştiğini ve aslında tüm önemli gruplarda ortaya çıktığını söyleyebiliriz. Bu dev formlar içinde 3000 kilogramı (6600 pound) aşan “ultra devler” bağımsız bir biçimde en az sekiz kez evrimleşmiştir. Bu nedenle, dinozorların dev boyutlara sık sık meylediğini söylemek makuldür. Et yiyen theropodlara odaklanırsak, biri hariç –*Velociraptor*, *Oviraptor* ve kuşları ortaya çıkaran ayrı bir klan olan maniraptorlar– tüm önemli alt gruplarda devlere rastlarız. (Bu ifadenin olası birkaç istisnası geçtiğimiz yıllarda açıklanmıştır ve buna birazdan değineceğim.) Dinozorların neslinin tükenmesinden bu yana 65,5 milyon yıldır yaşayan tüm kuşları bu kapsama dahil etsek bile, bilinen hiçbir tür 1000 kilogramlık (2200 pound) vücut kütlelerine ulaşmamıştır. Fakat ilginç bir biçimde küçük vücutlar –mesela 5 kilogramdan (11 pound) düşüğe– yine maniraptor theropodlar hariç dinozorlarda hiç görülmemiştir. Bilinen en küçük örnek, daha önce değindiğimiz ağırlığı yaklaşık 1 kilogram (2 pound) olan *Microraptor*’dur. Maniraptorlar, bilinmeyen nedenlerden ötürü birkaç dev dışında birçok küçük dinozor evrimleştirerek kendilerine özgü bir yol izlemiştir.

Ek örüntüler ornithomimosaur larlar, tyrannosaur larlar ve maniraptor larları kapsayan daha genel theropod grubu coelurosaur larlara ilişkindir. Diş gibi çeşitli göstergeler temelinde, coelurosaur larlar arasındaki birkaç sapma haricinde tüm theropod larların sadık bir biçimde etçildir. Tyrannosaur larlar tanımlayıcı tarih öncesi etçillerdir ama Sekizinci Bölümde açıklandığı gibi yakın akrabaları olan ornithomimosaur larlar otçul veya en azından hepçil olabilir. Maniraptor larlar arasında oviraptorosaur larlar ve therizinosaur larların ya hepçil olduğu ya da hepçiller ve otçulların bir kombinasyonunu içerdiği artık genel olarak kabul görmektedir. Ayrıca tüyler ve öncülleri (diğer bir deyişle prototüyler) yalnızca coelurosaur larlarda bilinmektedir. Mevcut bilgilerimize göre tüm coelurosaur larlar ya tüylere sahiptir ya da tüylü atalardan evrimleşmiştir. Tüy benzeri yapılar, Çin'de bulunan kesinlikle uçmayan, küçük vücutlu tyrannosaur larlarda bile belgelenmiştir. Prototüyler başlangıçta vücut ısını korumak için yalıtım sağlama işlevi üstlendiyse, bu hayvanların yüksek maliyetli endotermik aralığa yükselen metabolizma hızlarına sahip olduğu sonucuna ulaşılabilir. Son olarak yine dinazor larlardaki kemik mikro yapısının incelemelerine dayalı olarak gerçekleştirilen dinazor larlardaki büyüme konulu araştırmalar yakın geçmişte birçok heyecan verici örüntüyü ortaya çıkarmıştır. Herhangi bir türdeki büyümeyi anlamak için yaşam süresi hakkında bilgi sahibi olmak temel bir gereksinimdir. Fosillerden yaşam süresini tahmin etmenin birkaç yolu vardır. En çok yerleşmiş teknik, yıllık büyüme çizgilerini hesaplamaktır. Ağaçlarda olduğu gibi kemikler de bir yıl boyunca düzensiz hızlarda büyüme eğilimindedir; iyi zamanlarda bolca doku eklenirken zor zamanlarda hız düşer. Ağacın merkezinden dışarı doğru yayılan eşmerkezli daireler şeklinde iz bırakan ağaç halkaları, yıllık büyüme dalgalanmalarının bilindik örnekleridir. Dinazor larların çoğu dahil olmak üzere birçok hayvanın kemikleri paralel bir görünüm sergiler; yatay kesitlerde asgari kemik birikimi aralıklarını temsil eden gecikmiş gelişim çizgileri görülür. Sayısız araştırma, ağaçlar gibi hayvanların da genellikle yılda bir gecikmiş gelişim çizgisi eklediğini gösterir. Bu çizgilerin sayılması, organizmanın öldüğü zamanki yaşını ortaya koyabilir. Bu metot birçok örneğe uygulanırsa, belirli bir türdeki hayvanların ortalama yaşam sürelerini tahmin etmek bile olasıdır.

Florida Eyalet Üniversitesinden Greg Erickson'un da aralarında bulunduğu yeni paleontologlar kuşağı, gecikmiş gelişim çizgilerini hesaplama yöntemini farklı dinazor türlerine uygulamıştır; sonuç olarak bu araştırmacılar daha önce yanıtlanamayan birçok sorunun yanıtlarını arayabilmiştir. Bunların en önemlisi, dinazorların ne kadar süre yaşadığıdır. Gelişme çizgilerinin hesaplanması gibi nicel tekniklerin uygulanmasından önce, en büyük dinazorların yüz yılın üzerinde yaşayabileceği ileri sürülmüştür. Aksi halde bu kadar büyük ölçülere nasıl ulaşabilirlerdi? Fakat en büyük sauropodların yaklaşık 50 yıl yaşadığı ortaya çıkmıştır. Dev theropodlar yaklaşık 30 yıldan fazla yaşamamıştır. Küçük ve orta boyutlu dinazorların yaşam aralığı 7 ile 15 yılken, en küçük dinazorlarındaki yalnızca 3 ile 4 yıl arasında kalmıştır.

Bir sonraki soru, dinazorların ne kadar hızlı büyüdüğüdür. Dinazorların büyüme hızları sürüngenler, timsahlar ve diğer sürüngenler gibi görece yavaş mıydı, yoksa kuşlar ve memeliler gibi daha hızlı mıydı? Bu sorunun sezgisel yanıtı, devasa büyüklükleri ve kısa yaşam süreleri göz önünde bulundurulduğunda dinazorların hızlı büyüdüğü yönündedir. Fakat paleontologlar, dinazorların yaşam tarihçelerinin birçok yönünü kavramak için basit ama zarif bir metot kullanarak sağduyuya dayalı bu çıkarımın çok daha ötesine geçmiştir. Örneğin bir tek türden farklı yaşlarda 25 dinazor örneğine sahip olduğunuzu hayal edin. Her örnek için iki temel parametreyi değerlendirirsiniz. İlki yıllık olarak biriken gecikmiş gelişim çizgileri hesaplanarak elde edilen ölüm anındaki yaştır. İkinci tahmin, kalça kemiğinin ölçümlerini temel alan bir metot kullanılarak hesaplanan toplam vücut kütesidir. Daha sonra, her örnekte yaşam süresi tahminlerini vücut büyüklüğüyle eşleştiren basit bir grafik yaparsınız. Nihai sonuç, yaş ve boyutu karşılaştıran bir büyüme eğrisidir. Bu basit araç, örneklerin belli bir yaşta ne kadar büyük olduğunu görmeyi ve böylece büyüme hızlarını tahmin etmenizi sağlar. Ayrıca bu planlar, belirli bir türdeki ortalama büyüme hızını hesaplamaktan ziyade bir dinazorun ömrünün belirli aşamalarındaki büyüme hızlarını değerlendirmek için de kullanılabilir.

Erickson ve çalışma arkadaşları, bu tekniği farklı dinzorlarda büyümeyi değerlendirmek için uygulamıştır. Memeliler ve kuşlar, üç adımlı karakteristik büyüme seyri izler. Büyüme görece yavaş başlar, bir süre sonra hızlanır ve daha sonra hayatın geri kalanında ya yavaşlar ya da son bulur. Yaş ve boyutu karşılaştıran büyüme eğrisine bakıldığında, bir örneğin yaşam süresi kabaca S şeklinde görünür. Erickson ve diğerleri, dinzorların da tamamen aynı şekilde büyüdüğünü bulmuştur. Örneğin *Tyrannosaurus rex* yaklaşık 10 yaşında başlayan ve 15 ile 19 yaş arasında zirveye çıkan ciddi bir büyüme hamlesi deneyimlemiştir. İlginç bir biçimde, dinzorlar ne kadar büyükseler hızlandırılmış gençlik aşamasında o kadar hızlı büyümüşlerdir. 1 kilogramdan (yaklaşık 2 pound) daha hafif olan en küçük dinzorlar, bu aralıkta günde yaklaşık 0,3 gram (0,01 ons) vücut kütlesi eklemiştir. Bu yavaş gibi görünse de günümüzde yaşayan eşit büyüklükteki sürüngenlerde görülen hızın iki katıdır. Ağırılığı 1 ila 20 kilogram (2 ila 44 pound) olan biraz daha büyük dinzorlar, keseli memelilerdeki benzer bir hızda günde yaklaşık 1-20 gram (0,04-0,7 ons) eklemiştir. Yetişkin ağırlıkları 100 ile 1000 kilogram (220 ila 2200 pound) arasında değişen orta büyüklükteki dinzorlar günde 100 ila 800 gram (3,5 ons ila 2 pound) ekleyerek daha hızlı büyümüşlerdir. Yetişkin kütlesi 5000 kilogramı (11000 pound) bulan *T. rex* azami hızda büyüdüğü dört yıl boyunca günümüzde yaşayan kuşlar ve memelilerle eşit bir düzeyde günde 2 kilogram (4 pound) vücut kütlesi eklemiştir. Yetişkin kütlesi yaklaşık 25000 kilogram (55000 pound) olan *Apatosaurus* gibi devasa sauropodlar, büyüme hamlesi yaşadıkları yıllarda günde 20 kilogram (44 pound) ekleyerek ağır basar! Sauropodlardaki şaşırtıcı büyüme hızı, günümüzde bilinen en hızlı büyüyen hayvanlar olan balinaların büyüme hızı aralığındadır. Dolayısıyla dinzorların gerçekten çok hızlı büyüdüğü ve bu bakımdan ektotermilerden ziyade endotermilere benzedikleri sonucu rahatlıkla çıkarılabilir.



Şekil 11.2: Dört Kuzey Amerika tyrannosaurunda –Gorgosaurus, Albertosaurus, Daspletosaurus ve Tyrannosaurus– vücut kütlesi ve yaş karşılaştırılarak tahmin edilen büyüme örüntüleri. Dördünde de benzer bir üç adımlı S eğrisi örüntüsü görülür; büyüme küçüklükte yavaşken, gençlikte ani bir çıkış yaşar ve daha sonra yetişkinlikte tekrar yavaşlar. En büyük örnek olan *Tyrannosaurus rex* hızlı büyümenin görüldüğü gençlik aşamasında büyüme hızını artırarak evrimleşmiştir. Greg Erickson ve meslektaşlarının çalışmasını temel alır. İnsan figürü ölçek için eklenmiştir. Ayrıntılı bilgi için metne bakın.

Erickson, devlerin evrimini ortaya çıkarmak için yakın akraba dinosor türlerinin büyüme eğrilerini karşılaştırarak bu süreci bir adım öteye taşımıştır. Bu yöndeki ilk önemli araştırma *Tyrannosaurus* ve Kretase Döneminde daha önce yaşamış olan daha küçük vücutlu (1000-2000 kilogram; 2200-4400 pound) *Daspletosaurus* ve *Albertosaurus* gibi tyrannosaurları kapsayan tyrannosaurlardaki büyüme eğrilerini karşılaştırmıştır. Daha küçük tyrannosaurlar, Godzilla benzeri kuzenleriyle aynı büyüme aşamalarını sergilemiştir ama azami büyüme dönemlerinde çok daha yavaş büyüme hızları (günde 0,5 kilogram veya yaklaşık 1 pounddan daha az) kaydedilmiştir. Araştırma ekibi, bu bulgudan yola çıkarak *Tyrannosaurus rex*'in bu devasa boyutlara gençlik aşamasındaki büyüme hızında önemli bir evrimsel artış aracılığıyla evrimleştiği sonucuna ulaşmıştır. Buna karşın, başka araştırmalar

nesli tükenmiş en az üç sürüngenin (iki timsah ve bir kertenkele) devasa vücut ölçülerine büyüme hızlarını artırarak değil, olgunluğu geciktirerek ve dolayısıyla azami ölçü artışı dönemini uzatarak eriştiğini ortaya koymuştur.

Buraya kadar açıklanan çeşitli örüntüleri göz önünde bulundurarak, Indiana-Purdue Üniversitesinden Jim Farlow'la birlikte geliştirdiğim alternatif bir modelin ana hatlarını sunacağım. Bu modeli gayri resmi bir biçimde GOLDILOCKS HİPOTEZİ olarak adlandırıyorum, çünkü birçok dinazorun metabolizmasının ektoterm ve endoterm arasında kaldığını (ne çok sıcak, ne çok soğuk, tam kararında olduğunu) öngörüyor. Bu fikir, fizyoloji ve büyümeyi enerji akışı üzerinden inceler ve evrimin dinozorları eşsiz bir metabolizma stratejisiyle donattığını ileri sürer. Bu, dinozorların devasa vücutlara sahip olmasını sağlayan ve muhtemelen genel başarılarına önemli katkı sunan bir metabolizma stratejisidir.

Bir hayvanın enerji bütçesi, metabolizma süreçleri tarafından üretilen ATP toplamı, metafor olarak depo olduğunu düşünebileceğimiz üç temel etkinliğe bölünebilir. İlk olarak bu enerjinin bir kısmı atık ürünlere, yani idrar ve dışkıya harcanır. İkinci olarak enerjinin bir kısmı hücrelerin yenilenmesi, ısı üretilmesi ve dışarıda besin bulunması gibi farklı etkinlikleri kapsayan vücut BAKIMI için kullanılır. Enerjinin üçüncü ve son kısmı ÜRETİM yani yeni bir şey inşa etme veya eklemeye ayrılır. Üretim etkinlikleri büyüme, yağ depolama ve çoğalmayı kapsar. Bu üç enerji deposu –atık, bakım ve üretim– içinde atık görece sabit olarak düşünülebilir ve bizi daha fazla ilgilendirmez. Geriye bakım ve üretim için kullanılabilen enerji kalır.

Ektoterm ve endoterm bakımı ve üretim enerji depolarının görece büyüklüklerine göre farklılaştığı ortaya çıkar. Ektoterm verimli, düşük maliyetli yaşam tarzı olarak, endoterm ise bunun tam tersi olarak düşünülebileceğini hatırlayın. Günümüzde yaşayan hayvanlar üzerindeki araştırmalar, ektoterm sürüngenler ve amfibilerin özümsemiş enerji kaynaklarının yaklaşık yüzde 40'ını üretime (büyüme, yağ depolama ve çoğalma) ayırabildiğini göstermiştir. Buna karşın, endoterm olan

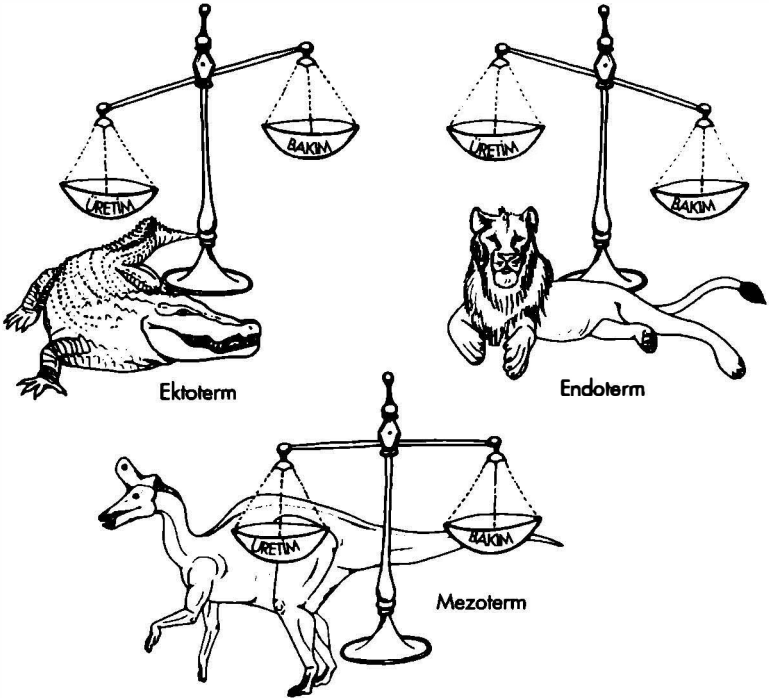
ğanüstü yüksek bakım masrafları nedeniyle kuşlar ve memeliler genellikle kullanılabilir enerjilerinin sadece yüzde 3'ünü bu depoya ayırır. İçsel olarak yönlendirilen sabit vücut ısıları ve yüksek etkinlik seviyeleri, endotermilerin büyük miktarda enerjiyi düşük verimle yakmasını ve enerjinin büyük bir kısmını vücut ısısına ayırmasını gerektirir.

Modern biyolojik araştırmalar, ektotermiler arasında metabolizma hızındaki artışın bakımın yanı sıra şaşırtıcı bir biçimde üretimde de bir artışla sonuçlandığını gösterir.⁴ Bir başka deyişle, metabolizma hızında evrimsel bir artış yaşayan ektotermik sürüngenler soyunun bakıma daha fazla enerji ayırması gerekir (enerji beslenme ve vücudu ısıtma gibi etkinliklere ayrılır) ama toplam kullanılabilir enerjide de genel bir artış olur ve büyüme, çoğalma ve yağ depolamaya daha çok enerji ayrılabilir. Ön hesaplamalar temelinde Farlow'la birlikte bu eğilimin bir zirve noktasına ulaşana dek devam edeceğini varsayıyoruz; bu zirve noktasında bakım masrafı öylesine yüksek hale gelir ki üretim için kullanılabilen enerji miktarı hızla düşecektir. Bu zirve noktası geçildikten sonra, enerji bütçesinin gittikçe daha büyük bir kısmı vücut ısısı üretmeye kanalize edilecektir. Bu geçişi tamamlayan hayvanlar, bakım enerjisi için büyük bir depo ve üretim için görece küçük bir depoyla tamamen endotermik olacaktır.

Goldilocks hipotezinin temel fikri, birçok dinazorun düşük maliyetli ektotermiler ve yüksek maliyetli endotermiler arasında kalan metabolizma hızlarına sahip olduğudur. Bunlara gayri resmi bir biçimde "mezotermiler" (*mezo* = orta) adı verilir. İlk dinazorlar büyük bir olasılıkla archosaurılar arasında henüz tanımlanmamış dinazor olmayan bir atadan yüksek metabolizma hızlarını miras almıştır. Metabolizma hızındaki başka artışlar, bakım maliyetini yükseltecektir. Fakat önceki paragrafta değinildiği gibi daha hızlı metabolizmalar, bu dinazorların daha geniş bir enerji havuzuna erişmesini sağlar ve bu enerjinin önemli bir kısmı üretim etkinliklerine yönlendirilebilir. Bir başka deyişle, metabolizma hızındaki patlamalar çoğalma ve büyüme gibi etkinlikler için enerji havuzunu artırır. Üretim için kullanılabilen daha çok enerji, diğer şeylerin yanı sıra aile bakımı için kullanılabilir. Alternatif olarak çoğalma

⁴ Bakınız Humphreys 1979 ve McNab 2002.

enerjisinin bolluğu dinazorlarda boynuzlar, sorguçlar, plakalar ve dikenler gibi süslü ve garip yapıların yinelenen evrimini açıklayabilir. Belki de daha önemlisi, üretim deposundaki daha büyük enerji kaynağı büyüme hızlarını artırır; bu büyük olasılıkla etçil canavarlarla dolu bir dünyada hayvanların devasa büyüklüklere ulaşabilmesi için şarttır. Jeolojik zaman boyunca kullanılan, sayısız türleşme olayıyla sürekli artan bu ekstra büyüme potansiyeli gittikçe daha büyük nesilleri üretmek için kullanılmış ve nihayetinde devlerin evrimiyle sonuçlanmış olabilir. En azından bazı dev dinazorların bu tür devasa ölçülere büyüme hızlarındaki önemli artışlar aracılığıyla ulaştığı bulgusu bu sonucu destekler.



Şekil 11.3: Ektotermik sürüngenler, yüksek maliyetli endotermik memeliler ve muhtemelen bunların arasında kalan "mezotermik" dinazorların enerji bütçesindeki çeşitlenmesi. Ölçekler üretim (büyüme, çoğalma ve yağ depolama) ve bakıma (bedensel işlevleri sürdürme) ayrılan göreceli enerji miktarlarını temsil eder. Ayrıntılı bilgi için metne bakın.

Goldilocks hipotezi dinozorların iriliğinin *nasılını* açıklar. Dinozorların iriliğinin gerisindeki evrimsel ve ekolojik nedenler (devlerin *nedeni*) açıklığa kavuşmaz. Belki de daha büyük vücutlar ~~yeni~~ besin nişleri açarak otçulların daha kolay ulaşılabilen, daha düşük kalitedeki kaynakları yemesine imkân tanımıştır. Öyleyse etçiller de bu yolu izleyerek avlarıyla birlikte daha büyük hale gelmeye zorlanmış olmalıdır. Alternatif olarak, bazı örneklerde daha büyük vücutlar eşler için rekabette avantaj sağlamış olabilir. Devasa ölçülerle ilişkilendirilen artan vücut ısısının (görelî yüzey alanındaki azalmadan kaynaklı) yüksek iç ısıları korumanın düşük maliyetli bir yolunu sunmuş olması ve dinozorların günün önemli bir kısmında aktif kalmasına imkân tanınması da bir olasılıktır. Nedeni ne olursa olsun (ki bu açıklamalar karşılıklı olarak birbirini dışlamadığından birden fazlası da etkili olabilir) iriliğin dinozorlar arasındaki yinelenen evrimi daha büyük vücutların genellikle güçlü bir seçim avantajı sağladığına işaret eder.

Dinozorların iriliği problemini ele almanın bir diğer yolu, ektotermi ve endoterminin karada yaşayan hayvanlarda devasa vücut büyüklüklerine yol açmamasıdır. Bir yandan ektotermiler hayli verimlidir; özümstedikleri enerjinin yaklaşık yarısını üretim (büyüme dahil) için kullanırlar ama toplam kullanılabilir enerji havuzu endotermilerinkinden çok daha küçüktür. Diğer yandan, endotermiler çok daha büyük bir enerji kaynağına erişebilir ama verimsiz metabolizmaları bu yakıtın büyük bir kısmının bakıma ayrılmasını gerektirir ve devlerin evrimi için geriye çok az şey kalır. Orta yol olan MEZOTERMİ her iki stratejinin en iyi yanlarını sunmuş olabilir; görece düşük maliyet ve yüksek verimlilik, büyüme ve diğer üretim ihtiyaçları için geniş bir enerji havuzuyla birleşebilir. Muazzam büyüklüklerdeki ısı yitimi sorunu, üretim ve büyüme hızlarını azamiye çıkarırken masraflı ısı üretimini asgariye indiren bu metabolizma stratejisi tarafından büyük ölçüde iyileştirilir. Benzer bir biçimde bu varsayılan mezotermilerin gıda gereksinimleri, kuş veya memeli sınıfından yüksek maliyetli endotermilere göre önemli ölçüde azalır. Bu dinozorların daha küçük yaşam alanlarını ve daha yüksek popülasyon yoğunluklarını sürdürmesine imkân tanır.

Burada ana hatları sunulduğu gibi mezotermi, ektotermi ile endotermi arasındaki tanımlanmamış bir ara zeminden ibaret değildir. Bunun yerine, üretim için kullanılabilen görece enerji miktarıyla ayırt edilen ayrı bir metabolizma stratejisini temsil eder. Bilebildiğim kadarıyla burada tanımlandığı şekliyle günümüzde yaşayan bir mezoterm yoktur. Fakat hem kuşların hem de memelilerin ata formları, yüksek masraflı metabolizmalarını eld etme yolunda ara aşamalardan geçmiş olmalıdır. Ektotermiler genel enerji bütçeleri daha küçük olduğundan üretim için daha az enerji üretir. Endotermiler daha büyük bir enerji havuzuna erişebilir ama yüksek metabolizma hızları bu yakıtın büyük bir kısmının bakıma ayrılmasını gerektirir. Mezotermiler ise yüksek metabolizma hızlarının ortaya çıkardığı görece büyük bir enerji deposuna erişebilir ve görece düşük maliyetli yaşam tarzları sayesinde bu enerjinin büyük bir kısmını üretim etkinliklerine ayırabilir. Belki de mezotermik dinazorlar bu ekstra üretim enerjisini devasa ölçülerin evrimini beslemek için düzenli olarak kullanmıştır. Öyleyse kara hayvanları içinde dinazor iriliğinin benzersizliği kısmen yaşamın tarihinde başka hiçbir mezoterm grubunun çeşitlenmemesinden kaynaklanabilir. Bunun sonucunda, dinozorlardaki metabolizma evrimi en azından kısmen daha büyük vücutlara dönük güçlü bir seçim baskısına yanıt olarak gerçekleşmiş olabilir.

Goldilocks hipotezi, dinazorların bir grubunun – coelurosaur theropodlar– daha da yüksek metabolizma hızlarına evrimleştiğini ve endotermik aralığa girdiğini ileri sürer. Birçok kaynak destekleyici kanıtlar sunar ama bunların en tatmin edici olanı tüylerin varlığıdır. Etkili yalıtım sağlayan tüyler, vücut ısısının dış dünyaya yayılabilecek olan önemli bir kısmının korunması potansiyelini yaratmıştır. (Tüylü kaşkol bu kapasitenin kusursuz bir örneğidir.) Bu ek vücut ısısı elde edildikten sonra sabit bir beden ısını korumak için kullanılabilmiştir. Daha az kesin ama yine de ilgi çekici olan bir kanıt çizgisi, yalnızca birkaç theropod dinozorun etçillikten sapma gösterdiği ve bu istisnaların hepsinin (ornithomimosaur, oviraptorosaur ve therizinosaur) coelurosaurlar arasında bulunduğu gözleminden gelir. Sadık bir etçilin diyetini değiştirerek hepçil veya hatta otçul haline gelmesine yol açan şey ne olabilir? Daha düşük trofik seviyeye bu tekrarlanan geçiş

belki de kullanılabilir enerjinin miktarıyla ilişkilidir. Coelurosaurlar diğer theropodlardan daha yüksek metabolizma hızlarına sahipse, artan enerji ihtiyaçlarını trofik piramidin tepesindeyken karşılayabilmeleri gittikçe zorlaşmıştır çünkü en üstte yer alan etçillerin kullanabileceği enerji bitki yiyenlere oranla çok daha düşüktür. Diyeti bitkileri kapsayacak şekilde genişletmek olası bir stratejidir. Ayıların da dahil olduğu birçok memeli etçilin yaşamalarını sürdürmek için benimsediği yaklaşım da budur.⁵

Son olarak, sürekli artan kanıtlar coelurosaurların bir alt kümesinin –maniraptorlar– metabolizma yolculuğunu tamamladığına ve günümüzde yaşayan kuşların aralığında yer alan tam gelişmiş endotermilere dönüştüğüne işaret eder. Artan ısı düzenlemesi ve etkinlik seviyeleri gibi birçok işlev, bu tür bir metabolizma değişikliğiyle muhtemelen ilişkilidir. Fakat çok önemli bir işlev olan çoğalma, sağlam bir fosil kaydı tarafından desteklenir. Sekizinci Bölümde açıklandığı gibi *Oviraptor* and çeşitli maniraptor akrabaları, yumurtaların (ve belki de yumurtadan yeni çıkmış yavruların) üzerinde kuluçkaya yatarak daha yüksek metabolizma hızları tarafından üretilen aşırı vücut ısını yavrularının bakımı için kullanmıştır. Gerçekten de bazı tüylü dinazorlar (kuşlar dahil) bakım deposuna (vücut ısı) ayrılan enerjinin bir kısmını kurtarıp üretim deposuna (çoğalmak için) aktarmayı başarmıştır. Aşırı vücut ısı bu tüylü dinozorlarda aile bakımının seviyesini artırmak için kullanılabildiğinden doğal seçim daha yüksek metabolizma hızlarına sahip theropodları tercih etmiş olabilir.

Fakat bu yüksek maliyetli fizyolojik strateji, maniraptorlara yeni sınırlamalar getirmiştir; azami vücut büyüklükleri daha düşük bir limit de bunların arasındadır. Endotermi enerjik açıdan çok külfetli olduğundan, varsayılan dev maniraptorlar muhtemelen popülasyonlarını sürdürmek için yeterince besin ve yer bulamamıştır. Ayrıca daha büyük vücut ölçüleri genellikle düşük yüzey alanı ve artan hacimle bir arada olduğundan, yüksek maliyetli metabolizmalara sahip dev maniraptorlar aşırı ısınmaya da meyillidir. Bu akıl yürütme, theropodların önemli grupları arasında bir istisna teşkil edecek biçimde maniraptorların büyük bir çeşitlilik, uzun ömür ve geniş coğrafi dağılımlarına rağmen

⁵ Bakınız Farlow 1993.

neden hiç dev form (1000 kilogram veya 2200 pounddan daha ağır) ortaya çıkarmadığını açıklayabilir. Bu kuralın tek olası istisnası, diyetlerini bitkileri de dahil ederek genişlettiği düşünülen therizinosaur lar ve oviraptor lar arasında bulunabilir. Bilinen en büyük maniraptor, Çinli paleontolog Xu Xing ve arkadaşları tarafından tanımlanan geç Kretase devrinden *Gigantoraptor* olabilir. Xu, *Gigantoraptor*'un 1400 kilogram (3000 pound) gibi şaşırtıcı ağırlıklara ulaşmış olabileceğini tahmin eder. Kendi adıma, yüksek metabolizma hızlarının etin tek besin kaynağı olmasını engelleyeceği için *Gigantoraptor* ve diğer devasa maniraptorların otçul veya en azından hepçil olduğunun ortaya çıkacağını düşünüyorum.

Bunun üstüne tam karşı tarafa yani küçük vücut ölçülerine bakmalıyız. Maniraptor theropodların dışında küçük (mesela 5 kilogram veya 11 poundun altında) dinozorlara neden hiç rastlanmaz? Omurgalıların aile ağacı, küçük vücutlu formların sayısız örneğini içerir; bunların içinde hem balıklar ve kaplumbağalardan sürüngenler ve yılanlara kadar ektoterm ler, hem de sinekkuşları ve fareler gibi endoterm ler vardır. Bu özel örüntüye çok az dikkat gösterilmiştir; standart açıklama, endotermik memelilerin ve çeşitli sürüngen ektoterm lerin küçük vücutlu nişlerinde egemen hale gelerek dinozorların bu ekolojik rolleri üstlenmesine engel olduğudur. Bir diğer olasılık, birçok dinozor türünün küçük ölçülere evrimleşmiş olmasına rağmen onları henüz bulamamış olmamızdır. Dinozorların 160 milyon yıl boyunca varlığını sürdürdüğü ve ezici bir başarı göstererek orta ila dev vücut büyüklüğü kategorilerine egemen olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu iki açıklama da yetersiz görünür. Belki de birçok dinozor küçük formların evrimini engelleyen bir tür kalıtsal sınırlamaya sahiptir.

Goldilocks hipotezi, bu örüntüyü dış kuvvetler yerine iç fizyoloji temelinde açıklar. Coelurosaur theropodların dışındaki dinozorlar ara metabolizma hızlarına sahipse, küçük vücut ölçüleri bakım için fazla masraflı olabilir. Orta sınıf bir metabolizma, küçük vücutlarda sabit bir iç ısıyı sürdürmek için yeterli ısı üretmez. Ayrıca tüyler veya kürk gibi ısı yalıtımlarından mahrum olununca, küçük ölçülerle ilişkilendirilen yüzey alanındaki göreceli artış hızlı bir iç ısı kaybına yol açar ve sabit vücut ısılarının sür-

dürülmesini engeller. Buna karşın, yüksek maliyetli endotermiyle bir arada tüylerin evrimi sayesinde maniraptorlar dinozorlar arasında belki de ilk kez küçük vücut ölçülerine ulaşabilmiştir. Kuşlar da dahil olmak üzere maniraptorlar bu potansiyeli en iyi şekilde kullanarak bir dizi küçük tür evrimleştirmiştir.

Bu spekülasyon çizgisini bir adım daha (belki de kırılma noktasına kadar) ileri götürürsek, ara metabolizma hızları deniz dinozorlarının dikkat çekici yokluğunu bile açıklayabilir. Daha önce değinildiği gibi, karada yaşayan birçok omurgalı grubu tamamen suda yaşayan soylar ortaya çıkarmıştır. Örneğin geç Paleozoik devirde ilk amniyotlar mezozorlar adı verilen küçük vücutlu su avcılar grubunu ortaya çıkarmıştır. Mezozoik Zamanda birçok sürüngen grubu (sauropsidler) ichthyosaurlar, mosasaurlar ve plesiosaurlar gibi tamamen suda yaşayan soylar üretmiştir. Son olarak Senozoik Zaman'da memeliler, foklar ve memeli deniz hayvanlarını (balinalar ve yunuslar) içeren çeşitli deniz klanlarını ortaya çıkarmıştır. Dinozorların evrimine yol açan archosaur çizgisi bile tatlısu ve deniz timsahlarını doğurmuştur. Peki, neden hiç su dinozoru yoktur? Belki de ara metabolizma hızları yüzünden. Su, mükemmel bir ısı iletkeni olduğundan hayvanlar vücut ısılarını suda havadakinden çok daha hızlı bir biçimde kaybetme eğilimindedir. Burada dinozorlar için varsayılan orta sınıf metabolizmalar, belli bir vücut büyüklüğünde ektotermelerde ihtiyaç duyulandan çok daha fazla vücut ısısının korunmasını gerektirir. Fakat aynı ara sınıfta yer alan yaşama elverişli fizyolojilere sahip hayvanlar büyük olasılıkla su ortamında yeterli ısı üretemez. Maniraptor theropodlarda yüksek maliyetli endotermimin evriminin ardından penguenler gibi suya uyumlu formların evrimi için yeterli vücut ısısı üretimi ortaya çıkmıştır.

Özetle, goldilocks hipotezi dinozorların büyük bir çoğunluğunun ara, "mezotermik" metabolizma hızlarına sahip olduğunu ve endotermimin aşırı yüksek maliyetleri olmaksızın ektotermimin düşük maliyet avantajlarının birçoğundan faydalandığını öne sürer. Üretim için daha çok enerji kullanabilen dinozorlar yüksek büyüme hızlarına ulaşabilmiş ve böylece devlerin ortaya çıkması için evrimsel yol açılmıştır. Devlerin bu metabolizmik orta yolda evrimi-

ni kolaylaştıran diğer faktörler, endotermilere özgü vücut ısıları ve düşük enerji ihtiyaçları olmalıdır. Ektotermiden endotermiğe bu önemli fizyolojik geçişin öngörülmesi, ara metabolizmalara sahip canlı örneklerle sahip olmadığımız için zor olmuştur. Bir tek dinozor grubu – coelurosaur theropodlar– tamamen endotermik hale gelen tüylü maniraptorlarla bu metabolik eğilimi daha da ileri taşımış görünür. Evrimsel çark döndükten sonra daha yüksek metabolizma hızlarına ulaşan maniraptorlar bağımsız bir evrimsel yola girmiştir. Bu ayrı yol, devasa büyüklüklerin evrimini (bitki yiyen birkaç istisna haricinde) engellemiş ama küçük vücutlu formların ortaya çıkışını kolaylaştırmıştır. Jura Döneminde bu dinozorların bir alt kümesi küçük boyutlar, tüylü yalıtım ve endotermik metabolizmalarını en iyi şekilde kullanarak kuşlar gibi uçabilmiş ve dinozorlar içinde önemli bir nesil tükenmesini atlatarak günümüze ulaşmayı başarabilen tek kol olmuştur.

Goldilocks hipotezinin eşsiz katkısı nedir? Bir bilimsel hipotezin asıl gücü, sınanabilir öngörüler ve bir gözlem aralığı için açıklamalar sunabilmesidir. Goldilocks hipotezi, dinozorlardaki varsayılan ara metabolizma hızları için bir açıklama sunmakla kalmaz. Belki de ilk defa daha yüksek metabolizma hızlarının evrimi ve devasa vücut boyutlarının evrimi arasında somut bir bağ ileri sürerek her ikisinin de başta daha yüksek büyüme hızları olmak üzere üretim için kullanılabilecek daha çok miktarda enerjiyle yakından bağlantılı olduğunu varsayar. Bu hipotez, maniraptorlar dışında çok küçük vücutlu dinozorların bulunmamasını ve maniraptorlar içinde küçük dinozorların varlığını ve devlerin neredeyse hiç bulunmayışını da açıklar. Bu fikir gelecekteki keşifler ve araştırmalarla desteklenirse, dinozorların büyük başarılarını bu benzersiz orta sınıf metabolizmaya borçlu olduğu ve bu metabolizma sayesinde başka türlü kullanılmayacak olan ekolojik nişler aralığında çeşitlenebildikleri söylenebilir.



Geç Triasik devirden batı Kuzey Amerika'daki bir Chinle Ormanındaki archosaur sürüngeñler. Rauisuchian *Postosuchus*'un neredeyse cansız bir aetosaur *Desmotosuchus*'a indirdiği ölümcül darbe, küçük ve hafif yapılı theropod dinozor *Coelophysis*'in dikkatinden kaçmaz.

SİNDİRELLAZOR

Jared Diamond'un 1997'de Pulitzer Ödülü kazanan *Guns, Germs and Steel* adlı kitabı şu provokatif soruyu sormuştur: Avrupalıların uzak coğrafyaları işgal ederek ve İspanya, Portekiz, Almanya, İngiltere ve Fransa adına koloniler kurarak dünya fatihleri haline gelmesinin nedeni neydi? Yani neden Afrikalılar, Güney Amerikalılar veya Avustralyalılar gezegene yayılarak Avrupa'yı işgal etmedi? Geçmişteki birçok açıklama, beyaz ırkın bir şekilde diğerlerinden daha üstün olduğunu varsayarak açık veya gizli ırkçılık eğilimleri içermiştir. Buna karşın, Diamond'un etkili yanıtı coğrafya (teknolojilerin yayılmasına imkân tanıyan önemli doğu-batı yönelimli Avrasya eksenini), evcilleştirme (Avrasya'nın evcilleştirme potansiyeline sahip bitkiler ve hayvanlara gereğinden fazla sahip olması) ve nüfus büyüklüğü (daha kalabalık olan Avrasya nüfusunun daha çok icat ve yayılma fırsatı sunması) gibi dış faktörlerin bileşimine işaret etmiştir. Diğer şeylerin yanı sıra bu üç faktör, bulaşıcı hastalıklar taşıyan mikropların yayılmasına yol açmıştır; Avrupalılar yavaş yavaş bu hastalıklara yüksek derecede bağışıklığı geliştirirken, diğer kıtalarda bunlara ilk defa maruz kalan yerli nüfuslar neredeyse tamamen savunmasızdır. Bu öğeler bir araya gelerek Avrupalıların temel teknolojilerden faydalanma ve dünyaya yayılma noktasında diğerlerinin önüne geçmesine zemin hazırlamıştır. Bir başka deyişle, beyazlar üstün insanlar değildir, doğru yerde doğru zamanda olan fırsatçılardır.

Dinozorların büyük başarısına ilişkin de benzer bir tartışma yürütülmüştür. Neden başka bir hayvan grubu değil de dinozorlar büyük ölçekte çeşitlenmiş ve Mezozoik Zamanın büyük bir kısmında hüküm sürerek yaklaşık 150 milyon yıl boyunca egemen olmuştur? O dönemde üstünlük sağlayabilecek daha birçok aday grup mevcuttur. Dinozorlarla neredeyse aynı tarihlerde ortaya çı-

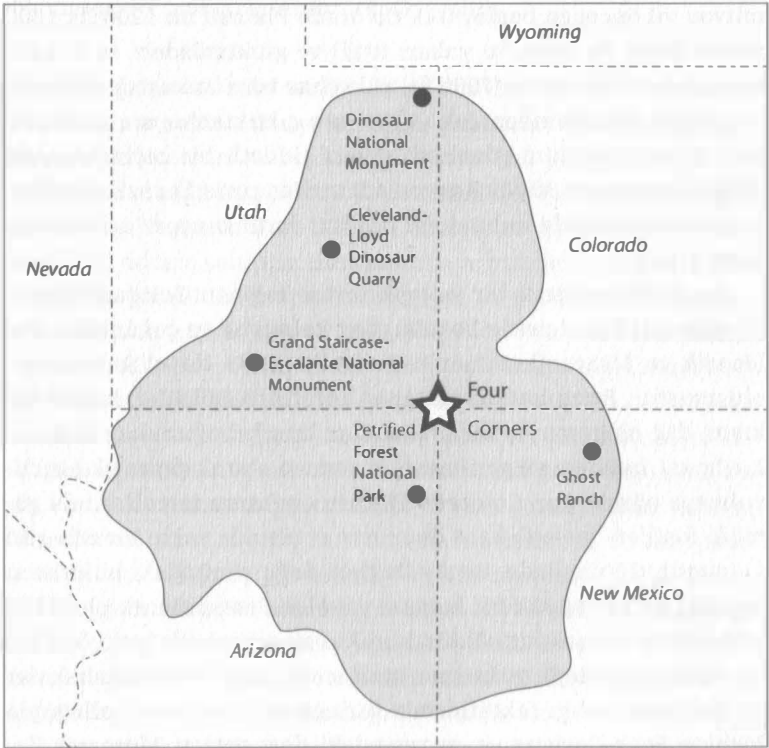
kan memeliler oradadır. Yalnızca memelileri değil aynı zamanda birçoğu büyük vücutlu olan akraba formları da ortaya çıkaran antik bir grup olan terapsidler de oradadır. Ayrıca dinazorlar ve timsahların yanı sıra dinazor benzeri birçok soyu ortaya çıkaran "egemen sürüngenler" adı verilen çeşitli archosaurlar da mevcuttur. Triasik Dönemde birçoğu karada yaşayan ve aralarında açgözlü yırtıcıları da barındıran küçük ve büyük vücutlu bir grup amfibi de yaşamıştır.

O halde ilk dinazorlar tüm rakiplerini yenilgiye uğratmalarını sağlayacak biçimde çağcılıklarından üstün müydü? Yoksa başarıları sadece bir şans mıydı, yani küçük beyinli sürüngenler antik evrim piyangosunun talihlileri miydi? Bu bölümde bu soruları yanıtlamak için dinazorların ilk günlerini keşfedeceğiz.

Bu kitabın içeriği, adım adım oluştu. İlk önce yaşamın tarihçesi ve dinazorların çeşitliliğinin yanı sıra Mezozoik dünyayı şekillendiren fiziksel, ekolojik ve evrimsel süreçleri kapsayan dinazor ağının temelleri atıldı. Daha sonra çeşitli iplikler incelendi ve örüldü; özellikle bitkilerden dinozorlara ve diğer hayvan tüketicilere enerji akışına odaklanıldı ve sonunda ayrıştırıcı böcekler, bakteriler ve mantarlarla çember tamamlandı. Ayrıca üreme ve metabolizmanın oynadığı önemli roller de ele alındı. Artık yolculuğumuzun üçüncü ve son aşamasına başlayabiliriz. Bu aşamada dinazorların değişen dünyasını anlatmaya ve bazı tarih öncesi ağlar örmeye çalışacağım. Bu yolculuk boyunca Mezozoik Zamanı gezegenimizin tarihinde benzersiz ve önemli bir bölüm haline getiren etkileşim halindeki faktörlerden birkaçını değerlendireceğiz.

150 milyon yıldan daha uzun süre var olan küresel olarak yayılmış çok çeşitli hayvanlardan oluşan bir grubun hayatını özetlemeyi nasıl umabildiğimi merak edebilirsiniz. Zamanda ve mekanda bu kadar baş döndürücü bir çeşitlilik elbette ki bir tek değerlendirme için çok fazladır. Ama belki de birkaç temel "yere dayalı zaman penceresine" odaklanarak Mezozoik dünyaya ilişkin birçok temaya değinebilirim. 160 milyon boyunca dinazorların Mezozoik kadrosu içinde multimilyon yıllık üç "parçaya" – Triasik, Jura ve Kretase dönemleri için birer adet – odaklanarak her biriyle ilgili temel bir gizemi keşfedeceğim. Zamandaki bu

pencereleri bir tek anlatıda sentezlemek için üçünü de Amerika Birleşik Devletleri'nin güneybatısında Utah, Colorado, Arizona ve New Mexico'nun dik açıyla kesiştiği Four Corners bölgesinden seçeceğim. (Aslında bu bölgenin sınırlarını serbestçe aşabilirim ama faydalı bir odak noktası vazifesi gördüğü için bunu yapmıyorum.) Neden Four Corners bölgesi? Çünkü Kuzey Amerika'nın batısındaki dinazorlar hakkında dünyanın diğer her yerindeki dinozorlardan daha çok bilgi sahibiyiz. Kuzey Amerika'nın sadece güneybatısında Triasik Dönemden Kretase Dönemine uzanan bolca fosil kaydı bulunur.



Şekil 12.1: Amerika'nın güneybatısındaki Colorado Platosu ve Four Corners bölgesinin haritası. On İkinci Bölümden On Dördüncü Bölüme kadar incelenen fosillerin bulunduğu önemli bölgeler haritada gösterilmiştir.

Bu paleontolojik bilgi bolluğu için burada dinazorların yaşadığı dönemden beri araziyi şekillendiren jeolojik kuvvetlere çok teşekkür borçluyuz. Four Corners derin kanyonlar, farklı renk tonlarında kırgıbayırlar, yüksek ovalar ve seyrek bir biçimde bitki kaplı platolardan oluşan 360.000 kilometre kareye (140.000 mil kare) yayılan göz alıcı bir coğrafya olan *Colorado Platosu* adındaki geniş, yüksek bölgenin merkezinde yer alır. Bu uçsuz bucaksız bölgede Colorado Nehri ve kollarından oluşan bir tek nehir sistemi kıvrıla kıvrıla akar. Zamanlama hakkında bazı tartışmalar sürse de genel olarak Pasifik ve Kuzey Amerika levhalarının çarpışmasıyla ilişkili levha tektoniği kuvvetlerinin yaklaşık 20 milyon yıl önceden başlayarak Colorado Platosu'nu 1200 ila 1800 metre (4000 ila 6000 fit) yukarı ittiği ve günümüzdeki en yüksek noktaların 2100 metre (7000 fit) yükselme işaretini aştığı düşünülür. Deniz seviyesinden çok yukarılara çıktıktan sonra Colorado Nehrinin kütleçekim yönelimli suları şiddetli bir biçimde aşağı doğru aşınmış ve Büyük Kanyon adı verilen turistik cazibe merkezinin de aralarında bulunduğu bir dizi derin kanyon hızla ortaya çıkmıştır.

Bu kadar şiddetli bir jeolojik tarihe rağmen Colorado Platosu şaşırtıcı bir biçimde bozulmadan kalmıştır ve çoğunlukla Paleozoik ve Mezozoik zamanlarda biriken düz tortul kayalardan oluşmuştur. Buna karşın platonun etrafında bölgeler, büyük bir kısmı dağ oluşumuyla ilişkilendirilen kıta kabuğunun çatlaması, kırılması, batması ve gerilmesinin sonucu olarak çapraşık bir bozulmaya uğramıştır. Colorado Platosu –ve onun tortullarında gömülü fosiller– jeolojik kaos denizinin ortasında sakin bir ada gibi kalmıştır. Günümüzde, Rocky Dağları doğu yönündeki bulutların taşıdığı nemin büyük bir kısmını yakalar. Sonuç olarak plato büyük ölçüde yüksek bir çöldür, kuraktır ve seyrek bir bitki örtüsüne sahiptir. Jeolojik yükselme, hızlı erozyon, düz tortul tabakalar ve bitkilerin azlığı faktörlerinin birleşmesi, fosillerin bolluğuyla birlikte Four Corners ve çevresindeki dört eyaleti Mezozoik Zamana açılan mükemmel bir pencere haline getirir. Son 500 milyon yıldır Colorado Platosu tuzlu su yolları, Sahra tarzı çöller, büyük göller, yoğun ormanlar ve açık otlaklarla kaplanmıştır. Paleozoik Zamanda okyanusta yaşayan süslü trilobit sürüleri kıtanın kıyısı

boyunca yetişmiş, çoğalmış ve ölmüştür. Mezozoik Zamanda Four Corners dinazorları bazen kuru, kum tepeleriyle dolu çöllerde varlıklarını sürdürmüş, bazen de bir iç denizin yumuşak kumsallarında yürümüştür. Çok daha yakın bir tarihte, Pleistosen buzul çağlarında filler ve kılıç dişli kediler yakınlardaki buzullardan esen soğuk rüzgârlardan korunmak için buradaki ormana sığınmıştır. Daha sonra da insanlara onlara katılmış ve önceki paragrafta sıralanan hayvanlar ve bitkilerin birçoğunun yanı sıra çöl uzmanları haline gelmiştir.

Bu çevresel dinamizmi aklımızda tutarak Mezozoik Zamana dönelim ve dinazorların karanın beklenmedik ya da kaçınılmaz hükümdarları olması sorununu inceleyelim.

Kuzeydoğu Arizona'daki milli parkın Petrified Forest (Taşlaşmış Orman) adına sahip olması, konunun yabancıları olanların gözünde canlı bir kıvılcık ormanının taşlaşmış hali gibi gösterişli taş ağaçlardan oluşan sessiz korular canlanabilir. Parktaki fosil ağaç toplulukları Yeşim Ormanı, Kristal Ormanı ve Gökkuşağı Ormanı gibi sihirli adlara sahiptir. Hayvanların ve bitkilerin volkanik küllerin altına gömüldüğü tarih öncesine ait bir tür Pompeii –zaman da korkunç bir biçimde ama özenle binyıllar boyunca korunan bir an– hayal edilebilir. Belki de bu yanlış beklentilerden dolayı Petrified Forest Milli Parkının bazı ziyaretçileri ıssız bir coğrafyaya kaotik bir biçimde dağılan taşlaşmış kütleleri görünce hayal kırıklığına uğrar. Fakat parkı ziyaret eden büyük çoğunluğun bunun tam tersi bir reaksiyon gösterdiğini düşünüyorum. Kendi adıma, yükseklikleri 10 metre (33 fit) ve çapları 3 metreyi (10 fit) bulan bu kalın kristalleşmiş gövdelerin ölü bir dünyanın hayaletlerini andıran görüntüsünün beni büyülediğini söyleyebilirim. Bu ağaçların birçoğu, Triasik kozalaklı ağaçların *Araucarioxylon arizonicum* gibi göz korkutucu bir ada sahip tek bir türüne atfedilir. Esasen katı kuvarstan oluşan fosilleşmiş orman, kırmızısının yumuşak tonlarını taşıma eğilimindedir ama güneş ışığına maruz kalan taşınabilir parçalar sanki simle kaplıymış gibi parlayabilir. Gövdelerdeki boşluklar genellikle berrak kuvars, duman rengi kuvars, sarı sitrin ve mor ametist kristalleriyle doludur. Yer yer kimyasal katışkıların varlığı, göz alıcı renklerde gökkuşağı çizgileri oluş-

turmuştur. Büyük gövdelerin fosilleştikten çok sonra parçalanmış ve elektrikli testereyle kesilmiş gibi düz kesitler ortaya çıkmıştır. Yine de bu fosilleşmiş kütükler öylesine serttir ki dilimlemek için elmas bıçaklı bir testereye ihtiyaç duyulur.

Petrified Forest Milli Parkının fosilleşmiş ağaçları, geç Triasik devirde dinazorların ilk günlerine kadar gerilere giden Chinle Oluşumu adlı kaya dizisinden gelir. Chinle Oluşumunda *Araucarioxylon*'un yanı sıra fosilleşmiş ağaçlar, yapraklar, polenler ve sporlar tarafından temsil edilen 200 kadar ek bitki türünü kapsayan daha birçok fosil türü bulunmuştur. Bu kalıntılar ve onlarla birlikte bulunan birçok hayvan kemiği, geç Triasik batı Kuzey Amerika'ya önemli bir bakış sunar. Bu dönemde ekvatorun hemen kuzeyinde yer alan Four Corners bölgesi, geç Triasik devrin başlarında nemli ve tropiktir ve daha sonra Pangaea kuzeye doğru kaydıkcça daha kuru bir iklime geçmiştir. Örgülü akıntılar ve kıvrımlı nehirler, alçak havzaları kat etmiştir ve bu suların büyük bir kısmı gür bataklıkların arasından geçmiştir. Bu su yollarının hizasında bolca bitki yer alması, yaşamla dolu karmakarışık yeşil kuşaklar oluşturmuştur.

İlk çiçekli bitkilerin ortaya çıkmasına daha milyonlarca yıl varken, Chinle zamanlarındaki bitki örtüsüne suya bağımlı, spor taşıyan pteridofitlerin bir karışımı egemen olmuştur. Kurtayakları (lycophod) çoğunlukla çam ağaçlarının fideleri gibi görünen tırmanıcı filizlere sahip alçak, otsul bitkilerdir. Buna karşın atkuyruklarının bazı türleri yer örtücü bitkiler şeklini alsa da diğerleri ağaç gibidir, yükseklikleri 6 metreyi (20 fit) bulmuştur. En yaygınları, 2 metre (6 fit) boyundaki *Neocalamites* atkuyruklarıdır. Eğreltiotları bol görünür; çeşitli türleri günümüzde halen varlığını sürdüren gruplardan birine atfedilebilir. Fakat spor üreticilerinin bu çeşitliliğine rağmen Chinle florası çoğunlukla kurtayakları, atkuyrukları ve eğreltiotları gibi tohum taşıyıcılardan ve çıkaslar, ginkgolar, kozalaklı ağaçlar ve bennettitler gibi suya bağımlı, tohum taşıyan açık tohumlulardan oluşmuş görünür (ayrıntılı bilgi için Beşinci Bölüme bakın). *Araucarioxylon* gibi kozalaklı ağaçlar, büyük olasılıkla Chinle bitki örtüsünün egemen yönüdür ama Triasik ormanların genişliği hakkındaki tartışmalar sürmektedir. Bazı araştırmacılar ağaçların nehir kenarları boyunca yer yer sı-

ralanan küçük ceplerle sınırlandığını düşünürken, bazıları da su kenarından çok uzaklara uzanan büyük geçitler şeklinde ormanların bulunduğunu savunur.

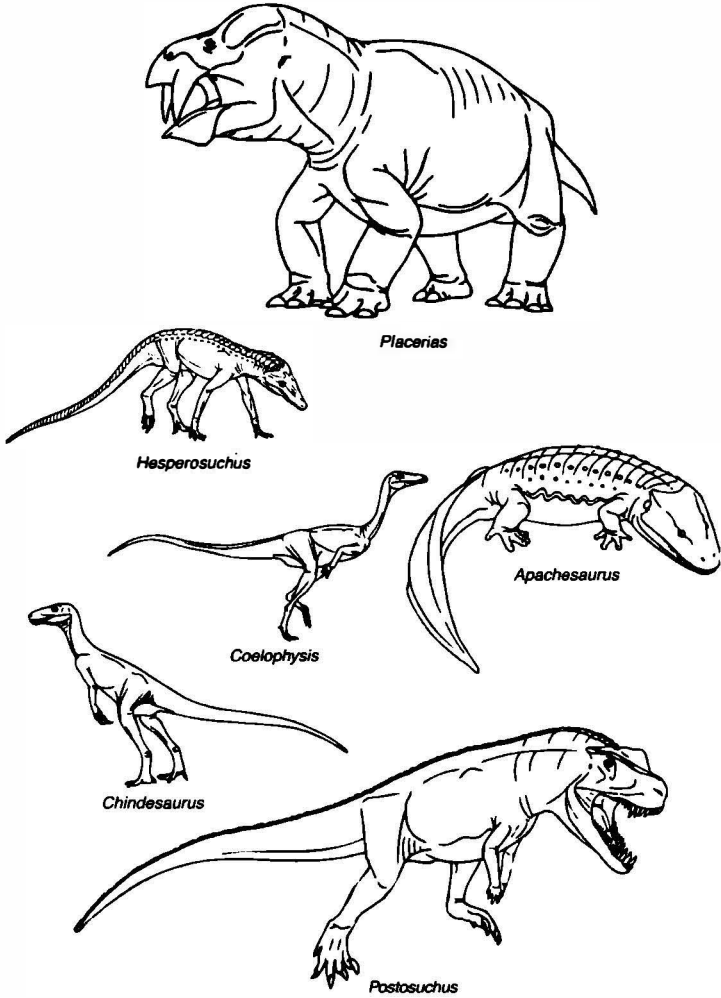
Modern kara habitatlarında egemen yer örtüsü genellikle çimen olduğundan, doğal olarak antik ekosistemleri de çimenle kaplıymış gibi gözümüzde canlandırırız. Fakat çimler Mezozoik ekosistemlerine Kretase Dönemine kadar katkıda bulunmayan çiçekli bitki ailesinin üyeleri olan kapalı tohumlulardır. O halde Triasik ve ardından Jura boyunca yeri örten şey ne olmuştur? Kesin bir yanıtı sahip olmayan ressamlar ve bilim insanları Kretase Mezozoik manzaraları genellikle su yollarını izleyen yeşil koridorlar dışında seyrek bitkilerle yeniden yapılandırmayı tercih eder. Bunun sonucunda birçok Mezozoik sahne dinazorları göz alabildiğince uzanan toprak bir otoparkta gezinirken resmeder. Bu senaryo neredeyse kesinlikle yanlıştır. Günümüzde kara bitkileri verimli toprakların bulunduğu her yeri kaplama eğilimindedir ve dinozorların dünyasının farklı olduğunu düşünmemizi gerektirecek hiçbir neden yoktur. Çeşitli türlerden kısa otsu bitkilerin yaygın bir örtü oluşturmaları muhtemeldir. *Neocalamites* gibi atkuyrukları ve eğreltiotları mükemmel adaylardır. Modern atkuyrukları hakkındaki incelemeler, bu bitkilerin enerji bakımından yüksek olduğunu gösterir. Bu, dinozorlar için başlıca besin olabilecekleri anlamına gelir.

Modern karşılıkları gibi Chinle ormanları da büyük ve küçük birçok farklı hayvana beslenme, barınma ve gizlenme imkânları ve oksijen sunmuştur. Peki, ne tür hayvanlar vardır? Yanıt, Chinle Oluşumunun hangi katmanına (yani geç Triasik dönemin hangi parçasına) baktığınıza göre değişir çünkü bu kayalar 225 milyon yıldan 205 milyon yıl öncesine kadar yaklaşık 20 milyon yıllık bir zaman dilimine uzanır. Yine de bazı genelleştirmeler yapılabiliriz.

Petrified Forest Milli Parkının ağaçları yeşil ve canlıyken, güneş ışığını yakalayıp geç Triasik dönemin rüzgârlarının etkisiyle zarıfçe eğilirken, alttaki su yollarının birçoğu çeşitli amfibilere ev sahipliği yapmıştır. Bunlar kurbağa veya semender değildir; çoğu metrelerce uzunlukta olan ve aralarında obur yırtıcılar da

yer alan büyük hayvanlardır. Günümüzde yaşayan uzak akraba kuzenlerinin aksine bu Triasik amfibilerin bazıları karadaki yaşama tamamen adapte olmuştur ve suyla çoğunlukla üremeye ilgili çok ince bağlara sahiptir. Buna karşın hem suda hem karada yaşayan METOPOSAUR'lar daha yaygındır. Dayanıklı bir yapıya sahip bu amfilerin geniş, düz, sofra benzeri başları ve yukarı doğru bakan gözleri vardır. Bir timsahla kurbağa Kermit'in birleşimini düşünürseniz gözünüzde bir tablo canlanmaya başlar. Birçoğunun uzunluğu 2 metreyi (6 fit) aşan metoposaurların genel olarak birçok timsahinkine benzer bir yaşam tarzı sürdürdüğü, göl ve nehir kıyılarında toplandıkları ve avlanmak için suya girdikleri kabul edilir.

