

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>

PEDRAM TÜRKOĞLU



YAŞAYAN
DiNOZOR

- AVIAN -

KUŞLARIN EVRİMİ VE ATALARININ SERÜVENİ



GINKO BİLİM

Dinozor.... Bu kelimeyi duyduğumuzda aklımıza kertenkele benzeri, korkutucu ve kana susamış yırtıcılar gelmez mi? Peki ya size bunun o kadar basit bir kelime olmadığını söylesem? Üstelik kuşların da dinozor olduğunu öğrendiğinizde, onlara olan bakış açınız değişir mi?

Yaşayan Dinozor, Türkiye’de bu alanda yayımlanmış ilk eser olarak literatüre geçmektedir. Kitabın amacı, çocukluğumuzdan itibaren beyazperdede karşımıza çıkan dinozor imgesini, bilimsel çalışmalar ışığında anlaşılan ve araştırılmaya devam edilen dinozorla değiştirmektir. Kitapta, güncel bilimsel gelişmeler ışığında dinozorların gerçek görünüşleri, tüyleri, anatomileri ve kuşlarla akrabalıkları, bunların yanı sıra Jurassic Park efsanesi, kuşlar ile memelilerin evrimi ve daha birçok konu işleniyor.



GINKO

ISBN-978-605-06409-8-4



22t



PEDRAM TÜRKOĞLU

Tıp doktoru (Bülent Ecevit Üniversitesi Tıp Fakültesi 2014-2021). Evrim Ağacı'nda genel editör/yazar ve gözlem kayıtları ile canlıların filogenetik akrabalıklarını kategorize eden Yaşam Ağacı projesini yönetiyor. Daimi bir bilimkurgu hayranı olması yanında Bilimkurgu Kulübü'nde yazar/editör ve 2015-2019 arası her hafta düzenli olarak "Bilimde Bu Hafta" köşesini hazırladı. Tellekt yayınlarının çevirdiği Jonathan B. Losos'un *Kader, Şans ve Evrimin Geleceği* isimli evrimsel biyoloji temalı kitabın sunuşunu yazdı.

Yaban hayatını belgeliyor ve doğa gözlemlerini paylaşıyor. Almanya Herpetoloji Topluluğu, Türkiye'de yaşayan Lacertidae familyasına üye kertenkele türlerini temsil etmek için kendisinin gözlemlerinden yararlanıyor. Ayrıca bir süre amatör olarak astrofotografçılık ile de uğraştı. Çocukluğundan beri süregelen tarih öncesi hayvanlar merakı nedeniyle bu alanda bir sürü okuma ve araştırma yaptı. Özellikle dinazorlar (paleozooloji) ilgi alanı. Öte yandan ilgilendiği bilim dalları arasında paleobiyoloji, zooloji, taksonomi, anatomi, immünoloji, mikrobiyoloji, evrimsel biyoloji ve evrimsel tıp bulunuyor.

GİNKO BİLİM - 37

YAŞAYAN DİNOZOR - AVIAN- PEDRAM TÜRKOĞLU

- kuşların evrimi ve atalarının serüveni -

KİTAP EDITÖRÜ • GÜNSELİ BAYRAM AKÇAPINAR

KAPAK ve İÇ TASARIM • DEVRİM KOÇLAN

ISBN 978-605-06409-8-4

Birinci Basım HAZİRAN 2021

© Ginko Kitap Ltd. Şti. 2021

Baskı: Pasifik Ofset

Cihangir Mah. Güvercin Cad. No: 3/1 Baha İş Merkezi A Blok Kat: 2

34310 Haramidere / İSTANBUL Sertifika No: 44451

Ginko: Osmanağa Mah. Ali Suavi Sk. No: 10 D. 3 Kadıköy / İstanbul • Sertifika No: 35054

T: 0216 449 20 99 • F: 0216 449 21 00

www.ginkokitap.com • posta@ginkokitap.com



PEDRAM TÜRKOĞLU

YAŞAYAN DİNOZOR

-AVIAN-

- kuşların evrimi ve atalarının serüveni -



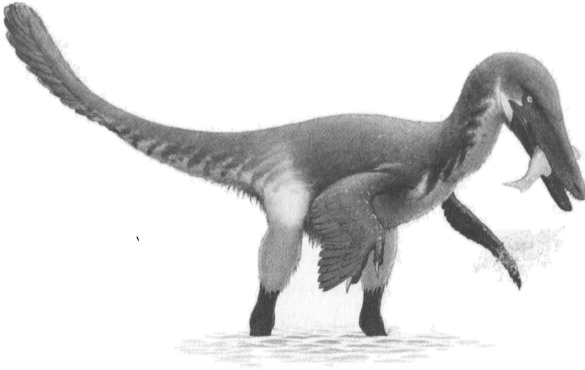
GINKO BİLİM

İÇİNDEKİLER

Giriş	7
I. BÖLÜM / Zamanda Yolculuk: Canlılık Nedir ve Nasıl Başladı?	9
II. BÖLÜM / Bilim Dalları ve Fosilleşme	23
III. BÖLÜM / Paleontolojinin Rönesansı	37
IV. BÖLÜM / Dinozor Nedir?	43
V. BÖLÜM / Neleri Yanlış Biliyoruz?	57
VI. BÖLÜM / Tüyler ve Evrimleri	61
VII. BÖLÜM / Bilimkurgu ve Jurassic Park	69
VIII. BÖLÜM / Raptor Efsanesi	77
IX. BÖLÜM / T. rex Efsanesi	97
X. BÖLÜM / Diğer Tüylü Dinozorlar	107
XI. BÖLÜM / Sıradışı Fosiller	113
XII. BÖLÜM / Tarih Öncesinde Memeli Olmak	121
XIII. BÖLÜM / Dinozorların Soyu Tükenmedi!	131
KAYNAKLAR VE İLERİ OKUMA	137
DİZİN	145

Giriş

18. yüzyılın başlarında dinazorlar hakkında bambaşka görüşlere sahiptik. Adeta pullarla kaplı katiller olarak tasvir ediliyorlardı. Dış görünüşlerini çok farklı hayal ediyorduk. Şu an ise paleontoloji ve paleobiyoloji alanında inanılmaz bir yükseliş dönemindeyiz. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte fosillere erişim de kolaylaştı. Neredeyse her ay, yeni bir paleontolojik keşifle karşı karşıyayız. Aynı zamanda bu fosiller de artık son derece ayrıntılı bir şekilde incelenebiliyor. Söz konusu fosilin 3B taraması yapılıyor ve bilgisayar ortamında bir animasyonu dahi oluşturuluyor. Sonuç olarak, çoğu dinozorun kertenkele veya timsah benzeri dış görünüşe (morfoloji) sahip olmadığını; daha ziyade kuş benzeri görünüşe sahip olduğunu biliyoruz. Hatta sadece dış görünüşleri değil, fizyolojileri ve anatomileri de kuşlar gibi.



Görsel 0.1. Geç Kretase’de (78-66 MYÖ) yaşamış bir raptor (Dromeosauridae) olan Austroraptor cabazai türünün bilimsel olarak tutarlı tasarımı. Kolların yana nasıl açıldığına, tüylerin nereden başladığına dikkat edin (İllüstrasyon: Frederic Wierum).

Yeni çıkmış bir akım gibi gözükken “tüylere karşı gelme sendromu” sizi yanıltmasın. Ne yazık ki Hollywood filmleri de aynı

sendroma sahip. Onları gerçekten yaşadıkları gibi yansıtmak yeterince muhteşem değil midir? Oldukları gibi kabul etmek, bilimin ışığında anladığımız halleriyle resmetmek muhteşem değil midir? Dinozorlarda tüy bulunması onları daha az çekici yapmaz. Tam aksine, kuşlarla olan yakın akrabalıklarından dolayı daha da harika kılar! Üstelik onları oldukları gibi yansıtmak neden kötü olsun? Televizyon programlarını ve Hollywood filmlerini süsleyen meşhur T. rex'in bir kısmının tüylü olması onun karizmasını çizer mi? Kaldı ki karizma terimi zaten başlı başına bir algı meselesidir. Konuya nereden baktığınıza bağlıdır. Hayal dünyasından mı, yoksa gerçeklerden mi? Amerika'nın simgesi "kel kartal" tüylü diye karizması mı çizildi? Unutmayın, dinozorlar film canavarlarından ibaret değildir; gerçekte yaşamış canlılardır. Bu canlılar ve yakın kuzenlerinden kuşların evrimleşmiş olduğunu bilmek nefes kesicidir. Tüylü dinozorların bir zamanlar bu gezegene hüküm sürdüğünü hayal etmek gerçekten ilham verici değil midir? İşte evrimin karşı konulamaz değiştirici gücüne en güzel örneklerden birisi de budur. Zira evrim ile gelişim aynı şeyler değildir. Her ne kadar "gelişim" denen süreci de kapsasa özünde evrim, nesiller boyu olan değişimdir...

I. BÖLÜM

Zamanda Yolculuk: Canlılık Nedir ve Nasıl Başladı?

Birçok bilimkurgu yapımında zamanda yolculuğun işlenmesine şahit olmuşuzdur. Bilimkurgu yapımlarındaki gibi kara deliğin kütle çekim etkisiyle değil, fosilleri inceleyerek jeoloji ve paleontolojide bu yolculuğu gerçekleştirebiliyoruz! Peki canlı nedir?

Buradaki temel sorun “canlılık” tanımında. Bilimsel açıdan net bir şekilde tanımlı yapılabilmemiş değil. Canlılığın bir biyokimyasal zorunluluk olduğu bu evrende “canlılık” ile “cansızlık” çok da farklı değildir aslında. Çünkü “evrende canlı ve cansız ayrımı yoktur!” Bu ayrımı, evreni “anlamak” adına sınıflandırmada kolaylık olması için insan türü olarak biz yapıyoruz. Kısaca genetik materyalini işleyebilen veya işletebilen biyokimyasal moleküllere “canlı” tanımını yapıyoruz. Sınıflandırmalar, bilimsel gelişmelerle birlikte genişletilebilir. Dolayısıyla konuya nereden baktığınıza bağlı. Sırasıyla baktığımızda bakteri, riketsiya, virüs, prion, aminoasit, atom, kuark... Canlılık çizgisini nereye çekeceğiz? Öyle ki bizleri “biz” yapan sadece kendi hücrelerimiz değil; aynı zamanda bizimle yaşayan trilyonlarca tek hücreli canlıdır. Hatta yapılan araştırmalara göre bunların sayıları neredeyse kendi hücrelerimiz kadar! Mikrobiyom veya flora denilen söz konusu topluluklar içerisinde bakteriler, mantarlar, virüsler ve protozoalar (ökaryotik mikroorganizmalar) bulunuyor.

Birçok bilim insanı yaşamı tanımlamaya çalışmıştır. Ne var ki okullarda bize öğretilen basit tanımlar hep hatalı olmuştur.

Günümüzde karşılaştığımız yaşam formları, en eski canlı formlarından çok farklı özellikler sergilemektedir. Yaşam tarihi, evrim diye tanımladığımız çok kapsamlı ve halen devam eden bir değişim sürecinden oluşur. Özellikler, yaşamın evrimsel tarihindeki birçok farklı soy hattında ortaya çıkarak bugün gördüğümüz muazzam canlı çeşitliliğini meydana getirir. Yaşamı tarif edebilmek için, başlangıçtaki belirgin özellikleri dikkate almak mümkündür. Sözgelimi, moleküllerin kopyalanması yaşamın kaynağına kadar gider ve yaşamın genel özelliklerinden birini oluşturur. Ne var ki, yaşamı bu şekilde tanımlamak, bazı cansız yapılarla ortak bir özellik olarak karşımıza çıktığında sorun teşkil eder.

Yaşamın kökenini araştırabilmek için, organik moleküllerin nasıl olup da tam bir kopyalama yeteneği kazandığını sormak gerekir. Yaşamı tanımlayan “kopyalama işlemleri” ile yaşamın ortaya çıktığı maddedeki genel kimyasal tepkimelerden olan kopyalamalar arasındaki çizgi nerede çizilecektir? Örneğin, bir araya toplanmış kimyasal maddelerdeki kompleks kristal yapıların kopyalanması, canlı sistemlerdeki moleküler kopyalanma özelliğiyle karıştırılabilir. Peki aralarındaki fark nedir? Yaşamı sadece bugün gözlenen canlı sistemlerin özellikleriyle tarif etmeye kalkarsak, cansız dünya belki tanımımızın dışında kalır. Ancak bu defa da ilk yaşam formlarını elemiş oluruz; oysa bütün diğer yaşam biçimleri onlardan farklılaşmıştır. Yaşama tarihsel bütünlük kazandıran onlardır!