Triasik Dönem boyunca (ve önceki Permiyen Dönemin büyük bir kısmında) yaygın olan bir diğer hayvan grubu, nihayetinde memelileri ortaya çıkaran TERAPSIDLER grubudur. Terapsidler uzunca bir süre "memeli benzeri sürüngenler" olarak bilinmiştir; bu hayvanların çoğu birçok bakımdan sürüngen olduğu, az miktarda da olsa memeli özellikleri taşıdığı için bu doğru bir nitelendirmedir. Fakat netlikten uzak olan bu ifade, son yıllarda bilimsel olarak rağbet görmemektedir. Terapsidler çok çeşitlidir ve Permiyen Dönem boyunca egemen kara omurgalıları olmuştur. Daha önce değinildiği gibi, memeliler ilk olarak dinazorlarla hemen hemen aynı tarihlerde ortaya çıkmıştır ve 150 milyon yılı aşkın bir zaman dilimi boyunca küçük vücutlu olarak kalmıştır. Buna karşın Triasik terapsidler çeşitli vücut ölçülerine evrimleşmiştir ve bazıları kendi döneminin en büyük hayvanlarıdır. Geç Chinle zamanlarında Four Corners'taki egemen otçulardan biri *Placerias* adıyla bilinen kısa kuyruklu, iri bir terapsiddir. *Placerias*'ın kafatası ön üstteki bir çift azı dişi dışında dişsiz ve küttür. Petrified Forest Milli Parkının biraz güneydoğusundaki geniş *Placerias* kemik yatağında düzinelerce örneğin kalıntıları rastlanmıştır ve inek benzeri bu otçulların kalabalık sosyal gruplar halinde dolaştığı çıkarımı yapılmıştır.



Şekil 12.2: Geç Triasik Çinle Oluşumundan temsili hayvanlar: dicynodont terapsid *Placérias*; timsahların akrabası *Hesperosuchus*; theropod dinazor *Coelophysis*, temnospondyl amfibi *Apachesaurus*; olası dinazor *Chindesaurus*; rautisuchian *Postosuchus*.

Toplam tür çeşitliliği bakımından amfibiler ve terapsidler Triasik Dönem boyunca sürüngenler sürüsünün gerisinde kalmıştır. Spektrumun küçük ucunda, kertenkele benzeri sphenodontianler

gibi yırtıcılar yer almıştır. Günümüzdeki boynuzlu kara kurbağalarının Trisaik Dönemdeki karşılıkları olan otçul prokolofonidler de mevcuttur. Daha büyük sürüngenlerin çoğu timsahlar, dinozorlar ve kuşları ortaya çıkaran grup olan archosaurların içinden çıkmıştır. Triasik archosaurlar, günümüzde nesli tükenmiş olan alışılmadık grupları içeren farklı bir kümedir. Bu dönemin başlarında yaşanan evrimsel bölünme, çok başarılı iki archosaur yayılımıyla sonuçlanmıştır. Bir tarafta timsahlar ve yakın akrabaları, diğer tarafta dinozorlar ve yakın akrabaları yer alır. Dinozorlar dışında dört archosaur grubu Chinle destanımız için çok önem taşır ve tümü timsah çizgisinin ayrı dallarını temsil eder.

Bunların ilki, PHYTOSAUR'lar adıyla bilinen yarı-sucul yırtıcılar klanıdır. Phytosaurlar, yayılmış bacaklar, sağlam bir kuyruk, deride zırlı plakalar ve keskin, koni şeklinde dişlerle kaplı uzun bir kafatasına sahip olması bakımından günümüz timsahlarını andırır. Yine timsahlarda olduğu gibi burun delikleri kafatasının üstünde yukarı doğrudur. Bu hava soluyan su avcıları için faydalı bir özelliktir çünkü suyun üzerinde yalnızca gözleri ve burun delikleri görünecek şekilde suda hareket edebilirler. Phytosaurların burun delikleri timsahlarda olduğu gibi burnun ucuna yakın değil, kafatasının çok arkasında göz yuvalarının yakınlarında yer almıştır. *Leptosuchus* gibi phytosaur fosilleri, Petrified Forest Milli Parkındaki en yaygın bulgular arasındadır. Grubun üyelerinin büyük, timsah benzeri vücutlarını timsah benzeri bir yaşam tarzı sürmek için kullandıkları, günlerini nehir veya göl kenarlarında neredeyse hareketsiz durarak geçirdikleri ve avlarını yakalamak için suya girdikleri düşünülmüştür.

Geç Triasik devirde Four Corners bölgesinde dolaşan alışılmadık archosaur klanlarından ikincisi, RAUISUCHIAN adı verilen kara etçilleri grubudur. Chinle Oluşumundan en çok öne çıkan örnek, bu ekosistemde avcıların birinci sırasında yer alan 7 metrelik (23 fit) *Postosuchus*'tur. *Postosuchus*'un resmini gösterirseniz çoğu çocuk (aslında genel olarak paleontolog olmayan herkes) onun bir dinozor olduğunu söyleyecektir. Büyük kafa birçok bakımdan theropod dinozorlarıinkiyle aynıdır; dardır ve uzun, tırtıllı ve geriye doğru eğimli dişler yer alır. Theropodların aksine birçok rauisuchian dört ayaklıdır ve birçoğunun bacakları sürüngenler-

de olduğu gibi yayılmış halde değil yarı dik pozisyonudadır ama çoğu dinazor ve memelide olduğu gibi tamamen dik değildir. Her parçası birçok büyük theropod kadar göz korkutucu olan bu hayvanlar Triasik Dönem boyunca dehşet salmıştır. *Postosuchus*'u da içeren bazı formlar, uzak etçil dinazor kuzenleri gibi iki ayak üzerinde hareket edebilmiştir.

Archosaur listemizin üçüncü sırasında archosaur yayılımındaki ilk önemli otçul grubu olan zırhlı AETOSAURLAR yer alır. Petrified Forest Milli Parkında aetosaur fosilleri şimdiye kadar birkaç türü tanımlanmış olan yaygın bulgulardır. Aşağı Chinle Oluşumundan *Stagonolepis* ve yukarı Chinle Oluşumundan *Typhlocryptos* tipik örneklerdir; her ikisi de milyonlarca yıl sonra evrimleşen ankylosaur dinazorları anımsatacak şekilde vücutlarını tamamen kaplayan zırhlara sahiptir. Aetosaur zırhı muhtemelen avcılara karşı kullanılmış ve rauisuchian ve diğer avcılarının saldırılarının savuşturulmasına katkıda bulunmuştur. Buna karşın omuz dikenleri gibi bazı süslü zırhların aynı türden rakiplerin gözünü korkutmak veya hatta onlarla mücadele etmek için kullanılmış olması da mümkündür. Daha önce bu konuyla ilgili değindiğimiz uyarılar ankylosaurlar için de geçerlidir.

Son olarak, phytosaurlar, rauisuchianler ve aetosaurların yanı sıra crocodilian grubu söz edilmeye değer bir diğer alışılmadık Triasik archosaur grubudur. Asıl timsahlar Jura Dönemine kadar ortaya çıkmamış olsa da, timsah çizgisindeki geç Triasik akrabaları çok sayıdadır ve su kenarında saatlerce hareketsiz yataken rahatlıkla görülebilecek olan günümüzün yarı-suculları, yayılarak duran etçillerinden çok farklıdır. Daha önce değinildiği gibi, Triasik Dönemin büyük bir kısmında bu rolü phytosaurlar üstlenmiş görünür. Dönemin timsahları ise avlarının peşinden koşabilen çok küçük, aktif, dik, karada yaşayan avcılardır. Bazıları dört ayaklı olsa da diğerleri timsahtan ziyade *Allosaurus* gibi görünen iki ayaklıdır. Yine de bu Triasik archosaurlar başta el ve ayak bilekleri ve kafatasında olmak üzere günümüzde yaşayan timsahlarla yakın akrabalıklarını gösteren birçok temel özelliğe sahiptir. *Hesperosuchus* Chinle Oluşumundan temsili bir örnektir; yaklaşık bir metre (3 fit) boyundaki bu çevik avcı, prokolofonidler ve hatta böcekler gibi daha da küçük avlarla beslenmiş olabilir.

"Peki ya dinozorlar?" diye düşünmeye başlayabilirsiniz. Bu ilginç bir sorudur ve yanıtı son yıllarda değişmiştir.

Triasik dinozorlar konusuna dönmeden önce bir an için geri dönelim ve büyük resme bakalım çünkü bitkilerin ve hayvanların yerel çeşitliliği esasen bölgesel ve küresel faktörlere dayanır. Dördüncü Bölümde Mezozoik Zamanın başlangıcında tüm kıtaların bir tek dev süperkıta Pangaea'yı oluşturduğunu belirtmiştim. Bu süperkıtanın etrafını bir tek büyük okyanus PANTALASSA sarmıştır. Triasik Dönemin büyük bir kısmında aşağı Dünya yörüngesindeki bir uzay mekiğinde bulunma şansınız olsaydı, pencerenizden baktığınızda birbirini izleyen upuzun deniz ve kara manzaraları görürdünüz. Karaların bu şekilde birleşik olması, toplam kıyı şeridini önemli ölçüde azaltmıştır. Deniz kenarında yaşayan organizmalar kıtanın kıyıları boyunca yoğunlaştığı için Pangaea'nın ortaya çıkışı deniz yaşamı için uygun habitatı ciddi biçimde daraltmıştır.

Süperkıtanın diğer etkileri, önceki Permiyen Dönemdeki ılık, istikrarlı iklimlerin yerini mevsimsel olarak dalgalanan gittikçe sıcak ve kurak koşulların almasıyla güçlü iklimsel sonuçlar doğurmuştur. Permiyen Dönemin ilk yarısında ortalama küresel sıcaklık bugünküne çok benzer bir biçimde yaklaşık 12-15°C (54-59°F) iken, Triasik Dönemin büyük bir kısmında 22°C (72°F) seyretmiştir. Bilebildiğimiz kadarıyla kutuplar Triasik Dönem boyunca ve belki de tüm Mezozoik Zamanda buz tutmamıştır. Kısacası en genel hatlarıyla erken ve orta Triasik dönemi görece yüksek sıcaklıkların görüldüğü kurak bir zaman olarak düşünebiliriz. Fakat bu sera dünyanın çöller, bataklıklar, açık kıyı şeritleri ve yoğun ormanlar gibi çok çeşitli kara ekosistemlerini desteklediğini de unutmamak gerekir.

Dünya üzerindeki yaşam için Triasik Dönem felaketin dayandırıldığı evrimsel yenilik zamanıdır. Mezozoik Zaman belki de gezegenimizin tarihindeki en büyük patlamayla başlamıştır. Permiyen Dönemin sonunda, 251 milyon yıl önce Dünya'nın biyosferini KİT-LESEL NESİL TÜKENMESİ kuşatmıştır. Bu yıkımın olası nedenleri halen ateşli tartışmalara konu olsa da etkileri öyle değildir. O dönemde yaşayan tüm canlıların yüzde 90'dan fazlasının, başka

hiçbir zaman tekrarlanmayan bir ölüm nöbetinde yok olduğunu söyleyebiliriz. Permien Dönem, Paleozoik Zamanın son dönemi olduğundan ve Triasik Dönem de Mezozoik Zamanı başlattığından, bu olaya Permien sonu veya P-T nesil tükenmesi denmiştir (Mezozoik Zamanın sonundaki ise K-T olayı olarak adlandırılır). Bu, "tüm nesil tükenmelerinin anası" olarak da nitelendirilmiştir. Bunu ve diğer kitlesel nesil tükenmelerini bir sonraki bölümde ele alacağım. Şimdilik en göre çarpan nokta, Mezozoik Zamanın çok az türün bulunduğu görece boş, harap olmuş ekosistemle başlamış olmasıdır. Bu biyotik piyangoşunun şanslı talihlileri, yani Permien Dönemin zirvesinde var olan çeşitliliğin yüzde 10'undan azı daha sonra Dünya üzerinde yaşayan, aralarında dinosorların ve insanların da bulunduğu tüm yaşam formlarının atalarını içermiştir. Söylemeye bile gerek yok ki ekolojik destede kartların çoğunun yok olduğu böylesine bir yeniden karıştırma gezegenin biyosferinde önemli ve kalıcı etkiler bırakmıştır. Daha sonra bu konuya döneceğiz.

Triasik Dönemde Paleozoik Zamandan kalma canlılar evrimsel açıdan yeni gelenlerle harmanlanmıştır. Bu dönem, Permien Dönem boyunca evrimsel azmini bolca gösteren bir grup olan terapsidlerin yayılımıyla açılmıştır.

Erken Triasik devrin fakir faunalarda ilkel archosaurlar da vardır. Bunlar daha sonra timsah ve dinosorları da kapsayan çok ihtisaslaşmış sürüngen çeşitlerini ortaya çıkarmıştır. Triasik Dönemin ikinci yarısında ortaya çıkan büyük archosaur klanlarının birçoğu –phytosaur, aetosaur ve rauisuchianler– hem tür sayıları hem de coğrafi dağılım bakımından son derece başarılı olmuştur ama dönemin sonuna doğru yok olmuştur. Metoposaurlar gibi büyük amfibilerin yayılımları için de aynı şeyler söylenebilir. Triasik Dönem boyunca terapsidler güçlenip yayılmıştır; sinodontlar ve disinodontlar bu dönemin sonlarında halen yayılmaya devam etse de memeli olmayan terapsidlerin sadece birkaçı Triasik Dönemin sonlarındaki kitlesel nesil tükenmesini atlatabilmiştir. En geç Triasik Chinle otçullarından biri olan *Placeras* bir tür kalıntıdır; çok başarılı olan bir soyun son temsilcilerinden biridir. Triasik paleontolojinin ana problemlerinden biri, bu omurgalı gruplarının milyonlarca yıllık bir zaman diliminde aşama aşama

mı ortadan kaybolduğunu, yoksa jeolojik nanosaniyede (yani on milyonlarca yıla karşı birkaç milyon yıl içinde) gezegenden korkunç bir biçimde mi silinip gittiğini belirlemektir.

Geç Triasik devir büyük bir evrimsel yenilik zamanıdır. Triasik Dönemde yeni ortaya çıkanların birçoğu Jura Dönemine dek varlığını sürdüremezken, diğerleri günümüz kara ekosistemlerinin temelini atılmasına katkıda bulunmuştur. Geç Triasik devirde ilk ortaya çıkanlar kaplumbağalar, memeliler ve üç önemli archosaur grubudur: dinosorlar, pretosaurılar ve timsahlar. Kuşlar dinosor soyundan geldiği için Pterosaurılar bu gruplar içinde günümüze dek ulaşamayan yegâne gruptur.

Bu satırları yazarken açık olan pencereden en az dört farklı kuş türünün şarkılarını, melodik ötüşlerini duyabiliyorum. Kuşlar öylesine yaygın ve alışılmıştır ki çoğu yeri onlarsız düşünebilmek zordur. Sık sık işitilen diğer hayvan sesleri, akşamın ilk saatlerinde öten böcek ve kurbağa korolarıdır. Fakat zamanda yolculuk yaparak Triasik Dönemin başlarına gidebilseydiniz, dikkatinizi çekecek olan ilk şeylerden biri hayvan seslerinin eksikliği olurdu. Hiç kuş yoktur. Çok az (eğer varsa) kurbağa vardır. Yakınlardan geçen bir terapsid veya metoposaurun boğuk hırıltıları zaman zaman kulağınıza gelebilir ama hayvan sesleri büyük ölçüde böceklerinkiyle sınırlı olacaktır. Böceklerin spektrumu bile sınırlıdır çünkü yaklaşık 240 milyon yıl öncesine kadar tüm böcekler görünüşe göre kanatlı formlardır. Triasik Dönemin daha sonraki kısmında karada böcek çeşitliliğinde bir patlama yaşanmıştır. Günümüzde yaşayan böcek türlerinin çoğu dört ana grup veya sınıfın birine aittir: Diptera (sinekler), Hymenoptera (yabancılara ve arılar), Coleoptera (kın kanatlılar) ve Lepidoptera (kelebekler ve camkanatlılar). Bunların üç –Diptera, Hymenoptera ve Coleoptera– ilk olarak Triasik Dönemde ortaya çıkmıştır. Böceklerin türlerin sayısı, biyokütle ve ekolojik etki bakımından ne kadar önemli olduğu düşünüldünce, kara ekosistemlerinin Triasik Dönemin ortalarında modern zamana doğru önemli bir değişime uğradığı söylenebilir.

Triasik Dönemin sonu itibarıyla modern kara ekosistemlerinin önemli yapı taşlarının çoğu –bitkiler, böcekler ve omurgalılar– sağlam bir biçimde yerleşmiştir. Dinosaurs birçok bakımdan bizimkine benzeyen bu dünyaya adım atmıştır.

Burada öykümüz birdenbire Georgia O'Keeffe'ye, güneybatılı ünlü ressamı dönüyor. O'Keeffe'nin dinazorlarla ortak noktası nedir? Sık sık resmetmeyi tercih ettiği kemikler mi? Hayır. Belki de O'Keeffe'nin yakın geçmişte bir Triasik sürüngenine adı verilerek onurlandırılmış olması? Evet, bir anlamda.

Petrified Forest Milli Parkından ayrılıp Interstate 40 otoyolunda doğruya doğru yaklaşık 320 kilometre (200 mil) giderseniz Albuquerque, New Mexico'ya varırsınız. (Dilerseniz tarihi Route 66 yolunu takip ederek dolambaçlı bir biçimde de oraya ulaşabilirsiniz.) Albuquerque'den yaklaşık 160 kilometre (100 mil) kuzeye, önce I-25 ve sonra US-84 otoyolunu kullanarak ilerlerseniz nüfusu yaklaşık 2600 olan Abiquiu metropolisine ulaşırırsınız. Açık arazide kuzeybatıya doğru 19 kilometre (12 mil) daha giderseniz Georgia O'Keeffe'nin uzun süre yaşadığı yer olan Ghost Ranch'e varırsınız. O'Keeffe kanvası resim çizmeye başlamadan çok önceleri Ghost Ranch bir başka ünlü konuga ev sahipliği yapmıştır: *Coelophysis* adındaki etçil dinozora.

Ghost Ranch *Coelophysis* ocağı, dünya üzerinde Triasik Döneme ait en ünlü dinazor bölgelerinden biridir. Tarihi yaklaşık 205 milyon yıl önceye giden (Petrified Forest Milli Parkındaki genç tortullara eşdeğer olan) bu bölge, bu küçük etçillerin inanılmaz yoğun kalıntılarını korur; adeta gökyüzünden topluca düşmüş gibi iç içe geçmiş yaklaşık bin kadar eklemli iskelet bulunmuştur. 1940'lar da Amerika Doğa Tarihi Müzesi Ghost Ranch'te müze paleontoloğu Ned Colbert'in öncülüğünde bir dizi kazı gerçekleştirmiştir. Eklemli iskeletler öylesine çok iç içe geçmiştir ki Colbert geleneksel yöntemleri terk etmiş ve fosilleri her biri yaklaşık 7000 kilogram (15.500 pound) ağırlığında rastgele tanımlanmış büyük bloklar halinde çıkarmıştır. Colbert'in ekibi beş saha sezonu boyunca toplam 13 büyük blok çıkarmıştır. (O'Keeffe'nin bu çalışmaların ilerleyişini görmek için kazı alanını ziyaret etmekten hoşlandığı anlaşılır.)

1981'de Carnegie Müzesi, Kuzey Arizona Müzesi ve Yale Peabody Müzesinin gerçekleştirdiği ortak kazıda 15 blok daha çıkarılmıştır ve günümüzde kemikle dolu toplam 28 Triasik tortul külçesi Kuzey Amerika'daki çeşitli kurumlarda hazırlanıp incelenmektedir. Arizona'daki Petrified Forest da dahil olmak üzere Four Corners bölgesinin diğer parçalarındaki geç Triasik kayalar, *Coe-*

lophysis kalıntıları sunmuştur ama bu fosillerin hepsi toplandığında Ghost Ranch ocağında korunan bolluğun sadece küçük bir kısmı kadardır.

Coelophysis yaklaşık olarak küçük bir yetişkin insan ağırlığındadır; *T. rex* gibi daha sonraki theropod devlerle karşılaştırıldığında küçüktür. Uzun bir boyun ve kuyruğa sahip olan tepeden tırnağa yaklaşık 2,5 metre (7 fit) uzunluğunda zayıf bir hayvandır. Küçük, dik, iki ayaklı bir yırtıcı olan *Coelophysis* tüm dinazorları ortaya çıkaran atasal hayvana yaklaşıp. Aslında bu grup theropodların ilk önemli evrimsel yayılımı oluşturan daha geniş bir grupta (coelophysoidler) aynı adı taşır. Geç Triasik ve erken Jura dönemlerinden bilinen etçil dinazorların birçoğu bu grubun üyeleridir. Bu kadar çok *Coelophysis* örneğinin bir tek yere nasıl gömüldüğü halen tartışılabilir da tufan, kuraklık ve volkanik faaliyetler olası ölüm nedenleri olarak gösterilir.

Yakın geçmişte Columbia Üniversitesi ve Amerika Doğa Tarihi Müzesinden iki paleontolog –Sterling Nesbitt ve Mark Norell– 1940’larda Colbert’in Ghost Ranch ekibi tarafından toplanan plasterle kaplı örneklerden birini açtı. Bir *Coelophysis* yerine devekuşu dinazorlarla (ornithomimosaur) belirgin bir benzerlik taşıyan garip, uzun kuyruklu, iki ayaklı, dişsiz bir sürüngen buldular. Daha sonraki çalışmalar, bu hayvanın bir dinazor değil, timsahların akrabası olan 2 metrelik (6 fit) bir otçul olduğunu gösteren bir dizi kemik özelliğini ortaya çıkardı. Belirgin bir biçimde timsaha benzemeyen (en azından bizim gözümüzde) bir crocodilian örneğiydi. Nesbitt ve Norell bu hayvana *Effigia okeeffeae* adını verdi. Adın ilk kısmı “hayalet” anlamına gelirken, ikinci kısmı Ghost Ranch’te yaşayan Georgia O’Keeffe’yi onurlandırır. *Effigia* uzaktan akraba organizmaların (bu örnekte dinazor ve crocodilian) paralel çözümlerde yakınsayarak benzer vücut planlarını bağımsız bir biçimde evrimleştirdiği yakınsak evrim adıyla bilinen olgunun bir örneğidir. Bu, Triasik ekosistemlere ilişkin anlayışımızda önemli ve çok yeni bir temayı vurgular; Bir zamanlar dinazor olarak kabul edilen birçok hayvanın, timsahları ortaya çıkaran çok ayrı bir soyun üyeleri olduğu anlaşılmıştır.

Effigia’nın kaşiflerinden Sterling Nesbitt, Triasik dinazorlara ilişkin anlayışımızı alt üst eden üç genç araştırmacıdan biridir. Di-

ğer ikisi şu anda Utah Üniversitesinde görev yapan Randall Irmis ve Petrified Forest Milli Parkında görev yapan William Parker'dır. Son birkaç yıldır bu üç araştırmacı ve arkadaşları Triasik dinazor türlerinin kaçının gerçekten dinazor olduğu sorusunun yanıtı arayan sistematik bir çalışma başlatmıştır. Bu araştırmacılar, bu güne kadar çoğunlukla bitki yiyen, kuş kalçalı ornithischian grubuna odaklanmıştır. Çoğu münferit dişlerden oluşan parçalı kalıntılar temelinde birçok Triasik ornithischian türü adlandırılmıştır. Pachycephalosaurular ve stegosauruların dişleriyle büyük bir benzerlik taşıyan birkaç yuvarlak çıkıntının bulunduğu yaprak şeklindeki dişleriyle tanınan *Revueltasaurus callenderi* bunun bir örneğidir. Parker 2004'te Petrified Forest Milli Parkında fosiller araştırırken crocodilian grubuna aitmiş gibi görünen zırh parçalarına rastlamıştır. Bu parçalar daha önce *Revueltasaurus*'a atfedilenlerin aynısı olan dişli bir çene de dahil olmak üzere neredeyse eksiksiz bir iskeleti ortaya çıkarmıştır. Bir kez daha yanlış bir kimlik vakasıyla karşılaşmıştır. Otçul bir dinazor olduğu varsayılan *Revueltasaurus* aslında *Effigia*'yı dünyaya getiren evrimsel yayılımın bir başka üyesi olan timsahların bitki yiyen bir akrabasıdır.

Bu bulgu, görece bol bulunan dişleri ilk dinazorların dişleri diye pazarlayan bazı amatörleri hayal kırıklığına uğratmıştır. Daha önemlisi, bu keşif çoğunlukla dişlerinden tanınan ilk dinazor türlerinin birçoğunun aslında dinazor olmayabileceği endişesini doğurmuştur. Uzun süre boyunca hem saurischian hem de ornithischian dinazorların birçok türünün geç Triasik devirde var olduğu düşünülmüştür. Fakat Irmis, Nesbitt ve Parker Güney Amerika ve Afrika'nın dışında Triasik ornithischian dinazorların ikna edici hiçbir kanıtını görmemiştir; hatta Güney Amerika kayıtları bile tartışmalı hale gelmiştir. Bu sonuç önemli sorular doğurmuştur: Ornithischian dinazorlar nereden geldi? Kökenleri neydi? Dünyaya ne zaman yayıldılar? Şimdilik çok az yanıtı sahibiz.

Her şeye rağmen son yıllarda dinazorların geç Triasik devirde eskiden düşünüldüğü kadar yaygın olmadığı açığa çıkmıştır. Tam tersine birçok ekosistemde figüran konumunda görünürler ve başrollerin birçoğu başka omurgalı hayvan türleri tarafından üstlenilmiştir. Örneğin Four Corners bölgesinde zırhlı aetosaurlar ve uzun dişli terapsidler başlıca omurgalı otçullardır ve tim-

sah benzeri phytosaurlar ve theropod benzeri rauisuchianler en üst etçillerdir. Şüphesiz *Coelophysis* gibi dinozorlar da mevcuttur ama sayıca diğer hayvan türlerinden çok azdır.

Doğrusunu söylemek gerekirse Chinle faunası geç Triasik ekosistemlerin bütünüyle karakteristik bir örneği değildir. Avrupa, güney Afrika, Güney Amerika ve Asya gibi dünyanın birçok parçasında dinozorlar oldukça yaygın görünür. Başta prosauropodlar olmak üzere bitki yiyen sauropodomorphlar açık arayla en başarılı olanlardır. Prosauropodlar genellikle büyük vücutludur: Dünya tarihinde biyosferin bu noktaya kadar ürettiği en büyük kara otçulları da onların arasından çıkmıştır. Arjantin ve Almanya'da bulunan ocaklar, prosauropodların en azından toplam hayvan sayısı bakımından genellikle egemen otçullar olduğuna işaret eder. Four Corners bölgesinde Triasik prosauropodların yokluğu kafa karıştırıcıdır çünkü o tarihte tüm kıtalar Pangaea olarak birleşiktir. Geç Triasik theropodlara gelince bunlar çoğunlukla görece küçük vücutludur ve belirli bir habitattaki çeşitli etçil türlerinden sadece biridir.

Geç Triasik devirde dinozor dışı omurgalıların bu büyük çeşitliliği düşünüldüğünde, dinozorlar neden Mezozoik Zamanın geri kalanında karadaki başlıca büyük otçullar ve etçiller olmak için seçilmiştir?

Bu sorunun yanıtı aramak için dinozorların başarısının iki temel açıklamasına geri dönelim: şans ve üstünlük. Bu hipotezlerin ilkinde dinozorlar bir Sindirella öyküsündeki gibi kaderi bir dizi dış faktör tarafından belirlenen beklenmedik varislerdir. Buna karşın üstünlük senaryosunu destekleyen araştırmacılar, dinozorların tüm rakiplerini yenilgiye uğratmalarını ve karanın hâkimleri olarak hak ettikleri yere gelmelerini sağlayan bazı iç özelliklere veya özellikler grubuna sahip olduğunu ileri sürmüştür. Bu senaryo takip edilirse Hun İmparatoru Atilla, Sindirella'dan daha uygun bir benzetme olacaktır.

Alan Charig (Ulusal Tarih Müzesi, Londra) rekabet modelini ortaya koyan ilk isimlerden biri olmuştur. 1972'de dik duruşun dinozorların başarısındaki temel evrimsel avantaj olduğunu ileri sürmüştür. Zaman içerisinde kalça, diz ve ayak bileklerindeki değişimlerin dinozorların tamamen dik durabilmesine imkân tanıdığını iddia etmiştir. Bacakların vücudun geri kalanını destekleyen sütunlar işlevine bü-

rünmesiyle bu yeni gelişmiş duruş daha uzun adım atabilmelerini ve koşma yeteneklerini geliştirmelerini sağlamıştır. Bu daha iyi nefes alıp vermelerini de sağlamış olabilir çünkü yayılmış şekilde duran kardeşlerinin aksine göğüs boşlukları artık her adımda dirseklerine baskı uygulamamıştır. Fakat dik durmak ve yürümek dinazorlar için kesinlikle önemli yenilikler olsa da, uzuvların bu şekilde yeniden yapılanmasının onlara çağcıllarının karşısında belirgin bir avantaj sağladığı görüşünü desteklemek zordur. Ne de olsa rauisuchianlar ve *Effigia* gibi timsah akrabaları dahil olmak üzere daha birçok archosaur türü de dik veya yarı dik durabilmiştir.

Dinazor rönesansının başlamasına katkıda bulunan kendi tabiriyle "heretik" olan Robert Bakker (ayrıntılı bilgi için Birinci Bölüme bakın) özellikle memelilerin de hâlihazırda sahnede olduğu göz önünde bulundurulduğunda dinazorların başarısının doğuştan gelen bir tür üstünlükten kaynaklandığını iddia etmiştir. Bakker'a göre üstünlük endotermik metabolizma şeklinde gelmiştir. İlk dinazorlar bu metabolizma sayesinde hem ektotermik sürüngenlere hem de endotermik memelilere üstünlük sağlamıştır. Memeliler milyonlarca yıl boyunca güneşte kendi zamanlarının gelmesini her şeyden habersiz bekleyip gölgelerde koşuştururken, dinazorların Dünya üzerinde yürüyen gelmiş geçmiş en büyük hayvanlar haline gelmesi başka türlü nasıl açıklanabilir?

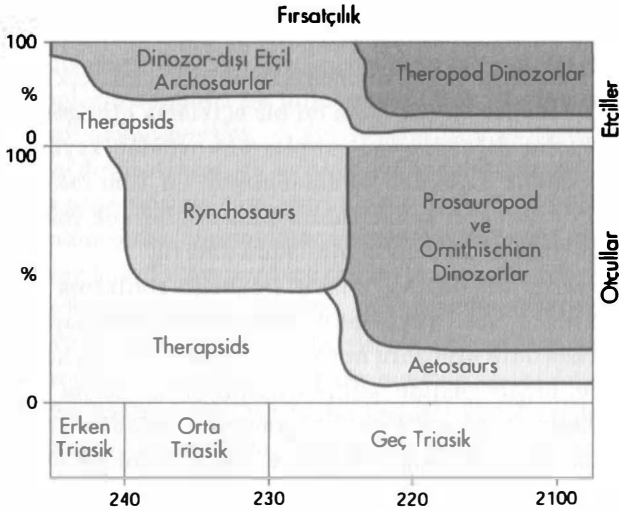
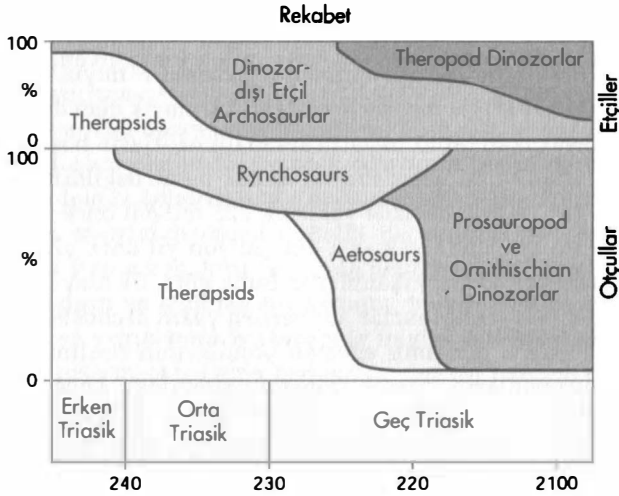
Varsayılan avantaj ne olursa olsun, rekabet modeli uzun süre doğru kabul edilmiştir. Geçmişe dönüp bakıldığında bu görüş, dinazor biyolojisinden ziyade insan psikolojisine dayandırılmış görünür. Darwin'den beri, yaşamın tarihinin genellikle yeni ve gelişmiş olanın eski ve miadı dolmuş olanın yerini alması şeklinde karakterize olmasıyla ilerlemenin artan üstünlük olduğu görüşü evrim fikriyle yakından bağlantılı olmuştur. Başta Avrupa kökenliler olmak üzere insanlara, Avrupalıların dünyanın geri kalanındaki insanlardan bir şekilde üstün olması gerektiğini düşündüren de aynı önyargıdır. Bu ilerleme varsayımı öylesine kökleşmiştir ki destekleyici kanıtların zayıf olmasına veya hiç olmamasına rağmen uzun süre boyunca nadiren sorgulanmıştır.

Önemli bir biçimde, rekabet hipotezi aslında sınanabilir çeşitli tahminler sunar. Örneğin dinazorlar zaman içinde onları terapsidler ve diğer archosaurlardan gittikçe daha üstün kılan bir veya birkaç

özellği evrimleştirdiyse, diğer gruplar gerilerken dinozorların yükselişe geçtiği aşamalı bir yer değiştirme örüntüsü görmeyi bekleriz. Grafiksel olarak bakıldığında iki karşıt uçtan biri incelirken diğerinin kalınlaştığı görülecektir. Fakat bu dönüşüme bir felaket yol açtıysa ve dinozorlar şans eseri galip geldiyse, hızlı bir yer değiştirme örüntüsü görmeyi bekleriz. (Bu derin zaman bağlamında "hızlı" ifadesinin aşamalı yer değiştirme için gereken on milyonlarca yıl yerine yaklaşık bir milyon yıllık zaman dilimine işaret ettiğine dikkat edin.) Bu durumda dinozorların fatih yerine fırsatçı olarak değerlendirilmesi gerekecektir ve grafik eski formların yerini birden bire evrimsel varislerinin aldığı bitişik bloklar gibi görünecektir.

Argümanını fosil kayıtlarında gözlemlenen örüntüler ve mantığın birleşimine dayandıran Bristol Üniversitesinden Michael Benton, hızlı dönüşüm, fırsatçılık hipotezinin en güçlü savunucusudur. Benton ikna edici bir sav ileri sürer: Aşamalı, rekabet hipotezinin uygulanabilmesi için tüm rakiplerin birbiriyle etkileşim halinde bulunması gerekir. Dinozorların (ve diğer grupların) hem otçullar hem de etçilleri içeren farklı büyüklüklere ve alışkanlıklara sahip çok çeşitli hayvanları içerdiği göz önünde bulundurulunca bu şartı karşılamak zordur. Tüm evrimsel rekabet, sonuçta hem coğrafya hem de zaman bakımından katı sınırları olan ekosistemlerde gerçekleşir. Bu nedenle bu tür yerel, kısa vadeli mücadelelerin derin zamanda küresel egemenliği getirerek aşama aşama gelişen bir zafer örüntüsü üretebileceğini düşünmek zordur.

Ayrıca Triasik Dönemin sonlarına doğru önemli bir nesil tükenmesi gerçekleşmiştir. Permiyen Dönemin sonundaki yıkımın büyüklüne hiçbir şekilde yaklaşılsa da Triasik Dönemin sonundaki nesil tükenmesinin geçmiş 500 milyon yıldaki beş küresel nesil tükenmesinden biri olduğu ve okyanuslardaki tüm türlerin yüzde 20'sinden fazlasını yok ettiği kabul edilir. Bu, karadaki ekosistemlere de darbe vurarak biyoçeşitliliğin büyük bir kısmını yok etmiştir. Zayıflar dünya çapında birçok (hepsi olmasa bile) büyük amfibi, terapsid ve dinozor dışı archosauru içermiştir. Bu nesil tükenmesinin nedeni halen çok tartışılmaktadır ama tetikleyici etken ne olursa olsun bu olay birçok ekolojik niş açmış ve küçük dinozor kadrosunun genellikle büyük vücutlu sayısız soy üretmesi için uygun fırsatları sağlamıştır.



Şekil 12.3: Omurgalıların başlıca iki grubu için alternatif hipotezleri (rekabet ya da fırsatçılık) gösteren Triasik Dönemdeki iki evrimsel dönüşüm senaryosu. Her ikisinin altına da zaman ölçeği yer alır ve sayılar milyon yıl öncesine işaret eder. Benton'ın şeklinden düzenlenmiştir (2005). Üstte yer alan rekabet senaryosunda daha aşamalı bir değişim örüntüsü, alttaki fırsatçılık senaryosunda ise daha keskin bir değişim örüntüsü olduğuna dikkat edin. Açıklama için metne bakın.

Bu bilgiler ışığında ilerleme kavramını eleyip bir nesil tükenmesi ekleyerek dinazorların sadece doğru yerde doğru zamanda bulunan fırsatçılar olduğu sonucunu çıkarabilir miyiz? Pek değil. Anlaşıldığı kadarıyla mesele hem daha karmaşık hem de ilgi çekicidir. Ortaya çıkan tablo, hayatta kalan dinazorların boş eko- alanları doldurmak için çeşitlenmesi kadar basit değildir. Benton'a göre ilki geç Triasik devirde yaklaşık 225 milyon önce ve ikincisi Triasik-Jura sınırında yaklaşık 200 milyon yıl önce olmak üzere iki kitlesel nesil kaybı yaşanmıştır. Buna göre, ilk olay çoğunluğu terapsidler ve rynchosaurlar adı verilen yakın archosaur akrabalarından oluşan o dönemin egemen otçullarının neslini tüketmiş ve prosauropodların Triasik Dönemin sonundan önce dünyanın birçok bölgesinde ana büyük otçullar haline gelmesinin yolunu açmıştır. İkinci nesil tükenmesi ise phytosaur ve rauisuchian gibi birçok büyük etçili ortadan kaldırarak theropodların Jura Döneminin başlarında yayılmasına imkân tanımıştır. İlk nesil tükenmesinin kanıtları tartışmalıdır ve diğer hayvan gruplarının bu olaylardan nasıl etkilendiği halen net değildir.

Yanıt ne olursa olsun, dinazorların yükselişini açıklamak için fırsatçılık rekabetten çok daha iyi bir açıklama gibi görünmektedir. Dinazorlar diğer hayvan gruplarının ortadan kaybolmasıyla boşalan ekolojik nişlerden faydalanmıştır. Bu, tüm rakiplerin yenilgiye uğratıldığı bir kahramanlık destanından çok yoksulluktan zenginliğe uzanan Sindirella öyküsünü andırır.

Ama durun bir dakika. Triasik Dönemin sonlarına doğru bir veya iki kitlesel nesil kaybı gerçekleştiyse ve hatta hayatta kalan birkaç Erken Jura dinozoru boş nişler deniziyle karşı karşıya kaldıysa bile, hiçbir şekilde yalnız değildirler. En başta memeliler de onlardır. Dolayısıyla çözüme kavuşturulmamış bir problem vardır. Jura Dönemin başında görece "boş bir ekolojik levha" (veya en azından kaotik bir durum) mevcutsa, memeliler 150 milyon yılı aşkın bir süre boyunca büyük ölçüde kemirgen ölçülerinde kalırken dinozor çeşitliliği neden tüm zamanların en büyük kara hayvanlarını içerecek şekilde bir patlama yaşamıştır? Standart görüş, dinazorların büyük vücutla hayvanlar için tüm rolleri doldurduğu yönündedir. Bir açıdan bu fikir makul görünür. Triasik Dönemin sonunda dinazorlar halihazırda ekolojik çeşitlilik arz eden

bir gruptur ve birçok büyük otçul ve etçil içerir. Buna karşın aynı dönemde neredeyse tüm memeliler sadık birer böcek yiyevidir ve bu da devasa ölçülere doğru evrimsel bir yayılım için kolay kolay zemin oluşturmaz!

Yine de evrim destanının bu önemli bölümünde başka faktörlerin etkili olup olmadığını merak ediyorum. Belki de Mezozoik memeliler henüz bilmediğimiz nedenlerden dolayı küçük vücut ölçüleriyle sınırlandırılmıştır. Belki de dinazorlar boş nişleri doldurmak için erken Jura devrinde hızla evrimleşmiştir? Reket hipotezinin en azından bir kısmını, belki de hatta Bakker'ın metabolizma vurgusunu kurtarabilir miyiz? Bir önceki bölümde açıklanan orta metabolizma hızlarının yanıtın parçası olup olmayacağını merak ediyorum. Jura dinazorlar Triasik atalarından ara fizyolojiler miras aldıysa, devasa vücut ölçülerine hızla evrimleşmenin aracına (büyüme daha fazla enerji ayırabilme imkânına) sahip olabilir. Bu durumda büyük vücutlu hayvanlar için boşta bulunan nişlerin birçoğunu görece kısa bir derin zaman aralığında doldurarak diğer hayvanların bu rolleri üstlenme fırsatını sınırlandırmış olabilirler. Bu tür fikirler şimdilik spekülatiftir ama paleontologların sonunda bu problemi çözmek için önemli adımlar atacağını düşünüyorum.

O halde dinazorların ilk evrimi, ne aşamalı ne de hızlı yer değiştirme senaryosuna tam olarak uyar. Üç temel dinazor soyu (sauropodomorphlar, theropodlar ve ornithischianler) geç Triasik dönemde var olsa da, bunlar birlikte yayılmamıştır. Bunun yerine üç yayılma dalgası ortaya çıkmıştır. İlk dalga başta prosauropodlar olmak üzere sauropodomorphların büyük ölçülere ulaştığı ve dünya çapında birçok yerde (garip bir biçimde Kuzey Amerika'nın batısı hariç) başlıca otçullar haline geldiği geç Triasik devirde gerçekleşmiştir. İkinci dalga, theropodların çeşitlenmesiyle birlikte erken Jura devrinde yaşanmıştır. Geç Triasik devirde *Coelophysis* gibi birçok theropod genellikle dinazor dışı daha büyük çeşitli yırtıcılarla et kaynağını paylaşan küçük hayvanlardır. Diğer etçillerin Triasik Dönemin sonunda ortadan kaybolması, Jura Dönemin başlarında coelophysoid theropod avcılarının yaygınlaşmasına kapı aralamıştır (daha sonra bunu theropodların içinden üreyen ek yırtıcı dalgaları izlemiştir). Son olarak otçul ornithisc-

hian grubu dinazorların üçüncü dalgasını oluşturmuştur. Son keşifler, daha önceki paleontolojik bilgilerin aksine ornithischian grubunun coğrafi dağılımının (ve dolayısıyla ekolojik etkisinin) Triasik Dönemde son derece sınırlı olduğuna ve ancak Jura Döneminde çeşitlenerek karadaki başlıca büyük otçullar olarak sauropodomorflara meydan okuyabildiğine işaret eder. Bununla birlikte Jura fosil kayıtlarındaki boşluklar bu olaylara bakışımızı çarpıtabilir ve ikinci ve üçüncü dalgaların erken Jura devrinde neredeyse aynı anda başladığı ortaya çıkabilir.

Dinazorların evrimini birçok dinazor dışı faktörü ele almak sizin anlamaya başlayamayacağımız artık yeterince netlik kazanmış olmalıdır. Chinle Oluşumu geç Triasik dünyaya eleştirel bir pencere sunarak bu durumu fazlasıyla açığa çıkarır. Burada dinazorlar büyük otçulların birçok türünden sadece biridir ve özellikle diğer archosaurlar önemli roller üstlenir. Chinle zamanında Four Corners bölgesini ziyaret eden birinin, bundan birkaç milyon yıl sonra küçük yırtıcı *Coelophysis*'in dinazor akrabalarının dünya çapında egemen büyük kara hayvanları haline geleceğini öngörebilmesi hiç de kolay olmayacaktır.¹

Yaşamın tarihindeki şaşırtıcı olumsuzluk, belki de en iyi şekilde alternatif gezegen tarihleri hayal edilerek anlaşılabilir. Yaşamın kasetini Permiyen Dönemin sonuna sarın, tüm nesil tükenmelerinin anasını çıkarın ve teybi tekrar çalıştırın. Dinazorlar evrimleşir miydi? Peki ya insanlar veya hatta memeliler? Evrimin bu grupların temel özelliklerine –örneğin dik duruş, yüksek metabolizma hızları ve/veya büyük beyinler (ilginç bir biçimde aynı zamanda insanların özellikleridir)– sahip organizmalar üretebileceğini düşünelim. Fakat biyosferin karmaşıklığını ve düzensizlikler karşısında değişmeye yatkınlığını düşününce, bu organizmaların insanlar bir tarafa bugün dinazorlar veya memeliler olarak tanıyacağımız şeyler olması ihtimali son derece düşüktür. Dünya tarihinin akışını sadece kitlesel nesil tükenmeleri gibi büyük olaylar değiştirmemiştir. Olumsuzluk yaşam ağının öylesine derinlerine işlemiştir ki en küçük olaylar bile önemli, yaygın sonuçlar do-

¹ Artan fosil kanıtları, Chinle'nin bazen "dinosauromorphs" adıyla anılan iki bacaklı archosaurlarla yakından ilişkili olan dinazorların kökenini çözmek için önemli bir kaynak olacağını ima etmektedir.

ğurabilir. (Amazon yağmur ormanında bir kelebeğin kanatlarını çırpmasının Güney Dakota'da kasırgaya yol açabileceği kelebek etkisini hatırlayın.) Bu, Triasik Dönemde tohumlu bitkilerin yayılması ve böcek çeşitliliğindeki devirler gibi diğer evrimsel dönüşümlerin hiç şüphesiz evrimsel yolda peş peşe etkiler doğurabileceği ve bunun yansımalarının günümüze dek hissedilebileceği anlamına gelir.

Kısacası, dinazorlar ortaya çıkmış ve daha sonra diğer yaşam formları ve Dünya'nın kendisiyle karşılıklı olarak bağımlı, sürekli değişen etkileşimler aracılığıyla Mezozoik dünyaya yerleşmiştir. Göreceğimiz gibi aynı türden dinamik etkileşimler sonraki Meozoik tarihlerini de belirlemiştir.



Geç Jura devrinden Morrison theropodu *Ceratosaurus* kısa bir süre önce ölen avını –zırhlı ornithischian *Stegosaurus*– başka bir yırtıcı olan *Allosaurus*’tan korumaya hazırlanıyor. Bir grup olgun sauropod, *Apatosaurus*, uzaktan geçiyor.

JURASSIC PARK RÜYALARI

Steven Spielberg'in gişe rekorları kıran filmiyle sinemaya uyarlanan Michael Crichton'ın *Jurassic Park* adlı çok satan romanı, bilimsel olarak yanlış bir öyküdür. Pervasız insanlar, teknolojinin bilgeliği geride bıraktığı bir girişimcilik macerasına atılır ve bunun sonucunda yıkım gerçekleşir. Bu uyarı mesajına rağmen günümüzde paleontologlara en sık sorulan sorulardan biri, bu tür bir dinazor tema parkını yeniden yaratmanın mümkün olup olmayacağıdır. Günün birinde dinozorları klonlayıp tarih öncesi bir hayvanat bahçesi kurabilecek teknolojik yeterliliğe (muhtemelen buna karşılık gelen bilgelikten yoksun bir biçimde) sahip olacak mıyız? İyi de olsa kötü de olsa (ki ben iyi olduğunu düşünüyorum) bu sorunun yanıtı olumsuzdur. Fakat bu kadar özlü bir yanıt nadiren tatmin edici olduğunda Jura Dönemiyle ilgili tartışmamıza başlamanın bir yolu olarak yanıtımı detaylandırmama izin verin.

Bilim insanları *Jurassic Park* rüyasını boşa çıkardıktan sonra, neredeyse tamamen klonlamayla ilişkili mikro ölçekli engellere odaklanır. Asıl problem, bir dinozorun genetik malzemelerinin eksiksiz, bozulmamış bir sekansını elde etmektir. Crichton'ın akıl dolu kurgusal çözümü, kehribarın içine hapsedilmiş Mezozoik sivrisinekleri kullanmıştır. Öykü ilerledikçe bu antik sivrisinekler dinozorları ısırarak biraz kanlarını emer. Bu rahatsız edici böceklerin birkaçı ağacın reçinesine saplanır. Ağaç reçinesi fosilleşerek kehribara dönüşür ve hem sivrisineği hem de DNA'sıyla birlikte dinazor kanını korur. Buna göre yeterince sivrisinek fosili bulabilirseniz, bir dizi dinozordan DNA elde edebilirsiniz. Dinozorları klonlamak ve sonunda *Jurassic Park*'ı kurmak bu kadar "basittir."

Şimdiye kadar fosilleşmiş böceklerde dinazor kanı bulunmamıştır. Buna karşın, yakın geçmişteki bir dizi büyüleyici makalede Mary Schweitzer (North Carolina Eyalet Üniversitesi) ve meslek-

taşları dinozor fosillerinin zaman zaman yalnızca orijinal kemikleri değil kas lifleri, kan damarları ve hatta genetik malzemeleri de koruduğuna ilişkin kanıtlar sunmuştur. Bu keşiflerden bazıları bilim camiası tarafından halen sorgulanmaktadır. Bu tartışmanın amacına daha uygun bir biçimde, antik genetik parçaların tanımlanmasını bir *T. rex*'in klonlanmasından ayıran ince bir çizgi vardır. DNA zamanla bozulduğu için Mezozoik Zamandan korunan genetik malzemelerin büyük ölçüde eksik olacağı neredeyse kesindir. Bu bilgi fosil kayıtlarında bir yerde korunmuyorsa –ki şimdiye kadar bu türden bir göstergeye sahip değiliz– dünya üzerindeki hiçbir teknoloji bir çözüm üretemez. Bir dinozordan tüm genetik malzemeyi kurtaracak kadar sıra dışı bir talihe sahip olmanız bile, küçücük parçaların doğru bir düzende yerleştirilmesi gerekir. Bu, parçaların birçoğunun tamamen aynı şekle sahip olduğu milyonlarca parçalık bir yapboz yapmak kadar zahmetli bir iş olacaktır. *Savaş ve Barış* gibi bir kitabı sözcüklerle dolu bir sepete boşaltıp hiçbir ipucu olmadan orijinal metni yeniden oluşturmaya çalıştığınızı düşünün.

Bir dinozor yapmak için antik DNA'lara ihtiyaç duymayabileceğimizi iddia edenler bile çıkmıştır. Kuşlar doğrudan dinozorların soyundan geldiğine ve genlerinde bu mirasın büyük bir kısmını taşıdıklarına göre, belki de yeni genetik anlayışımızı kullanarak "tersine mühendislik" çalışmaları yapabiliriz ve dişler, daha büyük vücutlar ve uzun, kemikli bir kuyruk gibi özellikleri üretmek için embriyonik gelişim sırasında hangi genlerle oynamamız gerektiğini belirleyerek bir dinozor üretebiliriz. Moleküler biyolojideki ilerlemenin baş döndürücü hızı düşünüldüğünde bu yüzyılın sonuna kadar bu tür genetik ucubeler pekâlâ üretilebilir. Fakat bu Frankenstein yaratıklarının gerçek anlamda hayata döndürülmüş Mezozoik dinozorlar olacağını hayal etmek zordur.

Jurassic Park senaryosunun eleştirileri genellikle bu noktada son bulur. Klonlama olmadığına göre dinozorlar da olamaz. Fakat sözde tema parkı yaratıcılarımızın genellikle görmezden gelinen makro ölçekli birçok engeli de aşması gerekecektir. Besinle ilgili en büyük engellerden bazılarıyla birlikte türler arası ve tür içi ekolojik etkileşimler bunların başında gelecektir. *Jurassic Park*'ın roman ve film versiyonları sadece dinozorları değil, otçulları bes-

lemek için diriltilmiş antik bitkileri de içermiştir. Bu bitkiler nereden gelmiştir? Elbette ki bunların DNA'ları bitkileri ısırarak böceklerden elde edilmemiştir. Belirli dinozor türlerinin hangi tür bitkileri tükettiğini bile kesin olarak bilmiyoruz. Bu zorlu noktaya çok az dikkat gösterilir. Bu hayvanların modern bitkileri yiyebileceğini söyleyerek buna itiraz edebilirsiniz. Belki de öyledir ama hiç kimse bu iddiayı kesin olarak dile getiremez. Bu nedenle "Jurassic Park" veya "Kretase Park" yaratıcılarının sadece bitki yiyen dinozorları değil, aynı zamanda onların besin kaynağı da yeniden yaratması gerekebilir.

Ayrıca dinozorları desteklemek için gerekli olan besin haricindeki çeşitli yaşam formları vardır. Her ekosistem türler arasında ve tür içinde karmaşık, iyi ayarlanmış etkileşimlerle varlığını sürdürür. Örneğin çoğunluğu kapalı tohumlu olan birçok bitki polen taşıyıcı böceklerle yakından bağlıdır. Benzer bir biçimde tüm hayvanların bağırsakları sindirime yardımcı olan ihtisaslaşmış bakteriler içerir; bu simbiyoz dinozorlar için de kesinlikle geçerlidir. Tarih öncesi tema parkı ekosisteminizi tamamlamak için modern yaşam formlarını bolca ödünç almanız gerekecektir; bu problemlili bir savdır. Kaba bir benzetmeyle bir ekosistemi sorunsuzca çalışan bir motorla kıyaslırsak, mesela 1957 model bir Chevy'nin motorundan birkaç parçayı alıp 2001 model bir Subaru'nun parçalarıyla harmanlayarak sorunsuzca çalışan bir motor yapmaya çalıştığınızı düşünün. Olası değildir. Üstelik ekosistemler motorlardan çok daha karmaşık ve iç içe geçmiştir. Fosil kayıtlarının eksikliği göz önünde bulundurulduğunda, tarih öncesi bir ekosisteminin tamamen yeniden yaratmak olanaksızdır. Antik örnekler bir yana modern ekosistemleri anlamaktan bile çok uzağız. Çevrenin canlı olmayan parçaları da hesaba katılmak zorundadır. Dinozorlar karbondioksitin çok yoğun olduğu ve belki de oksijen seviyelerinin de farklı olduğu bir sera dünyada yaşamıştır ve klonlanmış tarih öncesi hayvanları canlı ve sağlıklı tutmak için bunların da ayarlanması gerekebilir. Kısacası yakın zamanda bir Mezozoik tema parkını ziyaret etmeyi beklemeyin.

Bir Jurassic Park inşa etme fikrini boşa çıkarmış olsak da dinozorların dünyası hakkında temel sorunları ele alan bir düşünce

deneyini sürdürmek için bu konsepti kullanmak istiyorum. Tüm bu engelleri aşabileceğinizi ve içinde dinazorlar ile diğer tüm hayvanlar, bitkiler, mantarlar, protistler ve bakterilerin bulunduğu tamamen işleyen bir Jura ekosistemini yeniden kurabileceğinizi hayal edin. Bu Mezozoik hayvanat bahçesini camın ardına yerleştirmek veya hatta çevresini büyük duvarlarla örmek gibi bir kaygınızın olmadığını hayal edin. Bu organizmaların 150 milyon yıl önceki gibi dolaşıp etkileşim kurmalarına izin verin. Bu Jurassic Parkın (yeniden) yaratıcısı olarak sizin göreviniz, ekosistemin sürdürülebilir bir biçimde işlemesini sağlamak olsun. Bundan kastım, sauropodların aşırı kalabalıklaşmasını önlemek veya tehlikeye giren stegosaurlar için bir beslenme programı başlatmak gibi insani müdahaleler değil. Hayır, uzak durmanızı ve ekosistemin kendi evrimsel olarak edinilmiş "bilgeliğini" en iyi şekilde kullanabilmesi için gerekli bölgeyi ayırmanızı kastediyorum.

Belki de yanıtlamanız gereken en temel soru şudur: Bu ekosistemi sürdürmek için ne kadar alana ihtiyaç duyulur? Hiç de şaşırtıcı olmayan bir biçimde, bu soruyu yanıtlamak öncelikle daha küçük birçok soruyla boğuşmamızı gerektirir. Farklı türden dinozorların belirli bir günde, haftada veya ayda ne kadar besin tüketmesi gerekir? Dinozor popülasyonları hangi büyüklüktedir ve ekosistemde tam olarak kaç farklı türden dinozorun bir arada yaşamıştır? Jura Devrinin herhangi bir anında ortada ne kadar besin (hem bitki hem de et) vardır? Bir başka deyişle bu ekosistem ne kadar üretkendir? Özellikle de mevcut bitkilerin kalitesi, çeşitliliği ve miktarı hakkında bilgi sahibi olmamız gerekir çünkü bir ekosistemin destekleyebileceği otçul türlerinin (ve dolayısıyla etçil türlerinin) sayısını ve popülasyon büyüklüklerini büyük ölçüde bitkiler belirler.

Düşünce deneyimizi bir tek Jura ekosistemine odaklayalım. Bilinen en iyi örnek Four Corners bölgesindeki COLORADO PLATOSU'nda geniş bir biçimde görünen Morrison Oluşumunun tortul tabakalarında korunur. Yaklaşık 150 milyon yıl önce biriken Morison Oluşumu, Jura dinozor yayılımının zirvesini yakalar. Günümüzde Morrison Oluşumu bej, eflatun ve koyu turuncunun pastel tonlarındaki geniş, istifli çamur, çakıl ve kum şeritleriyle ortaya çıkar. Bu kayalar öylesine yaygındır ki Amerika'nın güney-

batısına yapacağınız bir yolculukta otobanları kullansanız bile bunlarla karşılaşmamanız zordur. *Apatosaurus* ve *Stegosaurus* gibi otçullar ile *Allosaurus* ve *Ceratosaurus* gibi etçillerin de aralarında bulunduğu ünlü dinazor kalıntıları bu antik tortul tabakalarında gömülüdür.

Morrison ekosisteminde büyük otçulardan başlayarak bir düzineden fazla farklı türden uzun boyunlu sauropod çıkarılmıştır. Dev yaratıklar listesi *Apatosaurus* (daha önceki adıyla *Brontosaurus*), *Diplodocus*, *Brachiosaurus*, *Camarasaurus*, *Supersaurus*, *Haplocanthosaurus* ve *Barosaurus*'u kapsar. Sauropodların dışında Morrison otçul klanı çeşitli zırhlı stegosaur ve ankylosaurun yanı sıra küçük ve orta büyüklükte bir dizi ornitopodu içermiştir. Fakat bu hayvanlar Morrison Oluşumunun 4 ila 6 milyon yıllık zamanının büyük bir kısmına yayılır ve bu uzun süreçte türlerin önemli ölçüde dönüşüme uğramış olması (tür doğumları ve ölümleri) muhtemeldir. Ekolojik yeniden inşamızın bir anlam ifade etmesi için yalnızca hem zaman hem de mekân bakımından örtüşen hayvanları içermesi gerekir. Zamanda bir ekolojik enstantane seçmeliyiz.

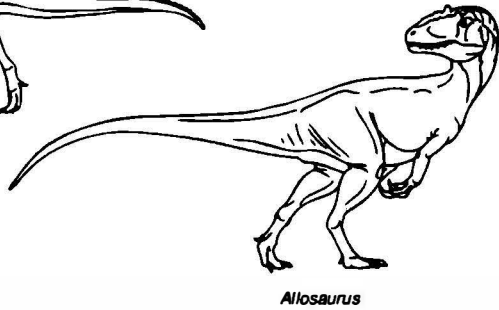
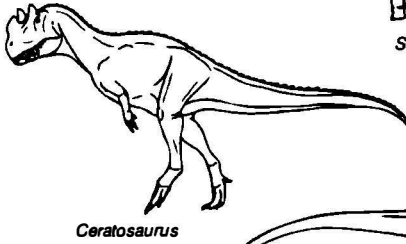
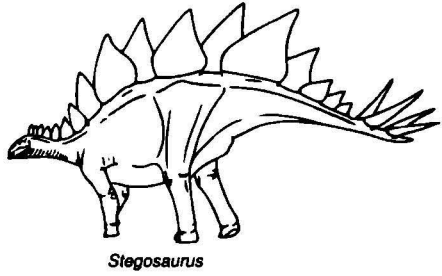
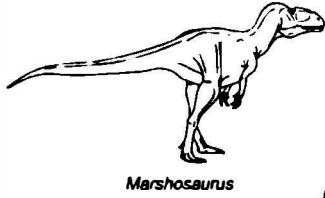
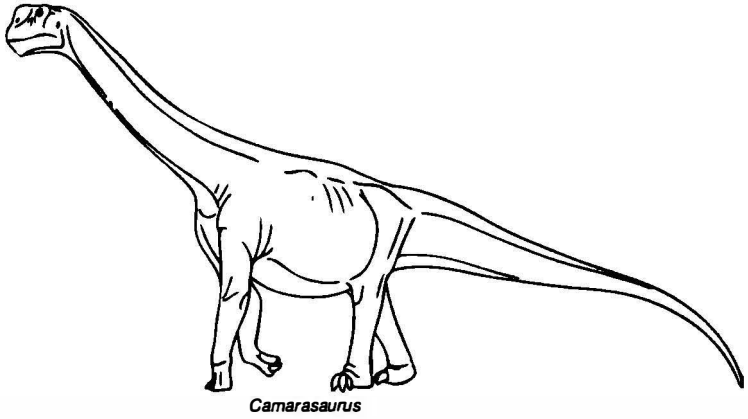
Birçok hayvanın kalıntılarını koruyan fosil bölgeleri olan kemik yatakları, belirli bir zamandaki tür çeşitliliğini değerlendirmek için bilhassa kıymetli olabilir çünkü bunlar genellikle bir tek ekosistemde birlikte var olan hayvanların doğrudan kaydını sunar. Doğu Utah'taki Dinazor Ulusal Anıtında yer alan ziyaretçi merkezi, belki de en çok bilinen Jura kemik yatağını ve dünyadaki en ünlü dinazor bölgelerinden birini içerir.¹ Adını Carnegie Doğa Tarihi Müzesinden Earl Douglass'tan alan Douglass Ocağı çok çeşitli Morrison dinazorlarından yüzlerce kemikle dolu tek parça halinde, meyilli bir kum taşı duvarından oluşur. Birçok kemik ayrı ayrı bulunurken, kısmi iskeletler de bu kalabalık içinde yaygındır. Bu duvara birçok kez tırmanıp karmakarışık bir *Stegosaurus* omurgasından çok büyük bir *Camarasaurus* kürek kemiğine ve oradan da bir *Allosaurus*'un kalçasına ve bacağına geçme ayrı-

¹ Bu kitap yazılırken Dinazor Ulusal Anıtındaki ziyaretçi merkezinin geleceği tartışma konusuydu. Bina güvensiz olarak değerlendirilmiş ve onarılmaya kadar kapatılmıştır. Bina yeniden açılırken, bu ünlü ulusal simgede paleontoloji programının da yeniden gündeme gelmesini canı gönülden diliyorum.

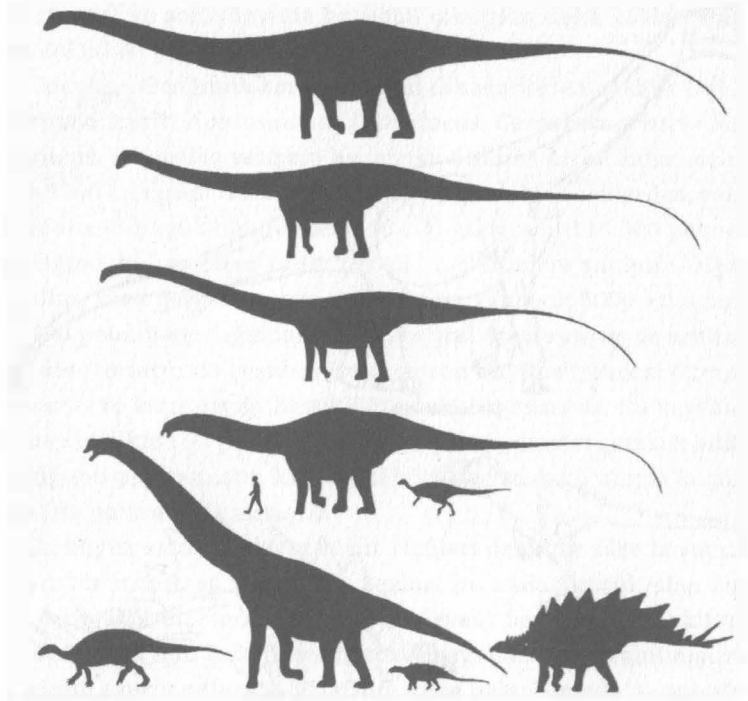
calığına sahip oldum. Dinozor kemiklerinin sayısı (yaklaşık 1500) şaşırtıcıdır ve son yüzyılda buradan çıkarılan daha yüzlerce örnek doğudaki çeşitli kurumlarda tutulmaktadır.

Douglass Ocağında korunan otçul dinozorlar en az dört farklı sauropod içerir: *Apatosaurus*, *Diplodocus*, *Camarasaurus* ve *Barosaurus*. Bu devler, yetişkin bir Afrika filinden biraz daha küçük olan 7000 kilogram (15.400 pound) ağırlığındaki örneklerden, yaklaşık altı fil büyüklüğünde olan 50.000 kilogram (110.000 pound) ağırlığındaki örneklerle kadar çeşitli büyüklüklere sahiptir. Diğer otçullar, kara gergedandana eşit şekilde yaklaşık 5000 kilogram (11.000 pound) ağırlığındaki zırhlı, hantal *Stegosaurus* ve ornitopod dinozorların iki çeşidini içerir: bizon büyüklüğündeki *Campototaurus* ve katır geyiği büyüklüğündeki *Dryosaurus*. Bu hayvanlar hep birlikte 150 yıl önce burada serpilmiş olması gereken bitki bolluğunu paylaşmıştır. Elbette ki böcekler ve daha birçok küçük otçul da onlara eşlik etmiştir.

En büyük sauropodların vücut ölçüleri uzun bir süre boyunca onları bir muamma yapmıştır. Başları bu kadar küçük olan (en azından vücut ölçülerine kıyasla) bu devasa hayvanlar varlıklarını sürdürmek için yeterli besini tüketmeyi nasıl başarabilmiştir? Bu gizem sauropodların ağızlarının içine baktığımızda derinleşir. İnekler çok miktarda samanı işlemek için çok elverişli olan aşırı büyük dişlere sahip olmaları bakımından büyük memeli otçulların (örneğin filler, geyikler, antiloplar ve benzeri) tipik bir örneğidir. Çiğnemek yalnızca besin öğelerini yutulabilir lokmalara bölmeye hizmet etmez; aynı zamanda bitkiyi öğütür ve bitki parçalarını kimyasal saldırıya daha açık bırakarak sindirim sürecini başlatır. Sauropodlar ise öğütmek için değil yırtmak veya olsa olsa dilimlemek için elverişli ufak dişlere sahiptir. Bir başka deyişle, bu uzun boyunlu dinozorların çene ve dişleri besinin işlenmesinden çok tedarik edilmesine uygundur; memeliler tarafından kullanılan çiğneme stratejisinin yerine ısırp yutma yaklaşımı benimsemişlerdir. Çiğneme yeteneksizliği, gelmiş geçmiş en büyük hayvanlardan biri olduğunuzu düşünürseniz ciddi bir kusur gibi görünür.



Şekil 13.1: Geç Jura devrinde Morrison Oluşumundan dinazor örnekleri: sauropod *Camarasaurus*; theropod *Marshosaurus*; stegosaur *Stegosaurus*; theropod *Ceratosaurus*; theropod *Allosaurus*. Çizimler ölçekli değildir.



Şekil 13.2: Morrison Oluşumunda otçul dinazor faunasının vücut ölçülerinde çeşitlenme. Yukarıdan aşağıya (ve birden fazla çizim varsa soldan sağa): sauropod *Supersaurus*; sauropod *Diplodocus*; sauropod *Barosaurus*; sauropod *Apatosaurus*; hypsilophodont ornitopod *Dryosaurus*; iguanodont ornitopod *Camptosaurus*; sauropod *Brachiosaurus*; ankylosaur *Gargoylesaurus*; stegosaur *Stegosaurus*. İnsan figürü ölçek sunmak için eklenmiştir.

İnekler ve arka bağırsakta bitkisel gıdanın fermente edilmesi ne ek olarak geviş getiren diğer hayvanlar, milyonlarca mikrop barındıran ek bir fermentasyon haznesinin bulunduğu karmaşık bir mideye sahiptir. Arka bağırsak fermentasyonu, hayvanların bitkiyi ikinci kez çiğnemesine olanak sağlayan besinin geri taşınması işlemiyle tamamlanır. Bu geviş getirme işlemi, geviş getirenlerin yem ararken besini tam olarak kıştır kıştır yemek zorunda olmadığı anlamına gelir çünkü kendi seçtikleri güvenli bir yerde ikinci bir fırsata sahiptirler. Sauropodlar veya diğer dinazorların ön bağırsak fermentasyon haznesine sahip olduğuna dair hiçbir kanıt

yoktur ama benzer bir şeye –taşla dolu bir kursak– sahip olabilecekleri uzun süredir ileri sürülmüştür. Doğrudan dinazorların soyundan gelen kuşlar, bitkileri öğütmek için ve dişlerinin olmayışını telafi etmek için kaslı kursaklarındaki mide taşlarını (veya daha doğrusu iri kumları) kullanır. Uzun yıllardır Morrison Oluşumunda ince çakıllardan beysbol topuna kadar çeşitli büyüklüklerdeki cilalı ve yuvarlatılmış taşlar bulunmuştur; bunlardan bazıları doğrudan sauropod iskeletleriyle ilişkilidir. Bunlar Jurassic sauropodların gastrolitleri (“mide taşları”) olarak yorumlanmıştır ve güneybatıdaki taş dükkanlarında bu şekilde satılmıştır. Ne yazık ki dükkan sahiplerini üzecek bir şekilde sauropod gastrolitlerinin somut kanıtları azdır ve hızla kaybolmaktadır. Sauropod örnekleriyle ilişkili bulunan mide taşlarının toplamının bir kursak fıkrını desteklemek için yeterli olmadığı ileri sürülmüştür. Bu sözde mide taşlarının antik ejderlerin bağırsaklarında cıllanmak yerine üstteki Kretase tortul katmanlarından Morrison Oluşumuna akan su tarafından yuvarlatılmış çakıllar olduğuna işaret eden yakın tarihli bir araştırma daha da büyük bir darbe vurmuştur. Her şeye rağmen sauropod iskeletlerinde zaman zaman göğüs kafesinin içinde uygun büyüklükte çakılların bulunması, taşla dolu kursakların bu dev dinazorların en azından bazıları için sindirim çözümünün bir parçası olabileceğini akla getirir.

Ne olursa olsun sauropodların sindirimi probleminin önemli yanıtları gastrointestinal kanalda bulunur. *Camarasaurus* ve akrabalarının dev vücutları, büyük bir kalp, akciğer ve karaciğerin yanı sıra gerçekten etkili bir arka bağırsak (yemek borusunun arka kısmı) olmalıdır. Bir müzeye gidip dev bir sauropodun iskeletine baktığınızda, büyük karın boşluğunun kıvrım kıvrım, pırlı pırlı, kocaman bir bağırsakla dolu olduğunu hayal edin. Sauropod sindiriminin asıl etkinliği bu bağırsaklarda gerçekleşir. Bu katı, kaslı, tüp şeklindeki haznede milyarlarca simbiyotik bakterinin metabolizma etkinliklerinin idaresindeki bir fermentasyon teknesidir. Kısacası muazzam bir bağırsak, bolca bakteri ve besinin yavaş geçişi muhtemelen sauropod sindirimindeki üç önemli unsurdur. Günümüzde birçok büyük memeli de bu uzun fermentasyon stratejisini kullanarak lifli hücre duvarlarını parçalayıp içerdeki besleyici öğeleri erişir. Sauropodlar oyunu yeni bir seviyeye taşımıştır.

Dev dinozorların ne kadar besin almıştır? Daha büyük ölçüler, ister bitki ister et ister her ikisinin tüketicisi olun daha büyük iştah demektir. Yaşayan en büyük kara hayvanları olan filler öylesine çok yem yer ki zamanlarının yaklaşık üçte birini besin arayarak geçirmek zorundadır. Bu nedenle bazıları en büyük filden katbekat büyük olan sauropodların çok fazla yediğinden emin olabiliriz. Fakat besin tüketimi hakkındaki tahminlerin ötesine geçip gerçek rakamları elde etmek paleontologlar için zorlu bir görevdir çünkü söz konusu hayvanlar milyonlarca yıldır bir ısıruk şöyle dursun bir nefes bile almamıştır.²

Ama daha az tercih edilen paleontolojik yolda ilerlemeye karar verirsiniz, en nihayetinde Jim Farlow adında kalın gözlüklü ve iğneleyici bir mizah anlayışına sahip temiz yüzlü bir adamla karşılaşsınız; bir önceki bölümde goldilocks hipotezinde birlikte çalıştığımız söylediğim kişinin ta kendisi. Farlow, dinozor ekoloji ve davranışı hakkında birçok paleontologun çekindiği veya bilfiil küçümsediği zorlu problemleri araştırmaya düşkündür. Bu kitabı yazarken Farlow yorumlarımı almak için yeni bir makale taslağı gönderdi. Makale klasik bir Farlow başlığı taşıyordu: "Morrison Oluşumunun Büyük Dinozorlarının Paleoekolojisine Spekülatif Bir Bakış veya *Camarasaurus* ve *Allosaurus*'la Yaşam." Bir düzineden fazla denklem ve sayısız hesaplamayla destekli bu yoğun taslakta ilerlemeye başlar başlamaz, Farlow'un genel yaklaşımının ve sonuçlarının Jura ekolojisinin incelenmesinde olağanüstü bir referans noktası sunacağını fark ettim. Aşağıdaki özet büyük ölçüde Farlow'un Morrison dinozorları hakkındaki bulgularına dayanır ama (endişe etmemeniz için) matematikten arındırılmıştır.

Farlow, dinozorların besin tüketimini tahmin etme problemine yeni bir bakış açısından yaklaşır: çiftçilik. Wyoming çiftçilerine 455 kilogram (1000 pound) ağırlığındaki bir ineği ve 114 kilogram (250 pound) ağırlığındaki buzağısını bir ay boyunca bakmak için ne kadar otlağa ihtiyaç duyulduğunu sorarak başlar. Sorunun ya-

² Canlı bitkiler ve hayvanları inceleyen ekologlar için bile yaşam tarihinin beslenme ve diğer yönlerini ortaya çıkarmak ciddi bir zorluktur. Genellikle hem saha hem de laboratuvarında yıllarca sürdürülen zahmetli çalışmaların ardından kısmi yanıtlara ulaşılır.

nıtı yağmur, rakım ve toprak kalitesi gibi faktörlere bağlı olarak 4 ile 8 hektar arasında değişir. Yarım hektarın neredeyse bir futbol sahası kadar olduğu düşünülürse, ineklerin çok fazla araziye ihtiyacı olacaktır. *Camarasaurus* en yaygın Morrison otçuludur ve yetişkin örnekleri yaklaşık 40.000 kilogram (88.000 pound) ağırlığındadır. Farlow, *Camarasaurus* ölçülerindeki bir ineğin ne kadar besin tükettiğini tahmin etmek için hesaplamalar yapar ve bir tek hayvanın en az 72 ila 144 hektarlık bir otlığa (200 ila 400 futbol sahası) ihtiyaç duyacağını belirler! Bunun bir tek hayvanı desteklemek için gerekli olan tahmini arazi olduğunu unutmayın. Ayrıca memeliler gibi endotermik (sıcakkanlı) hayvanların eşit büyüklükteki ektotermik (soğukkanlı) hayvanlardan, örneğin sürüngenlerden çok daha fazla besine ihtiyaç duyduğunu hatırlayın. *Camarasaurus* ölçülerinde varsayımsal ektotermik bir kertenkelenin bile inek-buzağı çiftinden altı kat daha büyük bir araziye ihtiyaç duyacağı anlaşılır. On Birinci Bölümde değinildiği gibi, dinazorların metabolizma hızları ektotermikler ile endotermiklerin hızlarının arasında yer alan orta bir hızla, bir *Camarasaurus*'u desteklemek için gerekli arazi bu değerler arasında kalabilir; bir çift memeli hayvanın ihtiyaç duyduğundan on kat kadar fazla veya yüz futbol sahasından fazla. Bu besinin eşit bir biçimde dağılmayacağını ve arazide seyrek bir biçimde yer alacağını varsayarsak, ihtiyaç duyulan toplam arazi hızla artar.

O halde yetişkin bir sauropodun –ister ektotermik, ister endotermik, isterse bunların arasında bir şey olsun– hayatta kalmak için çok miktarda besine ve dolayısıyla çok geniş bir yaşam alanına ihtiyacı olmalıdır. Yetişkinler, yetişkinliğe yakın olanlar ve yavruların karışımından oluşan sauropod popülasyonlarını düşünecek olursak, gerekli coğrafi alan görünüşe göre gülünç boyutlara ulaşır. Jim Farlow'un alaycı bir şekilde ifade ettiği gibi, "Metabolizmaları nasıl olursa olsun, dinazor çiftçiliği ciddi bir arazi yatırımı gerektirecektir."

İnek ve camarasaur karşılaştırmasının sınırları vardır. Öncelikle vahşi ekosistemler karmaşıktır; tekdüze bir ot denizi olmak yerine farklı türden bitkilerin karışımından oluşur. Ayrıca inekler zaman zaman geyik veya çatalboynuzlu antiloplarla girdiği rekabet haricinde diğer türlerle çok az rekabet eder. Vahşi doğada

bitkilerin iki veya üç değil, genellikle birçok otçul tür arasında bölüşülmesi gerekir. *Camarasaurus* gördüğümüz gibi Morrison'un yeşil hattını bir devler geçidiyle paylaşmıştır. Bu nedenle bu otçulların farklı bitkileri yiyerek rekabeti azalttığını varsaymalıyız. Sauropod kafataslarındaki farklılıklar bu sonucu destekler (ayrıntılı bilgi için Yedinci Bölüme bakın). *Apatosaurus* ve *Diplodocus* çenenin sadece ön kısmıyla sınırlanmış ince, kalem şeklinde dişlerin bulunduğu alçak, uzun, at benzeri kafataslarına sahiptir. *Camarasaurus* ve *Brachiosaurus* ise hem üst hem alt çenenin büyük bir kısmında sıralanan bodur, kaşık şeklinde dişlerin bulunduğu daha kısa, kutu gibi kafataslarına sahiptir. Yetişkin *camarasaur* dişlerindeki aşınma izleri, belki de çıkaslar ve/veya kozalaklı ağaçlardan oluşan görece sert bitkilerle beslendiğine işaret ederken *Diplodocus*'un ince dişlerindeki izler yumuşak, belki de hatta su bitkilerinden oluşan bir diyeti akla getirir. İlginç bir biçimde yavru *camarasaur* dişlerindeki aşınma izleri de yumuşak bitkilerden oluşan bir diyetle işaret eder ve en azından bu sauropodun büyüme aşamalarında önemli bir besin değişimi yaşadığını gösterir.

Bu hayvanlar bitkisel ganimetini nasıl paylaşmış olursa olsun, kemik kalıntıları Mezozoik Zamanın milyonlarca yılı boyunca bolca bulunduğu için bu paylaşımı çok başarılı bir biçimde yaptıklarından emin olabiliriz. Özellikle Morrison fosil kayıtları, birçok sauropod türünün yaklaşık 5 milyon yıl boyunca aynı ekosistemleri paylaştığını gösterir. Sonuçta tüm göstergeler bu devlerin yalnızca varlıklarını sürdürmekle kalmayıp geliştiğine işaret eder. Evrim bu büyük ipliklerden Jura ağını ustaca dokumuştur.

Camarasaur ile inekler arasındaki bir diğer farklılık diyetle ilişkilidir. En sonunda inekleri (ve insanları) doğuran büyük memeli yayılımı çoğunlukla otlar tarafından körüklenmiştir. Çiçekli bitkilerin yayılımının bir parçası olan bol ve çeşitli otlar, gezegeenin büyük bir kısmında besin ağlarının temelini teşkil etmiştir (Yedinci Bölümde açıklanan Serengeti ekosistemini hatırlayın). Fakat otlar milyonlarca yıl sonra Kretase Döneminin sonuna doğru ortaya çıktığı için Jura dinzorları otla beslenmiş olamaz. O halde *Camarasaurus* ve diğer Jura otçulları ne yemiştir? Bitkisel besinleri otlardan daha kaliteli miydi yoksa daha kalitesiz mi? Elverişli bitkilerin miktarı da eşit ölçüde önemlidir. Bitkiler yerel

olarak bol ve eşit oranda mı dağılıyordu yoksa ayrı parçalar halinde mi kümelenmişti? Bu soruların yanıtları Jura manzaralarının anlaşılmasını gerektirir.

Erken Mezozoik mega-kıtası Pangaea, Jura dönemde ciddi şekilde parçalanmaya başlayarak Dünya'nın kabuğunu oluşturan bir düzine kadar levhayı harekete geçirmiştir. Bütün bu jeolojik hareketliliğin kaynağı, levha sınırlarındaki yoğun riftleşmedir. Rift kenarları boyunca tuzlu su kıta levhaları arasında büyüyen boşlukları doldurmuş ve sonunda büyük okyanusları oluşturmuştur. Sera iklimlerinin varlığı ve kutuplarda buzulların bulunmayışı sayesinde bu yeni oluşan okyanusların birçoğu periyodik olarak kıtaların alçak kısımlarını doldurmuş ve kıtasal kabuğun üzerinde sığ iç deniz yolları oluşturmuştur. Avrupa'da kara öylesine alçak ve taşkınlar öylesine yoğunudur ki sular altında kalan kıta takımadalara dönüşmüştür. Bu süreçte çarpışan levhalar büyük dağların oluşmasına ve yanardağ patlamalarına yol açmıştır.

Genel olarak Jura iklimleri Triasik Dönemde başlayan sera koşullarının bir uzantısıdır. Fakat Pangaea okyanuslar tarafından çevrilen daha küçük kıtalara bölündükçe büyük su kütlelerinin yakınlığı Triasik zamanlara özgü ciddi sıcaklık dalgalanmalarını ılımlı hale getirmiştir. Geç Jura ve Kretase dönemlerinde küresel deniz seviyelerinin yükselmesi bu ılımlılaştırma etkisini kuvvetlendirmiştir. Orta ve geç Jura genellikle bugünkünden çok daha az mevsimsellik gösteren sıcak, eşit iklimlerin hâkim olduğu zamanlarmış gibi görünür.

Hiç de şaşırtıcı olmayan bir biçimde, yaşam formları değişen jeolojik ve iklimsel koşullara uyum sağladıkça biyosfer de önemli değişimlere uğramıştır. Denizde sağlam mercan resifleri sığ ve sıcak iç denizlerde kıyının açıklarına egemen olmuş ve muazzam bir deniz yaşamı çeşitliliğini desteklemiştir. Bu denizler köpek balıkları, plesiosaurlar ve ichthyosaurlar gibi büyük deniz yırtıcılarına yem olan sayısız kemikli balığa ve notilus benzeri amonitlere de ev sahipliği yapmıştır. Havada pterosaur olarak bilinen büyük uçan sürüngenler egemen olmuştur; kısa kuyruklu ve uzun kuyruklu olmak üzere iki önemli grup balık yiyenler ve süzücülerden böcek yiyenler ve leşçillere kadar birçok ihtisaslaşmış grup

doğurmuştur. Kuşlar da küçük raptor benzeri theropodlardan evrilerek ilk olarak geç Jura devrinde ortaya çıkmıştır. Karada et ve bitki yiyen dinazorların yeni çeşitleri Triasik Dönemin sonundaki kitlesel nesil kaybının boşalttığı ekolojik alanları doldurmuştur. Triasik omurgalı hayvanların başarılı grupları –örneğin aetosaurlar, terapsidler ve raurisuchian ejderler– evrimsel yenilgiye uğramış olsa da Jura dönemin karasal ekosistemleri balıklar, kurbağalar, semenderler, kaplumbağalar, kertenkeleler, yılanlar, timsahlar ve küçük memeliler gibi daha bilindik omurgalılarla zengin bir çeşitliliği korumuştur.

Kuzey Amerika'nın batısındaki Morrison Oluşumuna dönecek olursak, Four Corners bölgesindeki iklime yüksek sıcaklıklar ve görece düşük yağış egemen olmuş görünür. Dağlardan batıya doğru akan ve yıl boyunca geniş sulak alanlar oluşturan nehirler ve yeraltı suları, muhtemelen düşük yağış seviyelerini bir ölçüde dengelemiştir. Kapalı tohumlular öncesindeki dünyada kozalaklı ağaçlar, ginkgolar, çikaskalar ve bennetitler gibi tohum taşıyıcılar ve eğreltiotları ve atkuyrukları gibi spor taşıyıcılar egemen bitkilerdir. Sürekli yeşil olan kozalaklı ağacı ormanları ve uzun çalılar muhtemelen kıvrılarak akan nehirleri takip etmiştir. Bu su yollarından daha uzaklaştıkça muhtemelen daha alçak boylu otsu bitkiler egemen olmuştur.

Önceki bölümde ele aldığımız Chinle ekosistemi örneğinde olduğu gibi Morrison ekosisteminde hem bitkilerin dağılımı ve miktarı hem de kuraklık düzeyi hakkında ciddi fikir uyumsuzlukları vardır. Jeologlar kurak koşulların sedimentolojik göstergelerine işaret ederken, paleobotanikçiler çok daha sulak bir ortamı akla getiren eğreltiotu sporlarının bolluğundan etkilenir. Fakat şundan emin olabiliriz: Bitkiler çok boldur; dev ölçülerdeki çok çeşitli hayvanları beslemeleri gerekmiştir. Eğreltiotları, atkuyrukları ve kısa boylu tohumlu bitkilerin otların yerini almasıyla genel olarak bu sahne Doğu Afrika savanasını anımsatabilir. Morrison Oluşumu modern ekosistemlerden tamamen farklı da olabilir. En azından şimdilik çok sisli bir görüntüyle yetinmek durumundayız.

Yedinci Bölümde açıklandığı gibi, düşük kalitede bitkiler yemek zorunda olan dev otçulların aynı besinsel faydaları elde etmek için daha çok bitki tüketmesi gerekir. Sauropodların sindirimlerinin bü-

yük bir kısmını geniş arka bağırsaklarında gerçekleştirdiği düşünüldüğünde, bitki hücrelerine hapsolmuş az miktardaki besleyici öğeyi açığa çıkarmak için bu türden düşük kaliteli besinlerin geçiş hızının çok yavaş olması gerekir. Uzun bağırsaklardan yavaş geçiş çok miktarda besinin sindirilmesi anlamına gelir. Farlow daha önce 35.000 kilogram (77.000 pound) ağırlığındaki bir sauropodun arka bağırsağında düzenli olarak 2200 kilogramdan (5000 pound) fazla bitkinin fermente edildiğini tahmin etmiştir; bu karnınızda Ford F150 marka uzun kasalı bir kamyoneti taşımak gibidir! Fakat Morrison otçulları ne kadar bitki tüketmiştir?

Bonn Üniversitesinden Jürgen Hummel ve bir grup meslektaşı, bu soruyu yanıtlamak için temel Morrison bitkilerinin besleyici değerlerini ölçmek için yaşayan akrabalarını incelemiştir. Bunların her birinin taze yaprakları, koyun bağırsağından elde edilen mikropalara maruz bırakılmış ve her bitki türündeki kullanılabili enerjiyi tahmin etmek için fermentasyon hızı ölçülmüştür. Deneyisel sonuçlar, çıkaslar ve çanakeğretilerin Mezozoik otçullar için verimsiz seçimler olacağını, buna karşın ginkgolar, kozalaklı ağaçlar ve diğer eğretilerinin yüksek enerji barındırdığını ve sauropodlar ve diğer Morrison otçulları için muhtemel adaylar olduğunu gösterir. Maymun bulmacası ağacı *Araucaria* enerji bakımından en zengin ama en yavaş fermente edilen tür olduğu ortaya çıkmıştır. Jura dönemi boyunca bu heybetli ağaçların yaygınlığı göz önünde bulundurulunca, *Brachiosaurus* ve *Camarasaurus* gibi büyük, yüksek bitkilerle beslenen ve yavaş fermente eden sauropodların muhtemel tercihleri *Araucaria* olmuştur. Buna karşın *Stegosaurus* ve *Diplodocus* gibi daha alçak bitkilerle beslenenlerin tercih ettiği besin ise incelenen bitkiler içinde en yüksek besleyici değere sahip olan ve hatta otları geride bırakan *Equisetum* gibi atkuyrukları olabilir. Burada dinazorların diyetlerine ilişkin bilgiye dayalı ilk bakışlarımızdan bazılarını elde ederiz.

Çok miktarda zayıf ve orta kalitede besin, bitkilerin çoğunun vücuda besleyici madde olarak özümsememesi ve dolayısıyla dışkı olarak atılması gerektiği anlamına gelir. Bu nedenle, genellikle televizyon belgesellerinde konu edilmese de bölgenin çok büyük dinazor dışkılarıyla dolu olması muhtemeldir. Bu, Morrison arazisinde basit bir yürüyüşü (sanki dev etçiller yetmezmiş

gibi) çok riskli bir spor haline getirir. Daha da kötüsü arka bağırsakta yarı yarıya sindirilmiş bitkilerin bakteriyile dolu kütleleri muhtemelen çok fazla gaz üretmiştir. Jurassic Park ekosisteminde yürüyen biri için yırtıcılar karşısında rüzgârın estiği yönde ve sauropodlar karşısında rüzgâra karşı durmak önemlidir, ne demek istediğimi anlıyorsunuz.

Toplam bitki bolluğu sorunu halen çözüme kavuşturulmamıştır. Morrison otçulları genel olarak ne kadar bitki bulunuyordu? Karada yaşayan tüm omurgalılar bitkiler tarafından sağlanan enerjiye bağımlı olduğundan bitki miktarının tahmini orada yaşayabilecek dinozorların sayısı hakkında fikir verecektir. Jura sera iklimleri, atmosferde sera gazı karbondioksitin daha yüksek seviyelere ulaşmasıyla sonuçlanmıştır. Bitkiler kendilerini üretmek için güneş ışığı, su ve karbondioksiti karıştırdığından, artan karbondioksitin bitkilerin gelişmesini teşvik ettiği öngörülebilir (veya daha doğrusu geçmiş olaylarla ilgili konuştuğumuz için “geçmişe ilişkin tahminde bulunulabilir”). Biyologlar büyük ölçüde karada bitkiler ve deniz ortamında algler aracılığıyla fotosentezden üretilen organik madde miktarını anlatmak için ANA ÜRETİM terimini kullanır. Kıtaların konumları ve sıcaklık, yağmur ve atmosferik gaz bileşimi gibi çeşitli bilgiler kullanarak matematiksel modeller aracılığıyla uzak geçmişteki ana üretimini tahmin etmek olasıdır. Bu analiz türü, tüm biyosferdeki net ana üretimin Jura döneminde günümüzdekinden daha fazla –yaklaşık iki kat yüksek– olduğunu gösterir. Bu durumda belirli bir Jura bölgesi ortalama olarak günümüzde aynı bölgede var olandan daha çok biyokütle (yani daha fazla hayvan, bitki, mantar, protist ve bakteri) desteklemiştir. Bu birçok dinozorun devasa ölçülere ulaşmasının olası bir açıklamasını sunar; belki de daha büyük otçulların daha kalabalık gruplarını beslemek için daha çok bitki vardı ve bu otçullar da daha çok ve daha büyük etçilleri destekliyordu.

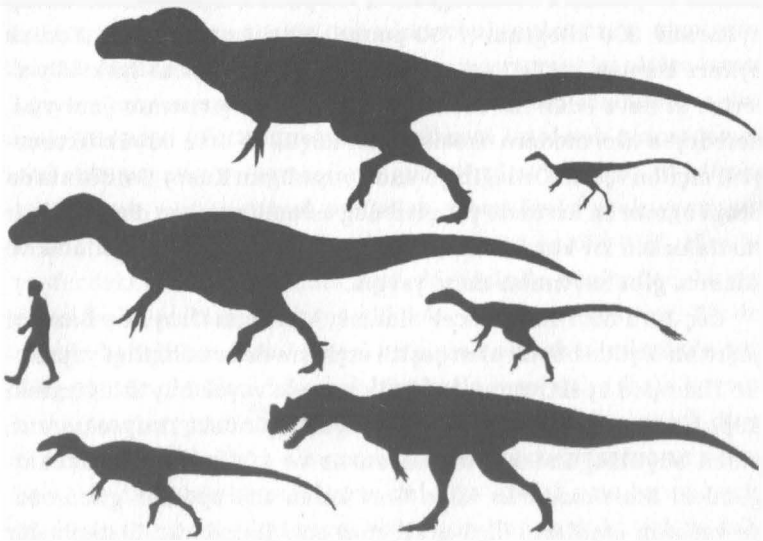
Ama durun. “Ortalama” ifadesi buradaki incelememiz için kritik önemdedir. Bitkiler Dünya’nın kara yüzeylerine eşit bir biçimde dağılmaz. Örneğin Amazon yağmur ormanlarını Antarktika veya Sahra çölüyle kıyaslayın. Biyokütle, yağış miktarı düştükçe

azalma eğilimindedir ve Morrison ekosistemi görünüşe göre düşük yağış seviyelerine sahiptir. Geç Jura devri için dünya genelindeki ana üretim hesaplandığı çalışmada, Kuzey Amerika'nın batısındaki elverişli biyokütlenin ortalamanın altında olabileceği sonucuna da ulaşılmıştır. Morrison dinozorları muhtemelen nehirler, göller ve bataklıklar gibi kalıcı su kaynaklarının etrafında yoğunlaşmıştır ve sulak bölgelerden uzaklaştıkça sayıları azalmıştır. Bu nedenle "daha çok miktarda elverişli besin" hipotezi en azından bu coğrafya için geçerli değilmiş gibi görünür ve Morrison otçulları hakkındaki henüz çözülememiş temel gizemlerle başa kalırız.

Morrison Oluşumu etçilleri de bazı gizemlerin kaynağıdır. Günümüzde yaşayan en büyük zorunlu et yiyenler, yaklaşık 300 kilogram (660 pound) ağırlığındaki aslanlar ve kaplanlar gibi büyük kediler ve yaklaşık 600 kilogram (1320 pound) ağırlığındaki kutup ayılarıdır. 800 kilogram (1760 pound) ağırlığa ulaşabilen Kodiak ayıları kısmen bir istisna teşkil eder; bu dev ayılar bitki diyetlerine et ilave eder. En üstte yer alan bir tek yırtıcının yanı sıra, neredeyse tüm modern ekosistemler küçük ve orta büyüklükte çeşitli etçiller içerir. Örneğin şu anda yaşadığım Kuzey California'da besin ağının en üstünde yer alan dağ aslanlarına son derece nadir rastlanırken kır kurdu, tilki, kızıl vaşak, sansar, rakun, gelincik ve kokarca gibi hayvanlar daha yaygın.

Geç Jura devrine dönecek olursak, Morrison Oluşumu bazıları şaşırtıcı ölçüde büyük olan çeşitli etçillere de ev sahipliği yapmıştır. Theropod spektrumunun küçük ucunda vaşak büyüklüğündeki *Koparion* yer alır; onu kır kurdu büyüklüğündeki *Tanycolagreus*, puma büyüklüğündeki *Stokesosaurus* ve Afrika aslanı büyüklüğündeki *Marshosaurus* izler. Geri kalan theropodlar günümüzde yaşayan etçillerin ölçü aralığının çok dışındadır. Listenin bir sonraki sırasında, günümüzde yaşayan en büyük kedilerden iki kat daha ağır olan *Ceratosaurus* yer alır. Burnunun üzerindeki karakteristik bıçak benzeri bir boynuza sahip olan *Ceratosaurus*'u, yaşayan en büyük kedilerden üç kat daha büyük olan yaklaşık 1000 kilogramlık (2200 pound) *Allosaurus* izler. Son olarak 2000

kilogramlık (4400 pound) etkileyici ağırlığıyla *Allosaurus*'la bile kıyaslanabilecek bir canavar olan *Torvosaurus* yer alır. (Bu konuya bütünsel olarak bakacak olursak, kötü şöhretli Geç Kretase tiranı *Tyrannosaurus* yaklaşık 5000 kilogram ağırlığındadır ve *Torvosaurus*'un iki katından daha fazla ve günümüzde yaşayan en büyük yırtıcı memelinin ağırlığından yaklaşık on altı kat büyüktür!) Birçok nedenden dolayı –çenelerde etkileyici bir şekilde sıralanan tırtıklı ve eğimli dişler başta olmak üzere– Morrison theropodlarının tümünün sadece et yediğinden emin olabiliriz; diyetlerinde bitkisel besinlere yer yoktur. En büyük kutup ayılarını ve kedileri çok geride bırakan en az üç farklı etçil türünü (*Allosaurus*, *Ceratosaurus* ve *Torvosaurus*) göz önünde bulundurduğumuzda, daha önce ele aldığımız otçullarda olduğu gibi bunun günümüzde bildiğimiz hiçbir şeye benzemeyen bir etçil topluluğu olduğu sonucunu çıkarırız.



Şekil 13.3: Morrison Oluşumu theropod dinazor faunasının vücut ölçülerinde çeşitlenme. Yukarıdan aşağıya (ve soldan sağa): *Torvosaurus*, *Coe-lurus*, *Allosaurus*, *Stokesosaurus*, *Marshosaurus* ve *Ceratosaurus*. İnsan figürü ölçek sunmak için eklenmiştir.

Torvosaurus'un varlığına rağmen Morrison ekosistemindeki ege-men yırtıcı görünüşe göre *Allosaurus*'tur. *Torvosaurus* tam olmayan örneklerin yüzeysel bilgilerinden bilinse de, *Allosaurus* yüzü aşkın örneklerle temsil edilir. *Allosaurus* fosilleri ayrı ayrı kemiklerden neredeyse eksiksiz ve zarıfçe korunmuş eklemliler iskeletlere kadar büyük bir çeşitlilik arz eder. Fakat bu Jura yırtıcısına en iyi bakışımız orta-doğu Utah'taki bir tek kemik yatağından gelir. Cleveland-Lloyd Dinozor Ocağı bugüne dek yavrulardan yetişkinlere elli kadar allosaurun kemik kalıntılarını sunmuştur. Bu, büyük theropod dinozorların bilinen en büyük topluluğudur. Cleveland-Lloyd'da çok daha az sayıda olmasına rağmen *Stokesosaurus*, *Marshosaurus*, *Tanycolagreus*, *Ceratosaurus* ve *Torvosaurus* kalıntıları da bulunması Morrison ekosisteminde çok çeşitli yırtıcıların bir arada yaşadığının kanıtıdır. Cleveland-Lloyd'da *Camarasaurus* ve *Stegosaurus* gibi bitki yiyen dinozorların kalıntıları da mevcuttur ama bunların sayısı çok daha azdır. Yıllar boyunca bu bölgenin oluşumu hakkında birçok tartışma yürütülmüştür. Birçok yırtıcının bataklıkta mahsur kalmış bir tek otçulu yemeye çalıştığı bir avcı tuzağı mıydı? Yoksa theropodlar sık sık kuraklık yüzünden hiçbir otçulun yaklaşmaya cesaret edemediği bir su birikintisinin etrafına mı toplanmıştı? Bu bölgenin kökeni hakkında paleontologlar arasındaki fikir ayrılığı sürmektedir. Fakat Cleveland-Lloyd bir Jura ekosisteminin kusursuz bir enstantanesini sunar ve Dinozor Ulusal Anıtındaki Douglass Ocağıyla yaklaşık aynı tarihte tortulaşmıştır.

Yetişkin bir *Allosaurus* günde ne kadar et tüketmiştir? Farlow yetişkin bir allosaurun kütlesini (1000 kilogram veya 2200 pound) günümüzde yaşayan endotermiler ve ektotermilerin günlük besin tüketimini tahmin etmek için kullanılan denklemlere yerleştirerek bu hesaplamayı yapmıştır. Sonuçlar, memeliler gibi endotermik bir allosaurun günde ortalama 17 kilogram (37 pound) et yiyeceğini, yani bir İskoç çoban köpeği (veya 4 yaşındaki bir çocuk) tüketceğini gösterir. Metabolizma spektrumunun diğer ucunda sürüngen benzeri ektotermik bir allosaur günde sadece 3,5 kilogram (8 pound) kadar ete ihtiyacı olacaktır; yani biraz fazla beslenmiş bir kaniş köpeği yiyecektir. Allosaurılar bu kitapta daha önce ileri sürüldüğü gibi mezotermse, kalori ihtiyaçları bu iki ucun arasında yer alacak, örneğin günde bir tazy yemeye eşit olacaktır.

Bu besin gereksinimleri, böylesine büyük bir hayvan için pek uygun görünmeyebilir. Fakat etçil devleri desteklemek için gerekli alanın büyüklüğü düşünüldüğünde bir yırtıcının yaşam tarzının ekolojik sınırları daha belirgin hale gelir. Farlow dinazor ölçülerine ölçeklenmiş yaşayan ektotermik veya endotermik etçillerin canlı örnekleriyle karşılaştırmalar yaparak bir tek *Allosaurus*'un yaşam alanını tahmin etmiştir. Farlow'un da kabaca tahminlere dayandığını kabul ettiği bu sonuçlar, ektoterm için 85 kilometre kareden (33 mil kare) endoterm için 18.000 kilometre kareye (6950 mil kare) kadar uzanır! Jura döneminde gerçek değer ne olduğundan bağımsız bir biçimde, en asgari tahmin bile allosaurların ya tek tek ya da geniş aralıklı sürüler halinde çokça hareket etmesini gerektiğini doğrular. Görünüşe göre Jurassic Parkımız için çok geniş bir arazi tahsis etmemiz gerekecektir.

Bir sonraki mantıksal sorun şudur: Çeşitli Morrison theropodlarının gözde avları ne tür hayvanlar olmuştur? Yine spekülatif yanıtlarla yetinmek zorundayız. En azından en büyük üç yırtıcı türünün menüsünde sauropod bifteğinin (elbette ki kanlı olanından) birinci sırada yer aldığı düşünülebilir çünkü uzun boyunlu sauropodlar görünüşe göre bu coğrafyada bolca bulunmuştur. Sauropodlar yavaş oldukları için de çok cazip görünür; muhtemelen theropodlardan hızlı koşamazlar ve gerçekten çok miktarda et içerirler.

Bir sauropod öldürme göreviyle yüz yüze olan theropod dinozorların, özellikle de *Allosaurus*'un olası avlanma taktikleri hakkında çok şey yazılmıştır. *Allosaurus*'un kafatası ön kısımda görece dardır; yüksekliği genişliğinden çok daha fazladır ve mühendislik çalışmaları bu yapının yandan kuvvetler yerine düşey kuvvetleri almaya çok daha elverişli olduğunu gösterir. Bazı araştırmacılar, *Allosaurus*'un ağzını sonuna kadar açıp tüm üst dişlerini kurbanı şiddetle geçirerek avına saldırdığını ileri sürmüştür. Bazıları da *Allosaurus*'un geniş ağzından faydalanarak hem üst hem de alt çenesini kullanıp avından iri bir parça kopardığını iddia eder. Belki de yırtıcılar hızlı bir ısırık aldıktan sonra dev yararak onlara dönmeden kaçmakta yani vur-kaç taktiğinde ustadır. Allosaurların yetişkin sauropodları alt etmek için sürüler halinde avlandığını varsayanlar da çıkmıştır.

Ama bir dakika bekleyin! Bazı temel rakamlara göz atalım: *Allosaurus*, 1000 kilogram (2200 pound); *Camarasaurus*, 40.000 kilogram (88.000 pound). Nihai bir Davud ve Golyat eşleşmesi olduysa o da budur (bu örnekte Davud göz korkutucu eğimli pençeleri ve dişleri kuşanmış bir tonluk bir baş belası olsa bile). Farlow'un dikkat çektiği gibi, bir allosaurun gözünden *Camarasaurus* "hareketli bir et dağı" gibi görünecektir. Çenesini açıp kocaman bir sauropoda tüm hızıyla koşan bir *allosaur*, ağır yüklü bir tıra yaklaşan bir *Vosvos* gibidir. Doğal seçim, bu tür "aşırı" avlanma davranışını muhemelen anlayışla karşılamayacaktır. Modern mega otçullar arasında büyüklük yırtıcıları caydıran belki de en etkili özelliktir ve hatta güçlü bir silaha dönüştürülebilir. Büyüklüğün yetişkin Afrika fillerini aslanlara karşı neredeyse ele geçirilemez kıldığını hatırlayın. *Allosaurus* sürü halinde avlansa bile sağlıklı yetişkin sauropodlar da muhtemelen avcılardan aynı ölçüde bağışık olacaktır.

Zavallı bir allosaur bu durumda ne yapacaktır? Gülünç boyunları olan dev yaratıklardan kaçmak ve avcılık gücünü *Camptosaurus*, *Dryosaurus* ve *Stegosaurus* gibi daha küçük hedeflere yöneltmek bir seçenektir. Bu daha küçük otçullar, hiçbir şekilde kolay av olmasa da (*Stegosaurus*'un *Allosaurus*'un kütlesinden beş kat kadar büyük olduğunu hatırlayın) muhtemelen daha büyük theropodlar tarafından sık sık avlanmış olabilir. Fakat Farlow'un her türün görece bolluğunun yaklaşık tahminlerine dayalı hesaplamaları, daha küçük otçulların büyük theropodların popülasyonlarını desteklemek için yeterince bol olmadığını gösterir. Bu durumda, sauropodlar *Allosaurus* ve diğer theropodların diyetinin zorunlu bir bileşeni olmalıdır. Sağlıklı yetişkin sauropodların menünün dışında kaldığını varsayarsak, *Allosaurus* kendini savunamayacak yaşlı, hasta ve yaralı hayvanları avlamış olabilir. Elbette ki sauropodlar kaza, hastalık veya yaşlılıktan ölünce leş ganimeti olmuştur.

Fakat bu problemin en muhtemel yanıtı, sauropodların birçoğunun –belki de çoğunluğunun– yetişkinliğe ulaşmadan çok önce theropodlara yem olmasıdır. Hızlı büyüme oranlarına rağmen sauropodların gerçekten dev vücut ölçülerinin sağladığı görkemli duruşu elde edebilmek için Morrison ekosisteminde 10 ila 15 yıl

kadar hayatta kalması gerekmiştir. Dinozorlar yumurtlayarak çoğaldığı için rahim büyüklüğü ve diğer faktörler tarafından sınırlandırılan canlı doğum yapan memelilerden çok daha fazla yavru üretebilmiştir. Bu nedenle Jura coğrafyasının yumurtadan yeni çıkmış, yavru ve genç dinozorlarla dolu olması muhtemeldir ve bunların birçoğu kolay kolay kaçamayan lezzetli genç sauropodlardır.³

Jura tartışmamızı sonlandırmadan önce bu bölümün başında gündeme getirdiğimiz temel soruya dönelim. Düşünce deneyimizdeki Jurassic Park korucusunun dokunulmamış bir Morrison ekosistemini sürdürmek için ne kadar araziye ihtiyaç duyulduğunu bilmesi gerekir. Net bir yanıt veremesek de daha büyük dinozorların ölçülerinden hareketle "müthiş büyüklükte" bir araziye ihtiyaç duyulacağını söyleyebiliriz. Jim Farlow'un hesaplamaları, bu dinozorlar ister endoterm ister ektoterm olsun Utah, Colorado, Arizona ve New Mexico'yu kapsayan Four Corners bölgesinin muhtemelen yetersiz olacağını ve yanıtın bu büyüklük ile Kuzey Amerika'nın tamamı arasında kalacağını gösterir. Bu, Kuzey Amerika'nın 150 milyon yıl önce bir tek ekosisteme ev sahipliği yaptığı anlamına gelmez. Hayır, bugün olduğu gibi çok çeşitli ekosistemler vardır. Önemli olan, başta en büyük etçiller olmak üzere belirli türlerin muhtemelen birkaç ekosisteme yayılmış olmasıdır.

Gördüğümüz gibi kullanılabilir enerji Morrison ekosistemi için temel bir kısıtlamadır. Bugün olduğu gibi geç Jura devrin-

³ Theropodlar da yumurtladığından, Morrison coğrafyasındaki etçil dinozorların çoğu yetişkin değildir. Utah Üniversitesinden Mark Loewen ve diğerlerinin çalışmaları, genç allosaurların yetişkinlerden daha hızlı ve çevik olduğuna işaret eder. Belki de genç allosaurlar kertenkeleler, amfibiler ve memeliler gibi daha küçük, çevik avlara dayalı bir beslenme düzenine sahiptir. Öte yandan gençlerin yetişkinlere ayak uydurmak için daha hızlı hareket etmesi gerekmiş olabilir. Bana göre muhtemel olmayan bir diğer alternatif ise allosaurların işbirliğine dayalı bir av gerçekleştirmeleridir; daha hızlı olan gençler, avları gizlenen yetişkinlerin olduğu yere doğru yönlendirmiş olabilir. Son olarak, gençlerin daha hızlı ve çevik olması bir uyarılama değil, sadece evrimsel bir kalıntı olabilir. Bir başka deyişle, *Allosaurus*'un atası theropodlar yetişkinken bile daha küçük ve daha çevik olabilir ve yetişkinlerde bu niteliklerin kaybı daha büyük bedenlere doğru evrimsel bir değişimi yansıtır olabilir.

de de güneş enerjisi biyosferi faal halde tutmuştur. Four Corners bölgesindeki bitkilerin yakaladığı enerji, bu karmaşık ağdaki besin zinciri dizisinde önce otçullara, daha sonra etçillere ve bazen ikincil etçillere aktarılmıştır. Gerçek anlamda tüm etçiller en azından dolaylı olarak bitki tüketicisi olarak düşünülebilir çünkü sindirdikleri et de bitkilerden üretilen enerjiden oluşur. Sıkça söylendiği gibi yemek yerken bu besin zincirindeki bariz çapraz bağlantıları nadiren düşünürsünüz öyle ki siz aslında yediğiniz şeyin hayattayken yediklerinden oluşursunuz. Enerji akışının çok verimsiz olduğunu hatırlayın; bitkilerden otçullara, otçullardan etçillere her aktarım noktasında enerjinin yaklaşık yüzde 90'ı ısı olarak çevreye yayılır ve sadece yüzde 10'luk kısım zincirin bir sonraki seviyesine geçer. Bu kısıtlama, kara ekosistemlerinin biyokütlesinin çoğunlukla bitkilerden oluşmasını ve otçulların sayısının etçillerden çok daha fazla olmasını açıklar. Ayrıca sauro-podların dev ölçülerinin theropodlarda neden bulunmadığına da bir açıklama getirir: Mezozoik devlerin varlığını sürdürebilmesi için yeterli besin yoktur.

Coğrafya özellikle devlerin dünyasında bir başka önemli kısıtlamadır. Özetle, nedensellik zinciri şu şekilde ilerler: daha büyük vücut ölçüleri, daha fazla besin; daha fazla besin, daha fazla alan (besin bulmak için); daha çok alan, daha düşük popülasyon yoğunluğu (çünkü belirli bir alan daha az büyük hayvanı destekleyebilir); daha düşük nüfus yoğunluğu, daha geniş alanlar demektir. Bu son nokta açıklığa kavuşturulmayı bekler. Neredeyse tüm karmaşık sistemler gibi ekosistemler de her zaman akış halindedir. Zaman zaman bu dalgalanmalar kuraklık, tufan veya yangın gibi felaketlerin hızlandırdığı olağandışı kötü zamanlarla sonuçlanır. Nesil tükenmesi ihtimalini azaltmak için türlerin bu kötü zamanları atlatma kapasitesine sahip olmalıdır. Uzun dönem varlığını sürdürmek için en önemli iki faktör, türün çok fazla üyesinin bulunması ve geniş bir alana yayılmasıdır. Kuraklığın, bir vadide yaşayan 200 üyeli bir türü yok etmesi binlerce kilometre kareye yayılan 50.000 üyeli bir türü yok etmesinden çok daha büyük bir olasılıktır. Bir türün makul bir uzun dönemli başarı şansına sahip olabilmesi için on binlerce üyesinin bulunması gerekiymiş gibi görünür. Borsanın çok dar bir biçimde yatırım yapanları sık sık

cezalandırması gibi doğal seçilimin tırpanı da sayıca bu seviyenin çok altına inen türleri hızla yok eder.⁴

Besin ağının tepesine ulaşan enerji bütçesinin kalıntılarıyla yetinmek zorunda oldukları için etçiller başta olmak üzere dev hayvanların yaşadığı problemleri bir kez daha görmüş olduk. Kısa vadede neslin tükenmesini önlemek için yeterli sayıda hayvanın varlığını koruması, belli bir alanda çok az sayıda hayvan yaşayabileceği için dev etçil türlerinin geniş bir alana yayılmasını gerektirir. İnsanların etkisinden önce, son zamanların en sadık etçil memelileri olan büyük kediler bazen kıta boyutlarına ulaşan geniş bölgelere yayılmıştır.

Morrison theropodlarında net bir biçimde gerçekleştiği gibi iki veya daha fazla üst etçil türü aynı ekosistemi paylaşırsa büyük etçillerin karşılaştığı güçlükler katlanır. Türler arası et rekabetini varsayarsak, ekolojik karışıma başka yırtıcı türlerin eklenmesi bir tek hayvanı ve dolayısıyla bir tek türü desteklemek için gereken toplam alanın artması anlamına gelir. Aynı geç Jura habitatında yaşayan gerçekten devasa –modern kara etçillerinden çok daha büyük– en az üç etçilin bulunduğu düşünülünce,

Morrison theropodlarının hem tek tek hayvanlar hem de daha geniş ölçekte türler olarak geniş alanlara ihtiyaç duyması muhtemeldir.

⁴ Beden büyüklüğü ile büyüklük aralığı ilişkisi, Loch Ness canavarları, koca ayaklar ve yetilerin neden akıl almaz derecede inanılmaz olduğunu açıklar. Yalnız yılanın ("Nessy") çoğalamadığı için esasen ölü bir yılan olduğu açıktır. Bir yılan ailesi veya grubu bile az sayıda oldukları için ölüme mahkumdur. Derin zamanda hayatta kalabilmek, minimal olarak belirli bir anda binlerce hayvanın varlığını gerektirir. Bu nedenle tarih öncesi yılanların küçük, değişmeden kalmış bir popülasyonunun İskoçya'daki ücra bir gölde sayısız milyon yıl varlığını sürdürdüğü fikri olağanüstü öyküler çıkarabilir ve bir sürü turist çekebilir ama eko-evrimsel perspektiften hiçbir anlam ifade etmez ve birçoğumuzun derin zamanlara ilişkin halen sahip olduğu miyop bakışı vurgular. Eski kafalılar bunu tesadüfle açıklamaya çalışabilir; yani günümüzde Loch Ness canavarı olarak bilinen Mezozoik dönemden bir plesiosaurun son temsilcisine (filmlerde yalnızca karanlık, şekilsiz bulanıklıklar olarak yakalanan nadir, kısa süreli görüntüler aracılığıyla) tanıklık ettiğimizi ileri sürebilirler. Her şeye rağmen bazı hayvanların neslinin tükenmesi gerekir. Geçmiş 65 milyon boyunca bunu temsil eden fosillerin yokluğu ve dinozorların neslinin tükenmesinden sonra denizlerde gerçekleşen önemli faunal değişimleri göz önünde bulundurulduğunda, söz konusu tanıklık en iyi ihtimalle aşırı ölçüde uzak görünmektedir.

Pangaea'nın Jura boyunca halen yavaş yavaş parçalandığını, dolayısıyla bugün ayrı kıtalar olarak bildiğimiz kara parçalarının birçok kara köprüsüyle bağlı olduğunu hatırlayın. Bu bağlantılar, görece hareket kolaylığına imkân tanımıştır ve dinazor faunaları bu dönem boyunca görece homojen kalmış görünür. Örneğin Avrupa ve Afrika'da elde edilen çeşitli geç Jura dinozorları Morrison Oluşumunda bulunanlarla yakından bağlantılıdır. Birkaç örnekte aynı türün bu kıtaların iki veya daha fazlasında bulunduğu bile öne sürülmüştür ama bu tür iddiaların olsa olsa şüphe boyutunda olduğunu düşünüyorum. Her halükarda bu kanıt geç Jura devrinde yüksek bir küresel kozmopolitlik düzeyine işaret eder; bu bakımdan son 150 milyon yıldaki herhangi bir devrin kozmopolitlik düzeyiyle rekabet edebilir veya onları aşabilir.

Jurassic Park rüyamızı daha iyi odaklamak için Morrison ekosistemi hakkındaki bazı bilgilerimizi özetleyelim. 150 milyon yaşındaki bu ekolojik ağın beliren resmi hem tanıdık hem de fantastiktir. Göller ve bataklıklarla dolu bir manzarada kıvrıla kıvrıla akan büyük nehirleri içerir. Özellikle gündüz saatlerinde büyük ve küçük otçul dinozorlar muhtemelen bu su koridorlarının kenarlarındaki uzun ağaçlar ile vızıldayan böceklerin arasında bir araya gelmiştir. Yoğun bitkiler yalnızca yiyecek sunmakla kalmamış, aynı zamanda hem yırtıcılardan hem de güneşten korunma sağlamıştır. Fakat gölgede bile aşırı ısınma muhtemelen dinozorların önemli bir sorunu olmuştur. Günümüzde yaşayan mega otçullar gibi sauropodlar ve stegosaurılar da günün en sıcak saatlerinde serinlemek için sık sık suya girmiş olabilir. Belki de bazı türler beslenmek için geceleri açık alanlara çıkmıştır. Muhtemelen yetişkin sauropodların dışında otçul dinozorlar theropodlara karşı tetikte olmuştur; belki de avlanma tehdidini azaltmak için gruplar halinde dolaşmışlardır veya hatta birçok tür bir araya gelmiştir. Büyük ve küçük theropodlar da her zaman mevcuttur; büyük olasılıkla tek başlarına ve/veya küçük gruplar halinde yaşamışlardır ve belki de bazıları bu karma bölgede kendi alanlarını belirlemiştir. *Stokesosaurus* veya hatta *Ceratosaurus* gibi daha küçük etçillerden biri avını öldürünce, diğer yırtıcılar bunun farkına varıp leş için onlara meydan okumadan önce karnını doyurmak

için muhtemelen taze et parçalarını mümkün olabildiğince hızlı mideye indirmiştir.