Diğer yandan bir kısmı da çeşitli mekanizmaların (gen tamir mekanizmalarının, eşleşme mekanizmalarının) tam çalış(a) mamasının zorunlu bir sonucu olan “genetik varyasyonlar” nedeniyle sürekli bir “çeşitlilik” var olur. Çeşitlilik içerisinde, “Akraba Seçilimi” sayesinde genlerden sadece çevreye en uyumlu olanları değil, aynı zamanda akrabalarını en iyi koruyan ve kollayanları seçilmektedir. Çünkü eğer bir birey bir ortamda başarılı olacaksa, kendisini başarılı kılan bu genlerin bulunma ihtimalinin en yüksek olduğu bireyler, yakın akrabalarıdır (akrabalarda genetik yapı birbirine oldukça benzerdir). Dolayısıyla türün devamlılığı için, sadece bir bireyin değil, benzer genleri taşıyan tüm akrabalarının korunması gerekmektedir. Böylece canlı dediğimiz; entropiye karşı gelmeye çalışan biyokimyasal

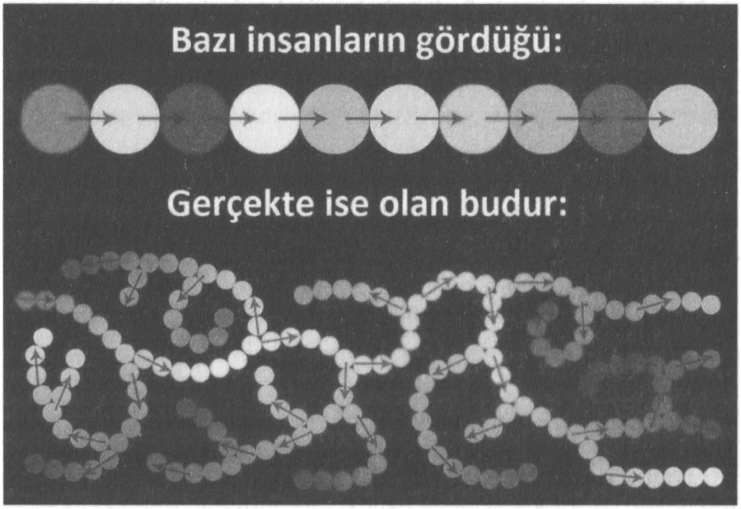
moleküller, metabolik faaliyetleri için gereken eşik değerin alt sınırını “bilinçsiz” bir zorunlulukla elde etmeye çalışır: Çeşitlilikle! Varyasyon (çeşitlilik) evrimin ve canlılığın kaçınılmaz temelidir.

Evrim Nedir?

Evrim, temelde değişimin ta kendisidir! Kesinlikle “gelişim” değildir. Evrimsel süreçte “gelişmiş” olmaya çalışmak gibi bir amaç yoktur. Keza “gelişmiş” diye bir tanım yoktur. Bu tanımlı insan türü olarak biz yapıyoruz. Biz insanlar, canlılar arasında “en gelişmiş” değiliz. Evet, Güneş Sistemi dışına sonda gönderip hastalıkları tedavi edebiliyoruz. Bu bizi birçok açıdan özel kılıyor. Ancak bunu “gelişmişlik”le karıştırmamak lazım. Günümüzde yaşayan canlı türleri de bizden önceki canlı türleri de kendi dönemlerindeki çevrede en gelişmişti. Çünkü gelişim bir organizmanın var olduktan sonra üreme kabiliyeti kazanması ve metabolizması durana kadar geçirdiği süredir.

Fakat evrim bireylerde görülmez, popülasyonlarda ve kuşaklarda (jenerasyonlarda) görülür. Özetle evrim mühendisi Çağrı Mert Bakırcı’nın deyişiyle, “Organizmalar evrimleşmez, gelişir; popülasyonlar gelişmez, evrimleşir.” Evrimi popülasyon genetiği dahilinde bilimsel açıdan tanımlamak gerekirse, genetik materyalin nesiller içerisindeki frekansının değişmesidir. Dolayısıyla evrimsel değişimin birçok mekanizması vardır. Bunlardan en bilineni doğal seçilimdir. Dahası cinsel seçilim, yapay seçilim, genetik sürüklenme, gen akışı (göçler), gen transferleri (retrovirüs enfeksiyonları, plazmid değişimleri, transpozonal sıçramalar, tip-3 intronlar vb) gibi birçok mekanizma barındırır.

Evrimsel süreç, genel kanının aksine bir “doğru” şeklinde ilerlemez, bir “ağaç” şeklinde dallanır. Çünkü hiçbir tür, bir nesil içerisinde yeni bir “tür” doğurmaz. Hatta tek bir popülasyon, olduğu gibi bir diğer türe, sonra o popülasyon da bir başka türe dönüşmez, evrim böyle yürümez. Tam tersine, tek bir popülasyonun farklı gruplarının farklı sebeplerle izole olması nedeniyle, farklı adaptasyonlar geçirmeleri türleşmeye ve evrime neden olur. Yani bir tür, birden fazla türü doğurabilir.



Görsel 1.1. Evrimin şematik görüntüsü. İlk baştaki tür (renk), nesiller içerisinde farklılaşmaya başlar ve bir noktada, çeşitli izolasyonlara bağlı olarak popülasyonlar dallanarak farklı yönlerde doğru gider. Ancak türler arasındaki renk tonu geçişi “net” bir şekilde tanımlanamaz. Keza sürecin “yönü” de yoktur (Kaynak: Evrim Ağacı).

Örnek olması açısından evrimde $A > B > C > D$ şeklinde tür değişimleri olmaz. A türünden B ve C dallanır. Hatta hem A hem de atasal B türü aynı zaman diliminde dahi yaşayabilir. B de iki ya da daha fazla diğer türe evrimleşir ve bu şekilde, bir ağacın dallarının göğe uzanması gibi dallanıp budaklanarak sürer gider. Tek yaptığı, her zaman, ortama en başarılı uyum sağlayanı hayatta “bırakmaktır” (elbette burada mecazi bir anlam var, evrim türleri seçmez, türler hayatta kalmaya uygun oldukları için doğada hayatta kalırlar).

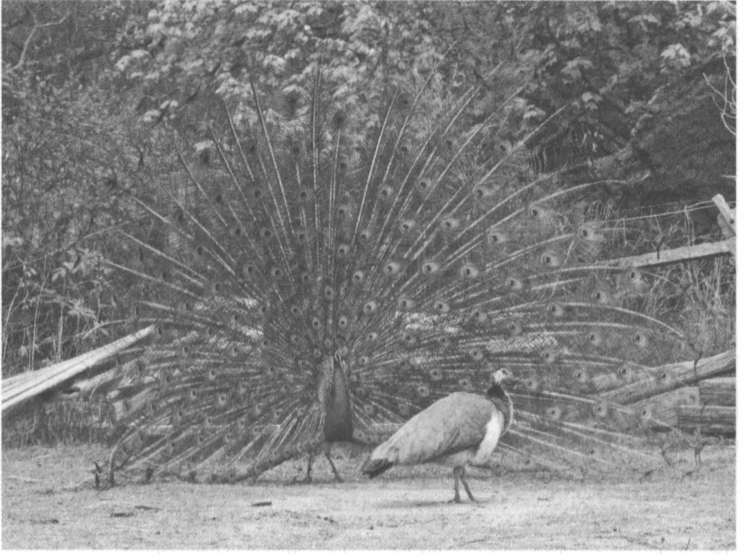
Evrimin en bilinen mekanizması başlıca doğal seçilimdir. Doğanın, yani çevrenin değişimi her zaman söz konusudur. Çevre her zaman değiştiği için canlılar da her zaman değişir. Bu yüzden ki evrim hiçbir zaman son bulmaz. Evet, ışık almayan karanlık mağaralar veya derin okyanus tabanları dinamik çevre şartları barındırmaz. Fakat bu bölgeler yüzyıllar içerisinde fiziksel veya kimyasal açıdan olsa dahi ufak değişiklikler yaşar. Bu da söz konusu bölgelerde yaşayan canlıların da ufak değişiklikler

göstermesine neden olur. Çevre az değiştiği için canlılar da minimal değişir. Öyle ki çoğu zaman fenotipe dahi yansımayaabilir.

Halk arasında “Evrım değil, adaptasyon.” argümanını duymuşsunuzdur. Bu argümandaki en büyük hata adaptasyonun seçim göstermesi gereken bir “evrimsel değişim” olduğunun gözden kaçırılmasıdır. Yani her adaptasyon bir evrimsel değişimdir; ancak her evrimsel değişim, bir adaptasyon olmak zorunda değildir. En basitinden cinsel seçim veya genetik sürüklenme de olabilir.

Çeşitlilik, yani varyasyon da her zaman canlılığın temelidir. Canlılar ürerken, çeşitliliği beraberinde getirir. Aksi takdirde milyarlarca yıllık bir seçim mümkün olmazdı. İşte doğal seçim mekanizması, canlıların oluşturduğu bu çeşitlilik içerisinde, doğada avantajlı olanın üreyebilme yeteneğine göre doğa tarafından bir “filtre” görevi görür. Fakat canlılık içerisinde doğal seçim kadar güçlü olan bir diğer mekanizma ise cinsel seçilimdir. Şimdi aynı mantığı cinsiyetler üzerinden düşünelim. Bu sefer filtre görevi doğa tarafından değil, karşı cins tarafından gerçekleşir. Çoğu zaman da “dişi cinsiyet” tarafından. Keza birçok hayvan açısından bakarsak “seçen” cinsiyetin dişi, “seçilen” cinsiyetin ise erkek olduğunu fark ederiz. Bu yüzdendir ki hayvanlar âlemindeki çoğu erkek, dişilere nazaran daha gösterişlidir. Bu durumun en güzel örneklerinden bazıları aslanlar, geyikler, tavus kuşları ve meşhur cennet kuşlarıdır. Zoolojide cinsiyetler arasındaki görünüş farkına “eşeyssel çift-biçimlilik” veya “seksüel dimorfizm” adı verilir. Örneğin tavus kuşları çok belirgin bir seksüel dimorfizm bulundurur. Yırtıcılar açısından kolaylıkla fark edilmelerini sağladığı ve manevra kabiliyetlerini kısıtladığı için doğal seçim açısından baktığımızda tavus kuşunun kuyruğu birçok açıdan dezavantajlıdır. Hatta Charles Darwin’in bile kafasını karıştırmıştır bu güzellik abidesi. Demek ki en az doğal seçim kadar kuvvetli bir seçim baskısı daha vardı: Cinsel seçilim!

Bu kitapta evrim konusunu temel olarak işlemeyeceğim için fazla ayrıntısına girmeyeceğim. Evrimi detaylıca öğrenmek isterseniz, Çağrı Mert Bakırcı’nın *Evrım Kuramı ve Mekanizmaları* kitabını tavsiye ederim. Unutmayınız evrimi anlamadan, biyolojiyi anlamak da mümkün değil. Cinsel seçilimin öneminden bahsetmemin asıl nedeni, etkisini dinozorlar içerisinde de harika bir şekilde göreceğimizdendir.



Görsel 1.2. Dişisine kur yapan bir erkek tavus kuşu (*Pavo cristatus*). Görkemli kuyruğu cinsel seçilim açısından muazzam bir avantaj olsa da doğal seçilim açısından bir dezavantaj (Fotoğraf: Dick Daniels).

Evrim Çürütülebilir mi?

Bütün diğer doğa yasaları gibi evrim de bir doğa yasası olduğu için çürütülemez. Diğer yandan “evrim” adı verilen doğa yasasının neden ve nasıl o şekilde olduğunu açıklayan Evrim Kuramı, tıpkı bütün diğer teoriler gibi teknik olarak çürütülebilir. Bilimde bu kadar güçlü, köklü ve kapsamlı teorilerin bir bütün olarak çürütülmesi, pratikte imkânsızdır. Çünkü Evrim Teorisi yerine gelecek olan yeni teorinin, Evrim Teorisi’nin açıkladığı her şeyi en azından onunla eşit derecede başarıyla, detaylı bir şekilde, matematiksel ve deneysel altyapısı ile birlikte açıklayabilmesi gerekir. Bunun üzerine, günümüzdeki Evrim Teorisi’nin henüz açıklayamadığı diğer şeyleri de açıklayabilmesi gerekmektedir.