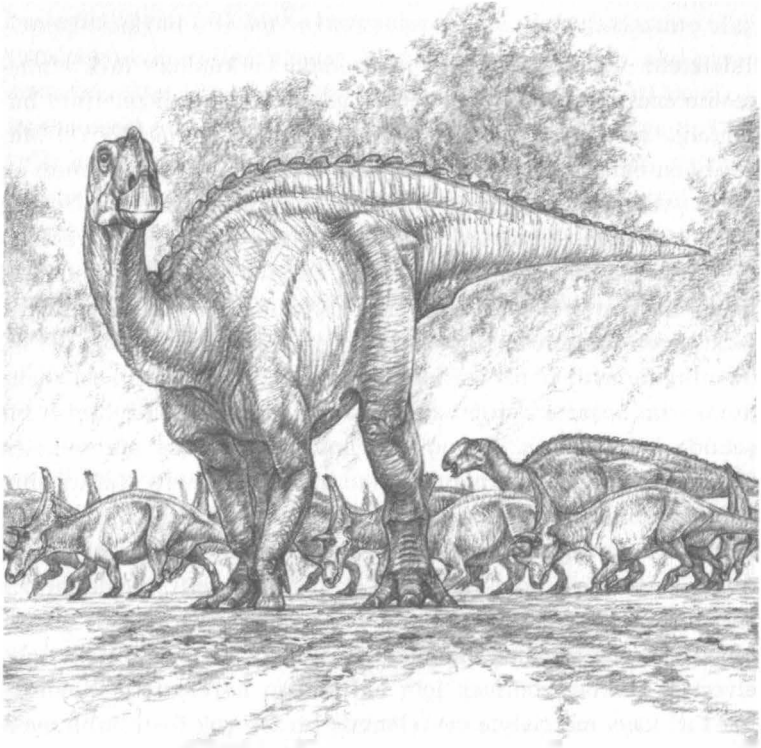
Otçul ve etçillerden oluşan bu hayvanların hepsi, toprağa nitrojen ve diğer temel öğeleri katan büyük dışkılar üretmiştir. Tüm bu hayvanların kalıntıları ve tüketilmemiş çok miktarda bitki nihayetinde ayrıştırıcı organizmalar –mantarlar, böcekler, protistler ve bakteriler– tarafından metabolize edilmiş ve geri dönüştürülen besleyici öğeler bitkiler ve hayvanların gelecek kuşaklarının oluşturulması için kullanılmıştır. Nihai sonuç muhteşem, akıl almaz karmaşıklıkta, sürekli döngü halinde bir bütündür. Fosil kayıtları, bu sistemin önemsiz çevre sorunlarına göğüs germek ve türlerin geliş gidişlerini bütünün ahengini bozmaksızın devam ettirmek için yeterli iç dirence sahip olduğunu anlatır. Buna karşın evrim sayesinde dış basınçlara yanıt olarak kendini dönüştürme, önemli değişimlere uğrama kapasitesine de sahiptir. Zamanda ilerleyerek Kretase Dönemine geçerek ekoloji ve evrimin karşılıklı oyununu içeren dönüşüm konusuna dönelim.

BATI YAKASI HİKÂYESİ

Telsizimiz üzücü haberler karşısındaki korkumuzu fark etmiş-
çesine cızırdadı. Helikopter ördek gagalı dinozor iskeletinin bu-
lunduğu en büyük bloğu kaldıramamıştı. Utah Doğa Tarihi Mü-
zesinden ekibimiz son iki saha sezonunun büyük bir kısmını en
yakın yoldan 3 kilometre (2 mil) daha uzakta çalışarak geçirmişti;
75 milyon yıllık kemikleri ortaya çıkarmak için araç ve gereçle-
ri –kaya testereleri, çekiçler, tığlar, fırçalar, plaster, çuval bezi
ve su– taşıyarak dağlık Utah kırgıbayırında her gün yürümüşü. Bitki yiyen bu dinozor tepeden tırnağa yaklaşık 11 metre (34 fit)
uzunluğundaydı ve bir Afrika fili kadar ağırdı. İskeletin arka ucu,
dinozorun hayatta olduğu zamanki gibi kemiklerle bağlantılı bir
şekilde bulunmuştu. Ön uç ise gömülmeden önce muhtemelen
akan su tarafından karman çorman hale getirilmişti. Kafatasının
yalnızca bir kısmının var olması ve bacaklara ilişkin çok kanıt
bulunmasına rağmen bu örnek Grand Staircase-Escalante Ulusal
Anıtında şimdiye dek bulunan en eksiksiz iskeletti.¹ Kemikler çok
sert bir kum taşıyla örtülmüştü ve bir tek parça halinde çıkarı-
lamayacak kadar geniş bir alana yayılmıştı. Ekip bu örneği daha
elverişli bloklara bölmek için haftalarını harcamıştı. Blokların
her biri kaya matrisiyle çevrelenmiş birden çok fosil bulunuyor-
du. Kemiklerin müzeye güven içinde taşınabilmesi için her blok
mumyaya benzer bir biçimde plaster ve çuval bezinden KORUYU-
CU ÖRTÜ'yle kaplandı. Geriye bir tek bu dinozor için bir nakil
aracı bulmak kalmıştı.

Fosillerin büyük ölçüleri nedeniyle dinozor araştırmacıları
birçok paleontoloğun karşılaşmadığı lojistik sorunlarıyla süre-

¹ Grand Staircase-Escalante Ulusal Anıtından daha da büyük bir ördek gagalı dinozor olarak görünen örnek de dahil olmak üzere (2008) daha eksiksiz ör-
nekler bulunmuş ve kazılıp ortaya çıkarılmıştır.



Kuzey Amerika'nın batısında, Geç Kretase Kaiparowits ekosisteminden bir sahne. Chasmosaurin boynuzlu dinazor sürüsü taşkın yatağında dolaşırken birkaç *Gryposaurus* ördek gagalı dinazor onlara eşlik etmektedir. Yetişkin *Gryposaurus* duraksayarak avcılara karşı etrafı kolaçan eder.

li karşılaşır. Ağırlıkları yaklaşık 25 kilografa (55 pound) kadar olan daha küçük parçalar elle taşınarak veya sırt çantalarına yerleştirilerek en yakın yola yürünür. Yaklaşık 70 kilografa (154 pound) kadar daha büyük örnekler ise sedyeye yerleştirilip dört veya daha fazla kişiden oluşan ekiplerce taşınabilir (milyonlarca yıl önce ölmüş hayvanların "kurtarıldığı" düşünülünce bu garip bir uygulamadır). Daha da ağır örnekler (yaklaşık 150 kilogram veya 330 pound kadar) daha büyük bir platforma bağlanır (genellikle kızak olarak kullanılan eski bir araba kaportası tercih edilir) ve sürüklenerek çekilir. Zaman zaman bu işlemlerde insan yerine gerçek atlar şeklindeki beygir gücünden yararlanılır. Fakat sürüklenme tekniği sadece kısa mesafelerde uygulanabilir. Son olarak taşımak veya sürüklemek için fazla büyük olan uzak örneklerde paleontologlar genellikle helikopterle taşıma yöntemine başvurur.

Kayalık, seyrek bitkili ve göz alıcı güzellikteki kırgıbayırın hâkim olduğu Grand Staircase-Escalante Ulusal Anıtı güney-orta Utah'ın yaklaşık 800.000 hektarını ve daha büyük Four Corners bölgesinin büyük bir kısmını içine alır. Bu zorlu şartlar nedeniyle günümüzde Ulusal Anıtın kapladığı alan, aşağı kırk sekiz Amerikan eyaleti içinde resmi olarak haritalanmış en son bölge olmuştur. İlk beyaz yerleşimciler (ve o tarihten sonra hemen herkes) bu kıraç, ıssız bölgeyi geçmek yerine çevresinden dolaşmayı tercih etmiştir. Aynı nedenden dolayı, Grand Staircase paleontolojik açıdan Amerika Birleşik Devletleri'nde büyük ölçüde keşfedilmemiş olan son bölgelerden biridir. 1996'da Bill Clinton bu kırılğan, yüksek-çöl kırgıbayırını Arazi İdaresi tarafından yönetilecek bir ulusal anıt ilan eden başkanlık kararını imzalamıştır. Ulusal Anıt büyük ölçüde hem canlı hem de fosil olarak doğal zenginliğinin korunması ve araştırılması için ayrı tutulmuştur. Birçok kamusal araziyle çevrilidir; Zion, Bryce Canyon ve Capitol Reef milli parkları gibi yerler her yıl milyonlarca ziyaretçi ağırlamaktadır. Buna karşın Grand Staircase ücra bir bölge olarak görülmeye devam eder ve büyük ölçüde iç bölgelere araçla ulaşımın tozlu yollarla sınırlı olmasından kaynaklı çok daha az kişi tarafından ziyaret edilir.

Anıtın adı, güneyde Grand Canyon Milli Parkından kuzeyde Bryce Canyon Milli Parkına doğru yükselen kayaların merdiven

şeklinde olmasından gelir. Aralarda çikolata rengi, parlak kırmızı, beyaz, gri ve pembe tonlarında göz alıcı falezlerle ayrılan devasa basamaklar vardır. Bu dikkat çekici jeolojik sekans Mezozoik Zamanın büyük bir kısmına yerel bir bakış sunar; Triasik kayalar önce Jura ve daha sonra Kretase dönemlerine geçiş yapar ve hepsinin üstünde erken Senozoyik Claron Oluşumunun pembe falezleri yer alır. Bu kitapta vurgulanan bu üç oluşum –Chinle, Morrison ve Kaiparowits– Grand Staircase’de ortaya çıkar ama Kaiparowits Oluşumu sadece asgari düzeyde böyledir.

Anıtın kuzey-orta Kaiparowits Platosu bölgesinde birkaç kilometre doğuda Kaiparowits Oluşumu gri renkli, falezler oluşturan kırgıbayır olarak açığa çıkar. Alttaki Wahweap, Straight Cliffs ve Tropic Shale oluşumlarıyla birlikte bu tortul tabakalar dinazor çağının sonuna dair en kesintisiz kayıtlardan birini sunar. 2000’de Utah Doğa Tarihi Müzesinden² Mike Getty’yle birlikte bu kırgıbayırı keşfetmek için bir proje başlattık ve Arazi İdaresi de bu girişimimizi finanse etmeyi kabul etti.³ Bizim çalışmamızdan önce Anıtta gerçekleştirilen birçok paleontolojik girişim başta kemirgen büyüklüğündeki memeliler olmak üzere küçük Kretase sakinlerine odaklanmıştı. Dinozorlara da rastlanmıştı ama dinazor kalıntılarının çoğu yüzeyden toplanan parçalardan ibaretti. Bura-

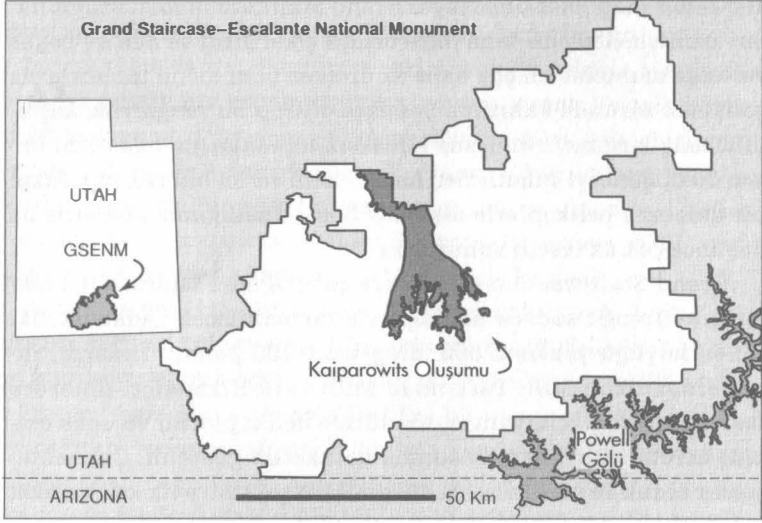
² Mike Getty, özel olarak değinilmeyi hak eden kayda değer bir kişidir. 1999’da Utah Üniversitesi ve Utah Doğa Tarihi Müzesinde ortak bir görevde çalışmaya başladıktan hemen sonra, bir paleontoloji koleksiyonları yöneticisi aramaya başladım. Kendisi de Kanadalı olan Mike, Alberta’daki Royal Tyrrell Paleontoloji Müzesi adına çalışıyordu ve bu konum için şiddetle önerilmişti. Alberta’daki meslektaşlarımdan biri Mike’ın niteliklerini açıklamaya çalışırken şu ifadeleri kullanmıştı: “Şu şekilde ifade edeyim Scott. Mike’ı en yakın otoyoldan kilometrelerce uzakta çorak bir araziye savunmasız bir halde bıraksan bile, hayatta kalmayı başarmakla kalmayıp beraberinde fosillerle birlikte çıkagelir.” Mike Getty’i işe almak, şimdiye dek verdiğim en iyi kararlardan biriydi. Omurgalı fosil koleksiyonlarını yönetmesinin yanı sıra müzenin hem sahadaki hem de laboratuvarındaki programlarını ustalıkla yönlendirdi. Özellikle de Grand Staircase-Escalante Ulusal Anıtındaki –ki burası paleontoloji çalışmaları yapmak için şimdiye kadar gördüğüm veya duyduğum en elverişsiz yerlerden biridir– saha keşiflerimizin sayısız başarısı Mike’ın yetkin yönetimi altında gerçekleşmiştir.

³ Ulusal Bilim Vakfı, Discovery Channel ve Utah Üniversitesi gibi birçok kurumdan ek kaynaklar alınmıştır. Buna karşın kaynakların büyük bir kısmı Alan Titus (GSENM), Laurie Bryant (BLM) ve Scott Foss’ın (BLM) çabalarının sonucunda Arazi İdaresi Bürosundan gelmiştir.

sı o kadar ulaşılmaz olmasaydı Grand Staircase'in fosil zenginlikleri muhtemelen çok daha önce ortaya çıkarılırdı ve ben de başka yerlerde muhtemelen çok daha az üretken olan tortul tabakalarda çalışmak zorunda kalırdım. Sessizce oturup bu rengarenk, keşfedilmemiş kırgibayırın uçsuz bucaksız topraklarına bakarken bazen bu düşünceyi rahatlatıcı, hatta ilham verici buluyorum. Fakat bir dinozoru helikopterle taşımayı başaramadığımız günlerde bu düşünce çok az teselli sunuyordu.

Grand Staircase'den çıkarmaya çalıştığımız hadrosaur bloklarının birçoğu sadece helikopterle taşınabilecek kadar büyüktü; en büyüğü yaklaşık 500 kilogram (1100 pound) kadardı. Yakınlardaki Zion Milli Parkından Milli Park Hizmetleri dinozoru taşıyabilmemiz için yangın söndürme helikopterini ve uçuş ekibini ücretsiz bir biçimde sunma nezaketini gösterdi. Çok müteşekkir olduk ve bu dinozoru milyonlarca yıl sonra ilk kez hareket ettirebileceğimiz düşüncesiyle heyecanlandık. Bu noktaya kadar her şey planlandığı gibi gitmişti. Helikopterle taşıma işleminden önce Park Hizmetleri-Utah Doğa Tarihi Müzesinden karma bir ekip kazı alanına geldi ve fosilleri helikopterin kaldırma kabloşuna tutturulabilecek büyük, sağlam ağırlara yerleştirdi. Ekip üyelerimizin birkaçı sabahın erken saatlerinde bölgeye gitti ve hava desteği ulaşınca kabloyu tutturmak için orada hazır bulundular. Helikopter planlandığı saatte ulaştı ve uçuş ekibi operasyon hakkında kısa bir bilgilendirme yaptı. En yakın yolda pilotun bu hassas kargoyu indirebileceği eski bir açık kasa kamyon bekliyordu. Hava muhteşem, açık ve ayazdı; güney Utah'taki tipik bir sonbahar sabahıydı.

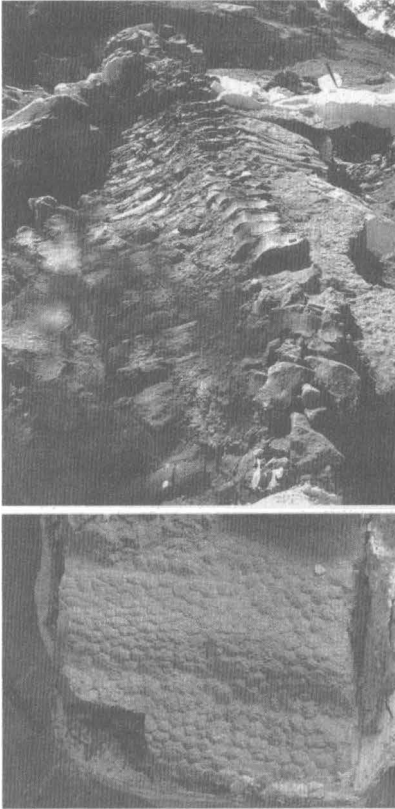
Yoldan kazı alanına yürümek bizim bir saatimizi alsa da iki kişilik uçuş ekibi A-Star B2 helikopterle birkaç dakikada ulaşmıştı. Onlar tepede dolaşırken yerdeki ekip kabloyu ördek gagalı dinozorun leğen kemiği, arka uzuvlar ve kuyruğun büyük bir kısmını içeren en ağır bloğa tutturdu. Pilot tuhaf bir biçimde sarmalanmış fildişi beyazı paketi birkaç kez yerden kaldırmaya çalıştıktan sonra çok ağır olduğuna karar verdi.



Şekil 14.1: Güney Utah, Grand Staircase-Escalante Ulusal Anıtının haritası. Koyu gölgeli bölge geç Kretase Kaiparowits Oluşumunun açığa çıkmış en büyük alanını gösterir. Ek harita Utah eyaletine göre Anıtın ölçeğini gösterir.

Bu haberi duyunca daha büyük bir helikopter bulma (ve ücretini ödeme) fikrine kapıldım. Sonra Alberta'da çok daha kötü sonuçlanan benzer bir girişimi hatırladım; pilot dinazor iskeletini yerden kaldırmayı başardıktan sonra rüzgârda helikopteri artık kontrol edemeyeceğini fark etmişti. Ani bir kararla kabloyu çözmeye karar vermişti. Dinazor kısa bir serbest düşüşün ardından şiddetle yere çarpmış ve kıymetli kargo tuzla buz olmuştu. Hem insanlar hem de fosiller için bu tür girişimlerde cesaretin çoğu basirettir.

En büyük yükün taşınamayacağı ortaya çıkınca ekipler çok daha küçük olan geri kalan iskelet bloklarını kaldırmaya başladı. Pilot her turda ustaca bir manevra yaparak kargoyu hazır bekleyen kamyonu indiriyordu ve oradaki ekip üyeleri kabloyu çözüyordu. Daha küçük paketlerin sonuncusu da taşındıktan sonra pilot en büyük bloğu son bir kez kaldırmayı deneyeceğini söyledi. Yerdeki ekip, diğer blokları taşımak için kullanılan yakıtın helikopterin ağırlığını azalttığını ve son büyük paketin artık kal-



Şekil 14.2: Üstte: Grand Staircase-Escalante Ulusal Anıtının zemininde ördek gagalı (hadrosaurin) dinazor *Gryposaurus monumentensis*'in iskeleti. Görünen kemiklerin çoğu dinazorun yaşamı sırasındaki konumuyla bir kuyruğun parçalarıdır. Altta: Bu iskeletle ilişkili olarak bulunan fosilleşmiş deri belirtisi. Bu özel örnek, bu bölümde açıklanan "havada sallanan" dinozordur.

dırılabilceğini açıkladı. Gerçekten de pilotun deneyimi kendini gösterdi. Bu defa kocaman bloğu kaldırıp kamyondaki diğer parçaların yanına güven içinde taşıdı. Görev başarıyla tamamlandı. Birkaç hafta sonra Arazi İdaresi'nden bu olayın anısına bir tişört aldım. Tişörtte helikopterden aşağı doğru sallanan gülümseyen bir hadrosaur karikatürü vardı ve altında "29 Eylül 2004, Havada Sallanan Dinazor Operasyonu" yazıyordu.

Aylar sonra Utah Doğa Tarihi Müzesinde gönüllülerden oluşan bir ekibin yüzlerce saat süren zahmetli hazırlık çalışmasının ardından bu ördek gagalı dinazorun bilim için bir yenilik olduğuna karar verdik. Alf Paleontoloji Müzesi tarafından bulunan aynı türün

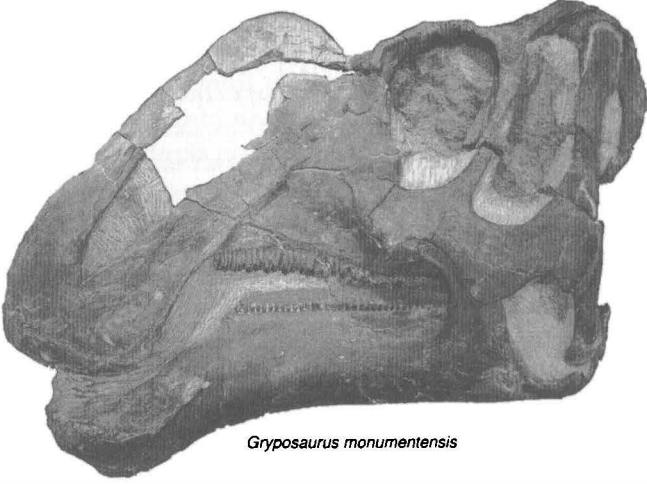
etkileyici, neredeyse eksiksiz kafatası da bu kaniyi güçlendirdi.⁴ Kafatasının üstünde abartılı bir "Romalı burnunu" andıran karakteristik sorguç, bu ördek gagalı dinazorun *Gryposaurus* cinsinin bir üyesi olduğunu gösteriyordu. Fakat diğer tüm gryposaur türlerinden net bir biçimde farklıydı. Özellikle birçok kemiği son derece kalın ve sağlamdı. Bu ona "şişirilmiş" bir görünüm kazandırıyor; dinozorların Arnold Schwarzenegger'i gibiydi. Yüksek lisans öğrencilerimden biri olan Terry (Bucky) Gates bu hayvanın bilimsel açıklaması görevini üstlendi ve ulusal anıtı onurlandırmak için yeni türü *Gryposaurus monumentensis* olarak adlandırmayı tercih etti.

Gryposaurus monumentensis son 8 yıldaki yoğun çalışmalarda Grand Staircase'de bulunan birçok farklı dinazor ve diğer hayvan türünden biridir. Keşiflerimizin çoğu 76 ila 74 milyon yıl öncesine dayanan fosil zengini Kaiparowits Oluşumundandır. Şimdiye kadar profesyonel araştırmacılar, yüksek lisans öğrencileri ve lisans öğrencilerini içeren ama ağırlıklı olarak gönüllülerden oluşan ekiplerimiz altı yüzden fazla yeni fosil bölgesi bulmuştur. Bunlardan bazıları tek tek ayrı kemikler içerirken bazıları yayılmış kemikleri ve bazıları da havada sallanan ördek gagalı dinazor gibi neredeyse eksiksiz iskeletleri içermeye eğilimindedir. Kaiparowits dinazor koleksiyonu ördek gagalı dinazorların iki ek çeşidini daha içerir: *Parasaurolophus* cinsine ait olan tüp sorguçlu bir tür ve *Gryposaurus*'un bir başka türü. Diğer otçullar büyük boynuzlu dinazorların (ceratopsidler) üç türü; bir veya iki kubbe başlı dinazor (pachycephalosaur) ve en az bir küçük, iki ayaklı ornitopod (hypsilophodont) içerir. Ekolojik kütüğün etçil tarafında büyük ve küçük bir dizi theropod yer alır. Küçük vücutlu formlar en az üç orak pençeli yırtıcı (iki dromaeosaur ve bir troodont), bir ornithomimosaur ve *Hagryphus* olarak adlandırdığımız bir oviraptorosauru kapsar.⁵ En büyük theropod, *T. rex*'ten çok daha küçük ama bu dönemin tipik bir tyrannosauru olan 1000 ila 2000

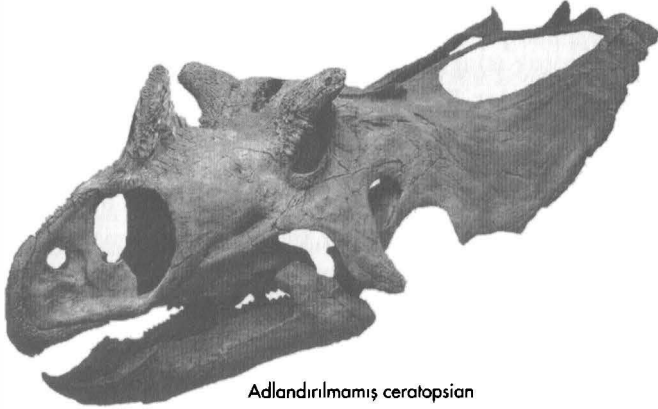
⁴ California, Claremont'daki Alf Paleontoloji Müzesi bir lise kampüsündeki tek paleontoloji müzesidir. Bu okuldaki öğrenciler ve öğretmenlerden oluşan bir grup eksiksiz bir *Gryposaurus* kafatası bulunmuştur ve keşfin lideri Don Lofgren bu kafatasını çalışmamıza dahil etmemize nazikçe izin vermiştir.

⁵ Sekizinci Bölüme dönüldüğünde, bu küçük coelorosaur theropodların bazılarının hepçil ve/veya özellikle ornithomimosauriler örneğinde büyük olasılıkla mecburi otçul olması muhtemeldir ve belki de kuvvetle muhtemeldir.

kilogram (2200 ila 4400 pound) ağırlığındaki theropoddur. 9 metre (30 fit) uzunluğundaki korkunç timsah *Deinosuchus* en üst etçil olmak için tyrannosaurla rekabet etmiş olabilir.



Gryposaurus monumentensis



Adlandırılmamış ceratopsian

Şekil 14.3: Üstte: Ördek gagalı (hadrosaurin) dinozor *Gryposaurus monumentensis*'in gerçek kafatası. Altta: Henüz adlandırılmamış chasmosaurin boynuzlu dinozorun yeniden inşa edilmiş kafatası. Her iki hayvan da güney Utah'taki geç Kretase Kaiparowits Oluşumundan çıkarılmıştır. Kafatasları ölçekli değildir.

Boynuzlu dinazorlar özellikle dikkate değerdir. Üç yeni türden biri kısa fırfırlı CENTROSAURİNE grubunun üyesidir. Bu grubun birçok üyesi gözlerinin üzerinde küçük birer boynuza ve burnunun üzerinde daha büyük bir boynuza sahiptir ama yeni Grand Staircase centrosaur yukarı değil ileri doğru kıvrılan uzun göz boynuzlarıyla küçük, bıçak benzeri bir buruna sahiptir. Geriye kalan iki Kaiparowits seratopsid, *Triceratops*'u içeren uzun fırfırlı CHASMOSAURİN grubunun üyesidir. Bunların biri, kafatası 2,2 metreden (7 fit) uzun olan *Pentaceratops*'la yakın akraba büyük bir dinozordur. Üçlünün son üyesi, iri bir burun boynuzuna, yanlara doğru kavisli uzun göz boynuzlarına ve arkada on eğimli kancayla çevrili kısa, geniş bir fırfıra sahip gerçekten garip bir dinozordur! Olup olabilecek tüm kemik özelliklerine sahip bu dinozorun gelmiş geçmiş en süslü dinozorlardan biri olduğu söylenebilir.

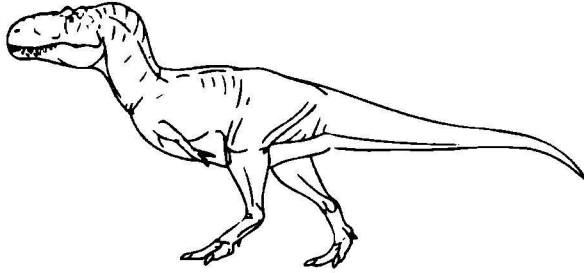
Çoğu koyu çikolata kahverengisi fosilleşmiş kemikler genellikle olağandışı bir biçimde korunmuştur. Dünya genelinde dinazor bulunan oluşumların hemen hepsinin aksine, başta ördek gagalılar olmak üzere Kaiparowits dinazor iskeletlerinin birçoğu bolca deri izi taşır. Uzunca bir süre "dinazor mumyaları" adı verilen bu kalıntıların kurak, nemsiz koşullar altında oluştuğu düşünülmüştür. Fakat Grand Staircase'teki mumyalar nehir yatağındaki kum taşlarına gömülüdür ve çeşitli jeolojik ipuçları Kaiparowits Oluşumunun çok ıslak, belki de bataklık benzeri bir ortamda biriktiğine işaret eder. Bu nedenle fosilleşme sürecini özellikle bu türden olağandışı korunmuş örneklerle ilişkili olarak açıkça yeniden düşünmemiz gerekir. Birçok Kaiparowits dinazoruna bitkiler, böcekler ve midyelerin çok sayıda kanıtıyla birlikte balıklar, amfibiler, sürüngenler, kaplumbağalar, timsahlar ve memeliler gibi dinazor dışı canlıların büyük bir çeşitliliğinin eşlik etmesi, bu antik ekosistem hakkında anlamlı bir bakış elde etmemizi sağlar.

160 milyon yıllık Mezozoik dinazorlar kadrosu içinde dünya çapında belki de en çok bilinen zaman aralığı Kretase Döneminin günümüzden yaklaşık 80 ila 65 milyon yıl önceki son 15 milyon yıllık dilimidir. Dünyanın dört bir yanında –en son Çin ve Arjantin gibi yerlerde– çarpıcı bulgulara ulaşılmış olmasına rağmen dinozorların yaşamları ve zamanları hakkındaki en kapsamlı kayıtlar Kuzey Amerika'nın batısında yer alır. Bu zengin miras kısmen yüzyılı aşkın

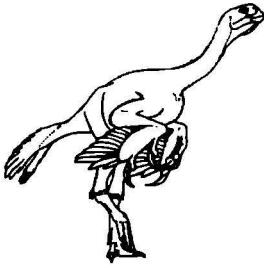
bir süre boyunca Amerika'nın batısındaki kırgıbayırları dolaşan çok sayıdaki dinazor avcısındanandır. Daha da önemlisi, bu kırgıbayırlar dinozorların bulunması bakımından dünya üzerindeki en zengin bölgeler arasındadır. Özellikle geç Kretase devrine ait kayalar jeolojik zamanın milyonlarca yılına uzanan ve Alaska'dan Meksika'ya kadar geniş bir coğrafyaya yayılan büyük bir form çeşitliliği sunmuştur. Sayısız iskeleti ve toplu mezarı içeren binlerce dinazor örneği çıkarılıp incelenmiştir. Kayalar da kısmen içerdikleri dikkat çekici fosiller ve kısmen de bu tortul katmanlarındaki petrol, kömür ve gaz potansiyeli nedeniyle yoğun bir biçimde incelenmiştir. Sonuç olarak geç Kretase dinozorlarını Mezozoik Zamanın başka herhangi bir zaman-mekân diliminden çok Kuzey Amerika'nın batısından tanıyoruz. Bu bilgi zenginliği, başka yerlerde gündeme getirilemeyecek bir dizi paleontolojik soruyu ele almamıza olanak sağlar.

En geç Kretase dinazor faunaları, Güney'de de nadiren belgelenmiş olmalarına rağmen asıl olarak İç Batı'nın kuzey kısmında –özellikle Alberta, Montana ve Wyoming'de– bilinmektedir. Geç Kretase dinozorları elbette ki Güneybatı'da Utah, Colorado, New Mexico, Texas ve Meksika'nın çeşitli bölgeleri gibi birçok yerde bulunmuştur ama fosiller genellikle parçalar halindedir. Güneydeki bu dinazor bulguları çoğu kez tyrannosaur, hadrosaur ceratopsidler gibi önemli gruplara atfedilmişse de birçoğu tür tanımlaması yapılamayacak ölçüde eksiktir. Güney fosillerinin kıtlığı, Amerika'nın güneybatısındaki en iyi belgelenmiş geç Kretase dinazor topluluğunu sunan Grand Staircase- Escalante Ulusal Anıtının önemini artırır.

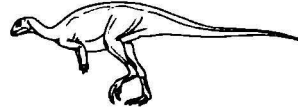
Kaiparowits dinozorları bir açıdan sıradandır. Daha önce açıklanan önemli gruplar, Kuzey Amerika'nın iç batı bölgesinden elde edilen bu çağa ait dinazor faunalarının tipik öğeleridir. Grand Staircase'in yanı sıra bu bölgelerde hadrosaur lar ve ceratopsidler değişmez biçimde egemen mega otçullardır; pachycephalosaur lar, ankylosaur idler ve hypsilophodont lar gibi başka ornithischian lar de mevcuttur ama çok daha seyrek tir. Theropod lar arasında tyrannosaur lar değişmez bir biçimde tek büyük vücutlu etçiller dir ama onlara ornithomimosaur lar, dromaeosaur lar ve troodont lar gibi daha küçük bir dizi form eşlik eder. Fakat Kaiparowits faunası benzersizliği açısından büyüleyicidir; daha yeni yeni ortaya çıkarmaya başladığımız şaşırtıcı bir öykünün ipuçlarını sunar.



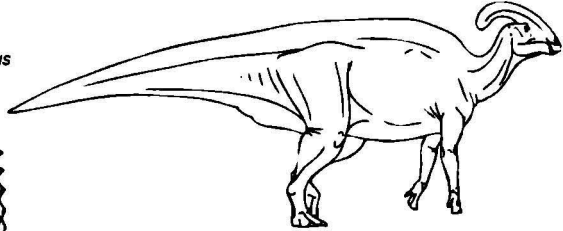
Unnamed tyrannosaur



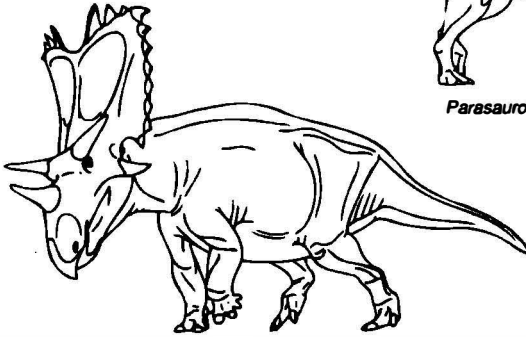
Hagryphus



Hysilophodont



Parasaurolophus



Adlandırılmamış ceratopsian

Şekil 14.4: Geç Kretase Kaiparowits Oluşumundan temsili hayvanlar: şimdiye dek adlandırılmamış tyrannosaur theropod; oviraptorosaur theropod *Hagryphus*; adlandırılmamış bir hysilophodont ornithomimid; lambeosaurine hadrosaur *Parasaurolophus*; adlandırılmamış bir chasmosaurin ceratopsid.

1960'larda birkaç paleontolog İç Batı'nın kuzey kısmında bulunan dinazorlar ve diğer geç Kretase hayvanlarının daha kuzeyde bulunanlara göre aynı türleri temsil ettiğini fark etmiştir. Texas Teknik Üniversitesinden Thomas Lehman, 1987'den itibaren bir dizi makale yayımlayarak bu coğrafi çeşitliliği ayrıntılı olarak belgelemiş ve İç Batı bölgesinde kanıtların farklı enlemlerde farklı bitkiler ve hayvan topluluklarının veya biyo-örtülerin varlığını güçlü bir biçimde desteklediği sonucuna ulaşmıştır. Bu bulgu ciddi bir şaşkınlık yaratmıştır. Büyük vücut ölçüleri ve muhtemelen buna uygun iştahları göz önünde bulundurularak uzunca bir süre dinazorların geniş coğrafi aralıklara sahip olduğu varsayılmıştır. Bazı paleontologlar, bitki yiyen dinazor sürülerinin bugünkü ren geyikleri gibi mevsimsel olarak uzun mesafelere göç ettiğini, belki de yazlarını Alaska'nın yüksek enlemlerinde geçirip kışı geçirmek güneye indiğini bile ileri sürmüştür. Lehman'ın sonuçları ise tam tersine, tüm yıl boyunca çok daha küçük coğrafi alanlara işaret eder görünür.

Güney Utah'ta açığa çıkarılan yeni Kaiparowits faunası Lehman'ın hipotezini güçlü bir biçimde destekler. Şimdiye kadar bulunan on altı dinazor türünden hiçbirisi batı Kuzey Amerika'nın kuzey bölgesinde kesin olarak belgelenmemiştir. Benzer bir biçimde Alberta ve Montana'da kuzeyde çıkarılan kabaca aynı yaştaki dinazor türlerinin büyük bir kısmı Utah'ta yoktur. Bu bulgu Kuzey Amerika'nın kuzey ile güney bölgeleri arasında göçlerin yaşanmış olmasıyla tutarsızdır. Ayrıca birçok dinazor türünün çok küçük yaşam sahalarına sahip olduğunu gösterir; belki de günümüzde yaşayan büyük memelilerden çok daha küçük alanlara ihtiyaç duymuşlardır. Daha kötüsü (ve daha ilginç) başka yerlerdeki kemik yatağı kanıtları başta boynuzlu ve ördek gagalı dinazorlar olmak üzere kimi dinazor çeşitlerinin en azından bazen yüzlerce veya hatta binlerce üyeli kalabalık gruplar halinde bir araya toplandığına işaret eder ve bu hayvanların yaşamlarını sürdürmek için yeterli besini nasıl bulduğu hakkında başka sorular doğurur.

Geç Kretase devrinde Kuzey Amerika'daki çevre koşullarını anladığımızda gizem daha da derinleşir. Geç Kretase devrinin büyük bir kısmında kuzeyde Arktik Okyanusu'ndan güneyde

Meksika Körfezine kadar uzanan sığ deniz yolu Kuzey Amerika'yı gayri resmi bir biçimde "Batı" ve "Doğu" Amerika olarak adlandıracağımız iki kıtaya bölmüştür.⁶ *Gryposaurus monumentensis* ve İç Batı'daki diğer geç Kretase dinazorlarının düzinelercesine ev sahipliği yapan BATI AMERİKA esasen dar, uzun bir ada kıtadır. Yaklaşık 75 milyon yıl önce Kaiparowits zamanlarında Batı Amerika'da dinazorların bol olduğu habitatların toplam birleşik alanı 4 milyon kilometre kare (1,5 milyon mil kare) kadardır; yani Kuzey Amerika'nın günümüzdeki büyüklüğünün yüzde 20'sinden daha küçüktür. 30 milyon yılı aşkın bir süre büyük ölçüde izole kalmıştır. Günümüzdeki Rocky Dağlarına benzer bir biçimde, bir kuzey-güney dağ zinciri yarımadanın büyük bir kısmını sivri bir omurga gibi kat eder.

KRETASE İÇ DENİZ YOLU'nun sınırları sabit olmaktan çok uzaktır; küresel deniz seviyelerinin alçalıp yükselmesiyle periyodik olarak önemli ölçüde genişlemiş ve daralmıştır. Resmi olarak DENİZDE KABARMA ve GERİ ÇEKİLME olarak bilinen bu yavaş dalgalanmalar karadaki elveriş habitatta genişleme ve daralmaya yol açmıştır. Yükselen dağlar ve yer değiştiren deniz yolları, kayalarda deniz istilalarını itinayla kaydederek görece eksiksiz bir jeolojik kayıt oluşturmuştur. Utah, Montana veya Alberta'daki kıraç kırgıbayırlarda yürüyen bir paleontolog veya jeolog milyonlarca yıllık üst üste yığılmış antik çevrelerde dolaşan bir tür zaman yolcusudur; bir nehir yatağından yumuşak eğimli bir kıyı ovasına, oradan da sahillere ve sığ denizlere ilerler ve geriye doğru aynı sekansı takip eder. Neyse ki tortul tabakalarının katlı pasta gibi birikmesi çok sayıda fosili de korumuştur.

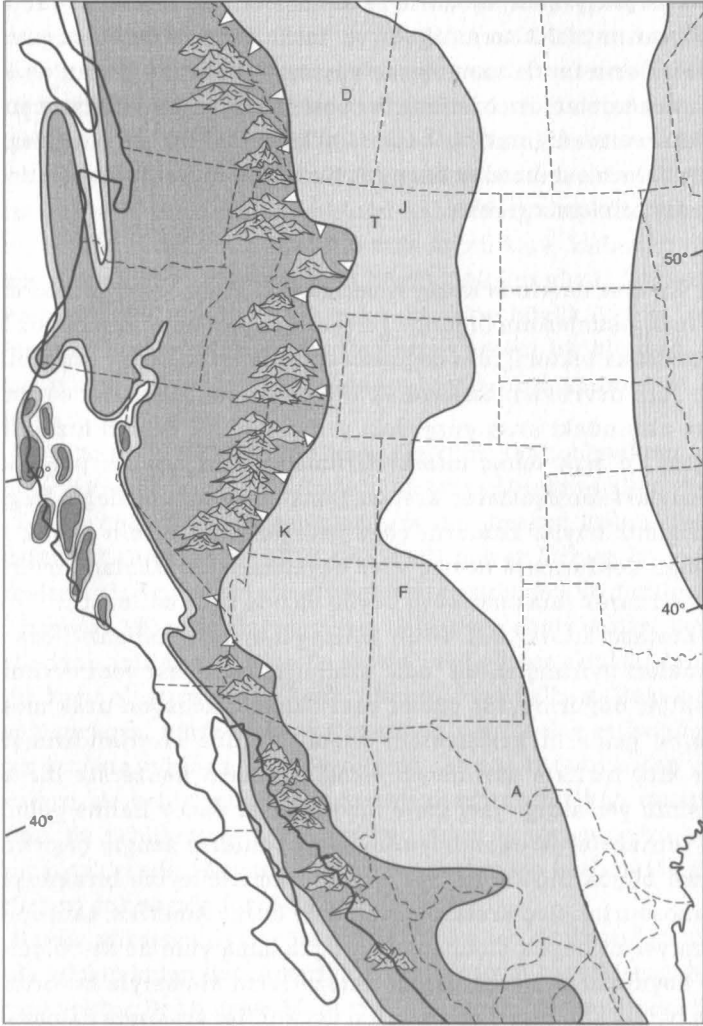
Batıda yükselen dağlar ile doğuda değişken deniz yolları arasında sıkışıp kalan Batı Amerika dinazorlarının kaçabileceği hiçbir yer yoktur. Dolayısıyla Montana'da yaşayan bir dev dinazorlar grubu ve güneyde 16.000 kilometreden az bir mesafede Utah'ta yaşayan tamamen farklı bir türler grubuyla karşılaşmamız kafa karıştırıcıdır. Bu sürüngen devler yeterli besini nasıl bulmuştu? Beklenenden daha az mı yiyorlardı (metabolizmalarının spektrumun ektotermik ucunda yer aldığının bir göstergesi)? Hayvanların

⁶ "Batı" ve "Doğu Amerika" için kullanılan resmi bilimsel adlar sırasıyla Larimidia ve Appalachia'dır.

daha küçük yaşam alanlarında kalmasını sağlayacak kadar bol bitki var mıydı? Alternatif olarak, farklı bölgelerde bulduğumuz dinazorların farklı zamanlarda yaşamış olması ve bunun da küçük yaşam alanları izlenimi vermesi mümkün mü? Yoksa henüz farkına varmadığımız bir başka açıklama olabilir mi? Bu gizemin derinliklerine dalmadan önce geç Kretase dünyası hakkında daha çok şey bilmemiz gerekir.

Geç Kretase devrinde Kuzey Amerika'daki dinazor evrimi, küresel çevre değişimlerinin fonunda gerçekleşmiştir. Bu akışın büyük bir kısmı levha tektoniğinin değişken etkinliklerine kadar uzanabilir. Geç Jura devrinden başlayarak Dünya'nın derinliklerinde erimiş kaya akışındaki artış yüzeydeki yerkabuğu hareketini hızlandırmıştır. En açık sonuç kıtasal kırılmadır: Pangaea'nın parçalanmasındaki son aşamalar. Kretase Döneminin sonuna doğru bugün bildiğimiz büyük kıtaların çoğu gezegenin yüzeyinin büyük bir kısmını doldurmaya devam eden okyanuslar tarafından birbirinden ayrılarak tamamen veya büyük ölçüde izole edilmiştir.

Kretase kıtalarının artan izolasyonu, kara tabanlı flora ve faunaları ayırmıştır. Bu "ada" kıtaların ayrılması yeni evrimsel fırsatlar doğurmuştur çünkü yeni oluşan izolasyon uzak mesafelerde genlerin karışmasını önemli ölçüde sınırlandırmıştır. Her kıta birlikte evrimleşen ekosistemlerin benzersiz bir kümesinin yer aldığı yarı izole bir evrimsel deney haline gelmiştir. Dinozorlarda uzun boyunlu sauropodların zengin çeşitliliği yerini büyük ölçüde bir tek grubun temsilcilerine bırakmıştır: titanosaurılar. Geç Kretase devrindeki Kuzey Amerika, sauropodların yerini büyük ölçüde daha küçük (ama yine de dev ölçülerde) boynuzlu ve ördek gagalı dinazorların almasıyla bu örüntü için bir istisna teşkil etmiştir. En üst etçiller arasında da paralel bir örüntü gerçekleşmiştir. Jura allosaurılarının ortadan kaybolmasının ardından torvozorlar ve yakın akrabaları, carcharodontosaurılar ve abelisaurılar gibi gruplar (geç Jura devrinden *Ceratosaurus*'un uzak akrabaları) ekvatorun güneyinde hüküm sürerken, tyrannosaurılar Asya ve Kuzey Amerika'da kesin bir egemenlik kurmuştur.



Şekil 14.5: Geç Kretase batı Kuzey Amerika'da (yaklaşık 75 milyon yıl önce), Kretase İç Deniz Yolunun (sağ taraftaki beyaz bölge) kıtanın orta bölgesini kaplaması. Günümüzdeki eyaletlerin ve şehirlerin konumları ve temel jeolojik formasyonların konumları belirtilmiştir. Kısaltmalar: D, Dinosaur Park Oluşumu, Alberta; J, Judith River Oluşumu, Montana; T, Two Medicine Oluşumu, Montana; K, Kaiparowits Oluşumu, Utah; F, Fruitland Oluşumu, New Mexico; A, Aguja Oluşumu, Texas. Kenarlardaki rakamlar geç Kretase devrindeki enlemlere işaret eder.

Zaman zaman küresel deniz seviyesindeki düşüşler, yeni izole olmuş kıtalar arasında kara bağlantılarını yeniden oluşturarak flora ve fauna değiş tokuşlarını canlandırmıştır. Örneğin Kuzey Amerika, erken Kretase devrinde Avrupa ve Asya'yla ve geç Kretase devrinde Asya ve Güney Amerika'yla jeolojik olarak kısa ömürlü kara bağlantılarını paylaşmıştır; tüm bunlar evrimsel karışıma yaşamsal malzemeler eklemiş ve temel yaşam formlarının kaderlerini değiştirmiştir. Özellikle Asya ve Kuzey Amerika geç Kretase devrinin çeşitli bölümlerinde dinazorların ve diğer yaşam formlarının doğu Asya ile kuzeybatı Kuzey Amerika (günümüzde Alaska) arasındaki antik kara köprüsünü geçmesiyle çok benzer faunaları paylaşmıştır. (On milyonlarca yıl sonra insanlar da aynı rotayı kullanarak Asya'dan Kuzey Amerika'ya ve hemen ardından da Güney Amerika'ya yayılmıştır.) Yine de geç Kretase devrinin büyük bir kısmında Batı Amerika ve Asya birbirinden tamamen izole haldedir.

Kretase Dönemindeki tektonik etkinliğin diğer iki sonucu, yükselen deniz seviyeleri ve sıcak, ılıman iklimlerdir. Mezozoik iklimlerin genel olarak günümüzdekinden çok daha sıcak olduğunu ve bu eğilimin Kretase Döneminin büyük bir kısmında etkili olduğunu hatırlayın. Mezozoik Zamanın daha önceki dönemlerinde olduğu gibi Kretase Döneminde de kutup bölgelerinde buzulların olmadığı anlaşılır. Kretase biyosferi, atmosferdeki karbondioksit artışıyla birlikte önemli bir küresel ısınmaya sahne olmuştur. Bu ekstra karbondioksit nereden gelmiştir? Elbette ki bacalardan, egzozlardan veya jetlerden değil. Deniz yüzeyinin giderek yayılması, okyanus kabuğunun daha büyük kütleler halinde kıta sınırları boyunca batmasına (Dünya'nın çekirdek kabuğuna doğru inmesine) yol açmıştır. Bu süreç geniş çaplı volkanik faaliyetleri tetiklemiştir. Volkanik püskürmeler büyük miktarlarda karbondioksit salmış ve bunun sonucunda atmosferik sıcaklıklar artmıştır.

Fakat geç Kretase devri yeryüzünde cehennem türünde bir sıcak sera değildir. İklim yazın ortasında Ölüm Vadisi'nden çok Karayip Adalarına benzer bir biçimde yılın büyük bir kısmında ılımandır. Yetmiş beş milyon yıl önce tropikal ve alt tropikal iklimler güneyde en az 70 dereceye ve kuzeyde 45 dereceye kadar yayılmıştır. Bu ılıman etkiyi büyük ölçüde yükselen deniz seviyeleri yaratmıştır. Okyanuslar kısmen suyun kutup bölgelerinde

donarak hapsolmasını önleyen yüksek atmosferik sıcaklıklar nedeniyle genişlemiştir. Deniz yüzeyindeki hızlı yayılma, okyanus ortasındaki dağ sıralarını yükseltmiş ve bu da kıtalara daha çok suyun akmasına ve birçok kıtanın alçak bölgelerinde sığ denizler oluşmasına yol açmıştır. Kuzey Amerika'nın Kretase İç Batı Deniz Yolu bu olgunun başlıca örneğidir. Sığ deniz iklim üzerinde güçlü bir ılıman etki yaratmış ve mevsimsel olarak daha yavaş ve daha küçük sıcaklık dalgalanmalarıyla sonuçlanmıştır (Dördüncü Bölümde açıklanan "San Diego etkisini hatırlayın). Bu koşul günümüzde Kuzey Amerika'nın içlerinde gördüğümüz şartlarla -sıcak yazlar ve soğuk, buzlu kışlar- tam bir tezat teşkil eder.

Erken Kretase bitkileri, daha önceki Jura versiyonlarına benzerdir; eğreltiotları, atkuyrukları ve diğer spor taşıyan pteriditler kozalaklı ağaçlar, çikasklar, ginkgolar ve bennettitlerle bir arada yaşamıştır. Fakat tohumlu bitkilerin bir diğer grubunun -kapalı tohumlular veya çiçekli bitkiler- ortaya çıkışıyla birlikte erken Kretase devrinde bir bitki devrimi başlamıştır. Çiçekli bitkiler görünüşte yavaş bir başlangıç yapsalar da orta Kretase devrinde birçok kara habitatına egemen olmuştur. Bu hakimiyet, kapalı tohumluların en 275.000 türüyle günümüze dek sürmüştür. Yedinci Bölümde ayrıntılı bir biçimde ele alındığı gibi, geç Kretase çiçekli bitkileri bol, çeşitli ve kolayca yenilenebilir bir besin kaynağı sunmaları bakımından kendilerinden önceki açıktohumlulardan ciddi bir biçimde farklılaşır. Ayrıca kapalı tohumlular çok çeşitli habitatlara yayılmış, zarar gördüklerinde daha hızlı bir biçimde toparlanmış ve sindirim için daha az kimyasal ve mekanik engel taşımıştır. Ağaçlar kayın, meşe, akçaağaç ve manolya gibi bilindik adları içermiştir (ama bunlar günümüzdekilerle aynı türler değil, onların yakın akrabalarıdır). Otlar post-Mezozoik kara tabanlı ekosistemlerin başlıca enerji kaynakları olmuştur ama Batı Amerika habitatlarında mevcut değildirler. O halde geç Kretase devrinde yer örtüsü hangi tür bitkilerden oluşuyordu? Kirk Johnson'ın çalışması, bu devrin büyük bir kısmında hadrosaurılar, ceratopsianler ve tyrannosaurların düğün çiçeği, şerbetçiotu ve ısırganotu gibi yapraklı, otsul çiçekli bitkilerle kaplı geniş çayırlarda dolaştığını ileri sürer. Gerçekten de bu kısa bitkiler bazı otçul dinazorların diyetlerinde ana unsur olabilir.

Yaklaşık 75 milyon yıl önce Batı Amerika dinazorlarındaki enlem-
sel çeşitlenme sorununa geri dönelim. Batı Amerika'nın kuzey ve
güneyinde aynı dönemlerde farklı dinazor türlerinin bulundu-
ğundan emin olmadan önce, zamana dayalı farklılıklar olasılı-
ğını elememiz gerekir. Yani bilinen dinazor türlerinin Alberta ve
Montana'da farklı, Utah ve New Mexico'da farklıyken bu hayvan-
ların zamanda örtüşmemesi mümkün olabilir. Bu durumda varsa-
yılan kuzey-güney yerelliği hayali olacaktır; coğrafi olarak yaygın
dinazor topluluklarının zamanla değişmesinden daha dikkat çe-
kici bir öykü çıkmayacaktır.

Eric Roberts, Southern Utah Üniversitesinden olağandışı bir
genç bilim insanı ve Grand Staircase projesinde görev yapan je-
ologdur. Kaiparowits Oluşumunda jeolojik etüt gerçekleştirirken,
geç Kretase devrindeki etkili volkanik püskürmeler sırasında bi-
riken birçok kül katmanları bulmuştur. Bu katmanların her biri
argon elementinin iki izotopunun göreceli miktarlarını karşılaştı-
ran yaygın bir radyometrik teknik kullanılarak tarihlendirilmiştir
(bu teknikle ilgili ayrıntılı bilgi için İkinci Bölüme bakın). Sonuç-
lar Kaiparowits Oluşumunun 76 ile 74 milyon yıl önce arasında 2
milyon yıllık bir döneme oluştuğuna işaret eder. Roberts, bu ra-
kamları geç Kretase devrinde İç Batı'da daha kuzeydeki dinazor
bulunan diğer formasyonlardan -özellikle Alberta'daki Dinazor
Park Oluşumu ve Montana'daki Two Medicine ve Judith River olu-
şumlarından- elde edilen tarihlerle karşılaştırmış ve bu jeolojik
birimlerin zamanda örtüştüğü sonucuna ulaşmıştır. Bu bulgu,
oluşumlarda bulunan dinazorların birçoğunun yer bakımından
olmasa da zaman bakımından birlikte yaşadığını gösterir ve ye-
rellik hipotezine eleştirel destek sunar.

Fakat kayalardan kemiklere sıçrayıp kuzey ve güneyden di-
nazor faunalarını karşılaştırmaya başlamadan önce tipik bir
dinazor türünün ne kadar uzun yaşadığını bilmemiz gerekir. İki
milyon yıl, insan kavrayışının neredeyse ötesinde çok uzun bir
zaman dilimidir. Tipik bir dinazor türü mesela 100.000 yıl varlı-
ğını sürdürdüyse, 2 milyon yıllık bir zaman penceresinin başın-
dan sonuna birçok farklı tür grubu gelip geçmiş olabilir ve bu da
kuzey ve güney faunaları arasındaki karşılaştırmaları geçersiz
hale getirir.

Bir türün süresini veya toplam yaşam ömrünü tahmin etmenin tartışmalı olduğu ortaya çıkar. Elimizden gelenin en iyisi, jeolojik olarak en yaşlı ile en genç tür örnekleri arasındaki zaman farkına eşit olan bir minimum tahmin sunmaktır. Sonuçta yarın birileri daha yaşlı veya daha genç fosilleşmiş bir örnek bulup bu süreyi uzatabilir. Jeolojik kayıtlar ve fosil kayıtları ne kadar eksiksizse, bu tür tahminlere o kadar çok güvenebiliriz. Mercanlar, midyeler ve ammonitler gibi sert kabuklu deniz organizmalarının birçok türünde, bilinen fosil örneklerinin sayısı yüzleri veya hatta binleri bulduğu için bu süreler görece daha kesin olarak belirlenebilir. Ne yazık ki dinazor türlerinin (ve genel olarak omurgalıların) çoğunda tür yalnızca bir veya birkaç örnekten bilinir ve bu da zamandaki dağılımlarını doğru bir biçimde değerlendirmeyi olanaksız hale getirir. Yine de yeterince dinazor fosil kayıtlarında bazı sağlam tahminler yapmaya yetecek kadar temsil edilir. Dinazor türlerinin (ve diğer omurgalı türlerinin) ilk ortaya çıkışı (doğum) ile neslinin tükenmesi (ölüm) arasında geçen ortalama süre bir milyon yıl kadardır. Bu nedenle örneğin Utah'taki Kaiparowits Oluşumundan ve Kanada, Alberta'daki Dinazor Park Oluşumundan dinazorları karşılaştırırken elmalarla elmaları karşılaştırdığımızdan gayet emin olabileceğimiz anlaşılır.

Batı Amerika destanı, dinazor türlerinin zaman aralığını yakından incelediğimizde daha da şaşırtıcı hale gelir. Geç Kretase dinazorlarının bolca kalıntılarının bulunduğu kaya oluşumları, İç Batı boyunca gerdanlıktaki mücevherler gibi dizilidir. Bu mücevherlerin en kıymetlisi ise Alberta'nın güneyinde Dinosaur Provincial Park adı verilen küçük, fosil zengini bir kırgıbayırda açığa çıkan Dinazor Park Oluşumudur. Belki de dünya üzerindeki en büyük dinazor mezarlığı olan Dinazor Park bir paleontoloğun rüyasıdır; çok az bitkinin yer aldığı göz alıcı kırgıbayırın görünüşe göre her köşesinde fosiller vardır. Buradaki fosillere bir süre baktıktan sonra diğer tüm tepelerde kemikler gömülü olduğunu düşünürsünüz. Bu bölgede yüzyılı aşkın bir süre önce çalışan ilk paleontologlar Barnum Brown ve Charles Sternberg gibi efsanevi figürleri içerir. Daha yakın geçmişte Alberta'daki Royal Tyrrell Paleontoloji Müzesinden ekiplerin gerçekleştirdiği saha çalışması-na Philip Currie, David Eberth ve Don Brinkman liderlik etmiştir.

Aradan geçen yüzyılda birçoğu muhteşem bir biçimde korunmuş beş yüzden biraz daha az sayıda dinazor iskeleti bulunmuştur. Dinazor kalıntılarının otuzdan fazla türe aittir ve bu bir tek jeolojik oluşum için şaşırtıcı bir sayıdır.

Son yirmi yıldır geç Kretase devrinde bu dinazor türlerinin her birinin tam olarak ne zaman var olduğunu belirlemek için ciddi bir çaba sarf edilmiştir. Sonuçlar kökenler ve nesil tükenmelerinin şaşırtıcı örüntülerini ortaya koyar. Örneğin sorguçlu bir hadrosaur türü olan *Corythosaurus casuarius* yalnızca oluşumun aşağı kısmında ortaya çıkarken onunla bağlantılı bir form olan *Lambeosaurus lambei* üst (ve daha genç) tortul tabakalarla sınırlıdır; bu ikincisinin zamanda ilkinin yerini aldığını gösterir. Benzer bir biçimde kısa fırfırlı boynuzlu dinazor *Centrosaurus apertus* Dinazor Park Oluşumunun aşağı kısmıyla sınırlıdır ve üst kısımda onun yerini *Styracosaurus albertensis* alır. Uzun fırfırlı boynuzlu dinazorlar (chasmosaurinler) içinde *Chasmosaurus* (*C. russelli*) türünün yerini bir başkası (*C. belli*) almıştır ve üçüncü bir chasmosaurin türü oluşumun en üstünde görünür. Benzer örüntüler başka dinazor soylarında da belgelenmiştir.

Hepsinden ilginç, ön kanıtlar Dinazor Park Oluşumundaki bu dönüşüm olaylarının zamanda rastgele bir biçimde dağılmadığını, bunun yerine birçok grupta uyumlu bir biçimde gerçekleştiğini gösterir. Örneğin *Centrosaurus apertus* ve *Corythosaurus casuarius* oluşumun aşağı kısmıyla (75,5 milyon yıldan daha uzun bir süre öncesi) sınırlıyken, *Styracosaurus albertensis* ve *Lambeosaurus lambei* oluşumun yalnızca üst kısmında (75,5 milyon yıldan daha kısa bir süre öncesi) bulunur. Bu örüntü, muhtemelen dış bir tetikleyici etkenden dolayı birden çok türün neredeyse aynı zamanda neslinin tükendiğine ve onların yerini yakın akrabalarının aldığına işaret eder. Bu durumda, zaman zaman ekosistem genelinde topluluk üyelerinin hızla değişmesine yol açan sarsıntıların güçlü ipuçlarını elde ederiz.