Örneğin Evrim Teorisi A, B ve C konularını matematiksel ve deneysel olarak açıklıyorsa; onun yerine geliştirilecek teorinin A, B, C ve ekstradan D konularını en az bir önceki teori kadar güzel

açıklamak zorundadır. Zaten “teoriler” ile “yasalar” arasındaki en büyük farklardan biri de budur. Teoriler “nasıl?” sorularına cevap verirken, yasalar “ne?” sorularına cevap verir. Örneğin “Havaya atılan bir nesneye ne olur?” sorusuna “düşer” cevabı verilir. İşte bu yerçekimi “yasasıdır.” Ancak nasıl düştüğünü açıklamaz. Bunu Einstein’ın Genel Görelilik Teorisi ve Newton’ın Kütle Çekim Teorileri gibi teoriler açıklar.

Canlılık Nasıl Başladı?

Evrimsel biyolojiden bahsederken “Canlılık nasıl başladı?” diye düşünmüş olabilirsiniz. Fakat yaşamın başlangıcı aslen evrimsel biyoloji konusu değil, biyokimyanın (abiyogenez) konusudur. Dolayısıyla salt biyokimyasal tepkimelerin organik kimya ile birleştiği bambaşka bir alandır.

Başlangıçta Dünya atmosferi başlıca H_2O , N_2 , CO_2 , CO , SO_2 , NH_3 içeriyordu. 1920 yılında Alexander Oparin ve John Burdon Sanderson Haldene, bu atmosferde güneşin UV etkisi ve yıldırım çakmaları ile meydana gelen elektriksel boşalmalarla canlılığın temel yapı taşları olan aminoasit, karbonhidrat ve nükleik asitlerin oluştuğunu eş zamanlı ancak birbirinden bağımsız olarak düşündü! Ardından aminoasit, karbonhidrat ve nükleik asitlerin doğal yollarla gezegenin ilkin koşullarında oluşabileceğini 1953’te deneylerle desteklediler.

Bugün bilindiği ve kabul edildiği kadarıyla, yaşamın başladığı bölge, okyanuslar altındaki volkanik bacaların içerisindeki mikro odacıklardır. Bu odacıklarda aminoasit, şeker, yağ ve hidrojen içeren “prebiyotik (ilkin) çorba” adı verilen adeta çorba gibi karışan yaşamın temel bileşenleri bulunur. Ayrıca volkanik bacalarda çok yoğun bir gaz akışı vardır ve çok geniş bir yelpazede sıcaklık değerine sahiptir. Söz konusu hidrotermal bacalardaki sıcaklık değerleri de Dünya’nın yüzeyine nazaran çok yüksektir. Bu kesimlerde su derişimi de oldukça düşüktür. Yani adeta yaşam üretim fabrikası gibi işler! Yaklaşık 500 milyon ile 1 milyar yıl civarında süren “deneme/yanılma” sonucu bu ortamlarda “ilk canlılar” diyebileceğimiz kimyasal moleküller oluşur. Fakat bunlardan bazıları canlılık sürecini devam ettirip değişebilmiştir. Birçoğu okyanus tabanına çökmüştür. Burada söz ettiğimiz 800

milyon yıl gibi bir zaman dilimi, yani bu süreçler hayal edilemeyecek kadar uzundur!

Yaşam denilen serüven, gezegenle neredeyse yaşıt olarak yaklaşık 4,5 milyar yıl önce başladı; ancak günümüzde bile söz konusu ortamlarda canlılığın oluşum adımlarını gözlemleyebiliyoruz. Örneğin Atlantik Okyanusu'nun ortasında levha tektoniği sebebiyle oluşan sıradağlarda Godzilla isimli dev bir hidrotermal baca bulunuyor. Bu bacanın ekoton bölgesinde (iki biyomun kesiştiği yerde), Yağmur Ormanları zenginliğinde biyoçeşitlilik (canlı çeşitliliği) mevcut. Güneş ışıklarının bile ulaşamadığı zifiri karanlıktaki söz konusu bölgelerde canlı çeşitliliğinin bu denli fazla olması, canlılık açısından çok kıymetli bilgiler verir. Elbette canlılığın filizlendiği 4,5 milyar yıl önceki zaman diliminde atmosfer günümüzdeki gibi değildir. En basitinden oksijen miktarı bugünkü kadar değildi. Evrimleşen mikroorganizmaların hepsi, kemosentez gibi oksijensiz solunum çeşitlerini kullanıyordu. Kemosentez, adından da anlaşılacağı üzere enerji elde etmek amacıyla inorganik maddelerin organik maddelere dönüşümünü içerir. Canlılığın ilk dönemlerinde henüz fotosentez gibi bir mekanizma evrimleşmemişken fazlasıyla yaygın olarak kullanılıyordu. Ancak ta ki siyanobakterilerin evrimleşmesine kadar. Bugün gördüğümüz siyanobakterilerin atalarının, oksijen miktarının yükseldiği dönem olan yaklaşık 2,4 milyar yıl önce yaşanan Büyük Oksidasyon Olayı'nda başrolü oynadıkları düşünülüyor.

Biyom: Aynı iklim koşulları içerisinde, bulundukları çevre açısından ortak özelliklere sahip bitki ve hayvan topluluğudur.

Siyanobakteriler, evrimsel süreçte sahip oldukları kimyasallardan ışığa duyarlı olan bazılarının özelleşmesi sonucu, canlılık açısından çok “özel” görebileceğimiz; ancak aslında doğa açısından son derece sıradan olan bir kimyasal tepkimenin olabilirliğini sağlamıştır: Fotosentez! Bugün bütün yeşil bitkiler bu şekilde metabolik faaliyetlerini yürütür. Zaten güneş gibi bir yıldızın ışığına (ışık=elektromanyetik radyasyon) maruz kalan bir gezegende, bu ışığı verimli olarak kullanan canlıların evrimleşmesini görmek pek de şaşırtıcı olmasa gerek.

Fotosentez sonrasında atık ürün olarak oluşan oksijen, bakterinin işine yaramadığından havaya bırakılır. O zamanlar bir atık olan oksijen, “zehirli” bir gaz sayılırdı. Paracelsus'un meşhur

repliğinde vurguladığı gibi “Zehir ile ilacı ayıran dozudur”. Dolayısıyla O₂ kullanamayan organizmalar hayatta kalamadı veya O₂’siz bölgelere çekildiler. Böylece Büyük Oksidasyon Olayı’ndan sonra birçok prokaryot “zehirlenerek” öldü! Evet, doğru duydunuz. Oksijen ilkin yaşam formları tarafından metabolize edilemediği için kitlesel bir yok oluşa sebebiyet verdi.

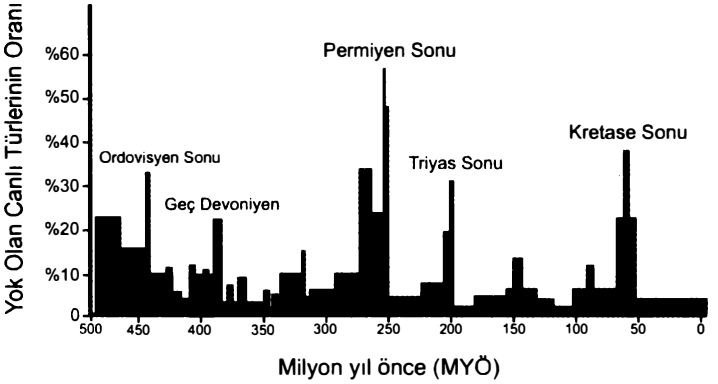
Söz konusu zamana kadar, atmosfer oksijen molekülünden yoksundu. Ancak oksijen miktarı arttıkça, bir kısmı metanla birleşerek karbondioksit oluşturdu. Metan, CO₂’den çok daha verimli bir sera gazıdır ve oksijenin olmadığı dönemde gezegenin sıcaklığını yüksek tutuyordu. Metan seviyeleri düştükçe, Dünya soğudu. Bu, büyük bir buzullaşma olayını tetikledi, gezegeni kendi pençesine kilitleyen küresel bir buz devri.

İşler siyanobakteriler için kötüye gidiyordu. Dünya’daki neredeyse tüm diğer yaşamlarla birlikte kendi sayıları da düştü. Ancak bir istisna vardı: Bazı organizmalar bu oksijeni kendi metabolik süreçlerinde kullanabildi. Oksijeni diğer moleküllerle birleştirerek, büyük miktarda enerji açığa çıkartabildiler. Bu mikroskobik “bitkilerin” daha hızlı büyümesini, daha hızlı üremesini, daha hızlı yaşamasını sağladı.

Anaerobik türler, bu yeni ortamda zenginleşen oksijen yakan bitkilere yenik düşerek öldü. Elbette, anaerobların nesli tükenmedi; okyanusun dibi gibi düşük oksijenli ortamlara itildiler. Artık Dünya’daki baskın yaşam biçimi değişti.

Bu, belki de gezegenimizde yaşamın karşı karşıya kalacağı kitlesel yok oluşların ilkiydi ve etkisi çağlar boyunca yankılanıyor (ve elbette bu hikâyede epeyce ayrıntı var). Hatta günümüzde hâlâ bile serbest oksijen radikalleri insan vücuduna zarar verebilir. Metabolize edilen oksijen vücutta, çiftlenmiş elektronu olmayan iki ayrı atoma ayrılır. Ancak elektronlar çiftler halinde bulunmak isterler, bu nedenle serbest radikal denen bu atomlar, canlının vücudundaki diğer dokulara bağlanarak elektronlarını çiftleştirmek ister. Bunlara “reaktif oksijen türevleri (ROS)” ve “serbest radikaller” adı verilir, yüksek miktarda dokular için hasar verici olabilirler. Buna karşın evrimsel süreçte antioksidan sistemler evrimleşmiştir, amacı ise bu metabolik ürünlerin telafi (kompanse) edilmesidir.

Normal fizyolojik koşullar altında hücreler, ROS oluşumunu, çeşitli mekanizmalarla engelleyerek ROS seviyelerini sınırlı tutarlar. Ancak oksidatif stres koşulları altında, yani organizmanın ROS miktarını dengeleyememesi durumunda aşırı ROS, hücresel proteinlere, lipitlere ve DNA'ya zarar vererek hücrede kanser oluşumuna (karsinogenez) katkıda bulunabilir. Dolayısıyla insan türünün baş belası olan “kanser” adını verdiğimiz malign neoplazm (kötü huylu kontrolsüz hücre bölünmesi), hücresel evrimin başından beri bulunuyor olmalı...



Görsel 1.3. Tarihte yaşanan 5 kitlesel yok oluşun grafiği. Sütunların genişliği kitlesel yok oluşun ne kadar uzun sürdüğünü, uzunluğu ise ne kadar türü yok ettiğini simgeliyor. Dikkat ederseniz “yok oluşlar” her zaman mevcuttu. Çünkü evrim tarihi aslen yok oluşlar tarihidir. Görece kısa bir zaman diliminde görülen yüksek orandaki yok oluşlara “kitlesel yok oluş” veya “kıyamet” tanımı yapıyoruz (Hazırlayan: Pedram Türkoğlu).

Kitlesel yok oluşlar, Dünya merkezli görüşte “kıyamet” olarak tanımlanabilir. Fakat üzerinde yaşadığımız gezegen, bilindiği kadarıyla 5 tane “kitlesel kıyamete” şahit olmuştur. Günümüzde 10.000 yıldan beri de 6. Yok Oluş (Holosen) içinde olduğumuz dile getirilir.

Apocalypse Yunanca aslen “devrim” anlamını taşır. Aslında bu yüzden “Dünya’nın sonu” yerine “değişim” demek doğru bir tanım olur. Çünkü üzerinde konakladığımız gezegende, günümüze kadar yaşamış türlerin %99-99.99’u yok oldu zaten! Sadece kronostratigrafik olarak görece kısa süredeki yok oluşlara “kıyamet”

veya “kitleysel yok oluş” diyoruz. Aslında evrim tarihi büyük pencereden baktığımızda bir yok oluşlar tarihidir. Kısa sürede görülen nispeten fazla sayıda canlının yok olmasına “kitleysel yok oluş” adı veriliyor sadece. Nispeten dememin nedeni, milyarlarca yıllık sürecin içerisinde 10-20 milyon yıl gibi daha kısa bir zaman dilimini içermesidir. Halbuki kendi başına baktığımızda 20 milyon yıl muazzam bir sayıdır. Her şeye rağmen, Büyük Oksidasyon Olayı’nda bütün mikroorganizmalar yok olmadı. Her zamanki gibi uyum sağlamayı başaranlar oldu, günümüzde yaşayanlar Büyük Oksidasyon Olayının gazileridir. *Jurassic Park*’tan bir alıntı; “Yaşam, bir yolunu bulur.”

Hayvanların Evrimsel Kökeni

Hayvanlar Âlemi, Kambriyen Patlaması’ndan çok önce, Ediyakaran Dönemi adı verilen ve günümüzden 635 milyon yıl öncesini kapsayan döneme kadar izlenebilirler, özellikle de 571 milyon yıl önce çeşitliliklerinde artış yaşandığı izleniyor. Yani hayvanlar “birdenbire” var olmamıştır; 635 ila 542 milyon yıl arasındaki 93 milyon yıllık süreçte durmaksızın evrimleşmiş; Kambriyen Patlaması denen sürecin başlangıcında ise hayvan şubeleri birbirlerinden belirgin bir şekilde ayrılmaya başlamışlardır ve bu ayrışma 22 milyon yıllık süre zarfı boyunca devam etmiştir. Bu şekilde okunan ve toplamda 115 milyon yıla yayılan evrimsel tarih, hiç de sıradışı değildir!



Görsel 1.4. Sadece izlerden bilinen taksonlara iknotakson adı verilirken, sadece izleri bulunan fosillere de “iz fosili” veya “iknofosil” denir. Örneğin bir dinazorun iz fosili (Kaynak: Pixabay).

Bu döneme ait, *Dickinsonia* cinsinde sınıflandırılan 1,5 metrelik oval bir iz fosili (iknofosil) tespit edildi.^[1] Fosilin karakteristik özelliği bilateral simetrik bir vücuda sahip olmasıydı. Kabaca bakıldığında adeta bir mantar veya nesli tükenmiş bilinmeyen bir canlı olduğu fikrini uyandırıyor. Ancak fosil üzerinde keşfedilen “kolesterol molekülü izleri” bu fosilin aslında “hayvan” olduğunu gösteriyor. Yani günümüzde yaşayan bütün hayvanların atası veya atasına çok yakın akraba olan bir canlı! Kolesterol neredeyse tüm hayvanların hücre zarının yapısına katılır ve birçok hormonun sentezindeki öncül moleküldür.

İlk, İlkel ve İlkin Tanımları

Unutulmaması gereken önemli bir konu da evrimsel biyolojide hiçbir canlının, türün, âlemin, şubenin, cinsin “ilk bireyi” bulunmadığıdır. Bu nedenle ilk insan, ilk hayvan, ilk bitki, ilk mantar gibi kullanımlar özünde hatalıdır. Çünkü hiçbir tür, bir diğer türe doğum yapmaz. Bu yüzden o türün “ilki” görülmez. Hiçbir âlem, tek nesilde başka bir âleme dönüşemez. Dolayısıyla *Dickinsonia* da hiçbir zaman “ilk hayvan” olarak anılmayacaktır. Anılsa da burada söylenmek istenen, aslında “bilinen” en eski hayvan türü olduğudur. Yani asıl anlatılmak istenen “elimizdeki en eski bulgudur.”

Gerçekten de *Dickinsonia* Ediyakaran Dönemi’nden kalma tek hayvan benzeri tür değildir. Örneğin yumuşakça benzeri bir diğer cins olan *Kiberella* da benzer bir yaşa sahiptir. Solucan benzeri bir cins olan *Helminthoidichnites* de aynı dönemde yaşayıp, günümüze kadar ulaşan iz fosilleri bırakmış canlılardan birisidir. Fakat tarihleme açısından yaklaşıldığında *Dickinsonia* cinsi diğer akrabalarından daha eski bir zaman dilimine denk geldiği için bu sıfatı veriyoruz. Dolayısıyla tamamen eldeki bulgulardan yararlanılarak “ilk hayvan” sıfatı veriliyor.

Ayrıca “ilkel” ve “ilkin” terimleri aynı anlamda kullanılsa da benim fikrime göre çok farklı tanımlardır. Evrimsel açıdan baktığımızda hiçbir canlı “ilkel” değildir. Çünkü yaşayan her canlı kendi yaşadığı döneme ve çevreye uyum sağlamış “modern” sayılan canlılardır. Mağarada yaşayan atalarımız kendi çevreler-

ine ve dönemlerine en iyi uyum sağlamayı çabaladığı için kendi dönemleri açısından “modern” sayılırlar. Aynı şekilde gelecekte de şu an yaşadığımız yaşam tarzı değişeceği için o zaman “modern” sayılacaktır. Dolayısıyla bu kadar dinamik olan bir tanımı kısıtlamak doğru olmaz. Keza “ilkel” için sözlük açıklamalarından bazılarına baktığımızda “İlk durumunda kalmış olan, değişmemiş olan.” şeklinde anlatılır. Herhangi bir canlının ilk durumunda kalması mümkün müdür? Elbette ki değildir. Olmadığı için özünde yanlış kullanılan bir sıfattır. Evrimsel biyoloji kapsamında düzeltmemiz gerekirse “ilkin” demeliyiz. En azından “ilkel” sıfatından daha doğru bir ifade olur. Sözlüğe göre “En önce, en başta, başlangıçta, önce” gibi tanımlarını içerir ki bu açıdan baktığımızda doğru bir kullanım olur.

Tek hücrelilikten çok hücreliliğe evrim, Kambriyen Patlaması denen bir olay ile ilişkilendirilmektedir. Bu metaforik “patlama”, canlılığın çeşitliliğinin bir anda müthiş derecede artmasıyla, böylece evrimin aşırı miktarda hız kazanmasıyla ilişkilendirilir. Yani sanıldığı gibi fiziksel bir patlama değildir. Çeşitlilik artışının popüler bir isimlendirilmesidir. Peki çeşitlilik nasıl bu şekilde artış gösterdi? Çeşitliliğin bu denli artması başta oksijen düzeyinde artış olmakla birlikte *Hox* gibi çeşitli genler üzerindeki mutasyonların birikmesi ve ekolojik değişkenler ile ilgilidir. Jeolojik çerçevede “kısa sürede” yaşandığı için “patlama” denir. Halbuki pek de kısa bir süre değildir. 542 milyon yıl öncesinde 13-25 milyon yıl kadar sürmüştür. Bu, hayal edildiği takdirde muazzam genişlikte bir zaman dilimidir. Karşılaştırmak amacıyla örnek vermek gerekirse, günümüzden 25 milyon yıl öncesine baktığımızda bırakın *Homo* cinsini, insansı primatlar dahi henüz evrimleşmemişti.

II. BÖLÜM

Bilim Dalları ve Fosilleşme

Paleontoloji, Antik Yunan kökenli *Palios*: Eski, *Ontos*: Varlık, *Logos*: Bilim sözcüklerinin birleşmesinden oluşmuştur. Kelime anlamı olarak “Eski Varlıkların Bilimi” demektir. İlk olarak 1862 yılında jeolog d’Archiac tarafından kullanılmıştır. Bilim dalı açısından baktığımızda paleontoloji, geçmişte yeryüzünde yaşamış olan hayvan ve bitkileri, diğer bilim dallarının yardımıyla araştırıp inceleyen ve bir çıkarıma giden bilim dalı olarak tanımlanabilir. Bitki fosillerini paleobotanik (botanik; bitki bilim), hayvan fosillerini ise paleozooloji (zooloji; hayvan bilimi) inceler. Aynı zamanda tarih öncesi canlılar ve çevreleriyle olan ilişkileri de paleoekoloji inceler. Hayvanlar arasında sadece insan fosillerini inceleyen ise paleoantropoloji (antropoloji; insan bilimi) dalıdır. Bütün olarak baktığımızda tarih öncesi canlıların biyolojisini inceleyen bilim dalı ise paleobiyolojidir. Çoğu zaman paleontoloji ile paleobiyoloji birbirinden ayırt bile edilemez.

Öte yandan pek bilinmemesine karşın tafonomi (İngilizce: taphonomy) isimli paleontolojinin alt dalı, fosilleşmenin ve çürümenin sürecini inceler. Yani bir organizmanın nasıl fosilleştiğini, fosilleşme koşullarını nelerin etkilediğini, ne gibi durumlarda fosilleşmenin gerçekleştiğini ele alır. Bu terim ilk kez 1949 yılında paleontolog Ivan Efremov tarafından literatüre kazandırılmıştır. Ayrıca canlılığın diğer gezegenlerde de mevcut olup olmadığını inceleyen astrobiyoloji alanında da kullanılır.

Jeolojide petrifikasyon (taşlaşma) adı verilen bir süreç bulunur. Taşlaşma demek, inorganik maddenin zamanla organik maddenin

yerini alması demektir. Bu sayede canlının dış görünüşüne benzeyen bir “taş” görüntüsü sağlar. Genelde taşların içerisinde keşfedilen taş benzeri ammonit fosilleri petrifikasyona bir örnek olarak gösterilebilir.

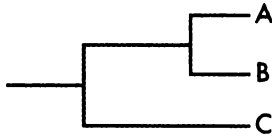
Taksonomi ve Filogenetik Nedir?

Paleontoloji ve paleobiyoloji içerisinde iki önemli bilim dalı olmazsa olmazdır. Bunlardan ilki “taksonomi” ve ikincisi ise “karşılaştırmalı anatomidir.” Taksonomi, temelde canlıların sınıflandırma bilimidir. Canlıların çevreyle olan ilişkilerini inceleyen ekolojide çok önemli bir yer kaplamaktadır. Filogenetik ise sınıflandırılan bu canlı grupları arasındaki evrimsel ilişkiyi inceleyen bilim dalıdır. Günümüzde yaşayan canlı grupları arasında özellikle genomdaki “*Alu elementleri*” kullanılırken; tarih öncesi canlıların DNA’sına erişemediğimiz için bu pek mümkün değildir. Dolayısıyla dinazorların filogenetik araştırmalarında genetik yerine biyocoğrafya ve karşılaştırmalı anatomi çok önemli bir yer kaplıyor.

Alu elementleri retrotranspozon olan küçük DNA parçalarıdır. İsmi *Arthrobacter luteus* (ALU) türü bakteriden almıştır. Bu DNA parçalarından oluşan kopyalar genomda rastgele bir yere yapıyor. Sonra o canlının soyundan gelen tüm türlere aktarılıyor. İnsersiyonun konumu rastgele olduğuna göre birden fazla türün genomunun tam aynı lokusunda paylaşılan bir insersiyon “ortak atadan” kalma olmalıdır. Çünkü bağımsız olaylarla tam aynı lokusa insersiyonu imkânsız yakın bir olasılıktır. Dolayısıyla *Alu elementlerinin* varlık/yokluk durumuna bakılarak türler arasındaki ilişkiler %100 kesinlikle aydınlatılabilir. Örneğin insan ve şempanze türünde olup da goril türünde bulunmayan 7 *alu elementi* goril türünün şempanzeden daha evvel dallandığını kanıtlar. Dahası, retrovirüs gibi yöntemlerin kullanılması ile filogeni oluşturma disiplini için “retrofilogenomik” tanımı bile önerilmiştir.

Burada taksonomik isimlendirmeyi de hatırlatmakta fayda var. Günümüzde halen Carl Linnaeus’nin tanımladığı “ikili isimlendirme” kullanılıyor. Şöyle ki *Homo sapiens*, yani yaygın insan türünden örnek vereyim. İlk kısımdaki “*Homo*”, cins ismidir. Daha sonra gelen “*sapiens*” ise tür ismidir. “Cins isminden sonra tür ismi her zaman küçük yazılır ve ikili isimlendirme her zaman

italik yazılmak zorundadır.” Sonu “-idae” ile biten taksonlar çoğunlukla “aile” isimleridir. İçerisinde yakın akraba olan cinsler bulunur ve *italik* yazılmaz. Örneğin insanların, şempanzelerin ve gorillerin sınıflandırıldığı Hominidae ailesi gibi. Elbette *Homo* cinsinde, *Homo sapiens*, *Homo erectus* ve *Homo habilis* gibi birden fazla tür bulunabilir. Taksonomik sınıflandırmalar sabit değildir, bu yüzden fazlasıyla uğraş gerektiren ayrıntılı çalışmalar içerir. Bir türün başka bir türden yeterince farklılaştığı gösterilirse, gerekli koşullar altında farklı cins ismine atanabilir. Fakat bu durum genelde fosil kaydı yetersiz olan örneklerde görülür. *Homo sapiens* ve *Homo neanderthalensis* gibi iyi bilinen türler için pek beklenen bir değişiklik değildir.