Jack Horner, Montana'daki uluslararası sınır boyunca Two Medicine Oluşumunda benzer türden dönüşüm örüntülerini belgelemiştir. Horner ve meslektaşları bu dönüşüm olaylarının Kretase İç Deniz Yolu'nun önemli taşmalarıyla (sınır ihlalleriyle) bağlantısını kurarak evrimsel dönüşümün coğrafi tıkanıklıklardan kay-

naklandığını, dinazorların doğuda deniz yolu ile batıda dağlar arasında küçük bir alana hapsediğini ileri sürmüştür. Bu araştırmacılar, birçok durumda yalnızca önemli değişiklik sergileyen kemik özelliklerinin eşleşme işaretleri olarak yorumlanan garip yapılarla –seratopsid boynuz ve fırırları, hadrosaur sorguçları, tyrannosaur boynuzları ve pachycephalosaur lar kafatası başlıkları– ilgili olduğuna da dikkat çekmiştir.

Artık Utah'ta ve Batı Amerika'nın diğer güney bölgelerindeki dinazor faunalarının da düzenli, belki de kesintili tür dönüşümü epizotları yaşayıp yaşamadığını belirlemeye çalışıyoruz. Bu tür epizotlar yaşandıysa, sorulacak bir sonraki soru bu dönüşümlerin İç Batı'nın kuzey ve güney bölgelerinde aynı anda gerçekleşip gerçekleşmediğidir. Bugüne kadar bir *Gryposaurus monumentensis* türünün Kaiparowits Oluşumunda başka bir *Gryposaurus* türünden daha yüksekte olduğunu ve ilkinin muhtemelen ikincisinin yerini aldığını gösterebilmiş durumdayız. Diğer dinazor soylarının bu varsayılan örüntüyle eşleşip eşleşmeyeceğini görmek ilgi çekici olacaktır; her durumda önümüzdeki yaklaşık beş yıl içinde gerçek öykü hakkında çok daha iyi bir fikre sahip olacağız.

Yale Üniversitesinden meşhur evrimsel biyolog Elisabeth Vrba, Pleistosen Afrika memelilerinde benzer evrimsel dönüşüm anlarını belgelemiştir. Güney Afrika'da antiloplardan kuşlar ve primatlara kadar yeni hayvan türleri, görünüşe göre nesli tükenen diğer formlarının yerine alarak kaya kayıtlarında neredeyse eşzamanlı olarak ilk kez ortaya çıkmışlardır. Vrba bu DÖNÜŞÜM ANLARI ile döngüsel iklim değişimleri arasında bağlantı kurmuştur. Döngüsel iklim değişimleri, açık ve ormanlık habitatların oranlarını değiştirmiş ve eski türlerin neslinin tükenip daha yeni formların ortaya çıkmasına yol açmıştı. Vrba'nın yorumu (elbette ki bunu eleştirenler de eksik değildir) evrimsel değişimin geniş popülasyonları daha küçük alt popülasyonlara böldüğü yönündedir; hayvanlar tercih ettikleri habitatları (örneğin çayırlar veya savana) izleyerek besin kaynaklarına erişimlerini sürdürmeye çalışmıştır. İzolasyonun ardından evrim doğal seçilim süreci aracılığıyla alt popülasyonları yeni çerve koşullarına uyumlu hale getirerek de-

ğıştirir. Döngünün sonunda kara habitatları genişleyerek daha önce ayrılmış olan alt popülasyonları yeniden birleştirir. Ama bunlar artık birbirlerini aynı türün üyeleri olarak tanımayabilir. Jack Horner'a göre, Kretase deniz yolunun taşması ve geri çekilmesinin benzer bir etki yararak Batı Amerika dinazorlarında dönüşüm anlarına yol açmış olması mümkündür.

Yeni hayvan türlerinin kökeni, özellikle büyük ve dev formlar arasında genellikle iki temel adımı içerir (ayrıntılı bilgi için Altıncı Bölüme bakın). İlk olarak belirli bir türün popülasyonları genellikle deniz yolu dalgalanmaları veya iklim değişikliği gibi çevre değişikliklerden dolayı birbirinden izole hale gelir. İkinci olarak popülasyonlar aynı türün üyeleri olduklarını artık fark edemeyecekleri noktaya kadar bağımsız bir biçimde evrimleşir. İkinci adımdaki anahtar faktörler, Darwinci doğal seçim ve cinsel seçilimi içerir. Onuncu Bölümde dinozorlardaki garip yapıların –örneğin ceratopsidlerin boynuzları ve fırfırları ve hadrosaurlardaki sorguçlar– olası eşleşme işareti işlevine değinmiştim ve bunların yeni türlerin kökenindeki muhtemel rolünü tartışmıştım. Belirli bir türün iki popülasyonu birbirinden izole olursa (birinci adım) ve eşleşme yapıları bakımından birbirinden farklılaşırsa (ikinci adım) daha sonra yeniden bir araya geldiklerinde birbirlerini potansiyel eşler olarak görmeyebilirler. Kısacası artık melezleşmezler ve yeni türler oluşur.

Batı Amerika dinozorları, büyük ölçüde garip yapılar temelinde ayırt edilen şaşırtıcı bir şekil ve ölçü dizisi oluşturmaları bakımından bu çeşitlenme örüntüsünün temel bir örneği sayılabilir. İç Batı Deniz Yolu'nun dalgalanmaları şüphesiz bu Kretase dinozorlarının dünyasını dönüşüme uğratmıştır. Deniz yolunun genişlediği zamanlarda dinozorların kullanabildiği habitat miktarı önemli ölçüde daralmıştır ve bölgesel iklim ve bitkilerde bununla bağlantılı değişiklikler gerçekleşmiş olabilir. Böylece popülasyonları izole etme potansiyeline sahip çevresel bir tetikleyiciye (birinci adım) ve evrimin hedeflediği bir dizi eşleşme işaretine sahibiz (ikinci adım). Alternatif bir modele göre (bana kalırsa daha az muhtemel olan; ayrıntılı bilgi için Altıncı Bölüme bakın) örneğin Alberta'daki Dinazor Park gibi birimlerin içindeki boynuzlu

dinozorların zamansal sekansı dallara ayrılmayan bir tek soydaki çeşitlenmeyi yansıtabilir. Örneğin *Centrosaurus brinkmani*, *Centrosaurus apertus* ve *Styracosaurus albertensis* burada evrimleşen atalar ve torunları temsil ediyor olabilir. Bütün bu ilgi çekici fikirleri daha çok sınamayı gerektirir.

O halde ortaya çıkan tablo, dar bir kara şeridinde –Batı Amerika– yaşayan geç Kretase dinozorlarının çeşitli topluluklarından biridir; kullanılabilir habitat deniz seviyelerinin yükselip alçalmasıyla periyodik olarak dalgalanmıştır. Aynı önemli dinozor grupları kuzey ve güneyde eş zamanlı olarak yaşamış olsa da, kuzeyliler ve güneyliler farklı türlere aitmiş gibi görünür. Büyük memelilerinkini genellikle aşan vücut ölçülerine rağmen Batı Amerikalı dinozorlar görünüşe göre küçük yaşam alanlarına sahip olmuştur (ama tek tek hayvanlar ve sürüler yine de dolaşacak bolca alana sahiptir). Belirli bir gruptaki birçok kuzeyli ve güneyli dinozor türünün çok benzer görünmesine dayalı olarak, bunlar benzer ekolojik roller üstlenmiş olabilir. Örneğin uzun fırfırlı (chasmosaurin) boynuzlu dinozorların kuzeyde ve güneyde tamamen aynı türden bitkileri tükettiğini düşünüyorum. Bu durumda dinozorların doldurduğu ekolojik nişler geç Kretase devri boyunca milyonlarca yıl çok az değişmiş olabilir. Fakat bu belirgin ekolojik dengenin gerisinde deniz yolu dalgalanmaları ve başka çevresel değişiklikler gibi çeşitli faktörler görece hızlı tür dönüşümlerine yol açmıştır. Uzun süre gösterimde kalan Broadway gösterileri gibi aynı öykü sonsuza dek oynarken oyunlar değişmiştir.

Bu tür beklenmedik sonuçlar yeni soruları gündeme getirir. Özellikle büyüklükleri düşünüldüğünde kuzey ve güney faunasının birbirine karışmasını ne engellemiştir? Bir dağ sırası veya büyük bir nehir gibi fiziksel bir engel mi vardı? Jeologlar bu tür kanıtlara rastlamamıştır. Thomas Lehman'a göre kuzey ve güneyin farklı iklimlere (özellikle farklı yağış miktarlarına) ve sonuç olarak ayrı bitki topluluklarına sahip olması daha muhtemeldir. Fosil polen kanıtları bu görüşü destekler; kuzeyde ve güneyde başlıca polen türleri farklıdır. Kuzey ile güney arasındaki sıcaklık farkı günümüzdekinden çok daha düşük olsa da dağlar ile deniz

arasında kuzeyden güneye uzanan dar bir kara şeridinde yaşayan Batı Amerika dinazorları çevre koşullarındaki enlemsel çeşitlenmeye hassas olabilir.

Daha da şaşırtıcı bir soru, birçoğu günümüzde yaşayan en büyük kara memelilerinden büyük olan bu dev hayvan türlerinin bu kadar küçük bölgelerde varlıklarını nasıl sürdürdüküdür. Bu, geçtiğimiz bölümde dinazorların yeterli sayıyı korumak için ihtiyaç duyduğu alan hakkında öğrendiğimiz şeyle çelişmez mi? Belki de. Dev hayvanlar yalnızca besin yoğunluğu yüksekse, besin ihtiyacı düşükse veya her ikisi birden söz konusu olduğunda küçük bölgelerde yaşamlarını sürdürebilir. Çoğu dinazor (ve dev boyutlarda olanların hepsi) On Birinci Bölümde ileri sürüldüğü gibi orta hızda metabolizmalara sahip mezotermilerse, yanıtın büyük bir kısmı düşük besin ihtiyaçlarıyla ilişkili olabilir. Dev dinazorların günümüzde yaşayan memelilerden çok daha düşük metabolizma hızlarına sahip olması, hem tek tek hem de tür olarak çok daha küçük yaşam alanlarıyla yetinmelerine imkân tanımıştır. Ayrıca geç Kretase devrinde Batı Amerika'daki bitki biyokütlesini tam olarak tahmin edemesek de birçok gösterge (toprak, iklim ve bitki fosilleri) büyük bir bitki çeşitliliği ve bolluğuna işaret etmiştir. Dolayısıyla daha yavaş metabolizmalar ve daha çok besin kaynağının, Mezozoik dinazorların zirve olarak nitelendirilebilecek bu noktaya ulaşmasını birlikte planlaması bu gizemin yanıtı olabilir.

Türlerin küçük yaşam alanlarına işaret eden kanıtlara rağmen, yüzlerce (veya hatta binlerce) boynuzlu veya ördek gagalı dinozordan oluşan bir sürü aynı yerde uzun süre kalamamıştır. Henüz neresi olduğunu bilemesek de sürüler yıl içerisinde başka yerlere hareket etmiş olmalıdır. Mevcut kanıtlar dinazorların Batı Amerika'nın kuzey ile güney bölgeleri arasındaki göçlerini desteklemese de, dinazorların sırasıyla güney ve kuzey bölgelerde uzun mesafeli göçler gerçekleştirmiş olması mümkündür. Örneğin kuzeyde yaşayan hayvanlar, güneyde günümüzde Montana ve Alberta'nın bulunduğu bölge ve kuzeyde günümüzde Alaska'nın bulunduğu bölge arasında 3000 kilometre (1900 mil) kadar göç etmiş olabilir. Bugün karada yaşayan hayvanların gerçekleştirdi-

ği en uzun yıllık göç ren geyiklerinkidir ve kuş uçuşu 600 kilometre (375 mil) kadardır. Fakat yıl içerisinde bir ren geyiği 4800 kilometre (3000 mil) kadar yürüyebilir. O halde kuzey ve güney bölgelerde dinazorların göçleri için bolca yer vardır. Önümüzdeki yıllar şüphesiz bu ilginç yapbozun kritik parçalarını tamamlamamıza yardımcı olacaktır.

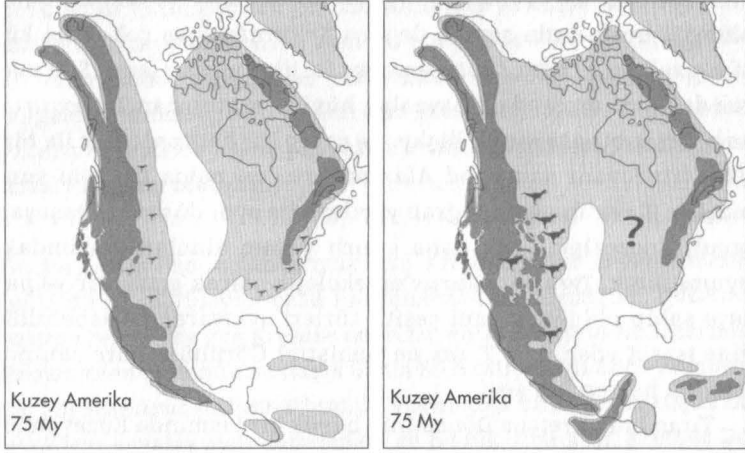
Bu tartışmayı sonuçlandırmak için Kretase dinazor evrimindeki belki de en büyüleyici vaka incelemesine değineceğim: *Tyrannosaurus rex*. *T. rex* geç Kretase devrinin en son kısmında, Mezozoik Zamanın en sonunda yaklaşık 68 ila 65,5 milyon yıl önce yaşamıştır. *Tarbosaurus bataar* adındaki yakın ama biraz daha küçük bir akrabası Asya'da aynı dönemdeki en büyük yırtıcıdır. Kretase Döneminin son 15 milyon yılında Mezozoik Zamanın büyük kısmını karakterize eden sera dünya bir ölçüde soğumuştur ama ekvator ile kutuplar arasındaki sıcaklık farkı günümüzdekinden çok daha düşük kalmıştır. Aynı zamanda tektonik etkinlik azalmış, deniz seviyeleri düşmüş ve sığ iç deniz yolları geri çekilerek ılımlı iklimlerin yerini daha belirgin mevsimselliklerin almasına neden olmuştur. Bu dönemin sonunda *T. rex*'in egemen olduğu süre boyunca belki de Hindistan alt kıtasındaki volkanik faaliyet nedeniyle iklimler yeniden ısınmıştır (ayrıntılı bilgi için On Beşinci Bölüme bakın).

7 milyon yıl önce yaşayan birçok dinazorun aksine *Tyrannosaurus rex* asgari olarak Kuzey Amerika'nın tüm iç batısını kaplayan geniş bir bölgede yaşamış görünür. *T. rex* fosillerinin bulunduğu kayalar, bu dev etçilin en az üç ayrı ortamda yaşadığını gösterir. Bunların ilki, geri çekilen Kretase İç Deniz Yolu'na bitişik olan nemli, mevsimsel olarak yağışlı kıyı ovalarıdır. İkincisi, deniz yolunun daha uzağında yer alan ama yine de deniz ile dağların arasında bulunan daha serin, yarı kurak alüvyon ovalarıdır. Son olarak *Tyrannosaurus* dağ dizilerinin içine yuvalanmış yarı kurak, bitki örtüsüz alanlardır.

Önemli bir biçimde bu üç ortamın her biri farklı otçul dinazor faunalarına ev sahipliği yapmış görünür. Kıyı ovalarında boynuzlu dinazor *Triceratops* egemendir ve dev hadrosaur *Ed-*

montosaurus az sayıdadır. Kıyıdan biraz daha uzakta bulunan alüvyon ovalarında seyrek de olsa *Triceratops* ve çok daha küçük, uzaktan akraba *Leptoceratops* fosillerine rastlanır. Son olarak dağların arasındaki havzalar, büyük ceratopsian *Torosaurus* ve belirsiz bir akrabalık ilişkisine sahip bir hadrosaur ile birlikte titanosaur sauropod *Alamosaurus*'un bolca kanıtını sunmuştur. *T. rex*'in geniş coğrafi yayılımı ile aynı dönemde yaşayan otçul dinozorların çok daha sınırlı yaşam alanları arasındaki uyumsuzluk, *Tyrannosaurus*'un ekolojik olarak geniş bir yelpazeye sahip olduğuna yani çeşitli türleri avlayarak beslenebildiğine işaret eder. Peki *T. rex* ne yemiştir? Görünüşe göre canının istediği hemen her şeyi.

Tiran kral, Kretase Döneminin büyük bir kısmında Kuzey Amerika ve Asya'da bulunan son derece başarılı bir theropod soyunun en büyük üyesidir. Geç Kretase devrinde tyrannosaurlar yaşadıkları ekosistemlerdeki en üst theropodlardır. Tyrannosaurlar geç Kretase devrinin en az son 25 milyon yılında Kuzey Amerika'nın hem doğusu hem de batısında var olmuştur. Son birkaç milyon yılı haricinde bu zaman diliminin tümünde Kuzey Amerika'nın Kretase İç Deniz Yolu tarafından doğu ve batı olmak üzere ikiye ayrıldığını hatırlayın. Daha sonra yaklaşık 69 milyon yıl önce deniz yolu geri çekilmeye başlamış ve sonunda Kuzey Amerika'nın doğu ve batısı yeniden birleşerek kullanılabilir arazi iki kattan fazla artmıştır. İlginç bir biçimde *T. rex*'ten önce tyrannosaurlar yaklaşık 1000-2000 kilogram (2200-4400 pound) aralığındaki vücut kütlelerini görünüşe göre hiçbir zaman aşmamıştır ve genellikle aynı habitatı paylaşan birden fazla tyrannosaur türü var olmuştur. Yaklaşık 69 ila 68 milyon yıl önce, deniz yolunun geri çekilmesi ardından *Tyrannosaurus* daha küçük vücutlu bir kuzeninden (belki de *Daspletosaurus*) evrimleşmiş ve kendi ekosistemindeki tek büyük theropod ve gezegen üzerindeki gelmiş geçmiş en büyük kara yırtıcısı olmuştur.

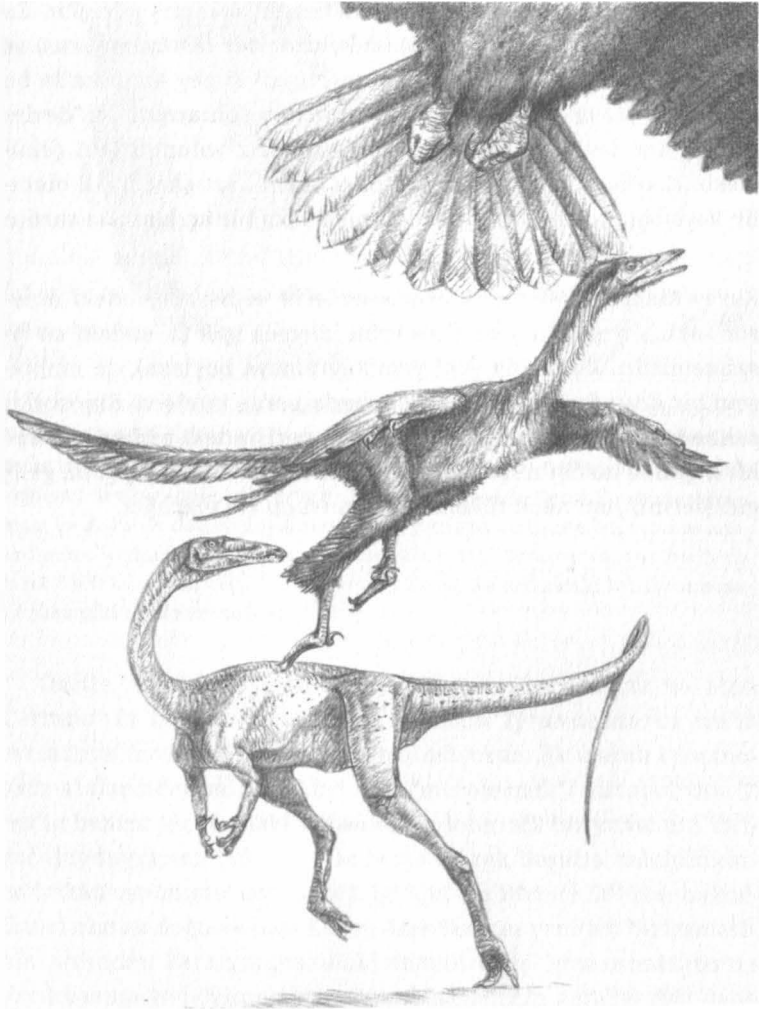


Şekil 14.6: Geç Kretase devrinde Kuzey Amerika'da tyrannosaur theropodların evrimi. 75 milyon yıl önce "Batı Amerika"da zirvedeki etçiller birden fazla (ağırlıkları 1000 ila 2000 kilogram veya 2200 ile 4400 pound arasında değişen) dev tyrannosaur türüdür (solda). Kretase İç Deniz Yolunun çekilmesi ve doğu ile batı Kuzey Amerika'nın yeniden birbirine bağlanmasının ardından (yaklaşık 67 milyon yıl önce) "ultra dev" *Tyrannosaurus rex* (yaklaşık 5000 kilogram veya 11.000 pound) Kuzey Amerika'daki tek tyrannosaur türü gibi görünür (sağda).

Özetle, meslektaşlarım Mark Loewen, Jim Farlow ve Matt Carrano'yla birlikte üç ekolojik faktörün *Tyrannosaurus rex*'in evriminde temel rol oynadığını düşünüyoruz. İlk olarak tyrannosaur atalarından miras aldığı ara ("mezotermik") metabolizma *T. rex*'in benzer ölçülerdeki tamamen endotermik bir yırtıcının ihtiyacı duyduğundan çok daha az besin alarak hayatta kalabilmesine imkân tanımıştır (ayrıntılı bilgi için On Birinci Bölüme bakın). İkinci olarak doğu ve batı Kuzey Amerika'nın yeniden birleşmesinin ardından kara parçasındaki önemli artış *Tyrannosaurus*'un yayılmasına ve böylece aşırı vücut kütlelerinin gerektirdiği daha düşük nüfus yoğunluklarına ulaşılmasına olanak tanımıştır. Üçüncü olarak, batı Kuzey Amerika'da daha önce iki veya daha fazla tyrannosaur bulunmuş olsa da bilinmeyen nedenlerden ötürü yalnızca *T. rex*'e yol açan soy varlığını sürdürmüştür. Et kaynakları için rekabetin olmaması sayesinde bu soyun devasa

ölçülere ulaşması için yeterli ekolojik alan ansızın ortaya çıkmış olabilir. İlginç bir biçimde diğer dinazor gruplarının ortalama vücut ölçülerinde de eş zamanlı patlamalar yaşanmış görünür. En iri ceratopsianler (*Triceratops*), ankylosaurılar (*Ankylosaurus*) ve pachycephalosaurılar (*Pachycephalosaurus*) Kuzey Amerika'da bu dönemde ortaya çıkar. Geç Kretase devrinin sonlarında bu "devler arasındaki devlerin" nükseden evrimi, deniz yolunun geri çekilmesinin ardından kara parçasındaki önemli artışla ilişkili olabilir. Veya belki de henüz bilmediğimiz başka bir açıklaması vardır.

Kuzey Amerika, Mezozoik ekosistemlerin ve beraberindeki dinazor sakinlerinin geliş ve gidişlerini izlemek için şu andaki en iyi sahnemizdir. Bu henüz yeni yeni kavramaya başlasak da muhteşem bir dramdır. Şüphesiz en sonunda perde inmiş ve dinazorlar sahneden ayrılmıştır. Bu ani ayrılışın gerisindeki nedenler ateşli bir biçimde tartışılmıştır ve biz de şimdi yaşamın geçiş çaplı geliş gidişlerini, yani nesil tükenmesi konusunu ele alacağız.



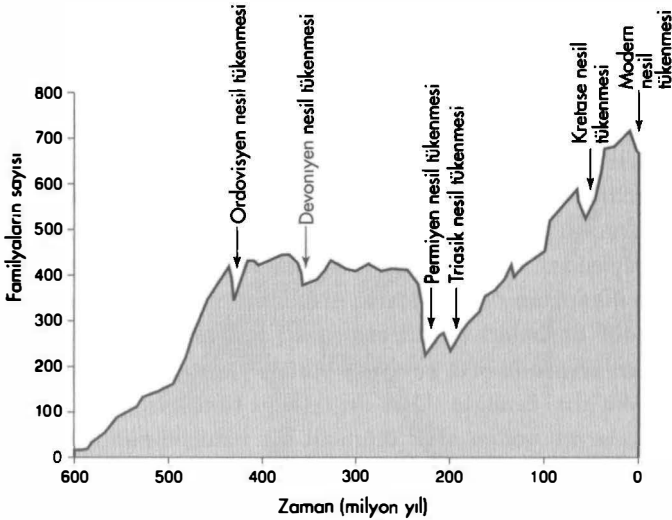
Nesil tükenmesi, yani türün ölümü yeni türler ve ekosistemlerin yolunu açan evrimin zorunlu bir parçasıdır. Yerde yaşayan theropod dinazorlardan uçan kuşlara geçiş, evrim ve nesil tükenmesinin birlikte işleminin kusursuz bir örneğidir. Aşağıdan yukarıya doğru: *Coelophysis* (Geç Triasik), *Archaeopteryx* (Geç Jura) ve *Haliaeetus* (kel kartal; modern).

TÜM YARATIKLAR GİBİ

Türlerin ölümü söz konusu olduğunda Ölüm Meleği çeşitli kislere bürünür. ARDALAN NESİL TÜKENMESİ olarak adlandırılan en yaygın şekli, her büyük şehirde insanların her gün tek tek ölmesine benzer biçimde yavaş, sürekli ve küçük ölçekli olma eğilimindedir. Ardalan nesil tükenmelerinin nedenleri de genellikle sel, kuraklık veya yeni bir rakip türün ortaya çıkması gibi küçük ölçeklidir. *Kitlesel nesil tükenmeleri* terimi ise birçok türün ve hatta tüm grupların görece kısa bir zaman diliminde ortadan kaybolduğu son derece nadir, büyük ölçekli olaylar için kullanılır. Ardalan nesil tükenmeleri yerel olma eğilimindedir, bazen bir tek ekosistem sınırlıdır ama kitlesel nesil tükenmeleri küreseldir, deniz ve kara habitatlarının tüm spekturumunu etkiler. Bu tür geniş bir tahribat yaratması için kitlesel nesil tükenmeleri küresel etkiler yaratabilecek türden ender nedenlere dayanmalıdır. Bu korkunç "biyosidal" olaylardaki şüpheliler listesi, hem Dünya tabanlı hem de dışarıdan failleri içerir. Ardalan nesil tükenmelerinin düzenli hafif darbeleri ile kitlesel nesil tükenmelerinin nadir ağır darbeleri arasında orta seviyede etkiler yaratan orta ölçekli olaylar da yer alır; örneğin iklim değişikliği tüm kıta genelinde nesil tükenmelerine neden olan ölümcül bir uzun dönemli kuraklıkla sonuçlanabilir.

Makul bir fosil kaydına sahip olduğumuz son yarım milyar yıl kadarlık zaman diliminde en az beş önemli kitlesel nesil tükenmesi gerçekleşmiştir. Dünya tarihini kısmen bu felaketlerin gerçekleşmesine göre dönemlere ayırırız. Bu felaketler Ordovisyen Dönemin sonunda (450 milyon yıl önce), Devoniyen Dönemin sonunda (370 milyon yıl önce), Permien Dönemin sonunda (251 milyon yıl önce), Triasik Dönemin sonunda (213 milyon yıl önce) ve Kretase

Döneminin sonunda (65,5 milyon yıl önce) gerçekleşmiştir.¹ Tüm tür kayıplarının yüzde 98'den fazlası muhtemelen ardalan nesil tükenmesinin acımasız etkilerine atfedilebilecek olsa da, az sayıdaki kitlesel nesil kaybı biyosfer üzerinde kesin ve uzun vadeli etkiler yaratmıştır. Bu dengesiz etki, kitlesel ölüm olaylarının yalnızca türü değil aynı zamanda türün tüm klanlarını yok etmesi ve geride kalan birkaç soyun yeni formlar evrimleşmesine kapı aralamasıdır. Elbette ki bu etki zamanla çoğalır; günümüzde yaşayan her organizma bu kitlesel nesil tükenmesi olaylarının tüminden sağ çıkan kesintisiz bir soyun parçasıdır. Aslında Doğa Ana periyodik olarak yaşam ağacının tüm dallarını keserek ciddi bir budama yapar. Sonra ağacın yeniden büyümesini izler; yepyeni dallar ve budaklar gelişerek dünya çapında yeni ekosistemlerin temelini oluşturur.



Şekil 15.1: Dünya'da son 500 milyon yıldaki beş önemli kitlesel nesil tükenmesi olayı. Gölge alan, Fanerozoik Eon'da belirli bir tarihte yaşayan deniz omurgasızlarının farklı familyalarının sayısını temsil eder. Zaman içinde familyalardaki göreceli artışa ve çeşitliliği geçici olarak azaltan kitlesel nesil tükenmelerine dikkat edin.

¹ Birçok biyolog, altıncı büyük nesil tükenmesinin ortasında olduğumuz ve bunun insanlar tarafından hızlandırılan bir süreç olduğu noktasında hemfikir. Bu konuyla ilgili daha fazla bilgi için Sonsöze bakın.

“Beş büyük” içinde genellikle “Büyük Ölüm” veya bazen “tüm nesil tükenmelerinin anası” olarak nitelendirilen Permiyen-Triasik (P-Tr) kitlesel nesil tükenmesi karadaki yaşamın yüzde 70 kadarını ve denizdeki yaşamın yüzde 90 kadarını yok eden ve geride boşaltılmış ekosistemlerle dolu harap bir biyosfer bırakan en büyük yıkımdır. P-Tr nesil tükenmesi, yaşamın tarihinde “Antik Yaşam Çağı” Paleozoik Zamanı sonlandıran ve bazen Dinozorlar Çağı olarak da bilinen “Orta Yaşam Çağı” Mezozoik Zamanı başlatan belki de en dramatik noktalama işaretidir. Dinozorları yok eden sonraki kitlesel ölüm gibi Permiyen Dönemin sonundaki olayın nedenleri de uzun süre tartışılmıştır. Olası failer asteroid çarpması, deniz seviyesindeki değişiklik, volkanik faaliyetler ve deniz yüzeyinden metan zengini bir suyun aniden fışkırması sonucunda atmosferik oksijende ölümcül bir düşüştür. Bu alternatifler arasında atmosferde önemli değişikliklere yol açan ve nihayetinde küresel olarak ekosistemleri çökerten Sibiryadaki büyük çaplı bir volkanik faaliyetin Büyük Ölüm’ü hızlandırdığına dair fikir birliğinin arttığı görülmektedir.

Güncel bir incelemede, Sarda Sahney ve Michael Benton (Bristol Üniversitesi) Permiyen Dönemin sonundaki nesil tükenmesinin aslında Permiyen boyunca gerçekleşen üç önemli nesil tükenmesi olayının sonuncusu (ve en büyüğü) olduğunu ileri sürer. Bu yazarlar Dünya’nın ekosistemlerinin üç yıkıcı olayın ardından dinozorlar, memeliler ve diğer birçok grubun ortaya çıkışıyla aynı zamana denk düşen Geç Triasik’e kadar 30 milyon yıl boyunca tamamen iyileşemediğini savunur (ayrıntılı bilgi için On İkinci Bölüme bakın).

Bu açıdan bakıldığında dinozorların kökeni ve sonrasındaki yayılımı, tüm nesil tükenmelerinin anası yaşandıktan sonra Dünya’nın ekosistemlerinin iyileşmesinin bir parçası haline gelir. Permiyen sonundaki ve Kretase sonundaki kitlesel nesil tükenmeleri Mezozoik Zamanın dayanakları olarak düşünülürse, dinozorların destansı yolculuğu gezegenin yüzünü tam manasıyla dönüştüren bu iki biyolojik tıkanıklıkla ayrılmaz bir şekilde beraber dokunmuş hale gelir. Permiyen sonundaki olayın ardından karadaki omurgalı çeşitliliği az sayıdaki amfibi, proto-memeli ve sürüngenle sınırlı kalmış ve sonunda dinozorlar ve memelilerin

ortaya çıkışına zemin hazırlamıştır. Kretase sonundaki nesil tükenmesinin ardından, büyük dinozorların yok olması ve amfibiler, timsahlar ve kaplumbağaların fiilen tatlı su ortamlarıyla sınırlanmasıyla birlikte dünya karada memelilerin patlama yaşaması için elverişli hale gelmiştir. Kretase Döneminin sonundan önce çeşitlenmeye başlayan kuşlar da muhtemelen başlıca uçan rakipleri olan deri kanatlı pterosaurlar bu olayı atlamadığı için nesil tükenmesinin ardından yayılmıştır.

Büyük olasılıkla başta primat atalarımız olmak üzere memeliler dinozorların ortadan kaybolmasının ardından çeşitlendiği için dinozorların ölümü insanların merakını uyandırır. Aslında bu bana ve meslektaşlarıma en sık yöneltilen sorulardan biridir. Dolayısıyla dinozorların ortadan kaybolması meselesine değinmezsem ihmalkâr davranmış olurum. Yine de bu öyküye dalmadan önce üç noktayı vurgulamak önemlidir.

İlk olarak dinozorlar sık sık geri kalmışlığın örnekleri ve kaybedenler olarak yaftalansa da kesinlikle başarısız değildir. Birinci Bölümde değinildiği gibi dinozorları yaşamın en büyük başarı öykülerinden biri olarak değerlendirmek daha uygundur. Yanlış anlaşılma büyük ölçüde farkına varılmayan bir gerçekten kaynaklanır: Ölüm her organizma için olduğu gibi her tür ve türler grubu için de kaçınılmazdır. Dinozorlar yaşamın tarih öncesi geçit töreninin en ünlü üyeleri olsa da birçok organizma grubu onların önünde yer almıştır. Her durumda bu antik klanlar bir süreliğine zirvede kalmıştır; önemli bir nesil tükenmesi olayı onları yaşam ağacından kabaca budamış veya tümünden söküp atmıştır. Dünya üzerinde bugüne dek yaşamış tüm türlerin yüzde 99'dan fazlası artık geçmişte kalmıştır. Bir başka deyişle günümüzde yaşayan milyonlarca tür bu gezegende var olmuş toplam çeşitliliğin yüzde 1'inden daha azdır. Bu nedenle dinozorların egemenliğinin nihayetinde son bulmuş olması da kaçınılmazdır. Bu utanılacak bir durum değildir; olayların doğal akışıdır. Dinozorlar 150 milyon yılı aşkın bir süre boyunca karadaki egemen büyük yaşam formları olmuştur. Primatlar bu sürenin yarısından daha az var olabilmiştir, hominidler 8 milyon yıldan daha az bir süre dik bir biçimde yürüyebilmiştir ve insanlar yarım milyon yıldan daha az

bir süredir vardır. Dolayısıyla dinazorlar karşısından bir tür zaferden söz etmek büyük bir küstahlıktır veya en azından ciddi bir geçici miyopluk vakasıdır. Sırf siz yaşıyorsunuz ve onlar yaşamıyor diye ölüp gitmiş akrabalarınıza burun kıvrmanız gibidir.

İkinci nokta, tüm dinazorların aynı anda neslinin tükenmediğidir. Daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi Triasik, Jura ve Kretase dönemleri sürekli değişen dinazor türleri ve tür ailelerinin geçidine tanıklık etmiştir. Şu anda yaklaşık 700 dinazor türü bilinmektedir; gezegenin genelinde ve zamanda fosil bulunmayan boşluklar dikkate alındığında bu sayının toplamın sadece küçük bir kısmını temsil ettiğinden emin olabiliriz. Nesil tükenmesi ile evrim, türlerin yok olması, ortaya çıkması ve bu şekilde yaşam ağının sürekliliğin sağlanması için el ele çalışmıştır. Bazen bir tek ekosistemdeki bir tek dinazor türü ağdan kopmuştur. Bazen de daha yıkıcı nesil tükenmesi spazmları daha geniş alanları ve daha fazla türü harap etmiştir. Bu nedenle Kretase sonundaki nesil tükenmesinin tüm dinazorları silip süpürdüğünü iddia etmek bir ölçüde yanıltıcıdır. Günümüzde tanınan 700 kadar dinazor türünün Mezozoik Zamanda var olan toplam sayının sadece küçük bir kısmı olduğunu varsayarsak, Kretase Döneminin sonunda tüm dinazor türlerinin yüzde 1'inden azı hayattadır. Bir girdaba kapılan su damlaları gibi uzun bir türler zinciri dinazorların akışını milyonlarca yıl sürdürmüştür. Bir anlamda Kretase sonundaki nesil tükenmesinin şaşırtıcı yönü dinazorların yok olması değildir çünkü birçok dinazor türü bu tarihten önce ortadan kaybolmuştur. Dikkat çeken nokta, nesilleri tükenenlerin yerini yeni dinazorların almamasıdır. Dinazorların veya herhangi bir büyük vücutlu hayvanın devamlılığıyla bağdaşmayan bir şey gerçekleşmiştir.

Üçüncü ve son nokta, bu kitapta daha önce birkaç kez değindim noktadır. Aslında dinazorların, en azından hepsinin nesli 65,5 milyon yıl önce tükenmemiştir. Doğrudan dinazorların soyundan gelen kuşların kendisi aslen dinazordur. Günümüzde yaşayan 10.000 kadar kuş türüyle (ki bu sayı memeli türlerinin sayısından çok daha fazladır) dinazorların bugüne kadar süren büyük bir başarı öyküsü olmayı sürdürdüğü bile söylenebilir. Kuşların temel olarak birçok dinazordan farklı olduğunu varsaysanız bile,

kanatlıların Mezozoik ataları tarafından bırakılan dayanıklı bir miras olduğunu kabul etmeniz gerekir.

Bu noktaları göz önünde bulundurarak soruyu yeniden soralım. 65,5 milyon yıl önce *Tyrannosaurus rex* ve onunla aynı çağda yaşayan dinazorların birçoğunu yok eden şey tam olarak neydi? Yıllar boyunca yüzün üzerinde açıklama ileri sürülmüştür. Bunlar makul ve sınanabilir olanlardan aptalca ve gülünç olanlara kadar geniş bir yelpazeye yayılır: hastalık, omurgada disklerin kayması (dinazorlar çok büyük olduğu için), cinsel ilginin kaybolması, zehirli bitkiler (hipoteze göre ishal veya kabızlığa yol açan bitkiler), mantar akınları, küresel ısınma veya soğuma şeklindeki iklimsel değişim (yine hipoteze bağlı olarak), bir süpernovadan kozmik radyasyon, yumurta yiyen memeliler, güneş lekeleri, kötü uzaylılar ve Nuh'un Gemisinde yeterince yer bulunmaması gibi iddialarla liste uzayıp gider.

Kişisel favorim irksal yaşlılık hipotezidir. Modası geçmiş bu fikre göre, dinazorlar bir grup olarak geç Triasik ve erken Jura devrinde hem form hem de çeşitlilik bakımından büyük bir genişlemeyle göze çarpan zinde bir gençlik dönemi yaşamıştır. Bu coşkulu gençlik dönemi yerini geç Jura devri ve Kretase Döneminin ilk kısmında bir tür yetişkinliğe bırakmıştır. Bu dinazorların iddiaya göre evrimsel zirveye ulaştığı bir tür "altın çağdır." Son olarak Kretase Döneminin sonuna doğru kaçınılmaz yaşlılık dönemi gelmiştir. Bu görüşü desteklemek için ileri sürülen kanıtlar, geç Kretase dinazorlarındaki kemik fazlalıklarının muhteşem çeşitliliğini içerir: ceratopsianlerin fırfırları ve boynuzları, hadrosaurların sorguçları, pachycephalosaurların kemik kafaları ve ankylosaurların kuyruk tokmakları. Irksal ihtiyarlık hipotezini savunanlar, doğadışı ve faydasız olarak gördükleri bu olağandışı özelliklerin belki de hormonların çıldırmasının bir sonucu olduğunu ve bir grubun yok olmak üzere olduğunu simgelediğini düşünmüştür.

Bu hipotezlerin bazıları düpedüz saçmayken, birçoğu ortak bir problemten mustarıptır. Yalnızca karizmatik megafauna yani dinzorları dikkate alırlar ve Kretase sonundaki nesil tükenmesinde büyük kayıplar yaşayan diğer birçok grubu göz ardı ederler. Bu olay genellikle Kretase-Tersiyer veya K-T KİTLESEL NESİL TÜKENMESİ olarak adlandırılır. (C harfi çok daha eski bir dönem

olan Carboniferous için kullanıldığından Cretaceous için K harfi kullanılır.) Denizde plesiosaurlar ve mosasaurlar dahil olmak üzere üst omurgalı yırtıcıların tüm spektrumunu birçok balık grubuyla birlikte yok olmuştur. Yunus görünümlü sürüngenler olan ichthyosaur lar Kretase Döneminin sona ermesinden yaklaşık 30 milyon yıl önce ortadan kaybolduğundan ölümlerinin başka bir nedeni olmalıdır. Omurgasızlar arasında uzun süredir var olan birçok önemli grup K-T olayında yok olmuştur; notilus benzeri ammonitler ve resif üreten rudistler (dev midyeler) gibi birçok kalın kabuklu deniz organizması bunların arasındadır. Dover'ın Beyaz Uçurumları gibi büyük kireçtaşı birikintilerini oluşturmalarıyla ünlü kireç üreten algler de bu olayın kurbanı olmuştur. Bazı formlar varlığını sürdürse de kireç üreten canlıların büyük bir kısmının yok olması muhtemelen derin ve katlanan etkiler yaratmıştır çünkü denizdeki besin ağının temelini büyük ölçüde bu mikroskobik organizmalar oluşturmuştur. Genel olarak deniz alanındaki en şiddetli darbeyi görünüşe göre plankton ve ammonitler gibi serbest yüzen veya yüzeyde yaşayan formlar almıştır (ama birçok balık türü gayet iyi idare etmiştir). Dipte yaşayanlar arasında süzerek beslenenlerin birçok grubu -koloni oluşturan yosun hayvancıkları, "deniz zambağı" denizlaleleri ve mercanlar gibi- yok olurken, çürükçüller sadece hafif darbeler almıştır. Tüm bu kayıplar, biyosferde enerji akışını ve beslenme döngüsünü ke-sintiye uğratmış, bazı durumlarda beslenme döngüsünü tamamen sonlandırmıştır.

Bu arada karada yaşanan nesil tükenmesi ve hayatta kalma örüntüsünü değerlendirmek daha zordur. En büyük problem, iyi incelenmiş kaya ve fosil sekanslarının çok azının K-T nesil tükenmesinden hemen önceki ve sonraki zaman dilimine ait olmasıdır. Bu çok sınırlı örneklere dayalı olarak, sürüngenler ve memelilerin büyük bir kısmının ve pterosaurların ise tamamının yok olduğu anlaşılr. Mezozoik akarsu ve nehirlerde yaygın yırtıcılar olan tatlı su köpekbalıkları Kretase sonundaki olayda yok olmuştur. Öte yandan birçok omurgalı grubu bu fırtınayı çok az kayıpla atlattır; tatlı su balıkları, amfibiler, kaplumbağalar, timsahlar ve champsosaur lar adı verilen dar burunlu, timsah benzeri garip bir sürüngen grubu bunların arasında yer alır. Bu kazananlar ve kay-

bedenler örüntüsünden en az iki önemli sonuç çıkar. İlk olarak birkaç istisna dışında yaklaşık 10 kilogramdan (22 pound) ağır olan tüm hayvanlar ölmüştür; bu büyük olmanın ölüm getirdiğini gösterir. İkinci olarak tatlı su omurgalıları –timsahlar, kaplumbağalar, amfibiler, şampozorlar ve balıklar (köpekbalıkları hariç) – karada yaşayanlardan çok daha başarılı olmuştur. Yakın gelecekte, bu bulguları dünyanın diğer bölgelerinden benzer envanterlerle karşılaştırmak mümkün olabilir. Hal böyleyken K-T nesil tükenmesi hakkındaki her makul hipotezin denizde ve karadaki yaşamın tüm spektrumundaki nesil tükenmesi ve hayatta kalma örüntülerini hesaba katarak dinazorların ölümü dışında pek çok şeyi açıklaması gerekir.

K-T nesil tükenmesini açıklamak için yalnızca iki makul hipotezle baş başa kalırız. Bunların ilkini GÜMÜŞ KURŞUN HİPOTEZİ olarak adlandırıyorum. Artık aşına olduğumuz bu fikir, nesil tükenmesinin bir tek yıkıcı olaydan kaynaklandığını savunur: bir asteroid çarpması. İlk olarak 1980’de Luis ve Walter Alvarez’ten oluşan bir baba-oğul ekibi tarafından ileri sürülen bu görüşe göre yaklaşık 65,5 milyon yıl önce uğursuz bir günde dünyaya çapı 10 kilometre (6 mil) kadar olan bir asteroid çarpmıştır. Saatte yaklaşık 100.000 kilometre (62.000 mil) hızla dünyaya çarpan bu dünya dışı kurşunun patlama kuvveti, mevcut tüm nükleer silah stoklarının patlatılmasını aşmıştır. Bu olay kayıtlı tarihteki her şeyi geride bırakan şiddetli (belki de Richter ölçeğinde 10’an büyük) bir depremi tetiklemiş ve gezegen büyüklüğündeki bir göletteki dev dalgalar gibi sıfır noktasından tsunamiler yayılmasına yol açmıştır.

Çarpmanın ardından asteroid parçalanmış ve beraberinde Dünya’nın kabuğunun bir parçasını da püskürtmüştür. Atmosfere yükselen büyük bir kül ve toz bulutu dünyayı sarmış, güneşi engellemiş ve günü geceye çevirmiştir. Bunu yaklaşık dört ay süren soğuk ve karanlık bir dönem izlemiştir. Güneş enerjisi kaynağından yoksun kaldığı için fotosentez fiilen son bulmuştur ve dünya genelindeki birçok deniz ve kara ekosistemine enerji temini kesintiye uğramıştır. Biyosferi karanlığa gömen dev bir asteroid yeterince korkunç değilmiş gibi, büyük yangınlar ve asit yağmur-

ları da ek ölümcül etkiler olarak yaşanmış olabilir. Bir diğer olası öldürücü etki, patlamadan sonraki birkaç saat içinde yoğun bir kızılötesi ısı dalgasının yayılmasıdır; çarpma bölgesinden atmosfere yayılan milyonlarca erimiş kaya parçası gezegenin dört bir yanına yağmıştır. Kısacası Gümüş Kurşun modeli dinazorların ve onlarla aynı çağda yaşayan canlıların geç Kretase devrinin sonlarında neslinin tükenmemiş olduğunu ileri sürer; ta ki dev bir kaya Dünya'ya çarpıp onların mutlu hayatlarını birdenbire karartana kadar.

Gümüş Kurşun senaryosunun önemli bir rakibi, burada BLITZ-KRIEG HİPOTEZİ olarak adlandıracağım fikirdir. "Yıldırım savaşı" anlamına gelen Almanca bir birleşik sözcük olan *Blitzkrieg*, İkinci Dünya Savaşı sırasında Alman Wehrmacht'ın geliştirdiği saldırgan bir askeri stratejiye işaret eder. Hava bombardımanları ve kara kuvvetlerinin konuşlanmasını içeren birçok silahın düşmanı köşeye sıkıştırmak ve bunaltmak için kullanılmasını esas alır. K-T olayına gelecek olursak, bu kitlesel nesil tükenmesinin bir tek nedeninin bulunmadığı, hem yerden hem de havadan birçok faktörün bir arada etkili olduğu görüşünü anlatmak için bu terimi kullanmak uygun görünür. Spesifik olarak Blitzkrieg görüşünü savunanlar üç yıkıcı etkenin bir araya toplandığını savunur: alçalan deniz seviyeleri, patlayan yanardağlar ve bir asteroid çarpması. Bir başka deyişle, biyolojik desteyi yeniden karan ve dinzorları eleyen şey dış uzaydan bir tek darbe değil, geç Kretase dünyasının aldığı bir dizi darbedir.

Medya hiç de şaşırtıcı olmayan bir biçimde Gümüş Kurşun senaryosunun üstüne atlamıştır. Doğanın en büyük gizemlerinden biri olan dinzorların ölümü konusunda hayal bile edilemeyecek şiddetli bir çözüm muntazam bir şekilde sunulmuştur. Bir dahaki sefere insanlığı yok etme potansiyeline sahip bu olayın tekrarlanması olasılığı ekstra cazip gelmiştir. Haber kaynakları bu çapta bilimsel öyküler çok bekler. Çarpma hipotezi çeşitli bilimsel alanlarda dünya çapında bir araştırma çabasını da başlatmıştır. Bu fikir benimsenmesinin üzerinden çok geçmeden birkaç paleontolog son 500 milyon yılın fosil kayıtlarını gözden geçirmiş ve kitlesel nesil tükenmelerinin yaklaşık olarak her 26 milyon yılda bir gerçekleşen döngüsel olaylar olarak görüldüğünü rapor etmiştir.

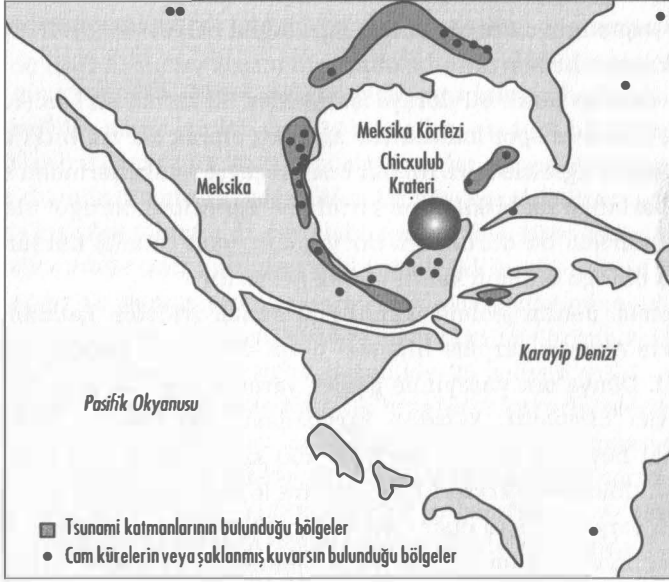
Bu da gökbilimcileri metronom gibi işleyen bu nesil tükenmesi spazmlarını açıklamak için dünya dışı bir nedeni araştırmaya itmiştir. Ölüm Yıldızı gibi korkunç bir ada sahip olan hipotez, yenilikçi bir çözümdür. Güneş sistemimizin sınırlarının hemen dışında, kâşifinin adıyla anılan Oort bulutu adındaki ince bir kuyruklu yıldızlar bandı yer alır. Bu görüşü savunanlar, güneş sistemimizin biraz dışında "Nemesis" veya Ölüm Yıldızı olarak bilinen görünmeyen bir cüce yıldızın da var olabileceğini ileri sürmüştür. Buna göre cüce yıldız Oort bulutunu yaklaşık olarak her 26 milyon yılda bir sarsar ve bunun sonucunda kuyruklu yıldızlar güneş sistemine girer. Paleontologların kısmen nesil tükenmelerinin zamanlaması hakkındaki kararsızlık nedeniyle 26 milyon yıllık nesil tükenmesi döngüsünü esas alan ilk hipotezin kusurlu olduğuna kanaat getirmesinden önce bu konuyla ilgili birçok sansasyonel kitap yazılmıştır. Nesil tükenmesi döngüleri hakkındaki tartışmalar devam etse de Ölüm Yıldızı hipotezi soğuk füzyon ve gözden çıkarılmış diğer görüşlerle birlikte bilimin tozlu raflarında durur.

Her şeye rağmen Gümüş Kurşun hipotezi, birçok kanıt çizgisi tarafından desteklenen asteroid çarpması senaryosuyla birlikte canlı ve iyi durumdadır. Bu kanıt çizgilerinin ilki (ve birçok bakımdan halen en önemlisi) Alvarez'lerin 1980 tarihli makalelerinde tanımlanmıştır. Bu yerbilimciler K-T sınır katmanındaki ince bir kaya tabakasında iridyum elementinin olağandışı bir biçimde bol olduğunu tespit etmiştir. Platinle aynı kimyasal gruptan gelen iridyum Dünya'nın kabuğunda ender bulunurken, asteroidler gibi dünya dışı cisimlerde yaygındır. "İridyum doruğu" olarak nitelendirilen bu durum ilk olarak İtalya'da Gubbio yakınlarındaki bir kil tabakasında tespit edilmiştir ama daha sonra dünya genelinde bir çok bölgedeki K-T sınır tortul katmanlarında doğrulanmıştır. Sınır katmanında şoklanmış kuvars ve cam kürelerin varlığı da ek jeolojik kanıtlardır. Şoklanmış kuvars, tam da bir asteroid çarpmasının üretebileceği türden karakteristik çizgiler bırakan yoğun ısı ve basınç tarafından değişime uğratılmış kuvarstır. Benzer bir şekilde cam küçük küreler de çarpma olayları sırasında oluşur; kaya erir, damlacıklardan oluşan bir serpinti olarak havaya püskürür, neredeyse hemen donar ve ardından da tekrar yere düşer.

Biyoloji cephesinde paleobotanikçiler Kretase sonu sınırında bitki yaşamının ciddi bir kırığa uğradığını belgelemiştir. İridyum tabakasının hemen altında, dünyanın birçok yerinden fosil polenler ve sporlar farklı bir floraya işaret eder. Bu katmanın hemen üstünde polen ve spor kanıtlarına ağırlıklı olarak bir tek bitki türü egemendir: eğreltiotları. Bunlar önemli çevre felaketlerinden sonra toparlanan ilk bitkilerden biridir ve "eğreltiotu doruğu" olarak nitelendirilen bu durum ani bir yıkımın, yani Gümüş Kurşun'un neden olduğu ölümün kanıtı olarak gösterilir.

Somut delilin jeolojik karşılığını sunan iridyum katmanı ile birlikte Alvarez çarpma hipotezi bilim dünyasını şaşkına çevirmiştir. Dünya'nın yüzeyinde gerçek yaranın keşfi de aynı ölçüde şaşırtıcı olmuştur: Yucatan Yarımadası yakınlarında Meksika Körfezi boyunca uzanan yaklaşık 200 kilometrelik (125 mil) bir krater. Chicxulub krateri 10 kilometre (6 mil) çapındaki bir asteroidin çarpması için doğru açı ve büyüklüğe sahip görünür. Şoklanmış kuvars, cam küreler ve tsunamiler veya gelgit dalgaları gibi büyük bir çarpma ile tutarlı birçok fiziksel etkiyle de ilişkilendirilmiştir. Tortul katmanları, Gümüş Kurşun modeliyle tutarlı olarak katlı pasta şeklinde dizilmiştir. İlk olarak çarpmanın ardından birkaç dakika içinde gökyüzünden yağın cam küreler gibi büyük parçalar birikmiştir. Bu tabakanın hemen üstünde tsunami veya gelgit dalgalarının göstergesi olan tortular yer alır. En üstte ise yere düşmeden önce daha uzun süre havada asılı kalan iridyum ve diğer ince tortular vardır.

Özetle, asit yağmuru, yangınlar ve fotosentezin kesilmesi gibi faktörlerin oynadığı göreceli rollere dair ciddi tartışmalar sürse de yaklaşık 65,5 milyon önce Dünya'ya bir asteroidin çaptığı ve bunun biyosfer üzerinde yıkıcı etkilerinin olduğu yönünde güçlü bir fikir birliği mevcuttur. Fakat asteroid K-T nesil tükenmelerinde belirleyici etken miydi (Gümüş Kurşun modeli) yoksa başka ölümcül etkenler de buna eşlik etti (Blitzkrieg modeli)?



Şekil 15.2: Geç Kretase devrinde Orta Amerika'nın haritası; K-T nesil tükenmesine neden olabilecek bir asteroid çarpmasının ek kanıtlarını (camsı küçük küre ve tsunami tortuları) sunan Chicxulub'ta asteroidin düştüğü nokta ve çevresini gösterir.

Kretase Döneminin sonlarında asteroidin çarpmasından çok önce-leri de uzun süreli çevre değişikliklerine işaret eden güçlü belirtilerin olduğu anlaşılır. Önceki bölümde değinildiği gibi Dünya'nın atmosferi yaklaşık olarak 90 ila 65 milyon önce aşamalı bir soğuma yaşamıştır ve K-T sınırına dek sıcaklıklarda tahminen 2-3°C düşüş olmuştur. Birçok araştırmacı Kretase Döneminin son birkaç milyon yılında belirgin bir ısınma eğilimiyle göze çarpan çok yoğun bir küresel iklim değişikliği yaşandığını düşünmektedir. Kretase Döneminin sonundaki çevre değişikliğinin büyük bir kısmının volkanik faaliyetler ve deniz seviyesindeki değişimin birleşiminden kaynaklandığını gösteren bolca kanıt mevcuttur; bunlar Blitzkrieg modelinde temel etkenler olarak yer alır.

Geç Kretase devrindeki tektonik etkinlik, başta Pasifik Okyanusu ve çevresinde olmak üzere gezegenin çeşitli bölgelerinde volkanik faaliyetler üretmiştir. Permien nesil tükenmesinden

itibaren eşi benzeri görülmemiş volkanik faaliyetlerin en büyük epizodu günümüzde Hindistan ve Pakistan'ın büyük bir kısmını kaplayan inanılmaz bir lav tufanı olan DECCAN TRAPS'i üretmiştir. Toplam olarak Deccan Traps yaklaşık bir milyon kilometre *küp* (240 mil *küp*) bazalt yaymıştır. Bu yaklaşık 20 kilometre (12 mil) derinliğinde bir lav tabakasının Kuzey Amerika'nın tamamını kaplamasına eşdeğerdir! Bu olayın süresi halen ateşli bir biçimde tartışılmaktadır. Daha eski tahminler yaklaşık 10 milyon yıl gibi uzun bir zaman dilimine işaret ederken, daha güncel tahminler çok daha kısa bir volkanik patlamayla uyumludur ve en yüksek püskürme seviyelerinin K-T sınırını çevreleyen 1-2 milyon yıllık zaman diliminde gerçekleştiğini öngörür. Bu büyüklükte bir volkanik faaliyet salgını şüphesiz çevre üzerinde dramatik ve yıkıcı etkiler yaratmıştır ama bu etkilerin tam olarak nasıl bir doğaya sahip olduğu belli değildir. Deccan Traps atmosfere yoğun miktarda karbondioksit pompaladıysa, bu olay küresel ısınmayla sonuçlanmış olabilir. Tersinden, tonlarca parçacıklı maddenin atmosfere fışkırması yüzeydeki kullanılabilir güneş ışığını azaltmış ve uzun süreli bir soğuma eğilimi yaratmış olabilir. Tek bildiğimiz, volkanik püskürmelerin patlama şeklinde değil akışkan olma eğilimi taşıdığıdır; yani St. Helens Dağından ziyade Hawaii Adaları'ndaki yanardağlar gibidirler.

Bu sırada dünyanın kıtalarının birçoğunun üzerinde sığ denizlerin oluşmasıyla sonuçlanan yüksek deniz seviyeleri en nihayetinde Kretase Döneminin sonunda alçalmış ve küresel bir deniz çekilmesine yol açmıştır.

Deniz yolunun maksimal geri çekilmesi K-T sınırından hemen önce gerçekleşmiş ve milyonlarca yıldır sular altında kalmış olan kıta kabuğunun geniş alanlarını açığa çıkarmıştır. Bu dönüştürücü olay karada ve tatlı suda yaşayan hayvanların kullanabileceği alan miktarını önemli ölçüde artırırken kıyı ve deniz habitatlarını çok küçültmüştür. Akarsu sistemlerinin uzaması (okyanusa ulaşmak için çok daha fazla akması) ve daha önce ayrı kıtalar arasındaki kara köprülerinin oluşması da ek etkiler arasındadır. Kara köprüleri kıtalar arasında bitkiler ve hayvanların değiş tokuşuna yol açmıştır. Önceki bölümde değinilen günümüzdeki Alaska'dan doğu Asya'ya geç Kretase devrinde en az iki kez oluşan kara köp-

rüsü bunun bir örneğidir ve Kuzey Amerika ile Asya arasında dinozorların ve diğer yaşam formlarının hareketi için bir koridor oluşturmuştur. Fakat K-T olayının bir nedeni olarak düşünüldüğünde denizlerdeki geri çekilme tartışmaya açıktır çünkü Mezozoik Zamanda daha da büyük geri çekilmeler gerçekleşmiş ama bunların sonucunda nesil tükenmeleri yaşanmamıştır.