Görsel 2.1. Taksonomik çizelgenin bir örneği. Şemadaki A ve B türü birbirine, C türüne göre evrimsel olarak daha yakın akrabadır. Çünkü zaman dilimine baktığımızda çok daha erken ayrılmış olan iki popülasyonu temsil ederler (Hazırlayan: Pedram Türkoğlu).

Önemli bir ek bilgi vermek gerekiyor daha kolay anlaşılması adına. Tür isimlerinde gördüğünüz *sp.* ve *spp.* kısaltmaları İngilizce tür yani “species” ve türler yani “several species” anlamını taşır. Herhangi bir cins ismini yazarken *Homo sp.* şeklinde belirtildiği zaman, “*Homo* cinsi içerisindeki bir tür” anlamına gelir. Eğer *Homo spp.* yazılırsa o zaman “*Homo* cinsindeki bir veya birden fazla tür” kastedilir.

Taksonomik sınıflandırmada, genelden özele doğru kabaca şu şekilde sıralanır: Bölüm (Domain), Âlem, Şube, Sınıf, Takım, Aile (Familia), Cins, Tür, Alt Tür... Son kısımda alt türden sonra “suş” gelir ve aynı tür içerisinde genetik varyasyonlar içeren popülasyonları tanımlar. Özellikle bakteri ve virüs gibi müthiş hızlı üreyen yaşam formları için daha çok kullanılır. Çünkü bir organizmanın üreme hızı ne kadar yüksekse, popülasyondaki gen

frekansının değişme oranı da o kadar hızlı olacaktır. Yani ne kadar hızlı ürerse, o kadar hızlı değişecek ve evrimleşecektir. Zaten sırf bu yüzden her yıl düzenli olarak yeni grip aşısı üretilmek zorundadır! Çünkü virüsün üreme hızı insan gibi bir memelinin üreme hızından kat kat daha fazladır! Söz gelimi insan türünü sınıflandırmak istersek, şu şekilde olacaktır: Ökaryot (Domain) > Hayvanlar (Âlem) > Kordalılar (Şube) > Memeliler (Sınıf) > Primatlar (Takım) > Kuru Burunlu Primatlar (Alt Takım) > Simiyenler (Aşağı Takım) > Aşağı Burunlu Maymunlar (Küçük Takım) > Kuyruksuz Maymunlar (Üst Aile) > İnsangiller (Aile) > *Homo* (Cins) > *Homo sapiens* (Tür).

Evrin ağacının yapı taşı olan filogenetikten bahsetmiştim. Modern genomik analizler sayesinde gen bazında sınıflandırmalar yapılabilmesine rağmen DNA'nın da bir yarı ömrü olduğu unutulmamalıdır. Her bir bağın 521 yılda bir bozulduğu düşünülürse, en iyi ihtimalle canlının ölümü sonrasında maksimum 6.8 milyon yıl içerisinde bütün bağları parçalanacaktır. Hatta 1,5 milyon yıldan sonra geriye kalan genetik malzeme okunamayacak kadar kötü durumda olacaktır.

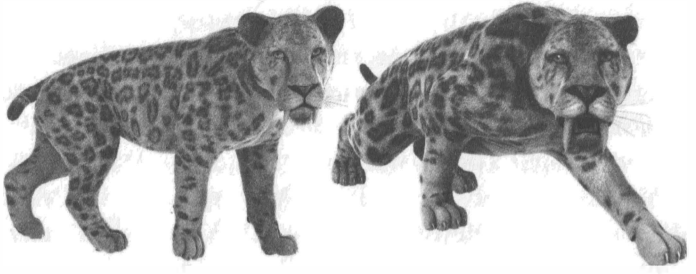
Farzımsal bir fosil bulunsun, bu fosilin filogenetik incelemeleri çerçevesindeki karşılaştırmalı anatomi ve biyocoğrafik analizlerin ardından bir serçe cinsi (*Passer*) olduğu anlaşılabilir. Söz konusu örneğin bir serçe cinsi olduğu anlaşıldığı için artık derisinin sürüngenler gibi pullarla kaplı olması beklenmez. Zira bu denli bir farklılık mevcutsa zaten farklı bir Aile (Familya) olarak sınıflandırılması gerekir. Dolayısıyla sadece uyluk kemiği (*femur*) bulunan bir dinozor türünün filogenetik incelemelerle hangi aileden veya cinsten olduğunun anlaşılması, geri kalanının tasvir edilmesi için oldukça yeterlidir. Tasvirden kasıt da fenotip değil morfolojidir.

Morfoloji canlının dış görünüşünü tanımlar. Fenotip ise genetik ve çevrenin belirlediği dış görünüşü de kapsayan “dış yapıdır.” Yani fenotip içerisine davranış, biyokimya ve morfoloji de dahildir. Fenotip dahilindeki morfolojiyi belirleyen parametreler zaten başlıca kemikler ve o kemiklere tutunan kaslardır. Hal böyle olunca herhangi bir canlının kemiklerinden, o canlının kabaca neye benzediği anlaşılabilir. Çünkü kemiklerin şekillerini de kemiklere tutunan kaslar verir. Bütün canlıların

ortak atalardan türleştigi hesaba katılınca, omurgalılarıdaki kas yapısı temelde aynıdır. Sadece farklılaşmıştır, bu yüzden aynı kasların farklı şekilleri incelenmelidir. Ne mutlu ki elimizde sadece bu konuda özelleşmiş karşılaştırmalı anatomi diye güçlü bir bilim dalı var. En önemli soru işareti yumuşak dokuların tasvir edilmesidir. Geriye kalan yumuşak dokular (tüyleri, derisi, çıkıntıları) diğer akrabalarıyla karşılaştırılarak tutarlı bir şekilde tahmin edilmeye çalışılır. Tahminden kasıt, kahvelerini yudumlarken “Şunda kuş tipi var sanki?” diyen sözlerden ibaret değildir. Halihazırda bilinen örnekler üzerinde mikroanatomik yapıların karşılaştırılması ve yorumlanması temelindedir. Tabii yumuşak dokusu bulunduğu için renkleri dahi bilinen fosiller de vardır. Ancak her zaman bu kadar şanslı olmak mümkün değil. Elbette fosilleşmenin ne kadar nadir rastlanan bir durum olduğunu düşünürsek, eldeki verilerin kısıtlılığı nedeniyle dönem dönem hatalı tasvirler de yapılabiliyor. Bilimsel yöntemlerin gelişmesi ve verilerin çoğalmasıyla birlikte “gerçeğe en yakın” olana daha da yaklaşıyoruz.

Fosilleşme Nedir?

Fosilleşme nasıl gerçekleşir? Normalde “fosilleşme” son derece nadir gözlenen bir olaydır. Bugün bulunan canlı türleri, Dünya üzerinde yaşamış türlerin çok küçük bir kısmıdır. Çünkü fosilleşme için uygun ortam ve zaman gerekir. Fosilleşme çok uzun yıllarda gerçekleşebileceği gibi ani katastrofik (jeolojik felaket) olaylarda da gerçekleşebilir. Örneğin asfalt gölünde sıkışan bir kılıç dişli kedinin (*Smilodon sp.*) yıllar sonra korunmuş ve taşlaşmış bir yapı haline gelmesi gibi. Veyahut çam ağacı üzerine konan bir sivrisineğin, ağacın reçinesi içerisinde hapsolması ve kehribar (amber) halinde fosilleşmesi gibi. Eklemede fayda var, kılıç dişli kediler, genel kanının aksine aslında günümüz kedilerin atası değildir. Yakın akraba bile değildirler. Yaklaşık 20 milyon yıl önce soy hatları günümüz büyük kedilerinden ayrılmış ve nesilleri tükenmiş memelilerdir. Bu yüzden “kılıç dişli kaplan” veya “kılıç dişli aslan” ismi yanlış oluyor. Aslında doğrusu sadece “kılıç dişli” veya “kılıç dişli kedi” diye isimlendirmek.



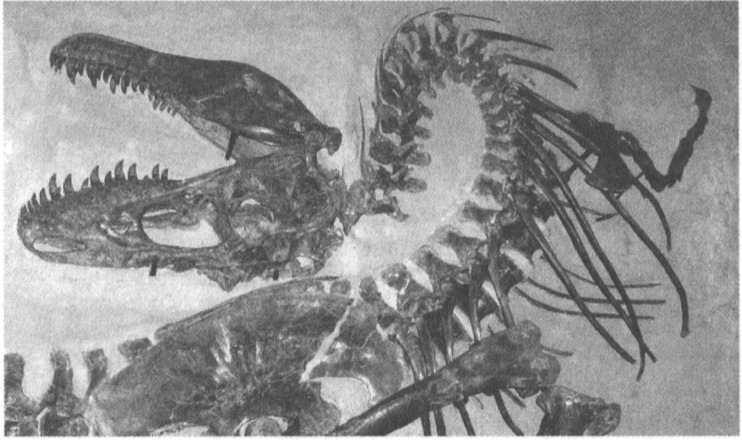
Görsel 2.2. Üç boyutlu bir *Smilodon spp.* modeli. Kılıç dişlilerin nasıl bir desene sahip olduğu bilinmiyor; günümüzde yaşayan uzak akrabalarına bakılarak tahmin yürütülüyor. Ayrıca *Smilodon*'un yaklaşık 28 cm'e varan inanılmaz uzunluktaki köpek dişlerinin, dudakları tarafından korunup korunmadığı da büyük bir soru işaretidir. Son analizler bu devasa dişlerin, günümüzde yaşayan mors, düğmeli domuz ve fil gibi havayla temas halinde olduğunu, dudaklarla korunmadığına işaret ediyor (Kaynak: Pixabay).

Konuya geri dönersek: Fosiller sadece organizmanın uzuvlarından ibaret değildir. Ayak izleri, boğuşma izleri, dışkı, kan, hücre de birer fosil örneğidir. Bu alanlardaki fosilleri iz bilimi inceler. Sadece izlerden bilinen türler iknotakson (İngilizce: ichnotaxon) denilen taksonomik basamaklarda sınıflandırılır. Düşünsenize, sadece bir ayak izinden, gezegende yaşadığı bilinen en yüksek ve en ağır hayvanlarından birine ulaşabiliyorsunuz. İşte zaman yolculuğu, işte bilimin muhteşemliği...

Hangi fosilin hangi kayada aranacağı da çok önemlidir. Atasal insan fosillerinin sucul kireçtaşı tabakalarında bulunması beklenmez. Fosilleşmenin gerçekleşmesi için organizmanın olabildiğince hızlı bir şekilde havayla teması kesilmeli. Bu yüzden dalgalı deniz kenarlarında fosilleşme olması pek beklenmez. Arktik, buzul, bataklık ve göl kenarları daha uygundur.

Kayıtlara göre, 1824 yılında paleontoloji tarihinde bulunan ilk non-avian (kuş dışı) dinozor fosilinin *Megalosaurus bucklandii* adında iki ayaklı (bipedal) bir etçil dinozor türü olduğu görülüyor.^[2] Günümüzde biliniyor ki yaklaşık olarak 166 milyon yıl önce Orta Jura Dönemi'nde yaşamıştı. Örneği bulan kişi olan William

Buckland’a ithafen bu tür ismi verilmiştir. Hatta daha “Dinozor” (Dinosauria) teriminin icat edilmesinden 18 yıl önce! Fakat William, bulduğu fosil örneğinin yaklaşık 20 metre uzunluğa erişen 4 ayaklı (kuadropedal) bir sürüngen olduğunu düşünmüştü. Daha sonra Darwin’in meşhur rakibi paleontolog Richard Owen tarafından doğru bir şekilde 9 metreyi geçmediği hesaplandı. Haklıydı da ancak dinozorun iki ayaklı (bipedal) olduğunu anlayamamıştı. Elbette ki dönemin şartları ele alındığında bu gayet normal.



Görsel 2.3. Genç bir *Gorgosaurus libratus* türünün neredeyse bütün iskeleti. Ölüncü meşhur “ölüm pozu” sergilemiş (Kaynak: Wikimedia).

Dikkat etmişseniz dinozorlar dahil birçok hayvan fosili, “ölüm pozu” denilen açılmış ağız, geri atılmış kafa, geriye doğru bükülmüş boyun ve kuyruğu kıvrılmış halde bulunuyor. Yüzyıllardır bilim insanlarının kafasını kurcalasa da bu konuya açıklık getiren iki argüman mevcut. Söz konusu “ölüm pozu” ölüm katılığı (*rigor mortis*) ile açıklanmaya çalışılsa da bilim camiası tarafından yeterli görülmedi. Aslında bu pozisyon, “opisthotonus” adı verilen ve merkezi sinir sistemi hasarı olan insan dahil bütün hayvanlarda sık rastlanan bir pozisyonudur. Kelime anlamı olarak vücudun “yay” halini alması demektir. Başlıca nedeni boyun ve sırt kaslarının anormal kasılmasıdır. Menenjit (beyin zarı inflamasyonu), tetanoz, histeri, çeşitli enfek-

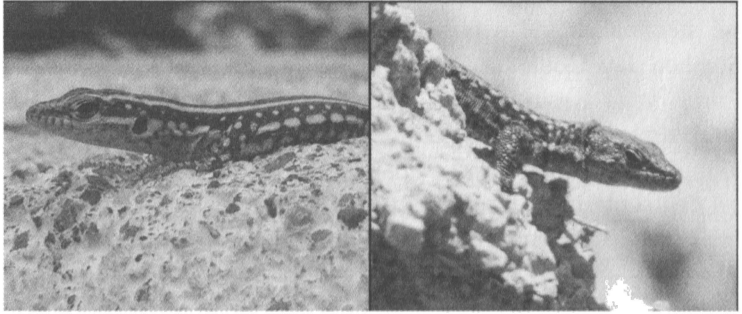
siyon durumlarında ya da bazı epilepsi (sara) nöbetlerinde görülebilir. Hatta en sık sebebi günümüzde tetanoz etkeni *Clostridium tetani* isimli bakteridir. Kendisinde tetanospazmin isimli nörotoksin bulunur, böylece sinir sistemi etkileyerek kaslarda kasılmalara sebebiyet verir.

Fakat 2012’de *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments* dergisinde Achim G. Reisdorf ve Michael Wuttke adlı iki paleontolog tarafından yayımlanan bir araştırmada gösterildiğine göre, söz konusu pozisyon enfeksiyon temelli opisthotonustan kaynaklı değildi; suyun kaldırma kuvveti nedeniyle ligamentin fazla büzülmesi nedeniyleydi!^[3] Ölüm anından önce (perimortem) suya batmakta olan dinozorların, omurları boyunca uzanan *ligamentum elasticum* isimli ligamentin enerjisini boşaltarak boynu ve kuyruğu geriye kıvrmasından dolayı o pozisyonu aldıkları gösterildi. Bu çalışmada gösterdiklerine göre, ligament normalde vücut pozisyonunu karada korurken, kaldırma kuvveti ile birlikte ölüm sırasında artık fazla çekmeye başlıyor. Tavuklar üzerinde yaptıkları deneylerde, boyunlarının 90 dereceden bile fazla çekildiğini gözlemlediler. Bu pozisyonun aslında enfeksiyon temelli değil, fosilleşmeden önce suya batmakta olan bireylerde gözlenen fiziksel bir süreç olduğu düşünülüyor!

Hiç Değişmemiş Canlı Olur mu?

Hayır, olmaz! Fakat bir kişi bunu fark edemiyorsa, o konuda bilgi sahibi olmadığı anlamına gelir. Bilgisi olmayan bir kişiye her çekirge, her şahin, her çam ağacı, her bakteri aynı gelebilir. Bu, onların aynılığından değil, o konudaki cehaletten kaynaklanır. Örneğin bulunan bir fosil, uzaktan kaba hatlarıyla günümüzde yaşayan bir “sivrisinek” gibi görülebilir. Fakat sivrisinek bir tür değildir; içerisinde 3500 tür barındıran bir aile ismidir! Dolayısıyla “Bu sivrisinek hiç değişmemiş.” dediğinizde hangi türü olduğunu belirleyemiyorsanız, o konuda bilgi sahibi olmadığınız anlamına gelir. Evet, bir sivrisinek türü olması olasılıklar dahilindedir. Fakat günümüzde yaşamayan atasal bir sivrisinek türü de olabilir. Bu durumda “değişmemiş” demek bilgisizlikten başka bir şey değildir. Günümüzde atasal forma göre “az değiştiği” gözlemlenen canlılara “yaşayan fosil” adını veriyoruz.

Sincaplar üzerine uzman olan bir mamalog için her bir sincap türü bambaşkadır; hatta aynı türün farklı bireyleri arasındaki farklar bile tabiri yerindeyse kabak gibi bellidir. Halbuki bize 58 cins altında toplanan 285 farklı sincap türünün hepsi aynı gelir: Yemiş peşinde koşan kıllı, dişlek ve komik kuyruklu bir hayvan...



Görsel 2.4. Herpetoloji (Sürüngen Bilimi) hakkında bilgi sahibi olmayan bir kişiye yukarıdaki iki kertenkele aynı tür gibi gözükebilir. Fakat aslında farklı tür, hatta *Anatololacerta pelasgiana* (solda) ve *Darevskia bithynica* (sağda) olmak üzere farklı cins olan iki kertenkeledir! Fosil olmamalarına rağmen ayırt edilemiyorken, fosilleşen canlıların yetkin olmayan kişiler tarafından tanımlanmasını bekleyemeyiz (Fotoğraflar: Pedram Türkoğlu).

Madem öyle, nasıl olur da “yaşayan fosil” diye nitelendirilen canlılar milyonlarca yıldır hiç değişmemiş gibiler? O meşhur replikte bahsedildiği gibi: “*Ne en güçlü olan tür hayatta kalır ne de en zeki olan... Değişime en çok adapte olabilendir, hayatta kalan.*” Bu meşhur cümle çoğu zaman Darwin’e atfedilmesine rağmen, aslen Leon C. Megginson tarafından 1963 yılında Güneybatı Sosyal Bilimler Derneği’nin toplantısında Darwin’in fikirlerini özetlemek için sarf edilmiştir.^[4] Konuya dönersek, eğer ortam şartları büyük bir değişime uğramadıysa, rekabet fazla artmadıysa, besin düzeyi değişmediyse, genetik mutasyonlar fazla birikmediyse canlı da daha az değişecektir. Böylece türleşme ve çeşitlilik azalacaktır. Fakat “azalacaktır”, hiçbir zaman “sıfır” olmayacaktır! Yani evrim durmaz. O canlılar da atasal formlarına nazaran farklılık barındırırlar. Eğer söz konusu fosilleri, atasal formlarıyla karşılaştırırsanız elbette birçok farklılığa rastlayabilirsiniz. Sadece kaba hatlarıyla dış görünüşü aynı gözükebilir. Halbuki durum öyle değildir. En basitinden metabolik düzeyde,

hücresel bazda ve mikroanatomik çerçevede değişimler olması kaçınılmazdır! Bu değişimler dışarıdan çıplak gözle bakılarak fark edilemeyebilir. Üstelik yetkin olmayan insanlar tarafından... “*Değişmeyen tek şey, değişimdir.*” diyerek bunu en güzel Heraklitos özetlemiştir.

Bazı durumlarda küçük değişimlerin birikiminin büyük evrimsel sıçramalara yol açması da mümkündür. Niles Eldredge ve Stephen Jay Gould tarafından 1972’de ileri sürülen Sıçramalı Evrim veya Kesintili Denge Kuramı bunu açıklamaktadır. Bu teori, türlerin uzun zaman dilimleri boyunca Doğal Seçilim etkisi altında aslında oldukça az değişime uğradığını; ancak asıl evrimsel değişimlerin, ciddi çevresel değişimlerin olduğu zamanlarda, belli popülasyonlarda, göreceli olarak hızlı bir şekilde, kısa bir zaman aralığında meydana geldiğini ileri sürer. Ana mekanizması olarak Genetik Sürüklenme görülür. Günümüzde tek başına kabul edilmemekte, Modern Sentez dahilinde diğer seçilim türlerinin güçlü etkisiyle bir arada ele alınmaktadır.^[5]

Evrin Ekonomisi Nedir?

“Evrin ekonomisi” denilen önemli bir değişken daha vardır. Körelmiş organları anlamamızı sağlar. Bir organın eski işlevini yitirmesi, o canlı popülasyonu için o organın yük haline gelmesi demektir. Popülasyon içerisinde o organı tam olarak üretenler, o organ için gereksiz yere bir dolu enerji harcamak zorunda kalır. Sadece üretme sırasında enerji harcamakla kalmayıp bakım, yenileme, onarım gibi süreçlerde de bir dolu enerji harcamak zorundadır. Ancak popülasyon içerisinde çeşitli sebeplerle (genetik mutasyonlar gibi) o organı daha ufak, daha eksik, daha işlevsiz olarak üreten canlılar, bir anda enerji bakımından avantaj kazanacaktır. Fakat bunu kazanmak yetmez, bir sonraki jenerasyona da aktarmayı başarmak lazım. Çünkü artık işlevini yitirmiş o organa yönelik enerji sarfiyatları, diğer türdeşlerinden az olacaktır. Bu enerjiyi, başka faaliyetlere kullanmaları mümkündür. Mesela hayatta kalmak ve üremek gibi!

Tabii, eğer ki çevre şartları değişirse ve körelme yolunda ilerleyen bir organ herhangi bir avantaj sağlamaya başlarsa, evrimsel süreçte o avantajı sağlayan özelliğin en ön planda görüldüğü

bireyler, yeniden avantajlı konuma geçecektir. Böylelikle körelmekte olan bir organ, yeni bir işlev kazanarak o yöne doğru evrimleşebilecektir. Ancak tüm bu değişimler, evrim ekonomisi dahilindeki alışverişin bir sonucudur. Dolayısıyla önceki bölümlerde bahsettiğim gibi halk arasında hiç değişmediği sanılan canlılar da aslında değişmiştir, evrimleşmiştir.

Ara Form Ne Demektir?

Tanım yapadan önce öğrenilmesi gereken en önemli şeyin, aslında her canlı birer ara form olduğudur! Çünkü evrim lineer (doğrusal) bir süreç değildir. Bir ağaç gibi dallanarak devam eden süreçtir. Dolayısıyla hiçbir noktada bir tür, başka bir tür doğurmayacaktır. Kaldı ki insan ömrü için fazlasıyla yavaş ilerleyen bir süreçtir. Evet, bakteri ve virüs gibi jenerasyon/döl sayısı fazla olan bireylerin, evrim hızları da fazla olacaktır. Ancak insan gibi üreme hızları yavaş olan hayvanlarda bu süreç çok daha yavaş gözlemlenecektir. Dolayısıyla bulunan bir fosil, bulunduğu zaman dilimini temsil etmiş oluyor. Ardından söz konusu fosilden önce yaşamış akrabaları ve günümüzde yaşayan akrabaları arasında bir ilişki kurularak “ara form” ismi veriliyor.

Örneğin bir canlı, kendinden önce yaşamış hem A türünden hem de B türünden ortak özellikler barındırıyorsa, ara form denilebilir. Çünkü sınıflandırma açısından kolaylık yaratır. Belki de milyonlarca yıl sonra başka bir insan türü, günümüzde yaşayan insan türünü (*Homo sapiens*) bulacak ve daha sonraki zaman dilimlerinde, kendi dönemindeki akrabalarıyla ilişkilendirerek bize “ara form” sıfatı verecekler? Bu yüzdendir ki gelmiş geçmiş bütün canlılar özünde “ara formdur.”