Yine de Kretase Döneminin sonunda dramatik volkanik faaliyet ve deniz çekilmesi epizotlarıyla beraber bir asteroid çarpmasının gerçekleştiğini destekleyen kanıtların bolluğu düşünüldüğünde Blitzkrieg hipotezi Gümüş Kurşun hipotezi karşısında gaip gelecekmiş gibi görünebilir. Fakat bu tür bir ifadeyi kullanmadan önce K-T olayı sırasında türlerin neslinin tükenmesi hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Bu tartışmanın özünde nesil tükenmesinin hızı vardır. Hızlı bir nesil tükenmesi –mesela bir hafta veya bir yıl kadar kısa olan ve binlerce yıldan daha uzun bir süreye yayılmayan– bir tek yıkıcı nedeni (Gümüş Kurşun) desteklerken, yaklaşık milyonlarca yıla yayılan daha uzun bir ölüm dönemi birden çok nedene işaret edebilir (Blitzkrieg). Birçok paleontolog fosil kayıtlarının ammonitler, plesiosaur ve pterosaurlar gibi birçok grubun K-T asteroid çarpmasından milyonlarca yıl önce tükenmeye başladığını ve Kretase Döneminin daha önceki kısmında çok daha düşük bir çeşitliliğe sahip olduğunu ileri sürer. Diğerleri de ekosistemlerin 65,5 milyon yıl öncesine kadar görece çeşitliliğini koruduğunu ve önemli bir olayın (büyük olasılıkla asteroid çarpmasının) neredeyse anlık bir öldürücü darbe indirdiğini savunur. Ne yazık ki kaya kayıtları bu tür alternatifler arasında bir seçim yapmak için gerekli netlik derecesini nadiren gösterir. 2,5 santimetrelik (1 inç) tortul kayaç, bir günü de birkaç bin yılı da kaydetmiş olabilir. Michael Benton'ın yürüttüğü bir araştırma, K-T nesil tükenmesinin 210 omurgalı familyasından 64'ünü yok ettiğini ve en büyük kayıpların karada yaşayan omurgalılar veya tetrapodlarda yaşandığını (familyaların yüzde 43'ünün yok olduğunu) göstermiştir. Fakat bu rakamlar yaklaşık 5 milyon yıllık bir dönemi kapsar. Bu nedenle bu kayıpların derin zamanın görece kısa bir diliminde mi toplandığını yoksa milyonlarca yıllık bir sürece mi yayıldığını belirlemek için daha çok veriye ihtiyaç vardır.

Son birkaç on yıldır birçok dinazor paleonoloğunun birden çok nedenden kaynaklı aşamalı bir nesil tükenmesini savunarak Blitzkrieg kampında yer alma eğiliminde olduğu söylenebilir. Fakat nesillerinin tükenmesi hakkında koparılan tüm yaygaraya rağmen dinazorların fosil kayıtları Mezozoik Zamanın son aşamasında belirgin bir biçimde seyrekler. Aslında bugüne kadar Dünya üzerindeki bir tek yer –doğu Montana ve Dakotalar’da büyük ölçüde açığa çıkan Hell Creek Oluşumu– ayrıntılı olarak incelenmiştir. Birçok yazar Hell Creek faunasının önceki dinazor faunalarından çok daha az tür içerdiğini ileri sürmüştür. Özellikle şaşırtıcı bir otçul ve etçil dinazor aralığı görülen güney Alberta’daki yaklaşık 75 milyon yaşındaki Dinazor Park Oluşumuyla karşılaştırmalar yapılmıştır (ayrıntılı bilgi için önceki bölüme bakın).

Uzunca bir süre kendimi aşamalı nesil tükenmesini savunan Blitzkrieg kampının resmi üyesi olarak gördüm. Fakat üç kanıt çizgisi bu fikrimi değiştirip Gümüş Kurşun taraftarlarının saflarına katılmama neden oldu.² Bunların ilki, K-T sınırında olağandışı bir iridyum tabakasını koruyan birçok bölgenin belgelenmesidir; gezegenin birçok yerinde bu asteroid imzasının varlığı Chicxulub’a asteroid çarpmasının gerçekten yıkıcı, küresel bir olay olduğunu doğrular. İkinci olarak, son Kretase dünyasının kırılma noktasına yaklaşmış bir biçimde dünya dışından öldürücü bir darbenin gelişini beklemediğini gösteren fosil veritabanının artmasıdır. Özellikle dinazorlar söz konusu olduğunda Hell Creek Oluşumu (ayrıntılı bilgi için Beşinci Bölüme bakın) ve yakınındaki Lance Oluşumunda yakın geçmişte yapılan çalışmalar daha önce düşünüldüğünden çok daha fazla çeşitlilik arz eden bir faunayı belgelemiştir. Şüphesiz bazı dinazor soylarının (örneğin kısa fırfırlı ceratopsidler ve sorguçlu ördek gagalılar) Kretase’nin sonundan önce nesli tükenmiştir ama genel dinazor çeşitliliği görece yüksektir ve *Tyrannosaurus*, *Ankylosaurus* ve *Pachycephalosaurus* gibi gerçekten devasa örneklerle temsil edilen birçok grubu içerir.

Üçüncü olarak geç Kretase devrinin daha önceki tarihlerinden dinazor türlerinin stratigrafik yaşı ve devam süresi hakkındaki yeni ve gelişmiş tahminler, bu biraz daha eski ekosistemlerin (yak-

² Bu tartışmanın “diğer tarafı” ile sohbetime ilham veren Kirk Johnson ve David Fastovsky’ye teşekkür borçluyum.

laşık 75 milyon yıl öncesine ait olanların) daha önce düşünüldüğü kadar çeşitlilik arz etmediğini gösterir. Kanada'da Alberta'daki Dinozor Park Oluşumu uzunca bir süre dinozor çeşitliliğinin simgesi olarak kabul edilmiştir. Fakat önceki bölümden Alberta kırgıbayırlarından elde edilen birçok dinozor türünün zamanda birlikte var olmadığını hatırlayın. Kaya kayıtlarında yapılan son inceleme bu dinozorların eskiden düşünüldüğünden çok daha az ekolojik çeşitlilik arz ettiğini gösterir. Bu, birçok türün bir arada var olmadığını türlerin hızla birbirinin yerini aldığını (nesillerin hızlı bir biçimde ortaya çıkıp tükendiğini) gösteren bir bulgudur. Tüm bunlar bir arada düşünüldüğünde, ikinci ve üçüncü kanıt çizgisi iki oluşum arasında aynı tarihte yaşayan türlerdeki farklılığın eskiden düşünüldüğü kadar çok olmadığını gösterir. Dolayısıyla şu anda çok az kesin veriye sahip olduğumuz dünyanın geri kalanı bir tarafa, iyi örneklenmiş Kuzey Amerika'nın iç batısında bile dinozorların geç Kretase devrinde yavaş, yıpratıcı bir çöküş süreci yaşadığını savunmanın hiçbir dayanağının olmadığını düşünüyorum. Buna karşın, Kretase Döneminin en sonundaki dinozor çeşitliliğine dair bilgilerimizin esasen Kuzey Amerika'nın batısındaki bir tek yerle sınırlı olduğunu unutmamalıyız. Dünyanın başka yerlerinden fosil kanıtları günün birinde bambaşka bir öykü anlatabilir.

Son olarak, bir tek etkenin başlı başına yeterli olabileceğini gösteren ikna edici kanıtlar mevcutken bir dizi ölümcül etkenin bulunduğunu ileri sürmek tartışma götürür. Meksika Körfezi'ne bir asteroid düşüp Mezozoik Zamanı birdenbire sona erdirmeydi dinozorlarla dolu biyosfer 65,5 milyon yıl öncesinden günümüze doğru varlığını uzun süre koruyabilir miydi? Bunu hiçbir zaman kesin olarak bilemeyeceğiz ama evrimin yeni ve mükemmel türler çıkarmasıyla bunun mümkün olabileceğini seziyorum. Dinozorların hâlihazırda 160 milyon yıl boyunca varlığını sürdürdüğünü düşünenecek olursak neden olmasın? Nesil tükenmesi tırpanı eninde sonunda kaçınılmaz olsa da bu türden yıkıcı bir olayın gerçekleşmesi milyonlarca yıl alabilirdi. Amerika Ulusal Tarih Müzesinden paleontolog Niles Eldredge gibi bazı yazarlar, ekosistemler kitlesel nesil tükenmesine yol açan bunun gibi dış kuvvetler tarafından altüst edilene dek evrimde bu kadar çok şeyin gerçekleşmeyeceğini ileri sürer. Elbette ki asteroid çarpma-

şı olmadan memelilerin yayılması engellenirdi veya en azından önemli ölçüde gecikirdi ve günümüzde bu dramatik olaylar dizisini düşünecek insanlar olmazdı.

Sadece bir uyarıda bulunmak istiyorum. Deccan Traps'ın görece kısa bir dönemde (milyon yıllardan daha kısa) oluştuğu araştırılmaktadır. Bir araştırma ekibi, kısa bir süre önce yoğun lav akışının 600 metre (2000 fit) kalınlığındaki kısmının sadece 30.000 yılda birikmiş olabileceğini ileri sürmüştür. Başka araştırmalar da bu bulguları destekler ve K-T sınırıyla ilişkili volkanik faaliyetlerin yoğun bir epizoduna işaret ederse bir problemle karşılaşabiliriz. Ölümcül bir asteroid çarpmasının, volkanik faaliyetlerin bilinen en yoğun dönemlerinden biriyle aynı tarihlerde gerçekleşmesi muazzam bir tesadüfmüş gibi görünür. Gerta Keller (Princeton Üniversitesi) ve meslektaşları jeolojik ve biyolojik dayanaklarla Chicxulub'a asteroid çarpması kanıtının uzaydan gelen küresel bir yıkımı desteklemediğini ileri sürmüştür. Onların yanı sıra başkaları da Deccan Traps'ın Mezozoik Zamanının sonunda dinazorları ve diğer yaşam formlarını öldüren "Gümüş Kurşun" olabileceğine işaret eder. Bu nedenle bu öyküdeki son bölüm henüz yazılmamış olabilir.

1980'lerin ortasında dinazor paleontoloğu Jack Horner dinozorların neslinin tükenmesiyle ilgili sorulan sorulardan usanmıştı. Bir gün aynı soruyla sayısız kez karşılaştıktan sonra Horner şu ünlü yanıtı verdi: "Nasıl öldükleri umrumda değil. Nasıl yaşadıklarını merak ediyorum." Bu hususta Horner'la aynı fikirde olduğumu itiraf etmeliyim. Bu kitap, dinozorların yaşamlarını anlama tutkumun bir eseri. Kitlel nesil tükenmelerinin bana kalırsa en ilgi çekici yönü, tüm o ölüm ve karmaşanın varsayılan nedenleri değildir (yanardağlar çok fazla lav püskürtmüş veya Dünya'ya zaman zaman büyük kayalar çarpmış olabilir). Bu tür nesil tükenmelerinin ardından yaşamın verdiği yanıtı beni çok daha fazla ilgilendiriyor. Hayatta kalanlar yollarına nasıl devam eder? Kitlel nesil tükenmelerinin getirdiği büyük yıkımların ardından biosferi tamamen çökmekten alıkoyan şey neydi?

En azından kısmi bir yanıt sunmak için bu bölümü radikal bir görüşün kısa bir açıklamasıyla tamamlayacağım. Hayat

çevresel karışıklıklara yanıt olarak sürekli değişen masum bir izleyici değildir; kısmen atmosferin sıcaklığı ve oluşumunu düzenleyerek biyosferi aktif olarak üreten ve sürdüren organizmalardır. GAIA HİPOTEZİ adıyla bilinen bu dramatik, kapsayıcı ve şaşırtıcı görüş (adını Yunan mitolojisinin Toprak Tanrıçası'ndan alır) günümüz için olduğu kadar dinozorlar dünyası için de geçerlidir. Son birkaç on yıldır bu hipotez gittikçe daha çok taraftar toplamıştır ama genel olarak kabul gören bir bilim olarak yerleşmekten çok uzaktadır. Ben de kesinlikle bu görüşün destekçileri arasındayım.

Derin zamanın akışında Dünya'daki küresel iklimler dramatik varyasyonlara tanıklık etmiştir. Bu kitap, Mezozoik Zamanı karakterize eden günümüzün en korkunç tahminlerinin çok ötesindeki küresel ısınma ve deniz seviyesi yükselmesi derecelerini kapsayan sera koşullarını incelemiştir. Yaşamın tarihinde aynı ölçüde aşırı sıcak sera koşullarının egemen olduğu başka dönemler de olmuştur. Buna karşın Dünya bir soğuk sera da olmuştur ve kulağa şaşırtıcı gelse de insanlığın devri büyük ölçüde bir soğuk sera aralığında (diğer adıyla "Buzul Çağı"nda) geçmiştir ama insanların atmosfere katkıları sayesinde hızla son bulabilecek bir buzul çağıdır. Uzak geçmişte Pleistosen buz çağlarından çok daha soğuk sera koşulları da gerçekleşmiştir. Proterozoik Eon'da yaklaşık 730 ila 630 milyon yıl öncesinde gezegen "Kartopu Dünyası" olarak nitelendirmeyi hak edecek şekilde neredeyse buzla kapmış olabilir.³

Bu tür dramatik aşırılıkların temelinde ise şaşırtıcı bir iklim dengesi öyküsü vardır. Gökbilimciler yıldızımızın yani güneşin son 4 milyar yılda belirgin bir biçimde daha parlak hale geldiğini ve ışıyım çıktısının yüzde 25 kadar arttığını söyler. Fakat beklenilebileceği gibi sıcaklıkların gittikçe artması yerine Dünya'nın yüzeyi daha soğuk hale gelme eğilimindedir. Soğuk sera ve sıcak sera dalgalanmalarına rağmen Dünya'nın yüzey sıcaklığı tarihin büyük bir kısmı boyunca yaşam için elverişli görece dar bir sıcaklık aralığının içinde görece sabit kalmıştır. Değişen dış koşullar

³ Kartopu Dünya'nın erimesinden kısa bir süre sonra, büyük çok hücreli yaşamın çeşitliliğinde patlama yaşanmıştır. Bu, bazı araştırmacıları iki olayın nedensel olarak bağlantılı olduğunu sonucuna ulaştıran bir tesadüftür (Hoffman ve Schrag, 2000). Yani küresel bir kıyametin ardından dinozorların kine benzer bir yaşam çeşitlenmesi gerçekleşebilir.

karşısında böylesine kalıcı bir atmosferik denge ve biyolojik sürekliliğin kaynağı nedir?

Bu gizemin belirgin bir çözümü James Lovelock adındaki İngiliz gökbilimciden gelmiştir. Lovelock 1960'larda NASA tarafından Mars'a gönderilecek Viking uzay araçlarıyla ilgili deneyler tasarlamak üzere görevlendirilmiştir. Lovelock'un görevi, Kızıl Gezegen'de yaşamın varlığı veya yokluğunu sınamak için araçların nasıl kullanılabileceğini bulmaktır. Lovelock konu üzerinde düşündükten sonra bir gezegenin atmosfer oluşumunu inceleyerek orada yaşam olup olmayacağını belirleyebileceğimize karar vermiştir. Lovelock'a göre, herhangi bir gezegenin yüzeyindeki yaşamın gerekli elementlerin döngüsünü sağlamak için atmosferi kullanması gerekir. Besleyici öğeler sağlanmalı ve atıklar kaldırılmalıdır. Dünya'nın atmosferi yaklaşık olarak üçte iki nitrojen ve beşte bir oksijenden oluşur; bunların dışında karbondioksit ve metan gibi diğer birçok element az miktarda bulunur. Oksijen özellikle metanın varlığında çok reaktiftir. Bu nedenle, oksijenin sabit seviyelerde korunması için fotosentezin bir yan ürünü olarak sürekli oksijen üreten bitkiler ve belirli bakteriler gibi organizmaların metabolizma etkinlikleri tarafından durmaksızın yenilenmesi gerekir. Oksijen miktarının yüzde 25 veya 30 seviyesine yükselmesi atmosferin alev almasına neden olabilir. Oksijen miktarının yüzde 10'un altına düşmesi ise yaşam formlarının büyük bir çoğunluğu için ölümcül olacaktır.

Sonuçta atmosferin oluşumunu ve sıcaklığını milyarlarca yıl boyunca yaşam için elverişli sınırlar içinde tutan bir şey vardır. Buna karşın Mars'ın atmosferi filen "ölüdür" yani daha doğrusu dengededir; neredeyse tamamen karbondioksitten oluşur ve hiç serbest oksijen içermez.

Lovelock bu gözlem temelinde Mars'ın yakınlarda herhangi bir yaşama ev sahipliği yapmış olamayacağı sonucuna ulaşmıştır. Benzer bir iddia yakınlardaki diğer kayalık gezegen olan Venüs için de söylenebilir. Bunların ikisinin arasındaki fark karbondioksitin Venüs'ün yüzeyini bir ocağa dönüştürmesi, Mars'taki atmosferin ise sıcaklığı koruyamayacak kadar ince olmasıdır. Buna karşın bizim mavi gezegenimizde okyanuslar buharlaşmamıştır ve atmosfer yaşam için elverişli bir sıcaklık ve bileşimi korumuştur.

Lovelock, radikal bir kavrayıştan hareketle, oksijen gibi çok reaktif elementler içeren dengeden çok uzak bir atmosferin gezegende yaşamın imzası olduğunu ileri sürmüştür. Dünya’da yaşamın tüm izlerini kaldırırsanız, atmosferimiz çok geçmeden karbondioksitin egemen olduğu bir denge durumuna geçecektir.

Anlaşıldığına göre NASA Lovelock’un bulgularını çok heyecanla karşılamamıştır çünkü “uzaktan değerlendirme” argümanı yaşam olup olmadığını araştırmak için Mars’a gitmeye gerek olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Lovelock’un uzay kurumundaki görevine çok geçmeden son verilmiştir. Elbette ki günümüzde Mars’ta hayat olmaması hiçbir zaman olmadığı anlamına gelmez. Öte yandan yaşamın temel bileşeni olarak geçmişte suyun varlığı Mars Roverları tarafından elde edilen jeolojik kanıtlar tarafından teyit edilmiştir. Dikkat çekici bir biçimde, evrenin başka yerlerinde hayatı keşfetmeye dönük en iyi fırsatımız Mars’ın kayalarını araştıran paleontologların elinde olabilir!

NASA’dan ayrıldıktan sonra yoluna devam eden Lovelock, önemli bir sonuca ulaşacağını farkına varmıştır. Çevreyi tamamen fiziksel bir olgu olarak gören geleneksel bakışın aksine Lovelock’un hipotezi çevrenin oluşumuna yaşamı katmıştır. Tıpkı bir termostatin odayı belli bir sıcaklık aralığında tutması gibi yaşamın gaz değiş tokuş eden metabolizma süreçleri atmosferin sıcaklığı ve bileşimini düzenlemek için gezegenin fiziksel süreçleriyle etkileşim içinde olmak zorundadır. Bazıları Gaia hipotezini yanlış yorumlamıştır ve New Age spritüalistlerinin benimseyeceği ve ödün vermez bilim insanlarının küçümseyeceği açıklamalar yaparak Dünya’nın “canlı” veya daha kötüsü bir tek organizma olduğunu iddia etmiştir. Halbuki bu görüşün özünde bu tür bir sav yoktur. Lovelock ve diğer Gaia destekçileri gezegendeki hayatın toplamının biyosferin çevreyi düzenlemesine imkân tanıyan birleşik bir fizyolojiye sahip olduğunu ileri sürer. Lovelock’un en yakın meslektaşlarından biri olan mikrobiyolog Lynn Margulis bunu şu cümlelerle ifade eder: “Gezegenin yüzeyi sadece fiziksel, jeolojik ve kimyasal veya hatta jeokimyasal değildir. Daha çok jeofizyolojiktir; Dünya’nın kesintisiz interaktif yaşamının toplamından oluşan canlı bir bünyenin niteliklerini sergiler.”⁴

⁴ Alıntılar Margulis’tan yapılmıştır (1999:123).

Peki, bu türden bir düzenleyici süreç gezegen ölçeğinde nasıl işleyebilir? Gaia atmosferdeki oksijen seviyelerini ne zaman yükseltip düşüreceğini nasıl "bilebilir" ve kardondioksit gibi sera gazlarının birikerek bir felakete yol açmasını engelleyen şey nedir? Bunu sağlayan hangi mekanizma olursa olsun, vücudunuzun titreyerek veya terleyerek iç sıcaklığını düzenlemesi, bir yaralanmanın ardından kendini toparlaması ve yürürken dengeyi korumanıza olanak tanınması gibi bilinçdışı, otomatik bir süreç tarafından yönlendirilmesi gerekir.

Bu kafa karıştırıcı soruyu yanıtlamak için Lovelock ve Margulis ikna edici bir argüman geliştirmiştir. Özetle, bakteriler, mantarlar, bitkiler ve hayvanların büyüüp çoğalarak, besleyici öğeler tüketerek ve atıklar üreterek kendi kendini düzenleyen geri besleme döngülerine katıldığını varsayarlar. Beşinci Bölümde kısaca açıklandığı gibi geri besleme döngüleri doğanın her yerindedir. Bu döngüler bilinçli bir gözetim yerine döngüsel bir kontrole tabidir; geçmiş performanslar hakkında bilgiler toplanır ve bu bilgiler gerektiğinde kendi kendini düzeltmek için kullanılır. Negatif geri besleme döngüleri bir sistemi eski durağan haline geri götürürken, pozitif geri besleme döngüleri sistemi yeni bir durağan durum elde edilene dek değişmeye yönlendirir. Hayvanların vücut ısısı, kan basıncı ve kandaki glükoz seviyeleri gibi düzenleyici faktörlerde ayarlamalar yaparak görece sabit iç koşulları (homeostasis) koruması negatif geri besleme örneğidir. Tavuskuşunun kuyruğu gibi garip özelliklerin kontrolsüz evrimi ise amplifikasyon veya pozitif geri beslemenin biyolojik bir örneğidir (ayrıntılı bilgi için Onuncu Bölüme bakın).

Tüm bunlar biraz mistik gelebilir, bu nedenle somut bir örneğe göz atalım: karbon. Yanardağlar binlerce yıldır Dünya'nın atmosferine milyonlarca ton karbondioksit püskürtmüştür. Fakat karbondioksit Venüs ve Mars'takinin aksine atmosfer bileşiminin iz ögesi olarak kalmıştır. Bu nedenle karbondioksiti Dünya'nın atmosferinin dışına pompalayan mekanizmaların bulunması gerekir. Fotosentez aracılığıyla çok miktarda karbondioksit tüketen bitkilerin karbonu daha sonra gövdelerinde depolanan katı bir forma dönüştürmesi bu mekanizmalardan biridir. Hayvanlar her nefeslerinde karbondioksit çıkararak bunu kısmen dengeler. Bir

diğer karbon yakalama yöntemi kaya aşınmasıdır. Kayalar erozyon karşılığında parçalandıkça yağmur suyu ve karbondioksitle birleşerek karbonat adı verilen karbon bazlı bileşikler üretir. Böylece gaz karbondioksit atmosferden alınarak sıvı forma dönüştürülür. Fakat hesaplamalar, kaya aşınmasının tamamen fiziksel süreçlerinin atmosferden gerekli karbondioksitin çıkartılmasında için yetersiz olduğunu gösterir.

Birçok toprak bakterisinin, mantarlar ve bitkilerle ortaklık aracılığıyla kaya aşınması için müthiş birer katalizör olduğu ve bu sürecin hızını katbekat artırdığı görülür. Bazı bakterilerin, kayaların içindeki çatlak ve yarıkların içine dolarak aşınma hızını bin kat kadar artıran bileşikler salgılaması bunun sadece bir örneğidir. Su esaslı karbonun büyük bir kısmı denizi boylar ve denizdeki çeşitli yaşam formları kabuklarını oluşturmak için kalsiyum karbonat adı verilen kimyasal bileşiği kullanır. Kabuklu organizmalar midyeler ve salyangozlar gibi büyük vücutlu hayvanları içerir. Kokolitoforlar adı verilen mikroskobik organizmalar ise çok daha yaygındır. Dover'ın beyaz uçurumları gibi uçsuz bucaksız Kretase kireç haznelerinin oluşumunu sağlayan bu yaşam formlarıdır. Böylece gaz olarak ortaya çıkıp sıvıya dönüştürülen karbondioksit en nihayetinde bir katıya hapsolür. Bu hayvanlar öldüğünde kabukları denizin dibine çöker ve kireç taşına dönüşen geniş katmanlarda birikir. Kireç taşlarına gömülü bu karbon uzun süre denizde kaldıktan sonra batma süreciyle Dünya'nın içine aktarılır (ayrıntılı bilgi için Dördüncü Bölüme bakın). Nihayetinde bu karbondioksitin bir kısmı volkanik faaliyet aracılığıyla tekrar gaz olarak salınır. Yanardağlardan kaya aşınmasına, toprak bakterilerine, deniz alglerine, kireçtaşlarına ve tekrar yanardağlara uzanan bu döngü Dünya'nın sıcaklığının düzenlenmesine katkıda bulunan bir geri besleme döngüsü oluşturur. Dikkat çekici bir biçimde, bu döngüsel ve sürekli kaya aşınması sürecinin gezegeni 15-45 °C (60-110°F) kadar serinlettiği tahmin edilmektedir!

Teoriye göre atmosferik karbondioksitteki artış, fotosentez yapan ve kaya aşındıran organizmalarda da bir artışı başlatır ve bunlar atmosferden karbon alımını hızlandırır. Atmosferdeki karbondioksit seviyeleri yeterince düştükten sonra, fotosentez yapan bitkiler ve bakterilerin biyokütlesi küçülür ve atmosferden

karbon alımını yavaşlatarak sistemin yeniden denge durumuna gelmesine olanak tanır.⁵ Biyolojik ve jeolojik süreçleri içeren başka geri besleme döngüleri de tanımlanmıştır ve muhtemelen birçoğu da keşfedilmeyi beklemektedir. Yaşamın gezegeni eonlar boyunca yaşanabilir halde tutarak kendi kaderinde merkezi bir rol oynadığını düşünmek büyüleyicidir.

Gaia hipotezi bize dinazorların dünyası hakkında yeni bir perspektif sunar. Dinazorları da içeren Mezozoik yaşam ağı birçoğu mikroskobik olan karmaşık, iç içe geçmiş yaşam formları tarafından sürdürülmüştür. Bunlar Dünya'nın fiziksel süreçleriyle öylesine bütünleşmiştir ki Mezozoik atmosferi ve belki de daha genel olarak biyosferi düzenleyen bir geri besleme döngüleri sistemi oluşturmuştur. Sırasıyla dinazorların ortaya çıkmasını ve yok olmasını önceleyen Permiyen sonu ve Kretase sonu nesil tükenmeleri hiç şüphesiz hem bu düzenleyici süreç hem de ağın bileşimi üzerinde önemli etkiler doğurmuştur. Her şeye rağmen biyosfer –Gaia– milyarlarca yıl boyunca böylesi felaketleri birçok kez atlatarak çok dirençli olduğunu kanıtlamıştır.

Dinazorların Mezozoik Zamandaki destansı yolculuğu, uzak diyarlardaki fantastik yaratıkların öyküsüdür. Bu tür destanların hepsinde olduğu gibi, anlatı kısa süreli altüst oluşlarla bozulan uzun sükûnet dönemlerini içerir. Mezozoik Dünya'nın günümüzde yaşadığımız gezegenle güçlü bir benzerlik taşıdığını gördük. Şimdi olduğu gibi birçoğu bize tanıdık görünen çok çeşitli ve görkemli yaşam formlarıyla dolu dirençli ekosistemler yaratmak için ekoloji ve evrim beraber çalışmıştır. Fakat bu antik Dünya aynı zamanda yabancı görünür. Bunun tek nedeni sadece dinazor gibi canavarların bolluğu değildir. Dinazorlar yağmur ormanlarının, buzlarla kaplı kutup bölgelerinin ve çayırların olmadığı bir sera dünyada yaşamıştır. Gökyüzünü pterosaurlar süslerken, denizlerde mosasaurlar, ichthyosaurlar ve plesiosaurlar yüzmüştür. Günümüzde büyük ölçekli bitki, hayvan ve toprak organizması topluluklarının yer aldığı Mezozoik biometlerin temellerini bile

⁵ Ne yazık ki bu sistemi düzeltme potansiyelinin sınırları vardır. Sanayileşmenin neden olduğu muazzam boyutlardaki hızlı sera gazı emisyonu bu sınırları aşmış görünmektedir.

yeni yeni anlamaya başlıyoruz. Paleontoloji ve ona yakın bilimler, bu antik dünyalara ilişkin kavrayışlarımızı rafine etmeye devam edecektir. Bundan 20 yıl sonra dinazorları konu edinen böylesi bir değerlendirme henüz hayal bile edemediğimiz derin kavrayışlara ulaşarak şimdikinden çok farklı olacaktır. 40, 60 ve 100 yıl sonraki gelecek versiyonları da eşit ölçüde farklı olacaktır. Paleontolog olmak için heyecan verici bir dönemdeyiz ve bu heyecanın kolay kolay yatışmayacağı görülüyor. Profesyonel veya amatör olarak paleontolojiyle ilgilenmeyi seçen azınlığa, yeni çıgırlar açacak çalışmaların onları beklediğini söyleyebilirim. Tribünde ön sırada oturmayı tercih eden çoğunluğa ise sadece şunu söyleyebilirim: Gösterinin keyfini çıkarın!

SONSÖZ

MEZARDAN FISILTILAR

Dinozor adı verilen bu büyüleyici yaratıkların Dünya'nın tarihinde merkezi bir rol oynadığı artık netlik kazanmıştır. Belki de dinozorlar hakkında yeni öğrendiğiniz bilgiler partilerde sohbet konusu olabilir veya etrafınızdaki çocuklarla bilgilerinizi yarıştırdığınız size yardımcı olabilir. Yine de birçoklarının bana yönelttiği gibi makul bir biçimde şu soruyu sorabilirsiniz: "Dinozorların günümüzle ilgisi nedir?" Eğlence değerlerinin ötesinde herhangi bir amaca hizmet ediyorlar mı? Kulaklarımızı açarsak dinozorların bize anlatacağı halen çok şey olduğunu söyleyebilirim.

Tuhaf gelebilecek bir iddiayı dile getirerek bu görüşümü açıklamaya başlayacağım:

Dinozorlar, insanlığın ve gezegenin biyoçeşitliliğinin büyük bir kısmının varlığını sürdürmesi için de hayati önemde olabilir.

"Tam da bir paleontolog gibi konuştun," dediğinizi duyar gibiyim. Fakat şöyle düşünün. Asteroid çarpması (Gümüş Kurşun) hipotezi dinozorların Kretase Döneminin sonunda neslinin tükenmesini açıklamak için ileri sürülmüştür. Bu çarpma senaryosunun bilimsel incelemesi korkutucu bir olasılığın farkına varmayı sağlar: Gelecekte bir kuyruklu yıldız veya asteroid çarpması insan uygarlığını yok edebilir ve muhtemelen kendimiz de dahil olmak üzere milyonlarca türün neslinin tükenmesiyle sonuçlanabilir. Araştırma bu Dünya'ya Yakın Cisimlerin (DYC'ler) uzak ama gerçek bir tehdit teşkil ettiğini göstermiştir; çapı 1 kilometreden (0,6 mil) büyük (küresel bir yıkım yaratabilecek) bir asteroidle çarpışma muhtemelen her birkaç yüz bin yılda bir gerçekleşir. Bunun ışığında NASA ve diğer uzay kurumlarının öncülüğündeki araştırma programları DYC'lerin tespit edilip yönlerinin değiştirilmesinin teknolojik yollarını araştırmaktadır. Bununla ilişkili bir şekilde, K-T "çarpma kışı" senaryosunun



Montana, Hell Creek kırgıbayırında açığa çıkan *Triceratops* kafatasının boynuzuna konan çalikuşu bir an için günümüz ile derin geçmiş arasındaki evrimsel bağı vurguluyor.

-yani büyük bir asteroid çarpmasından kaynaklanan küresel serpentinin- bilimsel incelemesi "nükleer kış" senaryosunun - yani termonükleer silahların karşılıklı olarak kullanılmasının ardından oluşabilecek küresel yıkımın- tanımlanmasına katkıda bulunmuştur. ABD Kongresine Carl Sagan gibi tanınmış bilim insanları tarafından sunulan bu görüş, böylesine bir askeri çılgınlığı aklına getirebilecek olanlar için ciddi bir caydırıcı etken olmuştur. Dolayısıyla dinazorların veya en azından jeologlar ve paleontologların onlar hakkındaki incelemelerinin günün birinde insanlığın devamlılığında önemli bir öge olarak görülebilmesi gayet mümkündür. Bu sonuç, fiziksel ve biyolojik alanların karşılıklı bağlantılarını ve genellikle beklenmedik sonuçlar getiren saf araştırmanın önemini vurgular.

Dinazorların dünyamızı "kurtarabileceği" bir yol daha vardır. Muhtemelen insanlık tarihindeki en kritik dönemde yaşıyoruz. Ezici bir bilimsel fikir birliği, biyosferin insan varoluşunun aşırılıklarını özümsemesinin sınırlarına yaklaşarak (ve bazı durumlarda bu sınırları aşarak) doğal dünya ile ilişkimizde taşma noktasına ulaştığımızı doğrulamaktadır.

Bu krizin bir tek yönüne -biyoçeşitliliğin kaybına- odaklanırsak, Dünya'nın biyosferi şu anda tahminen 13 milyon türe ev sahipliği yapmaktadır. Biyologlar bunların iki milyondan daha azını resmi olarak adlandırıp tanımlamıştır; bunların büyük bir kısmı daha büyük, kolayca görülen canlılardır. Günümüzde tüm türlerin yüzde 10 ila 40'ı (dört memeli türünden biri dahil olmak üzere) tehdit altındadır ve bu tehlike altındaki yaşam formlarının sayısı hızla artmaktadır. Geçen yüzyılda nesil tükenmelerinin hızı çok artmıştır. Son tahminler insanlık öncesi seviyelerden bin kat daha yüksek bir hıza işaret etmektedir! Paleontologlar fosil kayıtlarında son beş kitlesel nesil kaybının kanıtlarını görür ve şu anda biz altıncısının eşiğindeyiz: 65 milyon yıl önce dinazorları öldüren nesil tükenmesinden bu yana en büyük nesil tükenmesi olayı. Milyonlarca yıllık evrimin ürünü olan mevcut biyoçeşitlilik sadece on yıllar içinde yok olacaktır; derin zamanın radar ekranında saptanamaz bir sinyal gibidir. Mevcut nesil tükenmesi eğilimi devam ederse, bugün yaşayan tüm türlerin yaklaşık yarısı

bu yüzyılın sonuna kadar yok olabilir ve bunun geride kalanlar için ne gibi sonuçlar doğuracağı belli değildir.

Bu kitlesel nesil tükenmesinin benzersiz bir yönü, bir tek tür –insan– tarafından tetiklenmesidir. Bu defa Dünya'ya çarpacak olan asteroid insanlardır. Amerika Birleşik Devletleri tarafından ödenek sunulan ve bir dizi disiplinden 170 bilim insanı tarafından gerçekleştirilen küresel ekosistemler hakkındaki güncel bir değerlendirme, bu ekolojik krizin insani etkinlikler tarafından yönlendirildiğini kararlı bir biçimde ortaya koymuştur. Raporun istatistikleri sarsıcıdır: Mercan resiflerinin yaklaşık yüzde 60'ı tehdit altındadır, Dünya'nın sulak alanlarının yarısından fazlası yok olmuştur, otlakların yüzde 80'i tehlikeye girmiştir ve kurak alanların yüzde 20'si çölleşme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bu dramatik, yaygın çevresel bozulmanın nedenleri birçok okuyucu tarafından gayet iyi bilinmektedir: ormanların yok edilmesi, aşırı nüfus, zehirli atıklar, hayvan türlerinin aşırı kullanılması ve küresel ısınmaya yol açan sera gazlarının emisyonu. Doğa, insan nüfusunun aşırı artmasının ve sanayileşmeyle bağlantılı artan tüketimin verdiği cezaya artık katlanamayacak durumdadır.

Fakat bu eko-krizin ciddiliğine rağmen pokerde bir sonraki elin ötesinde hiçbir şeyi göremeyen gözü dönmüş kumarbazlar gibi çevresel “sermayemizi” harcamaya devam ediyoruz. Küresel önceliklerimizde hızlı ve köklü bir değişim olmadıkça, ekolojik iflasa doğru sürükleniyoruz ve bu çarpıcı çevre “çöküşün” etkileri israf edilmiş emeklilik fonlarından, emlak piyasasındaki durgunluktan veya paranın değer kaybetmesinden çok daha uzun süre hissedilecektir. Daha önceki kitlesel nesil tükenmelerinin incelenmesi, Dünya'nın ekosistemlerinin bugünkü çeşitlilik seviyelerine yeniden kavuşmasının 5 ila 10 milyon yıl alacağını gösterir.

Şu şekilde düşünebilirsiniz: “Eninde sonunda tüm türlerin nesli tükeneneğine göre bugünkü kayıpları neden frenlemeye çalışalım?” Yanıt bir seviyede ahlaki bir karara kalır: İnsanların milyonlarca türü bilerek yok etmeye hakkının olduğunu düşünüyor musunuz? Bir başka deyişle doğal dünyanın insan dışı üyeleri doğuştan gelen yaşama hakkına sahip olmalı mıdır? Peki ya bir fil, kutup ayısı veya kambur balınayı görebilme fırsatına hiç sahip olamayabilecek gelecek kuşaklar? Kaygılarınız başka türleri kap-

samıyorsa bile, insan uygarlığının ve belki de *Homo sapiens* türünün devamının da risk altında olduğunu hatırlamak önemlidir.

Özetle, karanlık bir gelecekte uzak durmak istiyorsak bu yüzyılda ve neredeyse kesin bir biçimde bir sonraki kuşakta dramatik bir akış değişikliğine ihtiyacımız var. Şimdiye dek yaşayıp ölen 4000 kadar insan kuşağı içinde şimdiki kuşak tüm gelecek kuşakların kaderini belirleyebilme kapasitesine sahip olması bakımından benzersiz olabilir. Fakat eko-krizi çok derinleştiren bir başka problemle karşı karşıyayız: cehalet. Çoğu insanın mevcut akışımızın derinliği ve yıkıcılığını veya bu yolu farklılaştırmak için gerekli değişiklikleri henüz kavramaya başladığı bile söylenemez. Bunun yerine toplum olarak kolektif bir biçimde başlarımızı kuma gömüp yanlış, modası geçmiş kavramlara sıkı sıkıya tutunuyoruz. Örneğin birçok kişi Dünya'nın artan ihtiyaçlarımızı sonsuz bir biçimde karşılamaya yetecek kadar eli açık olduğunu ve teknolojik yeniliklerin bizi en aşırı düşkünlüklerimizden bile kurtaracağını düşünüyor. Bazıları da mevcut çevre sorunları ve yıkımın hızı karşısında hâlâ iyimserliğe yer olduğuna inanıyor. Yine de gittikçe daha çok insanın gündelik seçimlerinin çok kapsamlı, hatta küresel sonuçlar doğurabileceğini anlamaya başlamasıyla bu sorunun ve olası çözümlerinin farkındalığı hızla artıyor. Sera gazlarının emisyonunu azaltmak ve sürdürülebilirlik yönünde ilerlemeye dönük son girişimler şüphesiz umut ve iyimserliği besliyor.

Her şeye rağmen ekolojik açıdan sürdürülebilir toplumlara dönük her anlamlı hareket, yalnızca teknolojideki dış değişimi değil aynı zamanda dünya görüşündeki iç değişimi gerektirir. Birçok yazarın ileri sürdüğü gibi uzun vadeli sürdürülebilirlik, farkındalığımızı genişletmemizi ve doğayla ilişkimizi yeniden tanımlamamızı gerektirecektir. Esasen insan merkezli (antroposantrik) dünya görüşünden yaşam merkezli (biyosantrik) dünya görüşüne geçmeliyiz. Görebildiğim kadarıyla böylesine temel bir değişim için en azından ortaokuldan yüksek eğitime kadar eğitim sistemimizi değiştirmeliyiz. Ebeveyn ve eğitimcileri doğal sistemlerin bilimini anlatmak ve doğa tutkusu aşlamak için gerekli araçlarla donatmalıyız. Birçok araştırma, bu eğitimin öğrenci merkezli ve yerinde olması, dış mekânlarla bolca yakın temas içermesi gerektiğinde hemfikirdir. Günümüzde televizyon ve video oyunlarından

trafik ve yabancılardan duyulan korkuya kadar çok çeşitli etkenler çocukları içeride tutma ve doğayla bağ kurmalarını engelleme eğilimindedir. Bu hastalığın bir adı bile var: doğa eksikliği bozukluğu. Bu eve kapanma eğiliminin derhal tersine çevrilmesi gerekir. Ayrıca eğitim müfredatının çocuklara –ve yetişkinlere– yalnızca kariyerlerini geliştirmeyi değil, aynı zamanda dünyada iyi yaşamayı ve sürdürülebilirliği kucaklamayı öğretmesi gerekir.

Son zamanlarda çevre eğitiminin önemine duyulan ilgi, ekolojik okuryazarlıkta bir akım başlatmıştır. California, Berkeley'deki Ekolojik Okuryazarlık Merkezi gibi organizasyonlar yerel ekolojik ağların ve insanların bu ağlardaki rollerinin anlaşılmasını desteklemektedir.¹ Ekolojik okuryazarlığın savunucuları, tüm müfredatı temel ekolojik kavramlar ve dış etkinlikler merkezinde tasarlamının çocukları doğal dünyayla bütünleştireceğini ve daha bilgili bir toplumun gelişmesini teşvik edeceğini ileri sürmektedir.

Ekolojik okuryazarlık yaklaşımını takdir etsem de bunun savunucularının önemli bir unsuru ihmal ettiklerini düşünüyorum: dönüşüm. Gördüğümüz gibi, vücutlarımızın gündelik birleşiminden türlerin ve ekosistemlerin derin zamandaki geçit törenine kadar her şey değişir. Yaşam, mütevazı tek hücreli varlıklardan bitki ve hayvanların şaşırtıcı gelişimlerine kadar atalar ile torunlar arasındaki kopmaz bağları izleyerek radikal dönüşümlere uğramıştır. İnsanlar, evrimsel sahneye çok sonraları çıkan dik durabilen insansılar, yalnızca primatlar ile diğer memeliler arasında değil, balıklar, kuşlar ile mantarlar arasında da akrabalara sahiptir. Bir tür olarak varlığımızı sürdürecekseniz, bu ortak yolculuğun farkına varan ve diğer organizmaları saygıyı hak eden aile üyeleri olarak kucaklayan bir bilinç evrimine uğramamız şarttır. Bu nedenle eğitim bizi ekolojik zamanın bu enstantanesine bağlayan pek çok bağlantının yanı sıra bizi derin zamanın içine yerleştiren önemli dönüşümleri de kapsamalıdır. İstedığınız yazar veya film yönetmenin sorun, inandırıcı tüm anlatıların özünde dönüşüm vardır.

Kültür tarihçisi Thomas Berry çevreyle ilgili mevcut krizimizin büyük bir kısmının öykü eksikliğinden kaynaklandığını iddia edecek kadar ileri gider. Şu anda insanlığı daha geniş bir bağlam

¹ Ekolojik okuryazarlık hakkında daha fazla bilgi için www.ecoliteracy.org sitesini ziyaret edin.

içerisine yerleştiren ikna edici bir anlatıya sahip olmadığımız için hayatlarımız anlam veya daha büyük bir amaç hissinden yoksundur. Sanayileşme öncesi birçok toplum (ve günümüzdeki yerli toplumlar) gibi doğa hakkında hayranlık, şaşkınlık veya kutsallık hissi beslemiyoruz. Fakat yeni öykünün ne olması gerekir? Birçok bilim insanı, teolog ve eğitimci tarafından desteklenen Berry'nin çözümü, Büyük Patlamayla başlayan ve günümüze kadar ulaşan dolambaçlı yolcuğumuzun izini süren Büyük Öykü veya bazen adlandırıldığı şekilde Evren Öyküsü, Yeni Öykü ya da evrim destanıdır. İkinci Bölümde bu destansı öykünün kısa ve dinazorları merkez alan versiyonunu sundum. Bu, insan merkezli versiyonuyla birçok ortak nokta taşır. Bazıları bu anlatıyı muhtemelen bilimsel devrimin en büyük zaferi ve aynı zamanda da bilim ve din arasındaki uçurumu ortadan kaldırıp çok ihtiyaç duyulan bir anlam ve amaç hissini sunma fırsatı olarak görmektedir. Ben de bu görüşü paylaşanlardan biriyim.

Büyük Öyküde dönüşüm ve akış fikirleri beraber dokunur ve bizim yaşamın nehrine sadece bağlı olmakla kalmayıp aynı zamanda onun içine kelimenin tam anlamıyla nasıl daldığımızı vurgular. Kendimizi helezonlaşarak dönen geçici enerji yoğunlaşmaları olarak görmek daha önce hiçbir zaman bu kadar önemli olmamıştı; ardalandaki akıştan doğarız, kısa bir süre devamlılık gösteririz ve daha sonra aynı akışa geri döneriz. Bu akış, derin zamanda evrenin kökenine kadar gerilere uzanan bir bütündür. İnsanlar doğadan ayrı değildir; biz doğanın ta kendisiyiz. Fakat günümüzdeki bilim eğitimi, insanların dışındaki dünyayı Berry'nin ifadesiyle "süjelerin iletişimi" yerine "objeler koleksiyonu" olarak gören Descartes ve Galileo'nun makine tabanlı perspektifine saplanıp kalmış haldedir (ayrıntılı bilgi için Birinci Bölüme bakın). Nihayetinde doğa yalnızca doğal kaynaklar olarak görülürse kendimizi anlamlı bir yuvadan mahrum bırakmış oluruz.

Şu anda yazmakta olduğum yıl olan 2009, Charles Darwin'in 200. doğum yıldönümü ve *Türlerin Kökeni* adlı ünlü kitabının yayımlanmasının 150. yıldönümüdür. Fakat Darwinci evrimin esas mesajı –Dünya üzerindeki tüm yaşamın ortak soyu– neredeyse tüm bilim camiası tarafından biyolojinin merkezi ilkesi olarak kabul edilse de Amerikan kamuoyunda (ve daha birçok ülkede) tartış-

malara boğulmuş durumdadır. Bu ciddi kopuklukta, kökten dincilerin evrim karşıtı çabaları kadar eğitimin başarısızlığının da rol oynadığını düşünüyorum. Üniversiteler öğrencilerine, özellikle de genç öğretmenlere evrimi anlatmayı başaramamıştır. İlköğretim ve lise öğretmenleri, evrimin detaylarını (mutasyon, doğal seçim, türleşme ve benzeri) öğretmek için gerekli güvene sahip olmadıkları gibi, daha geniş bağlamı gözden kaçırmaktadır. Evrim öğretilirken ekolojiyle sayısız bağlantı ve madde ile enerjinin anbean akışı neredeyse hiç gündeme gelmemektedir. En önemlisi de Büyük Öykü yani yaşamın, evrenin ve her şeyin birleşik tarihini kapsayan büyük destan eksiktir. Sonuç olarak biyolojik evrim, doğruluğunu kabul edenler için bile hayatlarımızda neredeyse hiçbir anlam taşımayan entelektüel bilginin ötesine geçmemektedir. Bana kalırsa en geniş anlamda evrimin maddi, içselleştirilmiş bir anlayışı, sürdürülebilir bir geleceğin tanımlanmasında anahatar unsur olacaktır.

Kısacası Amerika'daki sınıflarda evrim konusunun daha az değil daha çok işlenmesine ihtiyacımız var. Ayrıca bunun günümüzle ilişkisi açıkça ortaya konmalıdır. Evrim uzak geçmişle sınırlı bir şey değildir. Her gün gerçekleşir ve Dünya üzerinde yaşam var olduğu sürece gerçekleşmeye devam edecektir. İnsan gelişimi üzerine yapılan güncel bir araştırma hepimizin "doğuştan yaratılışçı" olduğumuzu göstermektedir; çocukluğumuzun büyük bir kısmını tüm bitkiler ve hayvanların ayrı varlıklar olduğuna gerçekten inanarak geçiririz. Çocuklar genellikle 10 veya 11 yaşından itibaren evrimsel değişime özgü bir dönüşümü kavramlaştırabilmeye başlar. Çeşitli yaşlara uygun seviyelerde anlatılan Büyük Öykü, hem dönüşüm hem de birliğin özünü kavramamıza yardımcı olma potansiyeline sahiptir. Eğitim sistemimiz bizi sürdürülebilirliğe yönlendirecekse, yalnızca ekolojik okuryazarlığı değil aynı zamanda evrim okuryazarlığını da geliştirmek zorundadır. Belki de "doğa okuryazarlığı" olarak düşünülebilecek bu ikisinin birleşimi hem bağlantıları (ekoloji) hem de dönüşümü (evrim) kucaklamalıdır. Mevcut evrim okuryazarlığı eksikliğini gidermek için dönüşümsel düşüncüyü geliştirmemiz gerekir ve bu da bizi tekrar "uzun süre önce ölmüş" dinozorlara geri götürür.

Dinozorlar, çeşitli nedenlerden dolayı birleşik bir ekoloji-evrim yaklaşımıyla bilim eğitimi vermek için olağanüstü bir araç sunar. İlk olarak, bilimdeki birçok konunun aksine dinozorlar hayal gücümüzü sindirmek yerine teşvik eder. İkinci olarak, tarih öncesi Dünya'nın ana örnekleri olan dinozorlar derin zamanın keşfi için yeterli, hatta ideal rehberlerdir. Üçüncü olarak, dinozorların soyundan gelen kuşlar çok sevilir ve keskin bir biçimde gözlemlenir. Kuşlar, geçmiş ile bugün arasında sağlam bir bağlantı kurar. Şükran Günü hindiniz ile Rex adlı antik tiran arasındaki halkalar düşündüğünüz kadar çok değildir. Dördüncü olarak, bu kitapta açıklandığı gibi paleontolojinin disiplinler arası doğası dinozorların genetik klonlama ve levha tektoniği gibi çok çeşitli konulara mükemmel erişim noktaları sunduğu anlamına gelir. Yeri gelmişken buna iki örnek verilebilir: Mezozoik Zamanın sera dünyası günümüzdeki iklim değişikliğini tartışmaya başlamanın şaşırtıcı ve bilgilendirici bir yoludur ve dinozorların ölümü günümüzde yaklaşan nesil tükenmelerini ele almak için doğal bir başlangıç noktasıdır. Son olarak, dinozorlar dönüşümsel Büyük Öyküyü anlatmak ve bunu yaparken evrim okuryazarlığını geliştirmek için muazzam bir potansiyele sahiptir.

İnsanların zamanın uçsuz bucaksızlığını kavramaya şimdiye dek hiç bu kadar ihtiyacı olmamıştı. Kendimizi zamanın dokusuna yeniden dahil etmeden, geçmişimizden anlam çıkarmadan ve gelecek kuşaklar karşısındaki sorumluluğumuzu düşünmeden ekolojik olarak sürdürülebilir toplumları nasıl destekleyebiliriz? Bu ihtiyacın tam tersi istikametinde şu anki zaman deneyimimiz sürekli hızlanma eğilimindedir. Yetişkinler olarak hayatlarımız sonu gelmeyen görevler dizisi ve baskı yaratan son teslim tarihleri etrafında dönüyor ve bunlar varoluşun daha geniş bağlamını tamamen muğlaklaştırıyor. Dinozorlar garip bir biçimde tekrar derin zamana demir atmamız için bize harika bir araç sunar. *Homo sapiens* Dünya tarihinin ölçeğinde sadece bir nanosaniye var olmuştur ve insanlar ve dinozorlar (kuşlar haricinde) zamanda on milyonlarca yıl birbirlerinden ayrı olarak hiç bir arada yaşamamıştır. Fakat jeolojik olarak konuşacak olursak dinozorlar oldukça yakın tarihte ortadan kaybolmuştur. Derin zamanda daha gerilere gidecek olursak, dinozorlar Dünya milyarlarca yıl varlığını sürdürdükten sonra sahneye çıkmış ve bu akıl almaz sürenin sadece küçük (ve görece

günümüze daha yakın) kısmında sahnede kalmıştır. Bize göre bin yıl sonsuzlukmuş gibi gelebilir ve Dünya tarihinin milyarlarca yılını hayal etmek neredeyse imkânsızdır. Büyük Öykünün bağlamına yerleştirildiğinde dinozorların Mezozoik dünyası bizi zamanı farklı bir biçimde hayal etmeye ve böylece günümüzdeki gerçekliğimizi yeni yollardan deneyimlemeye teşvik eder.

Büyük Öykünün bir diğer önemli ögesi, ortak ata (evrim) ve madde ile enerjinin sürekli akışı (ekoloji) aracılığıyla kurulanları da kapsayan derin bağlantılardır. Zamanın belirli bir anındaki tüm yaşam formları, biyosferi kaplayan ilişkilerin engin ağlarıyla birbirine bağlanır; tüm bu ağlar geçmiş ve gelecektekilerle beraber örülür. Muhtemel bir dünyadaki yaşam, olmuş olan her şeyin olacak olan her şeyi etkilediği anlamına gelir. Karşılıklı bağlantılar öylesine derindir ki bir yöndeki değişiklik diğer birçok yönde katlanan (ve bazen dramatik ve beklenmedik) etkiler doğurabilir. Dinozorlar bunu kavramamıza yardımcı olabilir.

Dinozorlar konusundaki eğitim genellikle modern dünyamızla hiçbir bağlantıları yokmuş gibi verilir; dinozorlardan adeta başka bir gezegenden gelen tuhaf yaratıklarımız söz edilir. Olsa olsa öğrencilere dinozorların neslinin 65,5 milyon yıl önce tükenmesinin memeliler ve nihayetinde insanların ortaya çıkması için zemin hazırladığı öğretilir. Buna göre asteroid Dünya'yı ıskalasaydı ve dinozorların nesli tükenmeseydi büyük memelilerin çeşitlenmesi mümkün olamazdı; yani balinalar, filler, antiloplar, primatlar ve insanlar olmazdı. Bu bakış açısı doğru olabilir ama yaşamın karşılıklı bağlantılarını tamamen görmezden geldiği için çok yetersizdir. Dolaylı olarak dinozorların ve memelilerin yolları ilişkisizdir; bir grup sahneyi terk eder ve diğer grup oyunu devam ettirmek için sahneye çıkar.

Fakat dinozorlar K-T nesil tükenmesinden önce 160 milyon yıl boyunca varlıklarını sürdürmüştür ve karmaşık organik ağlarda memelileri de içeren diğer hayvanların yanı sıra bitkiler, bakteriler, mantarlar ve alglerle birlikte evrimleşmiştir. Bu Mezozoik yaşam formları birbirlerinin ve daha sonraki tüm türlerin, kökenlerini ve kaderlerini etkilemiştir. Çiçekli bitkiler ilk olarak erken Kretase devrinde evrimleşmiş ve ilk çiçeklenmeleri çeşitli otçul dinozorlarla yan yana gerçekleşmiştir. O halde temel mesele dino-

zorların neslinin tükenmesi değil, küresel ekosistemlerin zaman-
da birbirine geçmesidir. Dinozorlar daha önce veya daha sonra
yok olsaydı veya dinozorlar hiç evrimleşmeseydi sonraki yaşam
formları bütünüyle farklı olurdu ve neredeyse kesin bir biçimde
burada olmazdık. Kısacası dinozorların ölümleri kadar yaşamlarına da çok şey borçluyuz. Neredeyse tüm önemli yaşam formu grupları için de aynı şey söylenebilir.

O halde dinozorların destanı Büyük Öyküyü anlatmamıza ve sürdürülebilirlik eğitiminin yüce amaçlarına ulaşmamıza nasıl yardımcı olabilir? Bir sürü olasılık var ama ben sadece birini vurgulamak istiyorum.

Kuşlar yaygındır, çeşitlidir ve izlemesi keyif veren canlılardır. Kuşların kısa bir süre önce tüylü dinozorlar olduğunun açığa çıkması da yepyeni bir perspektif getirir. Audubon Derneğinin sponsorluğunda “Noel Dinozor Sayımı” projesinin gerçekleştirildiğini hayal ediyorum. Daha da iyisi, çocukları yaşadıkları yerdeki kuşları gözlemlemek için dışarı çıkarmak amacıyla ulus çapında bir “Arka Bahçe Dinozor” inisiyatifi hayal edin. Bu çaba için gerekli araçlar –örneğin dürbün, kuş yemleri ve kuş yuvaları– görece ucuz ve kolay erişilebilirdir. Çocuklar (ve anne babalar) okullar ve evlerinin çevresinde yıl boyunca yaşayan birçok kuşun yanı sıra göç eden kanatlı ziyaretçileri tanımlamayı öğrenecektir. Küçüklerin gözünde *Tyrannosaurus rex* ve diğer antik canavarlar *Turdus migratorius* (Amerika nar bülbülü), *Corvus corax* (kuzgun) ve *Buteo jamaicensis* (kızıl kuyruklu şahin) gibi çeşitli modern “dinozorlarla” iç içe geçecektir. Arka Bahçe Dinozorları hakkındaki bir ders çok çeşitli konuları işleyebilir ama evrim ve ekoloji ikilisini temel almalıdır. Evrim konusunda kuşların daha genel evrim destanındaki yeri de dahil olmak üzere dinozorlarla atatorun ilişkisine vurgu yapılacaktır. Ekoloji konusunda çocuklar kuşların yerel ekosistemlerde oynadığı rolleri –bitki yiyenler ve polen yayanlardan avcılar ve avlara kadar– ve diğer hayvan ve bitki türleriyle bağlarını öğrenecektir.

Birçok bölgede, arka bahçe dinozorlarına ilgi duyan öğretmenler ve anne babalar doğa tarihi müzeleri, hayvanat bahçeleri, kuşhaneler ve/veya kuşları gözlemleyen gruplardan destek alabilir. Sıradan insanların güncel, uygulamalı bilimsel araştırmalara

katılımını sağlamak için tasarlanmış bölgesel veya ulusal “yurttaş bilimi” programlarıyla birlikte çalışma fırsatları bile yakalanabilir. Örneğin öğretmenler ve anne babaların yönlendirmesiyle çocuklar kuşların tür özellikleri ve dökümleri hakkında veriler toplayabilir ve daha sonra bu veriler ulusal ölçekli çevrimiçi bir veri tabanına kaydedilebilir. Elde edilen bilgiler örneğin küresel ısınmanın kuş popülasyonları üzerindeki etkilerini izlemek için kullanılabilir. İster inanın ister inanmayın bunun gibi araştırma programları zaten geliştiriliyor.² Kuşları izlemek yeni havzalar oluşturmak, kuşları ve başka hayvanları çekecek ağaçlar dikmek ve tehlike altındaki türler ve habitatlara ilişkin farkındalık yaratmak gibi hizmet-eğitim çabaları için bir katalizör bile olabilir. Faal bir Arka Bahçe Dinozorları inisiyatifi, doğa okuryazarlığının teşvik edilmesiyle birleştiğinde uzun vadeli insan-doğa bağlantılarının ve bulunduğumuz yere ilişkin daha güçlü bir hissiyatın inşa edilmesine katkıda bulunacaktır.

O halde ne dersiniz? Arka bahçe dinozor devrimini başlatmaya hazır mısınız?