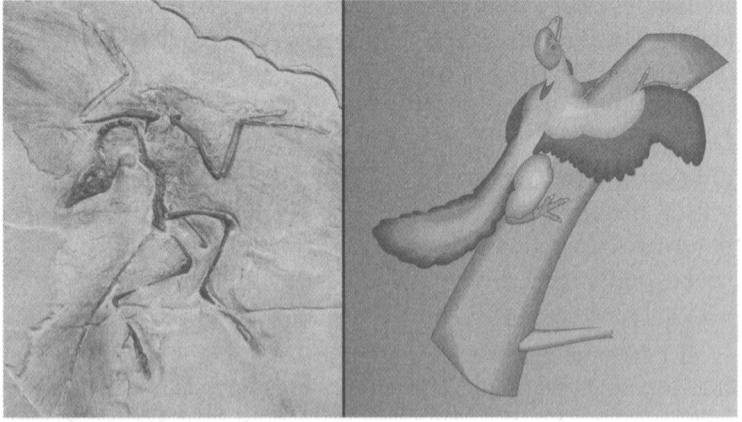
Görsel 2.5. Günümüzde hâlâ hayatta olan ornitorenk (*Ornithorhynchus*)

anatinus) adındaki yarı-sucul, yumurtlayan memeli türü. Sadece Avustralya'nın doğu kesiminde endemik olarak yaşar (Kaynak: Pixabay).

Bu tanımdan yola çıkarak örnekler gösterebiliriz. Mesela günümüzdeki ornitorenk (*Ornithorhynchus anatinus*) yaşayan en güzel ara formlardan birisidir. Çünkü yaygın bulunan memelilerin aksine yumurtlayarak çoğalırlar. Elleri perdelidir ve ördek gagası benzeri bir ağzı vardır. İnanılmaz değil mi? Hem memeli hem de yumurtluyor. Tabii tek yumurtlayan memeli değiller. Tek Delikliler (Monotremata) isimli memeli takımında bulunan dikenli karıncayiyen türleri de yumurtlayarak çoğalır. Bu canlıların kuşlar gibi "kloak" isimli tek açıklıkları bulunur. Üreme ve boşaltım aynı açıklıktan gerçekleşir. Taksonomi üzerinden evrimsel tarihteki dallanma noktalarını görmek mümkündür. Çünkü memeliler içerisinde doğuran memelilere en uzak olan yumurtlayan memelilerdir, evrimsel tarihte ilkin memeliler de yumurtlayarak çoğalırdı.

Diğer yandan çok bilinmeyen ve nesli tükendiği düşünülen bir derin su balığı olan sölekant (İngilizce: coelacanth) da hem yaşayan fosil hem ara form olarak nitelendirilebilir. Bu balıklar 2 metre uzunluğa ve 90 kg ağırlığa ulaşabilen tombul balıklardır. Yaygın görülen türlerin aksine alışılmışın dışında bir dış görünüşe sahiptirler. İnsandaki körelmiş organ olan apandis benzeri körelmiş akciğerleri bulunur. Sölekantların oksijen basıncı düşük çevreler olan derin sularda yaşamaya adapte olmalarıyla, akciğer solunumu yetilerinin körelmesi tetiklenmiş olabilir. Bu adaptasyon, 66 milyon yıl önce çoğu dinozor türünün ve kendi türünün sığ sularda yaşayan bireyleri de dahil olmak üzere diğer birçok canlının dünyadan silindiği dönemi nasıl atlattığını açıklayabilir. Normalde nesli tükendiği düşünülen hayvanlar listesinde bulunurken; 1938 yılında Güney Afrika kıyılarında bir tane yakalanması sonucunda "Lazarus taksonu" (neslinin tükendiği düşünülürken yeniden görülen canlılar) dahilinde anılmaya başlandı. İncil'de ölümden döndüğüne inanılan Lazarus'a ithafen bu isim verilmiştir. Eşli yüzgeçleri, 4 ayaklı kara hayvanlarına benzer bir şekilde hareket ettiğini göstermekte. Bu durum, söz konusu sölekantların yerde sürünerek ilerleyen ve daha sonra bacaklı hayvanlara evrimleşen bir canlı grubuna üye olduklarının düşünülmesine yol açabilmektedir. Kısacası bir balık olmasına

rağmen insan dahil memelilerle ve sürüngelerle, kemikli balıklarla olduğundan daha yakın akrabadır!



Görsel 2.6. En meşhur “ara form” örneklerinden biri olan 150.8 milyon yıl ila 148.5 milyon yıl önce yaşamış *Archaeopteryx* cinsi. Kanat yapısı ve tüyleri, modern kuşlar (avian dinazorlar) ile non-avian dinazorlar arasında geçişi en güzel gösteren örneklerden birisidir (Kaynak: Pixabay).

Herkesin bildiği *Archaeopteryx* de en meşhur “ara formlardan” biridir. Kendisi aynı zamanda kuşlar ve dinazorlardan ortak özellikler barındırır. Kuşlar gibi tüylü kanatları varken, gaga yerine dinazorlar gibi dişleri vardır. Yine *Archaeopteryx* gibi bir dış görünüşe sahip olan *Aurornis xui* ile birlikte modern kuşların ilk atalarındandır.

Ara form konusundaki en önemli örneklerden bir diğeri de 375 milyon yaşındaki *Tiktaalik roseae* türüdür. Neil Shubin ve ekip arkadaşlarının 2006 yılında keşfettiği muhteşem bir örnektir. ^[6] Balıklardan, amfibiyenlere geçişi çok güzel yansıtan ve hem balıklardan hem de amfibiyenlerden ortak özellikler barındıran inanılmaz bir türdür. Keşfin ardından 2008 yılında Neil Shubin tarafından yazılan *İçimizdeki Balık* isimli efsanevi kitapta, insan türünün halen biyolojisinde *Tiktaalik*’e özgün özellikler barındırdığına değinmiştir: Bunlardan biri “hıçkırıktır!” Antik atalarımızdan kalma kaslarımızı kullanarak gırtlığımızı (glottis) çok hızlı bir şekilde kapatırız ve bu sırada içeri doğru hava emeriz. Normalde su içerisinde olsaydık, bu emiş sayesinde suyu içeri

çekip solungaç yarıklarına yönlendirebilecektik. Ancak milyonlarca yıl boyunca su dışarısında yaşayan türler olarak evrimleştiğimiz için, şu anda hıçkırık sırasında sadece hava çekebilemekteyiz. Bu davranış kısmen körelmiş ve engellenmiş olduğu düşünülür. Çünkü artık neredeyse tamamen akciğerli solunumla yaşamaktayız ve buna uygun evrimsel değişimler yaşadık. Örneğin glottis yapısı haricinde epiglottis adı verilen gırtlak dilimiz evrimleşti ve bu sayede çok tehlikeli bir biçimde birbirine bitişik olarak konumlanmış olsa da soluk borusu ile yemek borusunu birbirinden ayırabiliyoruz: yutkunurken küçük dilimiz soluk borumuzu kapatıyor ve yemekler (kusurları bulunan vücudumuzda bir aksilik olmazsa) yemek borusuna gidiyor.

Bir diğer adaptasyon, beynimizin solunumumuzu kontrol edecek biçimde evrimleşmesidir. Solunum yapmayı düşünmeniz gerekmez, bu otomatik olarak gerçekleşir. İşte hıçkırıkları durdurmanın çok zor olmasının bir nedeni de budur. Atalarımızda da bu “solunum için su çekme” davranışı beyin tarafından bilinçdışı kontrol edilmekteydi. Dolayısıyla körelmiş ve baskılanmış bu davranış çeşitli sebeplerle tetiklendiğinde, durdurmak oldukça zordur. Beyin, evrimsel geçmişinde “normal bir şekilde” yaptığı bir davranışı sergilemektedir; ancak bu davranış günümüz sosyal hayatta hafif bir utanç yaratmakta ve derhal durdurulmaya çalışılmaktadır. Sonuç olarak solungaç solunumundan akciğer solunumuna geçen bir hayvan hıçkırıkla artık suları solungaçlardan dışarı atabilir. Fakat şu an insan (*Homo sapiens*) gibi bir memeli için tamamen işlevsizdir.

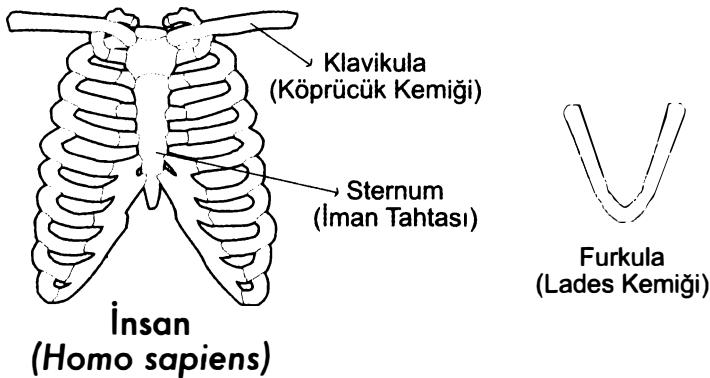
III. BÖLÜM

Paleontolojinin Rönesansı

Dinozorlarda tüylerin keşfiyle adeta bir “yeniden doğuş” yani *Renaissance* yaşandı. Bu rönesansın fikir babalarından birinin John Ostrom olduğunu rahatlıkla söyleyebilirim. Elbette dinozorlardan kuşlara geçişi resmeden Gerhard Heilmann’ı ve öncesinde Darwin’in meşhur savunucularından Thomas Huxley’i kesinlikle unutamayız! Gerhard Heilmann uzun yıllar boyunca kuşları gözlemleyen bir Danimarkalı sanatçı ve amatör zoologdu. Öyle ki 1906’da kurulan Danimarka Ornitoloji Topluluğu’nun üyelerindendi. Bir kuş gözlemcisi olması, onun bu fikirlerinin şekillenmesine zemin hazırlamıştı. Daha sonra 1926 yılında meşhur *Archaeopteryx* ve varsayımsal ortak ata *Proavis* üzerinden kuşlar ile dinozorlar arasındaki bağlantıyı resmetmeye çalıştı. Çizdiği illüstrasyonları 1926 yılında *The Origin of Birds* [Kuşların Kökeni] adlı kitabında yayımladı ve tıpkı Thomas Huxley’in efsanevi düşüncesine benzer olarak çok ses getirdi! Elbette Thomas Huxley 19. yüzyıl gibi çok daha eskiden yaşamış dahi bir bilim insanı ile kıyaslamak doğru değil! Fakat yine de zamanın olanaklarını ve kendisinin amatör bir zoolog olmasını göz önünde bulundurduğumuzda muazzam bir başarıdır! Kitaptaki çizimler içerisinde *Archaeopteryx* ile günümüzde yaşayan güvercin (*Columba livia*) arasındaki anatomik ilişkiler ve ortak özellikler resmedilmişti.

Yıllar öncesinde Thomas Huxley’in öne sürdüğü gibi Heilmann da *Archaeopteryx* ve diğer kuşları tarih öncesi sürüngenlerin kapsamlı bir listesiyle karşılaştırdı ve *Compsognathus* gibi iki

ayaklı teropod dinozorların en benzer olduğu sonucuna vardı. Bununla birlikte Heilmann, kuşların furkula (lades kemiği) adı verilen bir kemik oluşturmak için kaynaşmış klavikulalara (köprücük kemiklerine) sahip olduğunu ve klavikulaların daha ilkin sürüngenlerde bilinmesine rağmen, henüz teropod dinozorlarda tanımlanmadığını belirtmiştir (birkaç yıl sonra bir ilkin dinozor türünde keşfediliyor).

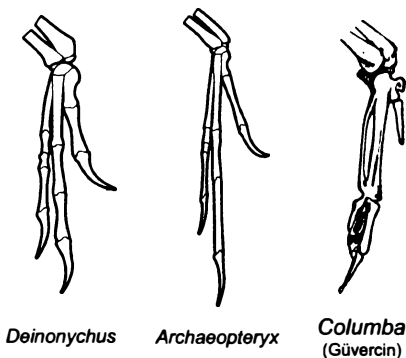


Görsel 3.1. İnsan gibi bir memeli anatomisi üzerinde şematik olarak gösterilen klavikula ve sternum yapısı. Sağ tarafta ise kaynaşan iki klavikulanın oluşturduğu furkulanın şematik görüntüsü (Kaynak: Pixabay. Düzenleyen: Pedram Türkoğlu).