Sonsözde, yolculuğumuza başladığımız yere dönmek istiyorum: Madagaskar Adasına. Burada dinozorların ve paleontolojinin günümüzde insanlara nasıl hizmet edebileceğinin daha da somut bir örneğini bulacağız.

Birinci Bölümde son 15 yılda Kızıl Adada yapılan şaşırtıcı keşiflerden bazılarını ayrıntılı olarak ele aldık. Küçük kollu *Majungasaurus* ve tavşan dişli *Masiakasaurus* gibi avcılardan, uzun boyunlu dev *Rapetosaurus* ve pug cinsi köpeklere benzeyen bir yüze sahip timsah *Simosuchus*’a kadar çok çeşitli geç Kretase dinozorları ve başka omurgalıları ait bu bulgular ve çok daha fazlası, Stony Brook Üniversitesinden David Krause’nin öncülüğünde Madagaskar’ın kuzeybatısındaki çimenlik kırgıbayırda gerçekleştirilen şimdiye kadarki dokuz saha çalışmasının sonucudur. Krause’nin düzenlediği bu seferlerin beşine katılma şerefini yaşadım. Bu proje, birçok öğrenci ve profesyonel gibi benim kariyerimin akışını da sonsuza dek değiştirdi.

² Cornell Ornitoloji Laboratuvarı bu çalışmanın önde gelen liderlerindendir (<http://www.birds.cornell.edu/>).

Madagaskar'da çalışırken, küçük Berivotra Köyünün bitişiğindeki aynı bölgede kamp yapıyorduk. Duvarları çamur veya sazdan ve çatıları palmiye yapraklarından olan tek odalı kulübelere sadece bir taş atımlık mesafedeydik. Köylülerle her gün temas halindeydik. Bazıları kampı düzenli olarak ziyaret ediyordu ve bizimle arkadaş olmuştu. Bu uzak topluluktaki bazı çocukları bebekliklerinden yetişkinliklerine kadar izledik ve diğerlerinin vakitsiz ölümlerine üzüldük. Birlikte kutlamalar yaptık, kafa yorduk, üzüldük ve üstünkörü futbol maçları yaptık. Berivotra köylüleri bizi ümit verici fosil bölgelerine götürdü ve fosillerle dolu büyük plaster muhafazaların engebeli arazide en yakın yola kadar kilometrelerce taşınmasına yardım etti. Bizi her zaman sıcak karşıladılar. Kazı alanına gidip gelirken yanlarından geçen Madagaskar ve Kuzey Amerikalılardan oluşan karma ekibimizden güler yüzlerini esirgemediler.

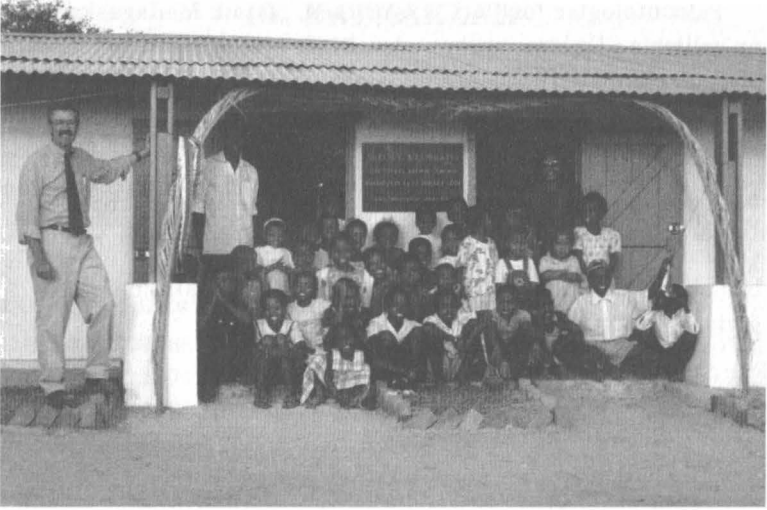
1995'te ilk dinazor ocaklarımızdan bazılarını kazarken köylü çocukların devamlı çalışmamızı izlemeye geldiğini fark ettik. Öğlen güneşinde delicesine dışarıda durup araziye dağılmış ve zeminin hemen altında bulunan kaya benzeri kemik yığınlarını çıkaran garip yabancılar (onların dilinde *vazaha*) meraklarını uyandırmıştı. Gözleri pırl pırl olan bu meraklı çocukların hepsi incecikti ama protein eksikliği ve karaciğer ve dalak büyüten parazitler yüzünden birçoğunun şişkin göbekleri vardı. Daha sonra bağırsak, diş ve solunum enfeksiyonlarının bu ve çevredeki birçok toplulukta yaygın olduğunu öğrendik. Temiz su, temel hijyen ve antiboyik yetersizliği yüzünden bu hastalıklar ve sıtma başta olmak üzere daha birçok hastalık çoğu zaman ölümcül oluyordu. Ekibimizdeki Malezyalı çevirmenler aracılığıyla köyün yetişkinleriyle konuştuk ve çocukların okula gitmediğini öğrendik, çünkü hiç okul yoktu.

Berivotra'da karşılaştığımız tablo, Dünya'daki en yoksul uluslardan biri olan Madagaskar'ın büyük bir kısmıyla aynıdır. 19 milyonluk ülke nüfusunun yaklaşık üçte biri okuma yazma bilmemektedir ve uzak bölgeler genellikle okuryazarlık oranlarının en düşük olduğu yerlerdir. Madagaskar'daki birçok köylü hayatları boyunca bir doktor veya dişçiye ziyaret etmeden büyür ve bu zaten kötü olan sağlık koşullarını daha da beter hale getirmekle birlikte, hem ömrü hem de yaşam kalitesini sınırlandırır.

Berivotra köylülerine onlara nasıl yardım edebileceğimizi ve bize yaptıkları iyiliklerin karşılığını nasıl ödeyebileceğimizi sordüğümüzda, neredeyse sözbirliği etmişçesine bir okul istediler. Bunun ne kadara mal olacağını sorduk? Mütevazı bir biçimde bir öğretmenin yıllık ücretini karşılamaya yetecek kadar 500 Amerikan doları istediler! Zorlanmadan kabul ettik ve parayı topladık; kitaplar ve eğitim araç gereçleri için de yeterli kaynağı temin ettik. Topluluğun sahip olduğu tek büyük yapı olan yakınlardaki teneke duvarlı kilisenin sınıf olarak kullanılmasına karar verildi. Bu basit adım Madagaskar Ankizy Fonu haline gelecek şeyin başlangıcı oldu. Stony Brook Üniversitesi merkezli kâr amacı gütmeyen bir organizasyon olan Ankizy Fonu adanın ücra bölgelerindeki çocuklara (Malezya dilinde *ankizy*) eğitim ve sağlık hizmetleri sunmayı görev edinmiştir.³ Ankizy Fonu sonunda Berivotra'da yeni bir okul inşa etmiş, sekiz içme suyu kuyusu kazmış, doktorlar ve diş doktorlarından oluşan ekiplerle sağlık hizmetleri sunmuş ve ana teması dinozorlar olan bir güzel sanatlar "paleo-turist" endüstrisi başlatmıştır. Birçok köylü açlık sınırında olduğundan turizm kritik önemdedir. Köyün ekonomisi ağaçların kesilmesine dayalı odun kömürü satışları etrafında dönmektedir. Fakat köy yalnızca 50 yıl önce ormanın neredeyse içindeyken, günümüzde ağaçlık bölge iki günlük yürüme mesafesindedir.

Bugün Berivotra'nın tüm çocukları okula gidiyor ve Ankizy Fonunun yardımıyla birçoğu yakınlardaki Marovoay Şehrindeki ortaokula devam ediyor. Onların eğitim aldığını ve daha sağlıklı olduğunu, okuma yazmayı öğrendikleri için gururlandıklarını görmek mutluluk verici. Ankizy Fonu şimdiye kadar dört yeni okul için kaynak bularak, bir yetimhaneyi yenileyerek, geniş ölçekli parazit dezenfeksiyon programları başlatarak ve sayısız ücra bölgeye diş bakımı ile sağlık hizmetleri götürerek faaliyetlerini Madagaskar'daki diğer kırsal toplulukları da kapsayacak şekilde genişletmiştir. Uzak bir köyde klinik inşa edilmesi için de fon bulunmuştur. Topluluk genelindeki eğitim programları beslenme, hijyen ve cinsel sağlık gibi temel sorunları işler.

³ Madagascar Ankizy Fund, Stony Brook Foundation aracılığıyla kurulan bir 501(c)3, kâr amacı gütmeyen eğitim kurumudur. Daha fazla bilgi almak veya katılmak isteyenler www.ankizy.org sitesini ziyaret edebilir.



Şekil 1: David Krause (solda), Madagaskar'ın kuzeybatısındaki Berivotra Köyünde yeni inşa edilmiş Sikoly Riambato (Stony Brook) Okuluna kaydılan ilk öğrenci grubuyla bir arada.

Kuzey Amerika ve Madagaskar'da aralarında bilim insanları, dış doktorları, doktorlar, öğrenciler ve gönüllülerin yer aldığı birçok kişi bu çabalara katılmıştır. Çok çeşitli kaynaklardan mali destek gelmiştir; bunların en ilham vericisi, Üçüncü Dünya'daki bir adadaki öğrencilerin öyküsünü dinleyen ve anlamlı bir fark yaratabileceklerini düşünen Amerikalı ilkökul çocuklarının düzenlediği bağış kampanyasıdır. Birçok iyiliksever girişimde olduğu gibi, bu organizasyona da bir kişi ön ayak olmuştur ve organizasyonun yüreği, ruhu ve beyni vazifesi görmüştür. Bu örnekte bahsi geçen kişi Madagaskar Projesindeki baş paleontolog David Krause olmuştur. Krause, Madagaskar Projesini meslek hayatının merkezine yerleştirmiştir ve zamanını paleontolojik araştırma ile Ankizy Fonu arasında paylaşmaya çalışmıştır; ama genellikle Ankizy Fonu ağır basmıştır. Gelişmekte olan bir ülkedeki her yardım girişiminde olduğu gibi Ankizy Fonu da birçok beklenmedik tehlikeyle karşılaşmıştır; ama Madagaskar kırsalındaki binlerce insanın hayatında muazzam bir fark yaratmak için bu zorluklardan yılmamıştır.

Paleontologlar fosilleri araştırırken, sık sık Madagaskar gibi az gelişmiş ülkelere seyahat eder. Diğer birçok bilim, gelişmekte olan ülkelere yürütülen çalışmaları içerir. Fakat bu uluslararası projelerin anlamlı bir insancıl öge içermesi çok nadirdir. Ankizy Fonu benim haberdar olduğum az sayıdaki örnekten biridir: sosyal bilinçle yapılan bilim. Paleontolojinin insanlara fayda sağlama potansiyelini –bu örnekte derhal ve doğrudan bir biçimde– açığa çıkarmanın bir başka yolu. Uluslararası çalışmalar yürüten daha birçok bilim insanının David Krause’nin Madagaskar’da gösterdiği duyarlılığın aynısını sergilemesini umuyorum.

EK KAYNAKLAR

Bu kısımda, hem bilimsel kaynaklar hem de sıradan okuyuculara daha çok hitap edebilecek daha popüler kaynaklar sıralanmıştır.

Birinci Bölüm: Defne Adası

- Bakker, R.T. 1968. The superiority of dinosaurs. *Discovery* 3:11-12.
- Bakker, R.T. 1971. The ecology of brontosaurus. *Nature* 229:172-174.
- Bakker, R.T. 1986. *The Dinosaur Heresies*. New York: Morrow.
- Capra, F. 1996. *The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems*. New York: Anchor.
- Chiappe, L. M. ve Witmer, L. M. (ed.). 2002. *Mesozoic Birds: Above the Heads of Dinosaurs*. University of California Press, Berkeley.
- Hay, W. W., DeConto, R. M., Wold, C. N., Willson, K. M., Voigt, S., Schulz, M., Wold-Rosby, A., Dullo, W.-C., Ronov, A. B., Balukhovsky, A. N. ve Söding, E. 1999. Alternatif bir küresel Kretase paleocoğrafya. E. Berrera ve C. Johnson (ed.), *Evolution of Cretaceous Ocean/Climate Systems*. Geological Society of America Special Paper, 332:1-48.
- Krause, D. W., O'Connor, P. M., Curry Rogers, K., Sampson, S. D., Buckley, G. A. ve Rogers, R. R. 2006. Late Cretaceous terrestrial vertebrates from Madagascar: Implications for Latin American biogeography. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 93:178-208.
- Kuhn, T. S. 1970. *The Structure of Scientific Revolutions*, İkinci Baskı, Chicago: Univ. Of Chicago Press.
- Ostrom, J. H. 1969. Osteology of *Deinonychus antirrhopus*, an unusual theropod from the Lower Cretaceous of Montana. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History* 30:1-165.
- Ostrom, J. H. 1975. The origin of birds. *Annual Review of Earth and Planetary Science* 3:55-77.
- Sampson, S. D. ve Krause, D. W. (ed.). 2007. *Majungatholus atopus* (Theropoda: Abelisauridae) from the Late Cretaceous of Madagascar. *Society of Vertebrate Paleontology Memoir* 8.
- Sampson, S. D., Witmer, L. M., Forster, C. A., Krause, D. W., O'Connor, P. M., Dodson, P. ve Ravoavy, F. 1998. Predatory dinosaur re-

mains from Madagascar: Implications for the Cretaceous biogeography of Gondwana. *Science* 280:1048-1051.

Suzuki, D. 1997. *The Sacred Balance: Rediscovering Our Place in Nature*. Vancouver: Greystone Books.

Waldrop, M. M. 1992. *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. New York: Simon and Shuster.

İkinci Bölüm: Parıldayan Kertenkeleler

Abram, D. 1996. *The Spell of the Sensuous*. New York: Vintage Books.

Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Londra: Murray.

Gould, S. J. 1987. *Time's Arrow Time's Cycle: Myth and Metaphor in the Discovery of Geological Time*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Margulis, L. ve D. Sagan. 1986. *Microcosmos: Four Billion Years of Microbial Evolution*. Berkeley: University of California Press.

Swimme, B. ve T. Berry. 1992. *The Universe Story: From the Primordial Flaring Forth to the Ecozoic Era; A Celebration of the Unfolding of the Cosmos*. San Francisco: Harper.

Wilson, E. O. 1998. *Consilience: The Unity of Knowledge*. New York: Knopf.

Üçüncü Bölüm: Katılımcılar

Benton, M. J. 2005. *Vertebrate Paleontology, Üçüncü Baskı*. Oxford: Blackwell.

Raup, D. M. ve Stanley, S. M. 1978. *Principles of Paleontology, İkinci Baskı*. San Francisco: Freeman.

Reisz R. R., Scott, D. Sues, H. D. Evans, D. C. ve Raath, M. A. 2005. Embryos of an Early Jurassic prosauropod dinosaur and their evolutionary significance. *Science* 309(5735):761-764.

Sampson, S. D., Carrano, M. T. ve Forster, C. A. 2001. A bizarre predatory dinosaur from Madagascar: Implications for the evolution of Gondwanan theropods. *Nature* 409:504-505.

Wang, S. C. ve Dodson, P. 2006. Estimating the diversity of dinosaurs. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 103(37):13601-13605.

Weishampel, D., Dodson, P. ve Osmolska, H. (ed.), 2004. *The Dinosauria, İkinci Baskı*. Berkeley: University of California Press.

Zimmer, C. 1999. *At the Water's Edge: Fish with Fingers, Whales with Legs, and How Life Came Ashore but Then Went Back to Sea*. New York: Simon and Schuster.

Dördüncü Bölüm: Gezinen Kıtalar ve Dünya Turuna Çıkan Dinozorlar

Eldredge, N. 1998. *The Pattern of Evolution*. New York: Freeman.

Krause, D. W., O'Connor, P. M., Curry Rogers, K., Sampson, S. D., Buckley, G. A. ve Rogers, R. R. 2006. Late Cretaceous terrestrial vertebrates from Madagascar: Implications for Latin American biogeography. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 93:178-208.

Kump, L. R., Kasting, J. F. ve Crane, R. G.. 2004. *The Earth System*, İkinci Baskı. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Sereno, P. C., Wilson, J. A. ve Conrad, J. L.. 2004. New dinosaurs link southern landmasses in the mid-Cretaceous. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences* 271:1325-1330.

Suzuki, D. ve McConnell, A. 1997. *The Sacred Balance*. Vancouver: Greystone Books.

Tatsumi, Y. 2005. The subduction factory: How it operates in the evolving Earth. *GSA Today* 15(7):4-10.

Beşinci Bölüm: Güneş'le Beslenme

Callenbach, E. 1998. *Ecology: A Pocket Guide*. Berkeley: University of California Press.

Erickson, G. M. 1999. Breathing life into *Tyrannosaurus rex*. *Scientific American* 281:43-49.

Farlow, J. O. ve Holtz Jr., T. R. 2002. The fossil record of predation in dinosaurs. Pp. 251-265, M. Kowalewski ve P. H. Kelley (ed.), *The Fossil Record of Predation*. Paleontological Society Paper 8. N.p: Paleontological Society.

Hoagland, M. ve Dodson, B. 1998. *The Way Life Works*. New York: Times Books.

Horner, J. R. 1994. Steak knives, beady eyes, and tiny little arms (a portrait of *T. Rex* as a scavenger). Pp. 157-164, G. D. Rosenberg ve D. L. Wolberg (ed.), *Dino Fest*. Paleontological Society Special Publication. Knoxville, TN: Paleontological Society.

Johnson, K. R. 2002. The megaflora of the Hell Creek and lower Fort Union Formations in the western Dakotas: Vegetational res-

- ponse to climate change, the Cretaceous-Tertiary boundary event, and rapid marine transgression. Pp. 329-392, J. Hartman, K.R. Johnson ve D.J. Nichols (ed.), *The Hell Creek Formation and the Cretaceous-Tertiary Boundary in the Northern Great Plains: An Integrated Continental Record of the End of the Cretaceous*. Geological Society of America Special Paper 361. Boulder, CO: Geological Society of America.
- Labandeira, C. C. 1997. Insect mouthparts: Ascertaining the paleobiology of insect feeding strategies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28:317-351.
- Labandeira, C. C., Johnson, K. R. ve Lang, P. 2002. Preliminary assessment of insect herbivory across the Cretaceous-Tertiary boundary: Major extinction and minimum rebound. Pp. 297-328, J. H. Hartman, K. R. Johnson ve D. J. Nichols (ed.), *The Hell Creek Formation and the Cretaceous-Tertiary Boundary in the Northern Great Plains: An Integrated Continental Record of the End of the Cretaceous*. Geological Society of America Special Paper 361. Boulder, CO: Geological Society of America.
- Russell, D. A. ve Manabe, M. 2002. Synopsis of the Hell Creek (uppermost Cretaceous) dinosaur assemblage. Pp. 169-176, J. H. Hartman, K. R. Johnson ve D. J. Nichols (ed.), *The Hell Creek Formation and the Cretaceous-Tertiary Boundary in the Northern Great Plains: An Integrated Continental Record of the End of the Cretaceous*. Geological Society of America Special Paper 361. Boulder, CO: Geological Society of America.
- Ruxton, G. D. ve Houston, D. C. 2003. *Tyrannosaurus rex* have been a scavenger rather than a predator? An energetics approach. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 270(1576):731-733.
- Ruxton, G. D. ve Houston, D. C. 2004. Obligate vertebrate scavengers must be large soaring fliers. *Journal of Theoretical Biology* 228(3):431-436.
- Wing, S. L. ve Tiffney, B. H. 1987. The reciprocal interaction of angiosperm evolution and tetrapod herbivory. *Review of Palaeobotany and Palynology* 50:179-210

Altıncı Bölüm: Yaşam Nehri

- Brett, C. E. ve Baird, G. C. 1995. Coordinated stasis and evolutionary ecology of Silurian to Middle Devonian faunas in the Appalachian Basin. Pp. 285-315, D. H. Erwin ve R. L. Anstey (ed.), *New Approaches to Speciation in the Fossil Record*. New York: Columbia University Press.
- Callenbach, E. 1998. *Ecology: A Pocket Guide*. Berkeley: University of California Press.
- Chiappe, L. M. 2007. *Glorified Birds: The Origin and Early Evolution of Dinosaurs*. New York: Wiley-Liss.
- Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium. 2005. Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome. *Nature* 437:69-87.
- Currie, P. J., Koppelhus, E. B. ve Shugar, M. A. (ed.). 2004. *Feathered Dragons: Studies on the Transition from Dinosaurs to Birds*. Bloomington: Indiana University Press.
- Eldredge, N. 1995. *Reinventing Darwin: The Great Debate at the High Table of Evolutionary Theory*. New York: Wiley.
- Eldredge, N. 1999. *The Pattern of Evolution*. New York: Freeman.
- Eldredge, N. ve Gould, S. J. 1972. Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism. Filetik aşamalılığa bir alternatif. Pp. 82-115, T. J. M. Schopf (ed.), *Models in Paleobiology*. San Francisco: Freeman, Cooper.
- Gould, S. J. 2002. *The Structure of Evolutionary Theory*. Cambridge, MA: Belknap.
- Gould, S. J. ve Eldredge, N. 1977. Punctuated equilibria: The tempo and mode of evolution reconsidered. *Paleobiology* 3:115-151.
- Leakey, M. G., Spoor, F., Brown, F. H., Gathogo, P.N., Kiarie, C., Leakey, L. N. ve McDougall, I. 2001. New hominin genus from eastern Africa shows diverse middle Pliocene lineages. *Nature* 410: 419-420.
- Sepkoski, Jr., J. J. 1992. Phylogenetic and ecologic patterns in the Phanerozoic history of marine biodiversity. Pp. 77-100, N. Eldredge (ed.), *Systematics, Ecology, and the Biodiversity Crisis*. New York: Columbia University Press.
- Understanding evolution. 2008. <http://evolution.berkeley.edu/>. Berkeley: University of California Museum of Paleontology.
- Vrba, E. 1985. Environment and evolution: Alternative causes of the temporal distribution of evolutionary events. *South African Journal of Science* 81: 229-236.

- Weiner, J. 1994. *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time*. New York: Vintage Books.
- Xu, X ve Norell, M. A. 2004. A new troodontid dinosaur from China with avian-like sleeping posture. *Nature* 431:838-841.
- Xu X., Zhonghe, Z. ve Xiaolin, W. 2000. The smallest known non-avian theropod. *Nature* 408: 705-708.
- Zimmer, C. 2001. *Evolution: The Triumph of An Idea*. New York: Harper-Collins.

Yedinci Bölüm: Yeşil Geçiş

- Bakker, R. T. 1978. Dinosaur feeding behaviour and the origin of flowering plants. *Nature* 274:661-663.
- Barrett, P. M. ve Willis, K. J. 2001. Did dinosaurs invent flowers? Dinosaur-angiosperm coevolution revisited. *Biological Reviews* 76:411-477.
- Johnson, K. R. 2002. The megafloora of the Hell Creek and lower Fort Union Formations in the western Dakotas: vegetational response to climate change, the Cretaceous-Tertiary boundary event, and rapid marine transgression. Pp. 329-392, J. Hartman, K.R. Johnson ve D.J. Nichols (ed.), *The Hell Creek Formation and the Cretaceous-Tertiary Boundary in the Northern Great Plains: An Integrated Continental Record of the End of the Cretaceous*. Geological Society of America Special Paper 361. Boulder, CO: Geological Society of America.
- Farlow, J. O. 1987. Speculations about the diet and digestive physiology of herbivorous dinosaurs. *Paleobiology* 13(1):60-72.
- Farlow, J. O., Dodson, P. ve Chinsamy, A. 1995. Dinosaur biology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:445-471.
- Fastovsky, D. E. ve Smith, J. B. 2004. Dinosaur paleoecology . Pp. 614-626, D. Weishampel, P. Dodson ve H. Osmolska (ed.), *The Dinosauria*, İkinci Baskı. Berkeley: University of California Press.
- Tiffney, B. 1997. Land plants as food and habitat in the Age of Dinosaurs. Pp. 352-370, J. O. Farlow ve M. K. Brett-Surman (ed.), *The Complete Dinosaur*. Bloomington: Indiana University Press.
- Wing, S. L. ve Tiffney, B. H. 1987. The reciprocal interaction of angiosperm evolution and tetrapod herbivory. *Review of Paleobotany and Palynology* 50:179-210.

Sekizinci Bölüm: Yırtıcılar Takımı

- Barrett, P. M. 2005. The diet of ostrich dinosaurs (Theropoda: Ornithomimosauria). *Palaeontology* 48:347-358.
- Barrett, P. M. ve Rayfield, E. J. 2006. Ecological and evolutionary implications of dinosaur feeding behaviour. *Trends in Ecology and Evolution* 21(4):217-224.
- Burness, G. P., Diamond, J. ve Flannery, T. 2001. Dinosaurs, dragons, and dwarves: The evolution of maximal body size. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 98:14518-14523.
- Carpenter, K. 2000. Evidence of predatory dinosaur behavior by carnivorous dinosaurs. *Gaia* 15:135-144.
- Carrano, M. T. 1998. What, if anything, is a cursor? Categories versus continua for determining locomotor habit in mammals and dinosaurs. *Journal of Zoology (London)* 247:29-42.
- Carrano, M. T., Blob, R. W., Gaudin, T. ve Wible, J. (ed.). 2006. *Amniote Paleobiology: Perspectives on the Evolution of Mammals, Birds, and Reptiles*. Chicago: University of Chicago Press.
- Chin, K., Tokaryk, T. T., Erickson, G. M. ve Calk, L. C. 1998. A king-sized theropod coprolite. *Nature* 393: 680-682.
- Currie, P. J. 1998. Possible evidence of gregarious behavior in tyrannosaurids. *Gaia* 15: 271-277.
- Erickson, G. M., Makovicky, P. J., Currie, P. J., Norell, M. A., Yerby, S. A. ve Brochu, C. A. 2004. Gigantism and comparative life-history parameters of tyrannosaurid dinosaurs. *Nature* 430: 772-775.
- Farlow, J. O. ve Holtz Jr., T. R. 2002. The fossil record of predation in dinosaurs. Pp. 251-265, M. Kowalewski ve P. H. Kelley (ed.), *The Fossil Record of Predation*. Paleontological Society Paper 8. N.p.: Paleontological Society.
- Farlow, J. O. ve Pianka, E. R. 2003. Body size overlap, habitat partitioning, and living space requirements of terrestrial vertebrate predators: Implications for large-theropod body size. *Historical Biology* 17:21-40.
- Henderson, D. M. 1998. Skull and tooth morphology as indicators of niche partitioning in sympatric Morrison Formation theropods. *Gaia* 15:219-226.
- Hutchinson, J. R. ve Garcia, M. 2002. Tyrannosaurus was not a fast runner. *Nature* 415:1018-1021.

- Kirkland, J. I., Zanno, L. E., Sampson, S. D., Clark, J. C. ve DeBlieux, D. 2005. A primitive therizinosauroid dinosaur from the Early Cretaceous of Utah. *Nature* 435:84-87.
- Myhrvold, N. P. ve Currie, P. J. 1997. Supersonic sauropods? Tail dynamics in diplodocids. *Paleobiology* 23:393-409.
- Norell, M. A., Makovicky, P. J. ve Currie, P. J. 2001. The beaks of ostrich dinosaurs. *Nature* 412: 873-874.
- Rayfield, E. J. Aspects of comparative cranial mechanics in the theropod dinosaurs Coelophysis, Allosaurus, and Tyrannosaurus. *Zoological Journal of the Linnean Society* 144:309-316.
- Rogers, R. R., Curry Rogers, K. ve Krause, D. W. 2003. Cannibalism in the Madagascan dinosaur Majungatholus atopus. *Nature* 422:515-518.
- Sereno, P. C., Larsson, H. C. E., Sidor, C. A. ve Gado, B. 2001. The giant crocodyliform Sarcosuchus from the Cretaceous of Africa. *Science* 294:1516-1519.
- Van Valkenburgh, B. ve Molnar, R. E. 2002. Dinosaurian and mammalian predators compared. *Paleobiology* 28:527-543.
- Witmer, L. M. 1997. The evolution of the antorbital cavity of archosaurs: A study in soft tissue reconstruction in the fossil record with an analysis of the function of pneumaticity. *Journal of Vertebrate Paleontology Memoir* 3: 1-73.
- Witmer, L. M. and R. C. Ridgley. 2008. The paranasal air sinuses of predatory and armored dinosaurs (Archosauria: Theropoda and Ankylosauria) and their contribution to cephalic architecture. *Anatomical Record* 291:1362-1388.

Dokuzuncu Bölüm: Gizli Kollar

- Carpenter, K., 2005. Experimental investigation of the role of bacteria in bone fossilization. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte* 2005(2):83-94.
- Chin, K., 2007. The paleobiological implications of herbivorous dinosaur coprolites from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana: Why eat wood? *Palaio* 2007(22):554-566.
- Chin, K. ve Gill, B. D. 1996. Dinosaurs, dung beetles, and conifers: Participants in a Cretaceous food web. *Palaio* 11: 280-285.
- Chin, K., Hartman, J. H. ve Roth, B. Opportunistic exploitation of dinosaur dung: Fossil snails in coprolites from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana: *Lethaia*.

- DOI: 10.1111/j.1502-3931.2008.00131.x (internet üzerinden yayınlanmıştır).
- Grimaldi, D. ve Engel, M. S. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hooper, L. C., Bry, L., Falk, P. G. ve Gordon, J. I. 1998. Host-microbial symbiosis in the mammalian intestine: Exploring an internal ecosystem. *Bio Essays* 20(4):336-43.
- Luoma, J. R. 1999. *The Hidden Forest*. New York: Holt.
- Labandeira, C. C., Dilcher, D. L., Davis, D. R. ve Wagner, D. L. 1994. Ninety-seven million years of angiosperm-insect association: Paleobiological insights into the meaning of coevolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 91:12278-12282.
- Sharma, N., Kar, R. K., Agarwal, A. ve Kar, R. 2005. Fungi in dinosaurian (*Isisaurus*) coprolites from the Lameta Formation (Maastrichtian) and its reflection on food habit and environment. *Micropaleontology*, 51(1):73-82.
- Wilson, E. O. 2006. *The Creation: An Appeal to Save Life on Earth*. New York: Norton.

Onuncu Bölüm: Boynuz Kafalılar ve Ördek Gagaları

- Andersson, M. B. 1982. Female choice selects for extreme tail length in a widowbird. *Nature* 299:818-820.
- Andersson, M. B. 1994. *Sexual Selection*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Chiappe, L. M., Coria, R. A., Dingus, L., Jackson, F., Chinsamy, A. ve Fox, M. 1998. Sauropod dinosaur embryos from the Late Cretaceous of Patagonia. *Nature* 396:258-261.
- Chiappe, L. M. ve Dingus, L. 2001. Walking on Eggs: the Astonishing Discovery of thousands of Dinosaur Eggs in the Badlands of Patagonia. New York: Scribner.
- Dodson, P. 1975. Taxonomic implications of relative growth in lambeosaurine hadrosaurs. *Systematic Zoology* 24(1):37-54.
- Dodson, P. 1976. Quantitative aspects of relative growth and sexual dimorphism in *Protoceratops*. *Journal of Paleontology* 50: 929-940.
- Dodson, P. 1990. On the status of the ceratopsids *Monoclonius* and *Centrosaurus*. Pp. 211-229, K. Carpenter ve P. J. Currie (ed.), *Dinosaur Systematics: Approaches and Perspectives*. New York: Cambridge University Press.

- Emlen, D. J. 2008. The evolution of animal weapons. *Annual Review of Ecology and Systematics* 39:387-413.
- Farke, A. A., Wolff, E.D.S. ve Tanke, D. H. 2009. Evidence of Combat in *Triceratops*. *PLoS ONE*. 4(1) e4252. DOI: 10.1371/journal.pone.0004252 (internet üzerinden yayınlanmıştır).
- Farlow, J. O. ve Dodson, P. 1975. The behavioral significance of frill and horn morphology in ceratopsian dinosaurs. *Evolution* 29:353-361.
- Farlow, J. O., Thompson, C. V. ve Rosner, D. E. 1976. Plates of *Stegosaurus*: Forced convection or heat loss fins? *Science* 192:1123-1125.
- Geist, V. 1966. The evolution of horn-like organs. *Behaviour* 27: 173-214.
- Goodwin, M. B. ve Horner, J. R. 2004. Cranial histology of pachycephalosaurs (Ornithischia: Marginocephalia) reveals transitory structures inconsistent with head-butting behavior. *Paleobiology* 30(2):253-267.
- Hopson, J.A. 1975. The evolution of cranial display structures in hadrosaurian dinosaurs. *Paleobiology* 1:21-43.
- Horner, J. R. ve Gorman, J. 1988. *Digging Dinosaurs: The Search That Unraveled the Mystery of Baby Dinosaurs*. New York: Workman.
- Horner, J. R., Weishampel, D. B. ve Forster, C. A. 2004. Hadrosauridae. Pp. 438-463, D. B. Weishampel, P. Dodson ve H. Osmölska (ed.), *The Dinosauria*, İkinci Baskı. Berkeley: University of California Press.
- Jarman, P. 1983. Mating system and sexual dimorphism in large, terrestrial, mammalian herbivores. *Biological Reviews* 58:485-520.
- Lehman, T. M. 1990. The ceratopsian subfamily Chasmosaurinae: sexual dimorphism and systematics. Pp. 211-229, K. Carpenter ve P. J. Currie (ed.), *Proceedings of the Dinosaur Systematics: Approaches and Perspectives*. New York: Cambridge University Press.
- Maryanska, T., Chapman, R. E. ve Weishampel, D. B. 2004. Pachycephalosauria. Pp. 464-477, D. B. Weishampel, P. Dodson ve H. Osmölska (ed.), *The Dinosauria*, İkinci Baskı. Berkeley: University of California Press.
- Padian, K. ve Horner, J. R. 2004. Species recognition as the principal cause of bizarre structures in dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 24 (3, ek):100A.

- Sampson, S. D. 1995. Two new horned dinosaurs from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana, USA, with a phylogenetic analysis of the Centrosaurinae (Ornithischia: Ceratopsidae). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 15(4):743-760.
- Sampson, S. D. 2001. Speculations on the socioecology of ceratopsid dinosaurs (Ornithischia: Neoceratopsia). Pp. 263-276, D. Tanke ve K. Carpenter (ed.), *Mesozoic Vertebrate Life*. Bloomington: Indiana University Press.
- Sampson, S. D., Ryan, M. J. ve Tanke, D. H. 1997. Craniofacial ontogeny in centrosaurine dinosaurs (Ornithischia: Ceratopsidae): Taxonomic and behavioral implications. *Zoological Journal of the Linnean Society* 221(2): 293-337.
- Schweitzer, M. H., Wittmeyer, J. L. ve Horner, J. R. 2005. Gender-specific reproductive tissue in ratites and *Tyrannosaurus rex*. *Science* 308:1456-1460.
- Varricchio, D. J., Martin, A. J. ve Katsura, Y. 2007. First trace and body fossil evidence of a burrowing, denning dinosaur. *Proceedings of the Royal Society, B, Biological Science* 274 (1616):1361-1368.
- Vrba, E. S. 1984. Evolutionary pattern and process in the sister-group Alcelaphini-Aepycerotini (Mammalia: Bovidae). Pp. 62-79, D. Otte ve J. A. Endler (ed.), *Living Fossils*. New York: Springer.
- West-Eberhard, M. J. 1983. Sexual selection, social competition, and speciation. *Quarterly Review of Biology* 58(2):155-183.
- Wheeler, P. E. 1978. Elaborate CNS cooling structures in large dinosaurs. *Nature* 275:441-443.
- Witmer, L. M. 1995. The extant phylogenetic bracket and the importance of reconstructing soft tissues in fossils. Pp. 19-33, J. J. Thomason (ed.), *Functional Morphology in Vertebrate Paleontology*. Cambridge: Cambridge University Press.

On Birinci Bölüm: Goldilocks Hipotezi

- Barrick, R. E. ve Showers, W. J. 1994. Thermophysiology of *Tyrannosaurus rex*: evidence from oxygen isotopes. *Science* 265:222-224.
- Burness, G., Diamond, P., J. ve Flannery, T. 2001. Dinosaurs, dragons, and dwarves: The evolution of maximal body size. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 98:14518-14523.

- Chinsamy, A. ve Hillenius, W. J. 2004. Physiology of nonavian dinosaurs. Pp. 643-659, D. B. Weishampel, P. Dodson ve H. Osmólska (ed.), *The Dinosauria, İkinci Baskı*. Berkeley: University of California Press.
- Erickson, G. M. 2005. Assessing dinosaur growth patterns: A microscopic revolution. *Trends in Ecology and Evolution* 20(17):677-684.
- Erickson, G. M., Makovicky, P. J., Currie, P. J., Norell, M. A., Yerby, S. A. ve Brochu, C. A. 2004. Gigantism and comparative life-history parameters of tyrannosaurid dinosaurs. *Nature* 430: 772-775.
- Erickson, G. M., Rogers, K. C. ve Yerby, S. A. 2001. Dinosaurian growth patterns and rapid avian growth rates. *Nature* 412:429-433.
- Farlow, J. O. 1990. Dinosaur energetics and thermal biology. Pp. 43-55, D. B. Weishampel, P. Dodson ve Osmolska, H. (ed.), *The Dinosauria*. Berkeley: University of California Press.
- Farlow, J. O. 1993. On the rareness of big, fierce animals: Speculations about the body sizes, population densities, and geographic ranges of predatory mammals and large carnivorous dinosaurs. *American Journal of Science* 293A:167-199.
- Farlow, J. O., Dodson, P. ve Chinsamy, A. 1995. Dinosaur biology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:445-471.
- Farmer, C. G. 2002. Reproduction: The adaptive significance of endothermy. *American Naturalist* 162:826-840.
- Humphreys, W. F. 1979. Production and respiration in animal populations. *Journal of Animal Ecology* 48:427-453.
- McNab, B. K. 2002. *The Physiological Ecology of Vertebrates: A View from Energetics*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Padian, K. ve J. R. Horner. 2004. Dinosaur physiology. Pp. 660-671, D. B. Weishampel, P. Dodson ve H. Osmólska (ed.), *The Dinosauria, İkinci Baskı*. Berkeley: University of California Press.
- Pough, F. H. 1980. The advantages of ectothermy for tetrapods.. *American Naturalist* 115:92-112.
- Reid, R. E. H. 1997. Dinosaurian physiology: The case for "intermediate" dinosaurs. Pp. 449-473, J. O. Farlow ve M. K. Brett-Surman (ed.), *The Complete Dinosaur*. Bloomington: Indiana Univ. Press.
- Ruben, J. A., Hillenius, W. J., Geist, N. R., Leitch, A., Jones, T. D., Currie, P. J., Horner, J. R. ve Espe, G. 1996. The metabolic status of some Late Cretaceous dinosaurs. *Science* 272:1204-1207.

- Seebacher, F. 2003. Dinosaur body temperatures: The occurrence of endothermy and ectothermy. *Paleobiology* 29:105-122.
- Xu, X., Norell, M. A., Kuang, X., Wang, X., Zhao, Q. ve Jia, C.. 2004. Basal tyrannosauroids from China and evidence for protofeathers in tyrannosauroids. *Nature* 431:680-684.
- Xu, X., Tan, Q., Wang, J., Zhao, X. ve Tan, L. 2007. A gigantic bird-like dinosaur from the Late Cretaceous of China. *Nature* 447(7146):844-847.

On İkinci Bölüm: Sindirellasaurus

- Bakker, R. T. 1975. Dinosaur Renaissance. *Scientific American* 232:58-78.
- Bakker, R. T. 1986. *The Dinosaur Heresies*. New York: Morrow.
- Benton, M. J. 1983. Dinosaur success in the Triassic: A noncompetitive ecological model. *Quarterly Review of Biology* 58:29-55.
- Charig, A. J. 1972. Evolution of the archosaurs pelvis and hind limb: An explanation in functional terms. Pp. 121-155, K. A. Joysey ve T. S. Kemp (ed.), *Studies in Vertebrate Evolution*. New York: Winchester.
- Diamond, J. 1997. *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. New York: Norton.
- Fraser, N. 2006. *Dawn of the Dinosaurs: Life in the Triassic*. Bloomington: Indiana University Press.
- Galton, P. M. ve Upchurch, P. 2004. Prosauropoda. Pp. 232-258, D. Weishampel, P. Dodson ve H. Osmolska (ed.), *The Dinosauria*, İkinci Baskı. Berkeley: University of California Press.
- Grimaldi, D. ve Engel, M. S. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hummel, J., Gee, C. T., Südekum, K.-H., Sander, P. M., Nogge, G. ve Clauss, M. 2007. In vitro digestibility of fern and gymnosperm foliage: Implications for sauropod feeding ecology and diet selection. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences*. DOI: 10.1098/rspb.2007.1728 (çevrimiçi yayınlanmıştır).
- Irmis, R.B., Nesbitt, S.J., Padian, K., Smith, N. D., Turner, A. H., Woody, D. ve Downs, A. 2007. A Late Triassic dinosauriform assemblage from New Mexico and the rise of dinosaurs. *Science* 317:358-361.
- Irmis, R. B., Parker, W. G., Nesbitt, S. J. ve Liu, J. 2007. Early ornithischian dinosaurs: The Triassic record. *Historical Biology* 19(1):3-22.

- Nesbitt, S. J. ve Norell, M. A. 2006. Extreme convergence in the body plans of an early suchian (Archosauria) and ornithomimid dinosaurs (Theropoda). *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences*. DOI: 10.1098/rsbp.2005.3426 (çevrimiçi yayınlanmıştır).
- Parker, W.G., Irmis, R.B. ve Nesbitt, S.J. 2006. Review of the Late Triassic dinosaur record from Petrified Forest National Park, Arizona. *Museum of Northern Arizona Bulletin*, 62:160-161.
- Parker, W.G., Irmis, R.B., Nesbitt, S.J., Martz, J.W. ve Browne, L.S. 2005. The Late Triassic pseudosuchian *Revueltosaurus calenderi* and its implications for the diversity of early ornithischian dinosaurs. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences* 272:963-969.

On Üçüncü Bölüm: Jurassic Park Rüyaları

- Gates, T. A. 2005. The Cleveland-Lloyd Dinosaur Quarry as a drought-induced assemblage. *Palaos*, 20(4):363-375
- Farlow, J. O. 2007. A speculative look at the paleoecology of large dinosaurs of the Morrison Formation, or, life with *Camarasaurus* and *Allosaurus*. Pp. 98-151, E.P. Kvale, M.K. Brett-Surman ve J. Farlow (ed.), *Dinosaur Paleoecology and Geology: The Life and Times of Wyoming's Jurassic Dinosaurs and Marine Reptiles*. Shell, WY: GeoScience Adventures Workshop.
- Foster, J. R. 2003. Paleoecological analysis of the vertebrate fauna of the Morrison Formation (Upper Jurassic), Rocky Mountain region, U.S.A. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 23. Albuquerque: New Mexico Museum of Natural History and Science.
- Foster, J. R. 2007. *Jurassic West*. Bloomington: Indiana University Press.
- Hummel, J., Gee, C. T., Südekum, K-H., Sander, P. M., Nogge, G. ve Clauss, M. 2007. In vitro digestibility of fern and gymnosperm foliage: Implications for sauropod feeding ecology and diet selection. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences*. DOI:10.1098/rspb.2007.1728 (çevrimiçi yayınlanmıştır).
- Rayfield, E. Norman, D. B., Horner, C. C., Horner, J. R., Smith, P. M., Thomason J.J. ve P. Upchurch. 2001. Cranial design and function in a large theropod dinosaur. *Nature* 409:1033-1037.

- Schweitzer M. H., Suo, Z., Avci, R., Asara, J. M., Allen, M. A., Teran Arce, F. ve Horner, J. R. 2007. Analyses of soft tissue from *Tyrannosaurus rex* suggest the presence of protein. *Science* 316:277-280.
- Schweitzer, M. H., Wittmeyer, J. L. ve Horner, J. R. 2007. Soft tissue and cellular preservation in vertebrate skeletal elements from the Cretaceous to the present. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 274:183-187.
- Stevens, K. A. ve Parrish, J. M. 2004. Neck posture, dentition, and feeding strategies in Jurassic sauropod dinosaurs. Pp. 212-232, V. Tidwell ve K. Carpenter (ed.), *Thunder-Lizards: The Sauropodomorph Dinosaurs*. Bloomington: Indiana University Press.
- Therrien F., Henderson, D. M. ve Ruff, C. B. 2005. Bite me: Biomechanical models of theropod mandibles and implications for feeding behavior. Pp. 179-237, K. Carpenter (ed.), *The Carnivorous Dinosaurs*. Bloomington: Indiana University Press.
- Upchurch, P. ve Barrett, P. M. 2000. The evolution of sauropod feeding mechanisms. Pp. 79-122, H. D. Sues (ed.), *Evolution of Herbivory in Terrestrial Vertebrates: Perspectives from the Fossil Record*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Van Valkenburgh, B. ve Molnar, R. E. 2002. Dinosaurian and mammalian predators compared. *Paleobiology* 28:527-543.
- Zaleha, M. J. ve Wiesmann, S. A. 2005. Hyperconcentrated flows and gastroliths: Sedimentology of diamictites and wackes of the Upper Cloverly Formation, Lower Cretaceous, Wyoming, U.S.A. *Journal of Sedimentary Research* 75(1):43-54.

On Dördüncü Bölüm: Batı Yakası Hikâyesi

- Currie, P. J. ve Russell, D. A. 2005. The geographic and stratigraphic distribution of articulated and associated dinosaur remains. Pp. 537-569, P. J. Currie ve E. B. Koppelhus (ed.), *Dinosaur Provincial Park: A Spectacular Ancient Ecosystem Revealed*. Bloomington: Indiana University Press.
- Dodson, P. 1996. *The Horned Dinosaurs: A Natural History*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Gates, T. ve Sampson, S. D. 2007. A new hadrosaur from the Upper Cretaceous (Campanian) Kaiparowits Formation of Utah. *Zoological Journal of the Linnean Society* 151:351-376.

- Horner, J. R., Varricchio, D. J. ve Goodwin, M. B. 1992. Marine transgressions and the evolution of Cretaceous dinosaurs. *Nature* 358:59-61.
- Lehman, T. M. 1987. Late Maastrichtian paleoenvironments and dinosaur biogeography in the western interior of North America, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 60:189-217.
- Lehman, T. M. 2001. Late Cretaceous dinosaur provinciality. Pp. 310-328, D. H. Tanke ve K. Carpenter (ed.), *Mesozoic Vertebrate Life*. Bloomington: Indiana University Press.
- Roberts, E.M. 2007. Facies architecture and depositional environments of the Upper Cretaceous Kaiparowits Formation, southern Utah. *Sedimentary Geology* 197:207-233.
- Russell, D. 1992. *An Odyssey in Time: The Dinosaurs of North America*. Toronto: University of Toronto Press.
- Ryan, M.J. ve Evans, D. C. 2005. Ornithischian dinosaurs. Pp. 312-348, P. J. Currie ve E. B. Koppelhus (ed.), *Dinosaur Provincial Park: A Spectacular Ancient Ecosystem Revealed*. Bloomington: Indiana University Press.
- Sampson, S. D., Gates, T. A., Roberts, E. M., Getty, M. A., Zanno, L. E., Loewen, M. A., Smith, J. A., Lund, E. K., Sertich, J. ve Titus, A. L. Grand Staircase-Escalante National Monument: A new and critical window into the world of dinosaurs. *Learning from the Land, Vol. 2*. Washington, D.C.: ABD İç İşleri Bakanlığı, Arazi İdaresi Bölümü.
- Vrba, E. S. 1987. Ecology in relation to speciation rates: Some case histories of Miocene-Recent mammal clades. *Evolutionary Ecology* 1:283-300

On Beşinci Bölüm: Tüm Yaratıklar Gibi

- Alvarez, W. 1998. *T. rex and the Crater of Doom*. New York: Vintage Books.
- Alvarez, L.W., Alvarez, W., Asaro, F. ve Michel, H.V. 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208:1095-1108.
- Archibald, J.D. 1996. *Dinosaur Extinction and the End of an Era: What the Fossils Say*. New York: Columbia University Press.
- Archibald, J. D. ve Fastovsky, D. E. 2004. Dinosaur extinction. Pp. 672-684, D. Weishampel, P. Dodson ve H. Osmolska (ed.), *The Dinosauria, İkinci Baskı*. Berkeley: University of California Press.

- Chenet, A. L., Courtillot, V., Fluteau, F., Besse, J., Subbaro, K. V., Khadri, S., Bajpai, S. ve Jay, A. 2005. Magnetostratigraphy of the upper formations of the Deccan Traps: An attempt to constrain the timing of the eruptive sequence. *Geological Society of America Abstracts* 37-6.
- Courtillot, V. E. 1990. A volcanic eruption. *Scientific American* 263(4):85-92.
- Crespi, B. J. 2004. Vicious circles: Positive feedback in major evolutionary and ecological transitions. *Trends in Ecology and Evolution* 19(12):627-633.
- Fastovsky, D.E., Huang, Y., Hsu, J., Martin-McNaughton, J., Sheehan, P.M. ve Weishampel, D.B. 2004. The shape of Mesozoic dinosaur richness. *Geology* 32:877-880.
- Fastovsky, D. E. ve Sheehan P. M. 2005. The extinction of the dinosaurs in North America. *GSA Today* 15(3):4-10.
- Hoffman, P.F. and Schrag, D.P. 2000. Snowball Earth. *Scientific American*, 282:68-75.
- Johnson, K.R. 1992. Leaf-fossil evidence for extensive floral extinction at the Cretaceous-Tertiary boundary, North Dakota, USA. *Cretaceous Research*, 13:91-117, DOI:10.1016/0195-6671(92)90029-P (çevrimiçi yayınlanmıştır).
- Keller, G. Abramovich, S., Berner, Z., Pardo, A. ve Adatte, T. 2008. Did volcanism and climate change cause the K-T mass extinction? *Geophysical Research Abstracts* 10: EGU-2008-A-04804.
- Lovelock, J. E. 1987. *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Oxford: Oxford University Press.
- Margulis, L. 1999. *Symbiotic Planet: A New Look at Evolution*. New York: Basic Books.
- Raup, D. ve Sepkoski, J. 1982. Mass extinctions in the marine fossil record. *Science* 215:1501-1503
- Robertson, D. S., McKenna, M., Toon, O. B., Hope, S. ve Lillegraven, J. A., 2004. Survival in the first hours of the Cenozoic. *Geological Society of America Bulletin* 116: 760-768, DOI: 10.1130/B25402.1 (çevrimiçi yayınlanmıştır).
- Russell, D. A. ve Manabe, M. 2002. Synopsis of the Hell Creek (uppermost Cretaceous) dinosaur assemblage. Pp. 169-176, J. H. Hartman, K. R. Johnson ve D. J. Nichols (ed.), *The Hell Creek Formation and the Cretaceous-Tertiary Boundary in the Northern Great Plains: An Integrated Continental Record of the End of the Cretaceous*. Geological Society of America

- Special Paper 361. Boulder, CO: Geological Society of America.
- Ryan, M. J. ve Evans, D. C. 2005. Ornithischian dinosaurs. Pp. 312-348, P. J. Currie ve E. B. Koppelhus (ed.), *Dinosaur Provincial Park: A Spectacular Ancient Ecosystem Revealed*. Bloomington: Indiana University Press.
- Sahney, S. ve Benton, M. J. 2008. Recovery from the most profound mass extinction of all time. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences*, DOI: 10.1098/rspb.2007.1370 (çevrimiçi yayınlanmıştır).
- Schneider, S. H., Miller, J. R., Crist, E. ve Boston, P. J. (ed.). 2004. *Scientists Debate Gaia: The Next Century*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Schultz, P.H. ve d'Hondt, S.L. 1996. Cretaceous-Tertiary (Chicxulub) impact angle and its consequences. *Geology* 24:963-967, DOI: 10.1130/0091-7613(1996) 0242.3.CO;2 (çevrimiçi yayınlanmıştır).
- Siggurdson, H., D'Hondt, S. L. ve Carey, S. 1992. The impact of the Cretaceous/Tertiary bolide on evaporite terrane and generation of a major sulfuric acid aerosol. *Earth and Planetary Science Letters*, 109:543-559.
- Wang, S. C. ve Dodson, P. 2006. Estimating the diversity of dinosaurs. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 103(37):13601-13605.

SONSÖZ: Mezardan Fısıltılar

- Alters, B. J. ve Nelson, C. E. 2002. Perspective: Teaching evolution in higher education. *Evolution* 56(10):1891-1901.
- Berry, T. 1990. *The Dream of the Earth*. Sierra Club Books.
- Capra, F. 1999. *Ecoliteracy: The Challenge for Education in the Next Century*, Liverpool Schumacher Lectures. Center for Ecoliteracy, www.ecoliteracy.org (çevrimiçi yayınlanmıştır).
- Dowd, M. 2007. *Thank God for Evolution!: How the Marriage of Science and Religion Will Transform Your Life and Our World*. San Francisco: Council Oak Books.
- Evans, E. M. 2005. *Teaching and Learning About Evolution*. Üçüncü Bölüm, J. Diamond (ed.) *Virus and the Whale: Exploring Evolution in Creatures Small and Large*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

- Fosnot, C.T. 1996. Constructivism: A psychological theory of learning. Pp. 8-33, C.T. Fosnot (ed.), *Constructivism: Theory, Perspectives and Practice*. New York: Teachers College Press.
- Louv, R. 2006. *Last Child in the Woods: Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder*. Chapel Hill, NC: Algonquin Books.
- Orr, D. W. 1992. *Ecological Literacy: Education and the Transition to a Postmodern World*. Stony Brook: State University of New York Press.
- Orr, D. W. 1994. *Earth in Mind: On Education, Environment, and the Human Prospect*. Washington, D.C.: Island Press.
- Pimm, S. L. 2001. *The World According to Pimm: A Scientist Audits the Earth*. New York: McGraw-Hill.
- Raven, P. 2002. Science, sustainability, and the human prospect. *Science* 297:954-959.
- Sampson, S. D. 2006. Evoliteracy. Pp. 216-231, J. Brockman (ed.), *Intelligent Thought: Science Versus the Intelligent Design Movement*. New York: Knopf.
- Stone, M. K. ve Barlow, Z. 2005. *Ecological Literacy: Educating our Children for a Sustainable World*. Berkeley: University of California Press.
- Suzuki, D. 1997. *The Sacred Balance: Rediscovering Our Place in Nature*. Vancouver: Greystone Books.
- Swimme, B. ve T. Berry. 1992. *The Universe Story: From the Primordial Flaring Forth to the Ecozoic Era; A Celebration of the Unfolding of the Cosmos*. San Francisco: Harper.
- Wilson, E. O. 1984. *Biophilia: The Human Bond with Other Species*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wilson, E. O. 2002. *The Future of Life*, New York: Knopf.

SÖZLÜK

ABELİSAURLAR: Küçük vücutlu “noasauridler” ve orta büyüklükteki “abelisauridler”i içine alan *Abelisauroidea* adı verilen theropod dinazor grubunun etçil dinazorları.

UYARLAMA: Bir popülasyonda işleyen doğal seçilimin neden olduğu genetik değişim süreci. Bir veya birkaç karakterin belli bir ortamda işlev görmeye daha elverişli hale gelmesiyle sonuçlanır. (*Uyarlama*, bir popülasyonda kimi seçici avantajlar nedeniyle daha yaygın hale gelen belli bir özelliğe işaret etmek için de kullanılır.)

AETOSAURLAR: Triasik Dönemin ağır bir şekilde zırhla kaplı, bitki yiyen archosaurları.

İLK-AFRİKA HİPOTEZİ: Afrika’nın Güney Yarımkürenin kıtaları içinde Gondwana’nın parçalanmasında izole hale gelen ilk kıta olduğu fikri. Bunun, dinazorların ve diğer organizmaların geriye kalan güney kıtaları arasında milyonlarca yıl hareket etmesine olanak tanıdığı ileri sürülür.

HAVA KESESİ: Solunum sistemi ile vücut arasında bir bağlantı oluşturan –genellikle iskelete yayılan– havayla dolu boşluk. Hava keseleri veya pnömatisite, kafatasında sinüslerin oluşumuna veya başka bölgelerde omurganın içinde büyük boşluklar oluşumuna neden olabilir.

ALLOSAURLAR: Jura ve Kretase dönemlerinden allosoridler (örneğin *Allosaurus*), *carcharodontosauridler* (örneğin *Giganotosaurus*) ve sinraptoridleri (örneğin *Sinraptor*) kapsayan –resmi olarak “allosoroidler” olarak bilinen– yırtıcı theropod dinazorların önemli bir alt grubu. Zaman zaman gayri resmi bir şekilde *Allosaurus* türünün üyelerini adlandırmak için de kullanılır.

AMNİYOTLAR: Birden çok zarla korunan karmaşık kabuklu yumurtalar üreten tetrapodlar. Amniyotlar sürüngenler (dinazorlar ve kuşlar dahil), memeliler ve en yakın nesli tükenmiş akrabalarını kapsar.

KAPALI TOHUMLU BİTKİLER: İlk olarak erken Kretase’de ortaya çıkan ve çeşitlenerek Dünya üzerindeki egemen bitkiler

haline gelen tohum taşıyan açık tohumluların özel bir grubu olarak çiçek açan bitkiler.

ANKYLOSAURLAR: Kafaları dar, sırtı dikenli ve kuyruğunun ucunda bir kemik kütlesi bulunmayan "nodosaurid"ler ve kafatasları daha geniş, sırtı dikensiz ve kuyruğunun ucunda bir kemik kütlesi bulunan "ankilosoridler"i kapsayan ağır bir şekilde zırhlanmış vücutlar ve kafalara sahip bitki yiyen thyreophora dinozorları.

ANTORBİTAL AÇIKLIK: Dinozorların ve diğer archosaurların kafataslarının yanında, gözün hemen önünde bulunan ve hayatta olduğu sürece hava kesesiyle doldurulan açıklık. Resmi olarak antorbital fenestra olarak bilinen bu açıklık, antorbital çukuru barındırır.

ARCHOSAURLAR: Kuşlar, timsahlar, pterosaurlar ve dinozorları kapsayan Archosauria grubunun üyeleri.

ATMOSFER: Gezegenlerin ve yeterince kütleye sahip diğer gök cisimlerinin etrafını kaplayan ince gaz katmanı. Bu kitapta geriye kalan biyosfer, jeosfer ve hidrosfer yuvarlarının dışında Dünya sisteminin hava tabanlı bileşenine işaret etmek için kullanılmıştır.

ATP: Yaşamın evrensel yakıtı olarak kabul edilen ve hücrelerin enerjiyi depolamak için kullandığı bileşen olan adenosin trifosfat.

ARDALAN NESİL TÜKENMESİ: Kitlesele nesil tükenmesinin aksine tek tek türlerin neslinin düzenli olarak tükenmesi.

BAKTERİ: Tek hücreli mikroorganizmaların çok geniş bir grubu. Genellikle uzunlukları bir milimetrenin birkaç binde biridir. Küreler, çubuklar ve spiraller gibi çok çeşitli şekilleri vardır.

GAGA: Kuşların ağzının üst ve altının dış kısımlarını kaplayan ve muhtemelen birçok dinozorda çenelerinin ön ucunu kaplayan keratin kısım.

BENNETTİTLER: Paleozoik ve Mezozoik zamanlarda yaygın olan ama Kretase Döneminin sonunda nesli tükenen büyük palmye benzeri yapraklara sahip tohumlu bitkiler grubu.

BIYOKÜTLE: Belirli bir zamanda belirli bir yerde (genellikle bir ekosistemde) bulunan canlı organizmalar kütlesi.

BİYOMİNERALLEŞME: Canlı organizmaların genellikle mevcut dokularını sertleştirmek için mineraller ürettiği süreç. Biyomineralleşme, fosilleşme sürecinde anahtar bir rol oynayabilir.

BİYOSFER: Belirli bir zamanda Dünya'da yaşayan tüm ekosistemlerin global toplamı. Bu kitapta geriye kalan atmosfer, jeosfer ve hidrosfer yuvarlarının dışında Dünya sisteminin yaşam tabanlı bileşenine işaret etmek için kullanılmıştır.

BİPEDALİZM: Yalnızca arka bacaklar üzerinde yürümeyi (ve koşmayı) içeren karadaki devinim formu.

BLITZKRIEG HİPOTEZİ: Bu kitapta 65,5 milyon yıl önceki kitlesel nesil tükenmesine deniz seviyesinde yükselme, volkanik faaliyetler ve bir asteroid çarpması gibi birden çok faktörün neden olduğu hipotezine atıfta bulunmak için geliştirilen terim.

KEMİK YATAĞI: Bir tek jeolojik katmandaki (stratum) ayrı omurgalıların en az ikisinin ve genellikle onlarca veya yüzlerce sinin kalıntılarını barındıran bir fosil bölgesi.

KAMBRIYEN PATLAMASI: Yaklaşık 530 milyon yıl önce Kambriyen Döneminin başlangıcında gözle görülür karmaşık yaşam formlarının hızla ortaya çıkışı ve çeşitlenmesi.

CARCHARDONTOSAURLAR: Karada yaşayan en büyük etçillerden bazılarını kapsayan yırtıcı theropod dinazorların bir alt grubu.

ETÇİLLER: Et yiyen hayvanlar.

SENOZOİK ZAMAN: Günümüzden 65,5 milyon yıl önceki "Yeni Yaşam Çağı", genellikle Memelilerin Çağı olarak bilinir.

CENTROSAURİNELER: Genellikle derin bir burun, burnun üzerinde büyük bir boynuz ve kafatasının kenarlarında çok süslü bir fırıfıra sahip kısa fırıfırlı seratopsid dinazorlar veya centrosaurlar.

CERATOPSİANLER: Daha büyük ve daha özelleşmiş *ceratopsid*lerin yanı sıra psittacosaur gibi ilkel formlar ve *Protoceratops* gibi ara formları kapsayan bitki yiyen boynuzlu dinazorlar.

CERATOPSİDLER: Centrosaurlar ve chasmosauruları kapsayan ceratopsianlerin (boynuzlu dinazorların) alt sınıflandırması.

CERATOSAURLAR: Ceratosaurus ve abelisauruları kapsayan Ceratosauria theropod grubunun etçil dinzorları.

KARAKTER: Biyolojide bir organizmanın ayrı, soyutlanmış bir özelliği. İki veya daha fazla tür arasında paylaşılan özelleşmiş karakterler, kladistik analizin temeli olarak kullanılır.

CHASMOSAURINLER: Genellikle burnun üzerinde küçük bir boynuza, gözlerin üzerinde büyük boynuzlara ve minimal süslerin yer aldığı uzun fırırlara sahip ceratopsid dinozorlar veya chasmosaurılar.

KLOROPLASTLAR: Bitki hücrelerinde ve bazı alglerde fotosentez aracılığıyla güneş enerjisini yakalayan organeller.

CHNOPS: Yaşam için gerekli altı elementi –karbon, hidrojen, nitrojen, oksijen, fosfor ve kükürt– hatırlamak için kullanılan kısaltma.

AYNI SOYDAN GELEN CANLILAR: Bir ata ve onun tüm mirasçılardan oluşan organizmalar grubu.

KLADİSTİK: Evrimsel soy ve paylaşılan, özelleşmiş karakterlerin aktarımı temelinde türlerin tarihsel ilişkilerini değerlendiren nicel bir metot. Filogenetik sistematik olarak da bilinir.

KLADOGRAM: Tür gruplarını özelleşmiş ortak özelliklere sahip olmaları temelinde birbirine bağlayan hiyerarşik bir dalanma diyagramı. Kladogramlar, kladistik analizlerin sonuçlarını grafiksel olarak ortaya koymak için kullanılır.

İKLİM: Büyük bir alandaki hava koşullarının uzun süreli ortalaması.

COELOPHYSOIDLER: Coelophysoidea theropod grubunun etçil dinozorları; theropodlardaki ilk önemli evrimsel yayılma.

COELUROSAURLAR: Theropod dinozorların tirannozorlar, ornithomimosaurılar ve maniraptorları kapsayan gelişmiş alt sınıflandırma.

COLORADO PLATOSU: Amerika Birleşik Devletleri'nin güneybatısındaki Four Corners bölgesini yaklaşık olarak merkez alan dağlar arası platolardan oluşan geniş bir bölge. Bitkilerin nadiren yer aldığı bu bölgede çokça dinozor kalıntısı mevcuttur.

KOZALAKLI AĞAÇLAR: Genellikle iğne şeklinde yapraklara sahip ağaçsı tohumlu bitkiler grubu.

KITASAL KABUK: Kıtaları ve litosferin bir kısmını oluşturan granit zengini kayalar; kıtasal kabuk hem okyanus kabuğu hem de alttaki çekirdek kabuğundan daha az yoğundur.

KONVEKSİYON: Sıvıların içindeki moleküllerin hareketi. Genellikle "konveksiyon hücreleri"yle bağlantılıdır. Daha sıcak, daha az yoğun sıvının yükselirken daha soğuk, daha yoğun sıvının alçalır.

YAKINSAK EVRİM: Uzak bir biçimde ilişkili soylarda benzer biyolojik özelliklerin edinilmesi; örneğin yarasalar, kuşlar ve kelebeklerin kanatları.

KORPOLİT: Fosilleşmiş hayvan dışkıları.

KOZMOPOLİTANİZM: Biyocoğrafyada, bazen iki veya daha çok kıtayı kapsayan görece geniş bir bölgede evrimsel bir soyun (veya soylar grubunun) geniş bir şekilde dağılması.

KRETASE İÇ DENİZ YOLU: Geç Kretase'de Kuzey Amerika'nın merkez bölgesini dolduran, kuzeyde Arktik Okyanusu'ndan güneyde Meksika Körfezi'ne uzanan sığ deniz.

KRETASE DÖNEMİ: 144 milyon yıldan 65,5 milyon yıl öncesine kadar uzanan Mezozoik Zamanın üçüncü ve son dönemi.

KRİPSİS: Biyolojide, bir organizmanın saklanma yeteneği; genellikle büyük gövdeli hayvanlar arasında kamuflajın kullanımı içerir.

SIYANOBAKTERİ: Enerjilerini fotosentez aracılığıyla elde eden bakteri; mavi-yeşil algler olarak da bilinir.

ÇIKASLAR: Kısa, kalın gövdeler ve uzun, ince yapraklara sahip tohumlu bitkiler grubu.

DECCAN TRAPS: Dünya üzerindeki en büyük volkanik özelliklerden biri; Kretase Döneminin sonlarında Hint alt kıtasında oluşmuştur ve bazı araştırmacılara göre K-T kitlesel nesil tükenmesinde anahtar bir faktördür.

DERİN ZAMAN: Yıl olarak binler yerine milyonlar ve milyarlarla ölçülen jeolojik zaman.

DIŞ TAKIMLARI: Hadrosaurılar, ceratopsidler ve bazı sauropodlar gibi belirli dinazorların üst ve alt çenelerinin "yanak" kısmındaki çok sıkışık diş sıraları; bitkileri kesmek veya kırmak için kullanılmıştır.

PARMAKLARINA BASARAK YÜRÜME: Ayağın ön kısmı yere temas etmeden parmaklar veya başparmaklar üstünde durma ve yürüme. Dinazorlar, kuşlar ve birçok memelide (insanlar hariç) görülür.

GÖSTERİ: Biyolojide, hayvanların diğer hayvanlara "gösteriş yapmak" için kullandığı bir yapı veya davranış. Gösteriler

eşleri cezbetmek, rakiplerin gözünü korkutmak veya yırtıcıların cesaretini kırmak gibi amaçlarla kullanılabilir.

ÇEŞİTLİLİK: Biyolojide, belirli bir bölgedeki mevcut türlerin sayısı ve çeşitliliği.

DNA: Dünya üzerindeki tüm yaşam formlarının gelişmesi ve işlev görmesinde kullanılan genetik talimatları içeren molekülleri oluşturan deoksiribonükleik asit.

DROMAESAURS: Çok gelişmiş önayaklara ve her ayağın ikinci parmağında orak pençeye sahip etçil theropod dinozorlar.

EKOLOJİ: Organizmaların çevre ve diğer organizmalarla etkileşimlerinin incelenmesi.

EKTOTERMİ: Vücut ısısının büyük ölçüde etrafındaki çevreyle ısı alışverişiyle düzenlenmesi. Daha yavaş, "ektotermik" metabolizmalarla ilişkilendirilir. Karşıtı endotermidir.

ELEKTRON: Bir atomun çekirdeğinin çevresindeki eşdeğer parçacıklar bulutundaki negatif yüklü atomaltı parçacık.

ENDEMİZM: Biyocoğrafyada, görece küçük bir bölgede evrimsel bir soyun (veya soylar grubunun) dar dağılımı.

ENDOTERMİ: Vücut ısısının içsel sıcaklık üretimiyle düzenlenmesi. Daha hızlı, "endotermik" metabolizmalarla ilişkilendirilir. Karşıtı ektotermidir.

EON: Jeolojik zamanın ikinci en büyük bölümü (örneğin Fanerozoik Eon).

EPOK (DEVRE): Jeolojik zamanın bir döneminin alt bölümü, genellikle birkaç milyon yıla yayılır (örneğin Pleistosen Epok).

ERA (ZAMAN): Jeolojik zamanın bir eonunun alt bölümü, onlarca veya yüzlerce milyon yıla yayılır (örneğin Mezozoik Zaman) ve dönemlerden oluşur.

ÖKARYOTLAR: Hücreleri bir çekirdek ve başka karmaşık organeller içeren hayvanlar, bitkiler, mantarlar ve protistleri kapsayan yaşam kategorisi.

EVİRİM: Biyolojide, değişerek türeme; organizmaların soylarında zaman içerisinde miras bırakılabilen değişiklikler. Evrenin dönüşümsel tarihine işaret etmek için de kullanılır.

EVİRİMSSEL YAYILMA: Bir tek evrimsel soyda birçok türün hızla ortaya çıkması ve çeşitlenmesi.

NESİL TÜKENMESİ: Organizmaların doğum oranları ölüm oranlarının hızına yetişemediğinde gerçekleşen bir veya birkaç türün ölümü.

FAUNA: Bir bölgede birlikte yaşayan hayvanlar grubu.

FİDBEK DÖNGÜLERİ: Performansı izleyerek ve gerektiğinde düzeltmeler yaparak döngüsel kontrolden faydalanan bilgi döngüleri. Negatif geri besleme döngüleri bir sistemi eski istikrarlı durumuna geri döndürme eğilimindeyken, pozitif geri besleme döngüleri yeni bir istikrarlı duruma ulaşılan dek sistemleri düzenleme eğilimindedir.

UYLUK KEMİĞİ: Dinozorlar da dahil olmak üzere karada yaşayan birçok omurgalıda ortak olan üst bacak (uyluk) kemiği.

EĞRELTİ OTLARI: Spor taşıyan pteridofit bitkilerin önemli gruplarından biri.

FİBROLAMELLER KEMİĞİ: Genellikle büyük omurgalılarda endotermiyle ilişkilendirilen lifli, örülmüş bir görünüme sahip hızla büyüyen kemik.

FOSİL: Canlı bir organizmanın kalıntıları veya kaya kayıtlarında korunan izleri.

FIRFIRLAR: Boynuzlu dinozorlarda kafatasından geriye doğru uzanan ve yan kafa kemiği ile şakak kemiğinden oluşan genellikle süslü kemik katmanı.

MANTARLAR (FUNGUSLAR): Çoğunlukla sporlar aracılığıyla çoğalan ve küf, maya ve mantarları kapsayan ökaryot yaşam formlarının (genellikle "krallık" olarak nitelendirilen) önemli bir grubu.

FURKULA: Kuşların ve bazı kuş-dışı theropodların lades kemiğini oluşturan kaynaşmış köprücük kemiği (klavikula).

GAIA HİPOTEZİ: Yaşamın (biyosfer) diğer şeylerin yanı sıra atmosferin ısısını ve oluşumunu düzenlemek ve gezegeni derin zaman boyunca yaşayama elverişli hale getirmek için geri besleme döngüleri oluşturmak üzere Dünya'nın fiziksel bileşenleriyle etkileşim kurması fikri. Bazıları bu fikrin olgunlaşarak "Gaia teorisi" haline geldiğini ileri sürer.

GASTROLİT: Hayvanlar tarafından sindirime yardımcı olmak için yutulan taş veya kaya parçası.

CİNS (GENUS): Yaşayan ve nesli tükenmiş organizmaların sınıflandırılmasında kullanılan düşük seviyeli bir taksonomik sınıf. Her türe, cins ve türden oluşan iki parçalı bir isim verilir; örneğin *Tyrannosaurus rex*.

JEOLOJİ: Dünya'nın, tarihinin ve yapısının incelenmesi.

JEOSFER: Gezegenin kendisi de dahil olmak üzere Dünya sisteminin kara tabanlı bileşeni. Geriye kalan üç “yuvar” atmosfer, biyosfer ve hidrosferdir.

JİGANTOTERMİ: Ektotermik (“soğukkanlı”) hayvanlarda daha büyük gövde aracılığıyla görece sabit iç vücut ısılarının (daha yüksek metabolik hızlara karşı olarak) korunması.

ĞİNGKOLAR: Karakteristik, yelpaze şeklinde yapraklara sahip tohumlu bitkiler grubu.

GOLDİLOCKS HİPOTEZİ: Bu kitapta birçok dinozorun büyüme, üreme ve yağ depolama gibi “geliştirme” etkinlikleri için kullanılabilecek enerji miktarını artırmak amacıyla evrimleştirilen orta seviye metabolik oranlara (ektotermik veya endotermik değil, “mezotermik”) sahip olduğu fikrine işaret etmek için kullanılan terim.

GONDWANA: Süper kıta Pangaea’nın ilk bölünmesinin ardından oluşan güney süper kıta. Gondwana sonunda bugünkü Afrika, Güney Amerika, Avustralya, Antarktika, Madagaskar ve Hint alt kıtasını kapsayan daha küçük kıtalara bölünmüştür.

GRADYAN: Yerbilimde ve akışkan dinamiğinde, mesafeye göre yoğunluk, basınç veya sıcaklık gibi değerlerde görülen farklılık. İster okyanuslarda ister Dünya’nın çekirdek kabuğunda konveksiyon süreci, sıcaklık geçişleriyle belirlenirken, bu kitapta “yeşil geçişi” karasal ekosistemleri besleyen bitkilerde depolanan bol güneş enerjisine işaret etmek için kullanılmıştır.

AŞAMALILIK: Darwin ve sonraki birçok biyolog tarafından savunulan evrimin yavaş, süregelen küçük artışlarla adım adım gerçekleştiği hipotezi.

AÇIK TOHURLULAR: Sisadlar, ginkgolar, kozalaklı ağaçlar, bennettitler ve kapalı tohumlulardan oluşan önemli Mezozoik gruplara sahip tohumlu bitkiler.

HADROSAURİNLER: Sorguçlu olmayan, ördek gagalı dinozorlar veya hadrosaurlar.

HADROSAURLAR: Kretase Döneminden bitki yiyen bir ornitopodlar grubu, ördek gagalı dinozorlar.

HAVERSİAN KANALLARI: Kan damarları ve sinirler içeren, yoğun ve kompakt kemikle kaplı dar tüpler.

OTÇULLAR: Bitki yiyen hayvanlar.

HETERODONTOSAURLAR: İlkel, küçük gövdeli, bitki yiyen ornitopod dinazor grubu.

KALÇA ÇUKURU: Pelvis'te uyluk kemiğinin (femur) eklemlendiği çö-kük bölge.

HOMEOTERMİ: Dış koşullardan bağımsız olarak istikrarlı bir iç vücut ısısının korunduğu termodüzenleme.

HOMOLOJİ (HOMOLOJİLER): Evrimsel biyolojide, ortak atadan kaynaklanan iki karakteristik arasındaki her türlü benzerlik. Örneğin yarasaların kanatları ve primatların kol-ları, çok farklı işlevlere hizmet etmek için değişime uğ-ramış olsa da aynı kemiklerden oluşması bakımından homolog, yani benzerdir.

ATKUYRUKLARI: Spor taşıyan pteridofit bitkilerin önemli grupla-rından biri.

KOL KEMİĞİ (HUMERUS): Dinazorlar dahil olmak üzere karada ya-şayan çoğu omurgalıda ortak olan üst kol kemiği.

HİDROFER: Dünya sisteminin su tabanlı bileşeni. Bu kitapta ince-lenen diğer üç "yuvar" jeosfer, atmosfer ve biyosfer.

HİPOTEZ (HİPOTEZLER): Doğada gözlemlenen bir model hakkın-daki bir sorunun olası bir yanıtını temsil eden fikir. Bilim büyük ölçüde hipotezlerin oluşturulması ve sınanması ekseninde gelişir.

HYPSELOPHODONTLAR: Orta Jura devrinden Geç Kretase devrine kadar var olan küçük gövdeli, bitki yiyen ornitopodlar grubu.

IGUANODONTLAR: Orta Jura devrinden Geç Kretase devrine kadar yaşayan orta ila büyük gövdeli, bitki yiyen ornitopod di-nozorların bir alt grubu.

ICHTHYOSAURLAR: Mezozoik Zamandan yunus benzeri deniz sü-rüngeçleri.

OMURGASIZLAR: Günümüzde hayvan çeşitliliğinin yaklaşık yüzde 98'ini kapsayan bel kemiği bulunmayan hayvanlar.

İZOTOP: Bir kimyasal elementin çekirdekte aynı sayıda protona ama farklı sayıda nötrona sahip iki veya daha çok formu.

KORUYUCU ÖRTÜ: Paleontolojide, maden sahasından güvenli bir şekilde çıkarılması için fosilleri kaplamakta kullanılan -genellikle alçıya batırılmış çuval şeritlerinden yapılan-katı, koruyucu örtü.

JURA DÖNEMİ: 206 milyon yıldan 144 milyon yıl öncesine kadar uzanan Mezozoik Zamanın ikinci dönemi. Jura dönemi, Erken, Orta ve Geç Jura devirlerine ayrılır.

KRALLIK: Geleneksel olarak biyolojik taksonomideki en yüksek sınıflandırma kategorisi. Bazı biyologlar beş krallığın (prokaryot, protist, fungus, bitkiler ve hayvanlar) varlığını ileri sürerken, daha güncel olan bir diğer şema altı krallığa yer verir.

K-T KİTLESEL NESİL TÜKENMESİ: Kretase (K) ve Tersiyer (T) dönemlerinin sınırında gerçekleşen ve dinozorla birlikte daha birçok hayvan ve bitki soyunun yok olmasına neden olan kitlesel nesil tükenmesi.

LAG (DURDURULMUŞ BÜYÜME ÇİZGİSİ): Bazı dinozorlar da dahil olmak üzere birçok hayvanın kemiklerinde var olan büyüme çizgilerine işaret eden "durdurulmuş büyüme çizgisi" kavramının kısaltması.

LAMBEOSAURİNELER: Sorguçlu, ördek gagalı dinozorlar veya hadrosaurılar.

KATMANLI BÖLGESEL KEMİK: Genellikle ayrı büyüme halkalarının veya durdurulmuş büyüme çizgilerinin varlığıyla karakterize edilen yavaş büyüyen kemik.

LAURASİA: Süper kıta Pangaea'nın ilk bölünmesinin ardından oluşan kuzey süper kıta. Laurasia sonunda bugünkü Kuzey Amerika ve Avrasya (Avrupa ve Asya) kıtasını kapsayan daha küçük kıtalara bölünmüştür.

LİTOSFER: Dünya'nın kabuğu ve en üst mantosu.

KURTAYAĞI: Sürekli yeşil ve yosunumsu olma eğilimi gösteren ilkel, spor taşıyan bitkiler grubu.

KALIM: Hayvan fizyolojisinde, hücre yenilenmesi, ısı üretimi ve yemek yeme gibi vücudun devamlılığını sağlayan etkinliklere ayrılan enerji.

MANİRAPTORLAR: Therizinosaurılar, oviraptorosaurılar, deinonicosaurılar ve aves (kuşlar) gruplarını içeren tüylü, coelurosaur theropod dinozorların alt sınıflandırması.

MANTO (ÇEKİRDEK KABUĞU): Dünya'nın doğrudan kabuğun altında ve dış çekirdeğin üstünde yer alan çok yoğun katmanı.

MARJİNOSEFALİNLER: Pachycephalosaurılar ve ceratopsianleri kapsayan "marjin-başlı" dinozorlar.

KİTLESEL NESİL TÜKENMESİ: Görece kısa bir zaman diliminde gezegen genelinde birçok türün ve tür gruplarının yok olduğu ender rastlanan, büyük ölçekli nesil tükenmesi.

MATRİS: Paleontolojide, fosilleşmiş kemikleri kaplayan kaya.

MEZOTERMİ: Bu kitapta kullanıldığı şekliyle, ektoterm ve endoterm arası fizyolojilere sahip hayvanlar için kullanılan varsayımsal bir metabolik kategori. Birçok dinozor "mezoterm" olarak nitelendirilebilir.

MEZOZOİK ZAMAN: 248 milyon yıldan 65,5 milyon yıl öncesine kadar uzanan "Orta Yaşam Çağı"; genellikle "Dinozorlar Çağı" olarak nitelendirilir. Triasik, Jura ve Kretase dönemleri, başlıca alt bölümleridir.

METABOLİZMA: Yaşamı sürdürmek için gerekli hücrelerin kimyasal etkinliği; özellikle enerji ve gıdaların akışı.

METOPOSAURLAR: Dinozorlarla bir arada yaşayan küçük ila orta büyüklükteki yırtıcı amfibiler.

OKYANUS ORTASI SIRTİ: Genellikle levha tektoniği tarafından oluşturulan, kendi eksenini boyunca uzanan bir yarığa sahip okyanusun derinlerindeki dağ sırası.

MİTOKONDİRİ: Ökaryotik hücrelerde hücresel solunum ve ATP kullanılarak besini kimyasal enerjiye dönüştüren organeller veya hücre parçaları.

MOSASAURLAR: Kretase Döneminin büyük deniz kertenkeleleri.

MİKORİZA: Belirli fungusların (veya bazı örneklerde bakterilerin) bitki kökleriyle simbiyotik bir ilişki içinde olması. Bitkilerin topraktan nitrojen gibi gıdaları almasına imkân tanır.

DOĞAL SEÇİLİM: Belirli bir ortama en uygun karakteristikleri miras alma temelinde bir türün içindeki bazı organizmaların diğerlerine göre hayatta kalma ve çoğalma başarısını artıran doğal süreç.

NÖTRON: Bir atomun çekirdeğindeki elektriksel olarak nötr atom altı parçacık.

NİŞ: Ekolojide, bir organizmanın (veya popülasyon ya da türün) kendi ekosisteminde oynadığı rol.

KUŞ-DIŞI DİNOZORLAR: Kuşlar dışındaki tüm dinozorlar.

OKYANUS KABUĞU: Dünya'nın kabuğunun veya litosferin okyanusların altında kalan ve kıtasal kabuktan daha yoğun olan kısmı.

HEPÇİLLER: Birincil besin kaynağı olarak hem bitkileri hem de başka hayvanları yiyen hayvanlar.

ORGANEL: Bir ökaryotik hücrede spesifik işleve sahip özelleşmiş bir yapı. Hemen tüm ökaryotların mitokondrisi ve bitkiler ve alglerin kloroplastları bunun örnekleridir.

ORNİTHİSCHİA: Kuş kalçalı dinozorlar ve Dinosauria üst takımının iki büyük kolundan biri. Ornithopodlar, ankylosaur-lar, stegosaur-lar, ceratopsianler ve pachycephalosaur-ları içerir.

ORNİTOMİMOSAURLAR: Coelurosaur theropodların önemli bir kolunu teşkil eden çoğunlukla küçük ila orta gövdeli devekuşuna benzer dinozorlar.

ORNİTOPODLAR: Bitki yiyen Ornithischia takımının önemli kollarından biri olan "kuş ayaklı" dinozorlar. Heterodontozor-lar, hypsilophodontlar, iguanodontlar ve hadrosaur-ları içerir.

OSTEODERMLER: Birçok dinozorun ve diğer sürüngenlerin derisinde oluşan ve pullar, plakalar ve dikenler şeklini alan kemikler.

OVİRAPTOROSAURLAR: Genellikle gayri resmi bir şekilde "oviraptorlar" olarak adlandırılan tüylü maniraptor theropod dizinorların önemli bir kolu.

PAKİSEFALOSAURLAR: Küçük veya büyük gövdeli, bitki yiyen, iki ayaklı ornithischia takımından kubbe kafalı dinozorlar.

PALEOBOTANİ: Tarih öncesi bitkilerin incelenmesi.

PALEONTOLOJİ: Tüm tarih öncesi yaşamın incelenmesi (kültürel kalıntıların tahlil ve yorumu aracılığıyla insan kültürlerinin incelenmesi olan arkeolojiden ayrı olarak).

PALEOZOİK ZAMAN: 545 milyon yıldan 225 milyon yıl öncesine kadar uzanan "Antik Yaşam Çağı." Yaşam aslında Paleozoik Zamanda milyarlarca yıl önce başlamıştır ama bu zaman gözle görünür yaşam formlarının dramatik ve türlü türlü başlangıçlarına işaret eder.

PANGAEA: Paleozoik Zamanın sonlarına doğru oluşan ve Mezozoik Zamanda parçalanan süper kıta.

- PAN-GONDWANA HİPOTEZİ:** Önemli dinozor gruplarının ve diğer omurgalıların ya Gondwana'nın parçalanmasından önce ya da yaklaşık 95 milyon yıl önce (üç geçici kara köprüsü üzerinden) Güney Yarıküre kıtalarına (Afrika, Güney Amerika, Antarktika ve Hint-Madagaskar) yayıldığı fikri.
- PANTHALASSA:** Paleozoik Zamanın sonunda ve Mezozoik Zamanın başında Pangaea süper kıtasını çevreleyen "süper okyanus."
- PARADİGMA DEĞİŞİMİ:** Bilimsel bir alandaki düşüncede daha önce genel kabul gören bir bakış açısının yerine yeni bir bakış açısının gelmesiyle uzun süredir savunulan fikirlerin gözden geçirilmesini gerektiren radikal değişim.
- PELVİS:** İlion, iskiyon ve pubisi kapsayan birçok omurgalının sahip olduğu kalça kemikleri.
- DÖNEM:** Jeolojide, bir zamanın on milyonlarca yıla yayılan alt bölümü (örneğin Jura dönemi).
- FANEROZOİK EON:** Dünya tarihinde Paleozoik, Mezozoik ve Senozoik zamanlardan oluşan eon.
- FOTOSENTEZ:** Yeşil bitkilerin yanı sıra bazı bakteriler ve protistlerde güneş ışığı, su ve karbondioksitin birleştirilerek oksijen ve şeker (enerji) üretilmesi süreci.
- FİLOGENETİK SİSTEMATİK:** Bakınız *kladistik*.
- FİZYOLOJİ:** Organizmaların ve parçalarının işlevlerinin biyolojik incelemesi.
- PHYTOSAURLAR:** Günümüzdeki timsahlara çok benzeyen Geç Triasik devreden uzun burunlu, suda yaşayan, balık yiyen archosaurlar.
- AYAKTA YÜRÜME (PLANTİGRAT):** Ayak kemikleri ve parmakları üzerinde durma ve yürüme. Günümüzde insanlar ve ayılarda görülmektedir; dinozorların, kuşların ve birçok memelinin parmaklarına basarak durması ve yürümesinden farklıdır.
- LEVHA TEKTONİĞİ:** Dünyanın litosferik levhalarının büyük ölçekli hareketlerini açıklayan teori.
- PLESİOSAURLAR:** Mezozoik Zamanda yaşayan büyük yüzgeçlere sahip, uzun boyunlu, balık yiyen sürüngenler.
- PNÖMATİKLİK:** Zoolojide, pnömatik epitelyumun kemik tüketen etkinliğinin kemik içlerinde neden olduğu hava boşluklarının varlığı. İnsanların (ve dinozorların) yüzlerindeki sinüsler ve sauropod dinozorların ve kuşların içi oyulmuş omurgası bunun örnekleridir.

- POİKİLOTERMİ:** Hayvanların değişen dış koşullara yanıt olarak iç vücut ısılarının yükselip alçaldığı termodüzenleme. Birçok ektotermik (soğukkanlı) hayvanda mevcuttur.
- PREDENTARİ:** Bitki yiyen ornithischian dinozorlarda alt çenenin ön kısmındaki gagayı oluşturan ek kemik.
- ANA ÜRETİM:** Organizmaların güneş ışığından ve inorganik materyallerden sentezlediği organik maddelerin genel toplamı. Bütün yaşam formları doğrudan veya dolaylı olarak ana üretime bağlı durumdadır.
- ÜRETİM:** Hayvan fizyolojisinde, başta büyüme, yağ depolama ve üreme olmak üzere "gelişme" etkinliklerine ayrılan enerji.
- PROKARYOTLAR:** Bir çekirdeğe veya zara bağlı başka organellere sahip olmayan tek hücreli organizmalar. Geleneksel olarak tüm prokaryotlar bakteri olarak kabul edilmiştir ama daha güncel bir şema bu grubu bakteriler ve Archaea adı verilen yaşam formları olmak üzere ikiye ayırır.
- PROSAURODLAR:** Orta ila büyük gövdeli çok çeşitli otçulları kapsayan ve bitki yiyen dinozorların ilk önemli evrimsel yayılması olan sauropodomorph dinozorların iki önemli kolundan biri.
- PROTİSTLER:** Fungus, bitki ve hayvanları ortaya çıkaran görece basit tek hücreli ve çok hücreli ökaryotların büyük bir çeşitlilik arz eden grubu.
- PROTON:** Bir atomun çekirdeğinde elektrik yüküne (+1) sahip atom altı parçacık.
- PSİTTACOSAURLAR:** Yalnızca Kretase Döneminden kalma Asya'daki kayalardan bilinen iki ayaklı ceratopsian (boynuzlu) dinozorların ilkel bir grubu.
- PTERİDOFİTLER:** Spor taşıyan bitkiler, ağırlıklı olarak eğrelti otları, atkuyrukları ve kurtayakları (club moss).
- PTEROSAURLAR:** Aslında dinozor olmamalarına karşın dinozorlara yakın akraba olan kanatlı archosaurlar grubu ve güçlü bir şekilde uçmayı geliştiren ilk omurgalılar.
- PUBİS:** Omurgalıların pelvisindeki üç ana kemikten biri. Çoğu sau-rischia (kertenkele kalçalı) dinozorda, pubis aşağı ve ileriye işaret ederken ornithischia (kuş kalçalı) dinozorlarda arkaya doğrudur.
- KESİNTİLİ DENGİ:** Eşeyli üreyen türlerin hayatlarının büyük bir kısmında çok az değiştiğini ve evrimsel değişimin genellikle yeni türün oluşumunu sağlayan kısa evrelere yoğunlaştığını öngören teori.

DÖRT AYAKLILIK: Karada hayvanların dört uzuv veya bacağına kullanarak gerçekleştirdiği hareket biçimi.

YAYILMA: Bakınız *evrimsel yayılma*.

RAUİSUCHİAN: Geç Triasik devirde dinazorlarla beraber yaşayan orta ila büyük gövdeli yırtıcı archosaurların bir grubu.

İNDİRGEMECİLİK: Yaşamı anlamanın en iyi yolunun gittikçe daha küçük parçaları incelemekten geçtiği fikri; bilimde neredeyse dört yüzyıl boyunca egemen olan tema.

GERİ ÇEKİLME: Jeolojide karasal habitatlarda artışla sonuçlanan deniz seviyesindeki alçalma dönemi.

SAURİSCHİA: Dinosauria üst takımındaki iki büyük koldan biri olan ve sauropodomorphlar ve theropodları kapsayan kertenkele kalçalı dinazorlar.

SAUROPODOMORPHLAR: Prosauropodlar ve sauropodları kapsayan bitki yiyen saurishcian dinazorları grubu.

SAUROPODLAR: Karada yürüyen en büyük hayvanları kapsayan devasa, uzun boyunlu saurischian dinazorlar.

DENİZ ZEMİNİNDE YAYILMA: Okyanus ortası sırtlarda okyanus kabuklarının oluşması ve aşama aşama sırtlardan uzaklaşması süreci.

CİNSEL DİMORFİZM: Aynı türdeki farklı cinsiyetten hayvanlar arasındaki sistematik şekil farklılıkları. Cinsiyetle bağlantılı renk ve ebat farklılıkları ve boynuzlar, çatal boynuzlar ve savunma dişleri gibi ayrıntılı yapıların varlığı buna örnektir.

CİNSEL SEÇİLİM: Miras alınan bir veya birkaç karakteristiktan dolayı bazı organizmaların çoğalmakta aynı türdeki diğer organizmalardan daha başarılı olmasına dayalı doğal seçim şekli.

GÜMÜŞ KURŞUN HİPOTEZİ: Bu kitapta K-T nesil tükenmesinin bir tek katastrofik asteroid etkisinden kaynaklandığı fikrine işaret etmek için geliştirilen terim.

TÜRLEŞME: Yeni biyolojik türlerin oluştuğu evrimsel süreç.

TÜR: Biyolojide, doğal koşullar altında üyeleri melezlenebilen veya potansiyel olarak melezlenebilen popülasyon grubu. Taksonomide normalde canlı varlıkların en küçük kategori.

SPİNOSAURLAR: Uzun, timsah benzeri kafatasları ve konik dişlerle karakterize olan gelişmiş devasa yırtıcı theropodların bir grubu.

- STEGOSAURLAR:** Sırtın ortası ve kuyruk boyunca ayırt edici nitelikte kemik zırh levhaları ve/veya dikenlere sahip bitki yiyen thyreophora dinozorları.
- BATMA:** İki tektonik levhanın birbirine çarpması sonucunda levhalardan birinin diğerinin altına girmesi ve içerdiği her şeyin çekirdek kabuğunun içine batması süreci.
- SİMBİYOZ:** Genellikle her iki tarafından da karşılıklı olarak faydalandığı farklı türden iki veya daha fazla farklı organizmanın arasındaki uzun süreli ilişki.
- SİSTEMATİK:** Dünya'daki yaşamın çeşitliliğini, özellikle de türlerin ve tür gruplarının tanımlanması, sınıflandırılması ve tarihsel ilişkilerini inceleyen biyoloji dalı.
- TETANURAE:** Allosaurılar, spinosaurılar ve coelurosaurıları kapsayan gelişmiş theropod dinozorlar grubu.
- TETHYS DENİZİ:** Hint Okyanusu'nun açılmasından önce Laurasia ile Gondwana süperkıtaları arasındaki deniz (veya okyanus).
- TEORİ:** Bilimde, doğal dünyanın genel bir yönü hakkında birbiriyle bağlantılı hipotezleri temel alan ve çok sayıda yanlışlama girişimine karşı koyan iyi belgelenmiş bir açıklama.
- TERAPSİDLER:** Memelileri ve soyu tükenmiş birçok yakın akraba-sını kapsayan sinapsidler grubu.
- THERİZİNOZAURLAR:** Etçilikten (veya en azından hepçillikten) otçuluğa geçerek evrimsel bir geçiş yaşadığı anlaşılan çok gelişmiş maniraptoran theropodların bir nesli.
- TERMOREGÜLASYON:** Bir organizmanın belirli sınırlar içinde fizyolojik veya davranışsal araçlarla vücut ısını koruyabilme yetisi.
- THEROPODLAR:** Tüm etçil dinozorları ve muhtemelen hepçiller ve otçulların geniş bir yelpazesini kapsayan kertenkele kalçalı dinozorların (Saurischia) önemli kollarından biri.
- TİREOFORANLAR:** Stegosaurılar, ankylosaurılar ve daha birçok ilkel formu kapsayan zırhlı ornithischian dinozorlar.
- TİTANOSAURLAR:** Kretase Döneminde neredeyse tüm gezegene yayılan ve en büyük kara hayvanlarından bazılarını içeren sauropod dinozorların ayrı bir grubu.
- DENİZDE KABARMA:** Jeolojide karasal habitatlarda düşüşle sonuçlanan deniz seviyesindeki yükselme dönemi.

TRİASİK DÖNEM: 248 milyon yıldan 206 milyon yıl öncesine kadar uzanan Mezozoik Zamanın ilk dönemi. Triasik Dönemi, Erken, Orta ve Geç Triasik devirlerine ayrılır. Dinozorlar ilk olarak Geç Triasik devrinde ortaya çıkmıştır.

TROODONTLAR: Dromaeosaurlar ile birlikte Deinonychosauria türünü oluşturan orak pençeli maniraptoran theropodların bir grubu.

TROFİK SEVİYE: Besin zincirinde bir organizmalar grubunun yer aldığı beslenme seviyesi.

TROFİK PİRAMİT: Bir ekosistemin biyokütlesinin en geniş kesiminin en alt trofik seviyeye (bitki üreticiler) yerleştirilmesi ve daha yüksek seviyelere çıkıldıkça miktarların azalmasıyla (örneğin birincil tüketici, ikincil tüketici, üçüncül tüketici vs.) ortaya çıkan piramit şekli.

DÖNÜŞÜM ANLARI: Ekosistemlerin uzun dönemler boyunca görece sabit kalıp periyodik olarak geniş çaplı, neredeyse eşzamanlı nesil tükenmelerini ve yeni türlerin ortaya çıkışını tetikleyen çevresel kargaşaya sahne olduğu fikri.

TYRANNOSAURLAR: Tyrannosaurus ve diğer büyük ila dev gövdeli etçil dinozorları kapsayan coelurosaur theropodlar grubu.

DEĞİŞKEN İZOTOPLAR: Kendiliğinden bir şekilde değişken formdan sabit forma geçen izotop. Değişken izotoplar, radyoaktif izotop yaş belirlemede önemli rol oynar.

OMURGA (VERTEBRAE): Omurgalı hayvanların bel kemiği veya vertebral kolon. Diğer işlevlerinin yanı sıra, omuriliğin geçmesi için kemikten bir kanal sağlar ve birçok sırt kasının tutunduğu yerdir.

OMURGALILAR: Sırt ve kuyruk boyunca uzanan omurga kemiğine sahip hayvanlar grubu. Balıklar, amfibiler, sürüngenler (dinozorlar ve kuşlar dahil) ve memelileri kapsar.

BATI AMERİKA: Bu kitapta, Kretase İç Deniz Yolunun kıtanın orta kısmını uçtan uca kat etmesiyle oluşan batı Kuzey Amerika bölgesine (diğer adıyla Laramidia) işaret etmek için türetilen terim.

ÇİZİMLER VE FOTOĞRAFLAR

Amerika Jeoloji Kurumu, © 2002 Amerika Jeoloji Kurumunun
izniyle Şekil 1.1

David Bcker, Şekil 9.1 (sol üst ve sağdaki görüntü)

Fosil Müzesi, Şekil 9.1 (sağ alttaki görüntü)

ReBecca Hunt-Foster, Resim 14

Kirk Johnson, © Kirk Johnson, Şekil 9.2

Ashutush Kauhesh, Stony Brook University, Şekil 16.1

Marjoire Leggitt, Şekil 5.3

Mark Loewen, Resim 3, 7, 8; Şekil 1.2, 2.1, 3.1, 3.4, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4,
6.2, 8.2, 11.1, 11.2, 12.1, 12.3, 14.1, 14.2, 14.3, 14.5, 14.6, 15.1,
15.2

Lukas Panzarin, Şekil 6.1, 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, 8.1, 8.3, 8.4, 10.1, 10.2,
12.2, 13.1, 13.2, 13.3, 14.4 (Not: *Allosaurus*, *Brachiosaurus*,
Dryosaurus, *Edmontosaurus*, *Torvosaurus*, *Triceratops*,
Tyrannosaurus ve *Velaciraptor* silüetleri, Gregory Paul'un-
kileri model almıştır; *Supersaurus*, *Apatosaurus* ve *Borasa-*
urus silüetleri, Scott Hartman'inkileri model almıştır.)

Santiago Ramirez, Şekil 9.1 (sol alttaki görüntü)

Scott Sampson, Resim 1, 2

Michael Skrepnick, tüm bölümler ve sonsözden önceki çizimler;
Resim 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13; Şekil 10.3

Society of Vertebrate Paleontology © 2009 (Society of Vertebrate
Paleontology'nin izniyle basılıp dağıtılmıştır), Şekil 1.3

Jelle Wiersma, Resim 10

Lindsay E. Zanno, Şekil 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, 5.1, 5.2, 11.3

DİZİN

- abelisaurlar 22, 94, 102, 103, 104,
 105, 190, 253
 Abram, David 49
Achelousaurus 230, 246, 256
 Afrika antilobu 128, 165, 166, 168,
 170, 260
 Afrika dul kuşlar 256
Agriotherium africanum 195
 Aguja Oluşumu 366
Alamosaurus 377
Albertoceratops nesmoi 246
Albertosaurus 197, 288
 Alf Paleontoloji Müzesi 357
 Alize rüzgârları 109
 allosaurlar 201, 343
Allosaurus 197, 201, 229, 251, 282,
 329, 331
Altirhinus 70
 Alvarez, Luis 388
 Alvarez, Walter 388
Amargasaurus 70
 Amerika Doğa Tarihi Müzesi 215,
 249
 amfibiler 48, 63, 307, 346
 aminoasitler 131
 ammonitler 370
 amplifikasyon (pozitif geri besleme)
 401
 Andersson, Malte 256
Andrewsarchus mongoliensis 195
 Andrews, Roy Chapman 215, 267
 ankylosaur 177
 Ankylosaurılar 66, 70, 86, 120, 379,
 395
 Antarktika 70, 101, 103
Apachesaurus 307
Apatosaurus 324, 329, 332, 336
Araucaria 339
Araucarioxylon arizonicum 303,
 304
Archaeopteryx 142, 197, 380
 archosaurlar 65, 75, 298
Argentinosaurus 177
 Arjantin 81, 84, 102, 267, 360
 Arkeen Eon 55, 58
 aslanlar 146, 191, 242, 264, 282
 asteroid çarpması 392, 394, 395,
 397
 aşamalılık 156, 157, 159
 Avustralya 101
 Bacon, Francis 36
 Baird, Gordon 161
 Bakker, Robert 28, 188, 317
 bakteriler 61
Barosaurus 329, 332
Baryonyx 193
 Batı Amerika 364, 367, 369, 374,
 378
 Benton, Michael 318, 319, 383
 Berry, Thomas 410
 bipedalizm 81
 Blitzkrieg hipotezi 389
Brachiosaurus 178, 179, 329, 332,
 336, 339
Brachyphyllum 140
 Brett, Carlton 161
 Brinkman, Don 370
Brontosaurus 329
Buteo 48

"Büyük Ölüm" 383

Büyük Öykü 411, 412

Büyük Patlama 56, 411

Büyük Rift Vadisi 97

Camarasaurus 87, 178, 329, 331

Camptosaurus 332, 345

carcharodontosaurılar 212, 365

Carcharodontosaurus 197, 199

Carnotaurus 85, 94, 102, 104, 105, 197

Carrano, Matt 205, 378

centrosaurinler 246

Centrosaurus 183, 246, 251

Centrosaurus apertus 371

Cephalaspis 48

ceratopsianlar 70, 89, 177, 183, 215

ceratopsidler 91, 182, 247

ceratosaurılar 194, 201, 253

Ceratosaurus 85, 194, 197, 253, 324, 329, 331

Charig, Alan 316

Chasmatosaurus 48

Chasmosaurus 164, 371

Chicxulub krateri 391, 392

Chindesaurus 307

Chin, Karen 238

Chinle Oluşumu 79, 306

CHNOPS 129

ciklet balıkları 265

Cleveland-Lloyd Dinozor Ocağı 343

Coelophysis 85, 197, 198, 201, 228, 307, 380

coelophysoidler 199, 228

coelurosaurılar 214, 285, 293

Coelurus 342

Colbert, Ned 313

Colletotrichum 240

Colorado Platosu 301, 302

Compsognathus 142

Confuciusornis 140, 144

Corythosaurus 251

Corythosaurus 231

Cryolophosaurus 70, 253

Currie, Philip 370

Cuvier, Georges 52

çekirdek kabuğu 97, 99

Çin 360

Darwin, Charles 52, 76, 150, 151, 255

Darwin'in ispinozları 148

Daspletosaurus 288, 377

Deccan Traps 393

Deinonychus 197

deniz dinozorlarının yokluğu 296

Depéret, Charles 33

derin zaman 44, 49, 99, 114, 147, 398

Descartes, René 36

Desmotosuchus 298

Devoniyen Dönem 64, 161

Diabloceratops 70

Diamond, Jared 299

Dicraeosaurus 180

Dilophosaurus 85, 197, 252

Dimetrodon 81, 83

Diplodocus 88, 179, 180, 205, 226, 329

Dire Straits 72

Dodson, Peter 34, 35, 76, 254

Douglass Ocağı 329

dromaeosaurılar 194, 201, 361

Dromaeosaurus 122

Dryosaurus 345

Eberth, David 370

Edmontosaurus 120, 177, 181, 207

Effigia okeeffeae 314, 315, 317

Einiosaurus 207, 246, 256

ekolojik okuryazarlık 410

ektotermi 274, 275, 278

Eldredge, Niles 158, 396

endemizm 100

endotermi 274, 291

epok 53

Erickson, Greg 286

Eşeyli üreme 265

Euoplocephalus 177, 182

Eusthenopteron 48

evapotranspirasyon (buharlaştırma-
terleme) 127, 128

evrimsel dönüşüm 156, 319

- Falcarius utahensis* 216, 217
 familya (genus) 382, 394
 Fanerozoik Eon 382
 Farke, Andrew 262
 Farlow, Jim 254, 289, 334
 Fastovsky, David 395
 filler 83, 152, 414
 filogenetik sistematik (kladistik) 73, 77, 91
 Forster, Cathy 34
 fossa (Madagaskar etçilleri) 41
 fotosentez 58, 59, 60, 120, 123, 126, 340
 Four Corners bölgesi 301, 308, 313
 Franklin, Benjamin 95
 Fransa'nın Madagaskar'ı işgali 33
 Fruitland Oluşumu 366
 fungus 60, 64, 71

 Gaia hipotezi 398, 400
 Galapagos 276
 Galapagos kara kaplumbağaları 275
Gallimimus 197, 214
Gargoylesaurus 332
 Gates, Terry 358
 gekolar 40, 42
 geri besleme döngüleri 129, 132, 138, 401, 402
 Getty, Mike 354
Giganotosaurus 194, 199
Gigantoraptor 295
 gigantothermy 277
 Gill, Bruce 239
Glomus 240
Glossopteris 101
 Goodwin, Mark 262
Gorgosaurus 288
 Gould, Stephen J. 158
 gradyan 97
 Grand Staircase-Escalante Ulusal Anıtı 232, 351, 353
Gryposaurus 184, 352, 358

Gryposaurus monumentensis 357, 358, 359

 Gümüş Kurşun hipotezi 390, 394, 405
 Güney Amerika 186, 194, 315

 Hadean Eon 57, 58
 hadrosaurinler 359
 hadrosaurlar 66, 182, 184, 188, 231, 251
Hagryphus 358, 362
Haliaeetus 380
Haplocanthosaurus 329
 Heilmann, Gerhard 142
 Hell Creek Oluşumu 118, 121, 395
 Hennig, Willi 77
 hepçiller 84, 121, 190, 358
Hererrasaurus 84
Hesperosuchus 307, 309
 hidrosfer 107, 109, 112, 113, 115
 Himalayalar 52, 102
 Hint alt kıtası 101, 103
 hiperetçillik 211
Homo sapiens 25, 67, 71, 149, 409
 Horner, Jack 124, 239
 Houston, David 125, 126
Huayangosaurus 90
 Hummel, Jürgen 339
 Hutchinson, John 208
 Hutton, James 50, 51, 52
 Huxley, T. H. 142
Hypacrosaurus 207
 hysilophodontlar 269, 270

Ichthyostega 48
 Irmis, Randall 315
 ichthyosaurlar 337, 387, 403
 iguanalar 44
 İlk Afrika Hipotezi 103, 106
 indirgemecilik 36
 irilik (gigantizm) 86, 273

 jeolojik tarih 62, 302
 jeolojik zaman 49, 52, 53, 55
 Johnson, Kirk 133, 368, 395
 Judith River Oluşumu 366
Jurassic Park (film) 17, 29, 69

Kaiparowits Oluşumu 79, 354
 Kambriyen patlaması 62
 Karbonifer Dönem 64
 "kelebek etkisi" 38
 Keller, Gerta 397
 kendilik bilinci, insanlarda 67
Kentrosaurus 70
 kertenkeleler 122, 147, 338, 346
 Kirkland, Jim 216
 kladogramlar 77, 86, 105, 198
 klavikula (köprücük kemiği) 143
 Komodo ejderleri 80, 84, 192, 277
 konveksiyon 97, 99
Koparion 341
 Kopernik devrimi 25
 koprolit (fosil dışkı) 185
 kökenleri ve dinozorlara evrimsel
 bağlar, kuşların 27, 42, 47, 75,
 142
 köpekbalıkları 64, 176, 178
 Krause, David 416, 419
 Kretase Dönem 66, 85, 95, 100, 103,
 113, 187, 199, 233, 247, 272
 Kretase İç Deniz Yolu 364, 366
 Kretase-Tersiyer (K-T) nesil tüken-
 mesi 311, 386, 387
 kuş dışı dinozorlar 43, 78, 144
 Kuzey Afrika 106, 112, 170
 Kuzey Amerika 321, 338, 366, 367,
 378
 kuzey-güney ayrımı hipotezi 364,
 369
 küresel ısınma 367, 386
 Labandeira, Conrad 121, 233
Lagosuchus 48
 Lamarck, Jean Baptiste de 150, 151
 Lance Oluşumunda 395
 Laurasia 93
 Lavocat, René 33
Leptoceratops 377
Leptosuchus 308
Lesothosaurus 176, 177
 leşle beslenmek 125
 levha tektoniği 95, 107, 130, 302

Liaoning'deki dino-kuş fosil keşif-
 leri 143
 Linnaeus 71, 73
 litosfer 97, 98, 99, 115
 Loch Ness canavarı 348
 Loewen, Mark 378
 Lovelock, James 399, 400, 401
 Madagaskar Ankizy Fonu 418
 Maheuvo, Auca 267
 Maiasaura 207, 239, 264
Majungasaurus 22, 35, 37, 94, 104,
 105, 192
Majungatholus atopus 34
 mamutlar 81, 83, 112, 276
 mantarlar 61
 Mara ekosistemi 163, 207
 Margulis, Lynn 62, 400
 marjinocefalinler 91, 183
 Mars 399, 400
Marshosaurus 331, 341, 342, 343
Masiakasaurus 197
 matris (kayalarda) 36, 69, 351
Megalanops priscus 195
Megaloceros 266
Megalosaurus 33, 197, 199
Megalosaurus crenatissimus 33
Megistotherium osteothlastes 195
Mei long 144
 mercan resifleri 337, 408
 mezotermi 291, 292, 293, 378
 Mezozoik Zaman 53, 62, 66, 78, 79,
 83, 85, 93, 95, 136, 191, 273, 299,
 383, 385
Microraptor 140, 144
 Minmi 70
Monolophosaurus 252
 mutasyon 148, 154, 412
 Myhrvold, Nathan 205
 NASA 399, 400, 405
 Norell, Mark 144, 314
 nükleer kış senaryosu 407
 O'Keeffe, Georgia 313
 okyanus akıntıları 110

okyanus kabuğu 97, 98, 99, 114, 367
 Omurgalılar Paleontolojisi Derneği 197
 Ordovisyan Dönem 63, 64, 381
 ornithischian 82, 86, 88, 177, 180
 ornithomimosaur 190, 208, 213, 214
 Ornithomimus 190, 197
 ortak ata, kuşlar 141
Oryctodromeus 270
 osteoderm 90
 Ostrom, John 27, 28, 143
 our Corners bölgesi 304

Pachycephalosaurus 177, 183, 379
Pachyrhinosaurus 207, 249
 Padian, Kevin 254
 paleobotani 39, 119
 Paleozoik Zaman 62, 81, 134, 302, 311, 383
 pandalar 147, 148
 Pan-Gondwana hipotezi 103, 104, 106
 Panoplosaurus 182
 Panthalassa 110
 paradigma değişimi 25, 26, 27, 36, 96, 99
Parasaurolophus 250, 251, 358
 Parker, William 315
Pentaceratops 251, 360
 Permiyen Dönem 65, 306, 310, 311, 318, 322, 381
 Permiyen-Triasik (P-Tr) kitlesel nesil tükenmesi 383
 Petrified Forest Milli Parkı, Arizona 303
 phytosaur 308, 309, 311
Pikaia 48, 62
Placerias 306, 307, 311
Plateosaurus 66, 87, 179, 186
 Pleistosen Devri 265, 303
 plesiosaur 83, 296
 Plütonist teori 51
 polenleşme 120, 174
Principles of Geology (Lyell) 52
 prokaryotlar 58

proteinler 58, 127, 173
 Proterozoik Eon 59, 61, 398
 protistler 60, 61
 protonlar 56
 psittacosaur 91
Psittacosaurus 91, 177, 183
 pteridofitler 134, 135, 174, 175, 189, 304
 pterosaur 75, 81, 83, 312, 337, 384

Rahonavis 43
Rajasaurus 105
Rajasaurus (Hint alt kıtası) 94
 Ranomafana Milli Parkı 39
Rapetosaurus 416
 Reid, R. E. H. 283
 Reisz, Robert 87
Revvueltosaurus 315
Ricardoestes 122
 Ridgely, Ryan 200
Riojasaurus 186
 Roberts, Eric 369
Rugops 94, 105, 106
 Ruxton, Graeme 125, 126
 Ryan, Michael 257

 Sahney, Sarda 383
 Salêtes, Félix 33
 Samanyolu galaksisi 222
 Santa Fe Enstitüsü 38
Sarcosuchus 193
 Saurischia 82, 86, 196
Scelidosaurus 90
 Schweitzer, Mary 260, 325
Scutellosaurus 90
Sequoia sempevirens 219
 Serengeti 336
 Sereno, Paul 106
 siyanobakteriler 48, 60
 Solnhofen kalkerleri 142, 144
 Somon balığı 152, 153
 soyağacı, insanların 77
 spinosaur 85, 190, 193
 spinosauroidler 199
Spinosaurus 194, 197, 199

Stegosaurus 329, 331, 345

Styracosaurus 246, 248, 257, 371

Suchomimus 199

Sues, Hans-Dieter 34

Suess, Eduard 101

Supersaurus 329, 332

Suzuki, David 23

sürdürülebilirlik 409, 415

sürüşme 27

Şoklanmış kuvars 390

Tanke, Darren 257

Tanycolagreus 341, 343

Taquet, Philippe 34

Tarbosaurus 85, 376

Tenontosaurus 212

terapsidler 300, 306, 307, 311

termitler 123, 221

Tetanurae 197

Tethys Denizi 93

therizinosaur lar 85, 190, 200

Therizinosaurus 190, 197

The Spell of the Sensuous (Abram) 49

The Theory of the Earth (Hutton) 50

Thompson'ın ceylanı 166, 168

Tiffney, Bruce 185, 188

timsahlar 193, 194, 198

timsahlar, soyağacı 43, 86

Torvosaurus 199

Triasik Dönem 66, 87, 95, 112, 191, 300

Triceratops 66, 91, 100, 116, 117,

118, 120, 121, 122, 123, 138, 177, 181, 183, 199, 222, 247, 251, 254, 259, 261, 360, 376, 379, 406, 430, 459

trofik piramit 122, 128

trofik seviye 120, 128, 169, 196, 293

troposfer 108

Türlerin Kökeni (Darwin) 411

Two Medicine Oluşumu 366, 371

Typothorax 309

Tyrannosaurus 197, 287, 342, 376

Tyrannosaurus rex 206, 288, 415

Ulusal Masai Mara Rezervi 163

Utah Doğa Tarihi Müzesinden 351, 354

Utahraptor 80

uyluk kemiği, dinozorların 205, 282

Varricchio, David 270

Vrba, Elisabeth 372

vücut büyüklüğü, etçillerin 282

vücut zırhı, ankylosaur ların 250

Wang, Steven 76

Wegener, Alfred 95, 96

Wilf, Peter 233

Wing, Scott 185, 188

Witmer, Larry 200, 261

Wright, Sewall 157

Xing, Xu 295

yağmur ormanları 133, 170, 173, 340

yakınsak evrim 148, 314

yamyamlık 193

Yumurta Dağı 239

Yumurtalar, kuluçka büyüklüğü 268

Zanno, Lindsay 216

zebralar 146, 163, 165, 167, 168

DİNOZORLARIN DESTANSI YOLCULUĞU
Yaşam Ağındaki Fosil İplikler

SCOTT D. SAMPSON

Dinozor paleontoloğu, evrimsel biyolog ve eğitmen olan Scott D. Sampson, Utah Doğa Tarihi Müzesinde araştırma küratörüdür. Aynı zamanda Utah Üniversitesi Jeoloji ve Jeofizik Bölümünde doçent olarak görev yapmakta ve San Francisco Körfezinde yaşamaktadır.

TUFAN GÖBEKÇİN

İstanbul Üniversitesi Tiyatro Eleştirmenliği ve Dramaturji Bölümü ile İngiliz Dili ve Edebiyatı Bölümünden mezun oldu. Walter Isaacson'ın *Einstein: Yaşamı ve Evreni* kitabının da arasında bulunduğu 70'in üzerinde kitabın çevirisini gerçekleştirdi. Edebiyat, felsefe ve bilim kitaplarında çevirmen ve editör olarak görev yapmaya devam ediyor.

Şimdiye kadar evrimleşen hayvanların en başarılı ve büyüleyici gruplarından biri dinazorlardır. Dinazorlar 65,5 milyon yıl öncesine kadar milyonlarca yıl boyunca dünyaya hükmettiler. Aslında dinazorların yaşayan mirasçıları olan kuşlar bugün bile memelilerden daha çeşitlidir. Dinazorlarla aynı soy ağacının dalında bulunan kuşların 10.000'den fazla türü vardır. Buna karşın sürüngenler ile amfibilerin 6000 türü ve memelilerin 4000 türü vardır.

Peki birçoğu modern zamanlardaki fillerden daha büyük olan bu kadar çok dinozor türü nasıl yan yana yaşamayı başaramadı? *Dinazorların Destansı Yolculuğu* bu sorunun cevabını evrimleşen bir gezegenin bağlamında arayarak, okurları doğanın önemini, özellikle de evrim ve ekoloji ile yaşamın kökenini ve nesil tükenmesinin kaçınılmazlığını düşünmeye sevk ediyor. Dinazorlar, memeliler ve diğer tüm yaşam formları arasındaki etkileşimler, bu kitabın önemli bir temasıdır.

Scott Sampson'ın bu kitabı, geçmiş ve bugünü yan yana getirerek, hızla değişen, sürekli evrimleşen dünyamızda iklim değişimiyle ve nesil tükenmesiyle başa çıkmaya çalışırken, dinazorların antik dünyasını anlamanın her zamankinden önemli olduğunu göstermekte.

"Scott Sampson'ın kitabı dinazorlara yaşam veriyor;
değişen eko-sistemimizin geçmiş dönemlerine ışık tutuyor...
Yepyeni ve muhteşem bir yaklaşım."

—New Scientist

"Sampson'ı dünyamıza iyi bakmamız gerektiğinin altını çiziyor...
Bilimsellikte uzaklaşmadan her düzeyde okurun anlayabileceği
bir eser ortaya koymuş."

—Library Journal

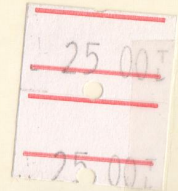
ALFA

www.alfakitap.com

f /alfakitap

t /alfakitap

ig /alfakitap



ALFA BİLİM

ISBN 978-605-171-148-5