Evrimin tersine “çevrilemez” olduğunu savunan Dollo Prensibi’ne sıkı sıkıya bağlı olan Heilmann, klavikulaların dinozorlarda kaybolduğunu ve kuşlarda yeniden evrimleştiği düşüncesini kabul edemedi. Gerhard’ın kafasını karıştıran şey, kuşların atası olduğunu düşündüğü iki ayaklı dinozorların tıpkı günümüz kuşlarda olduğu gibi lades kemiği adı verilen birleşik iki köprücük kemiğine (furkula) sahip olması gerektiği idi. Eğer dinozorlarda furkula yoksa, nasıl olur da kuşlar dinozorların atası olabilir? Bu soru karşısında affaladı ve bunun yerine kuş atalarının çok daha önce yaşamış ilkin “tekodont” (İngilizce: thecodont) sürüngenleri arasında olduğunu belirtti. Heilmann’ın son derece kapsamlı yaklaşımı, kitabının alanda klasik olmasını sağladı ve diğer pek çok

konuda olduğu gibi kuş kökenleri hakkındaki sonuçları, önümüzdeki dört yıl boyunca neredeyse tüm evrim biyologları tarafından kabul edildi.

Fakat 10 yıl sonra yani 1936 yılında, yaklaşık 183 milyon yıl öncesine Erken Jura'ya ait *Segisaurus* isimli ufak bir bipedal (iki ayaklı) ilkin dinazor fosilinde ilk “kaynaşmamış” klavikula örneği keşfedildi. Adeta klavikuladan furkulaya geçiş gibiydi. İkinci dinozorlardaki bu yapı, dönemin türleri için kollardaki hareket kabiliyetini artırsa da 100 milyon yıl gibi uzun bir süreç ardından farklı işlevler nedeniyle kuşların atalarında tamamen kaynaşmış gibi gözüküyor. Tabii ki daha sonraki yıllar içerisinde tamamen kaynaşmış harika furkula örnekleri de dinozorlar üzerinde tespit edildi. Elbette Gerhard'ın zamanında bilinen bir bilgi olmadığı için kafasında soru işaretleri kalmaya devam etmişti. Üstelik Dollo'nun Tersinmezlik Prensibi üzerine takılıp kaldığı için bir türlü anlam veremiyordu.



Görsel 3.2. Kuşların ve atalarının farklı zaman dilimi seçilim sürecindeki el anatomileri. Dikkat ederseniz ellerin duruşu *Jurassic Park*'taki gibi değil, günümüz kuşlar gibi (Kaynak: Wikimedia).

Dollo'nun Tersinmezlik Prensibi Nedir?

Dollo'nun Prensibi'ne göre evrimleşen bir uzuv veya doku, evrimsel tarih içerisinde evrimleştiği eski forma “birebir olarak” geri dönmeyebilir. Buradaki “birebir olarak” kısmı önemlidir. Evet, teknik olarak bilimsel bir yasadır ziyade, istatistiksel bir analizin

en olası sonucunun yorumlanması gibi düşünebilirsiniz. Ancak bu prensibi “geri evrim” ve “yakınsak evrim” ile karıştırmamak lazım. Çünkü “geri evrim” kapsamında deniz hayatından kara hayatına uyum sağlayan canlıların tekrar deniz hayatına uyum sağladığı bilinen bir gerçektir. İşte bu dönüşler bir teybin geriye sarılması şeklinde değil, “yeniden adaptasyon” yoluyla olmaktadır. Dolayısıyla Dollo’nun Prensibi ile geri evrim aynı şeyler değildir.

Dollo’nun Prensibi’nde anlatılmak istenen ana hedef şudur: Örneğin eğer evrimsel süreçte X, Y ve Z adlı “değişim yaşanma olasılığı” varsa, bunlardan bir süreç “seçildiğinde” istatistiksel olarak diğer süreç olasılıklar dahilinden kalkar. Yani örneğin X değişimi yaşanmaya başladığında, artık Y ve Z olasılıklar dahilinde olmaz. Çünkü inanılmaz fazla parametreye sahip hücresel ve çevresel şartlar altında “istatistiksel” olarak aynı sonuca ulaşmak mümkün değildir. Çok fazla değişken, beraberinde çok fazla olasılık getirir. Dediğim gibi bu durum, benzer koşullara ve parametrelere sahip olduğunda “benzer” morfolojiye erişmenin mümkün olduğunu gösteren “yakınsak evrim” ile kesinlikle karıştırılmamalıdır. Zira yarasa ile kuş kanadı, balık ile balina yüzgeci arasındaki benzerlik buna örnektir. Bizzat sunuşunu yazdığım Jonathan Losos’un Türkçe’ye çevrilen *Kader, Şans ve Evrim* kitabı özellikle bu konuyu işliyor.

Diğer yandan John Ostrom’a değinelim, kendisi 1969’da *Deinonychus antirrhopus* örneği üzerinde incelemeler yaparak, kuşların dinozorlarla doğrudan akraba olduğunu söyleyen ilk kişilerdendir.

Elbette E.D. Cope, Carl Gegenbaur ve Andreas Wagner gibi doğa bilimciler de dinozorlar ve kuşlar arasındaki benzerliği fark ettiler; ancak bu benzerlikleri doğal seçim yoluyla evrim için delillere dönüştüren Thomas Huxley’di! Ancak Ostrom, dinozorların sürüngenden geçiş değil de tam olarak kuş benzeri olduğunu dile getiren ilk kişi olduğu için biraz daha farklı konumlanır. Kendisi 1969 yılında tanımladığı meşhur *Deinonychus antirrhopus* türüyle ünlüdür. Ostrom’un fikirleri daha sonra karşılaştırmalı anatomi çalışmalarıyla ayrıntılı olarak desteklendi (Bkz. Bölüm 8).



Görsel 3.3. Son analizler dahilinde *Deinonychus antirrhopus* türünün bilimsel olarak tutarlı bir çizimi. Kendisi meşhur *Velociraptor*'lar ile aynı ailede sınıflandırılan bir yakın akrabası. Tüylerin şekli ve ağız yapısı günümüz kuşlara ne kadar da benziyordu aslında. Özellikle ellerin ve kolların pozisyonu (İllüstrasyon: Emily Willoughby).

Peki neden “paleontolojinin rönesansı” tanımı? Terim olarak 1842’de *Dinosauria* (korkunç kertenkele) kelimesini ilk ortaya koyan kişi Richard Owen adında bir bilim insanıydı. Kendisi ünlü bir biyolog, karşılaştırmalı anatomist ve paleontolog idi. Günümüzdeki magazinsel anlatımla adeta “fosillere fısıldayan adam!” Öyle ki, “dinozor” sözcüğünü icat eden kişi. Hepsinden önemlisi de İngiliz Doğa Tarihi Müzesinin babası. Dünya’nın en kıymetli fosil arşivinin efendisi...

Kendisi Darwin’in çalışmalarına da destek veren ve katılan bir bilim insanıydı. Fakat evrimi, Darwin’in açıkladığından daha karmaşık bir yapıda düşünüyordu. Darwin’in meşhur kitabı *Türlerin Kökeni*’nin yayımlandıktan sonra, Darwin’in bu başarısını kendisine yediremeyen Owen, nefret dolu bir insan haline geldi. Bilim camiasında, kasten gerçekleri kapatmak isteyen bir evrim karşıtı olmuştu. Belki de nefreti, bu başarıyı kendisi yakalamadığı içindir. Zira kendisi de canlıların değişimi konusunda bulgular elde etmişti. Bu yüzden Thomas Huxley gibi bilim insanlarıyla arası iyi değildi. Owen, Darwin’in aksine, korkularına yenik düşmüştü. Türlerin değişeceğini Darwin gibi fark etmiş olmasına rağmen bilimsel mekanizmaya oturtamamıştı. Darwin’in fikirlerini okuyan Richard Owen, dindar halkın evrime karşı tepkisini gördü ve halka açık şekilde evrimi dile getirmekten korktu. Belki de bu korku, elinin altında Dünya’nın her yanından aşırı

kıymetli fosiller olan Owen’ın Evrim Kuramı’nın babası olmasının önünü kesti, kim bilir? Bu da bizlere ders, kulağa küpe olsun.

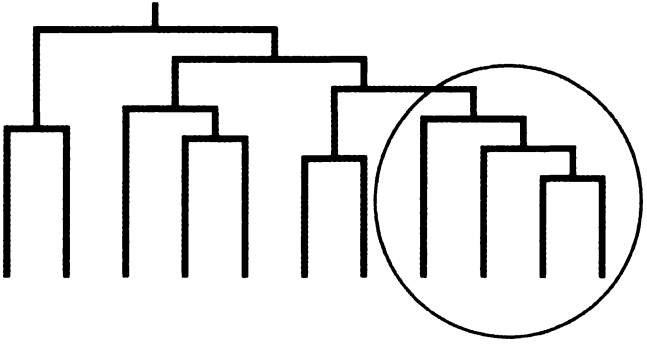
18. yüzyılın başlarında bambaşka görüşlere sahiptik. Şu an ise paleontoloji alanında inanılmaz bir yükselme dönemindeyiz. Neredeyse her ay, yeni bir keşifle karşılaşyoruz. Dinozorların kertenkele benzeri görünüşe sahip olmasından ziyade, kuş benzeri görünüşe sahip olduklarını biliyoruz. Bu konuyu anlayabilmek için ilk olarak “dinozor” kavramının ne olduğunu anlamalıyız.

IV. BÖLÜM

Dinozor Nedir?

Öncelikle dönemleri kabaca bilmemiz lazım. Eskiden şimdiye doğru sıralarsak Permien, Triyas, Jura ve Kretase olarak isimlendirilir. Dinozorlar, ilk olarak 243 ila 233 milyon yıl önce Geç Triyas (İngilizce: Triassic) Dönemi'nde görülmeye başlanan, arka bacakları dikleşen (erekte) omurgalı canlılar demektir. Örneğin timsah gibi yarı-sucul yaşantıya uyum sağlayan arka bacakları dikleşmeyen sürüngenler dinozor olarak sınıflandırılmaz. Dinozorlar (Dinosauria) taksonomide klad (İngilizce: clade) veya “monofiletik grup” adı altında sınıflandırılır. Yani belli bir ortak atadan gelen organizmaları kapsayan toplam evrimsel dala verilen isimdir. Canlıların evrimsel akrabalıklarının gösterildiği bir filogenetik ağaç hayal edin. Bir dal çıkıyor ve ikiye ayrılıyor. Sonra o iki dal da kendileri içerisinde iki dala ayrılıyor. Toplamda 4 canlı popülasyonu görüyoruz. İşte o 4 canlı popülasyonu ve dallandıkları (köken aldıkları) popülasyonlarla birlikte toplamda 7 popülasyon “monofiletik grup” olarak adlandırılır. Çünkü hepsi tek bir atasal popülasyondan köken almıştır.

Genel kanının aksine *Pteranodon* gibi uçan sürüngenler veya *Elasmosaurus* gibi uzun boyunlu, hayali Van Gölü canavarının benzetildiği deniz sürüngenleri “dinozor” değildir. Eskiden sadece karada yaşadıkları düşünülüyordu; ancak 29 Nisan 2020’de *Nature*’da yayımlanan araştırmaya göre *Spinosaurus* sucul habitata uyum sağlamış, diğer timsahları avladığı düşünülen dev bir etçildi. (Bkz. Bölüm 7).

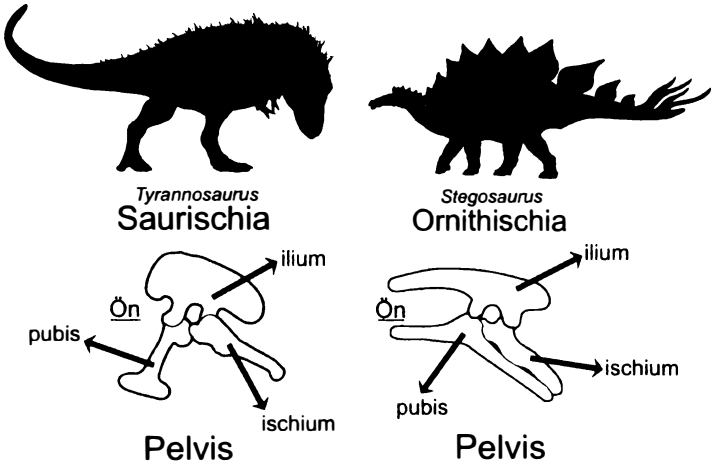


Görsel 4.1. Yuvarlak içerisine alınan alan, bir klad veya “monofiletik grup” örneğidir. Çünkü bütün dalların ortak bir atadan dallanan alt gruplar olduğunu görüyoruz. Geriye kalan bölge ise kendi başına sınıflan- dırıldığında “parafiletik grup” olur (Kaynak: Wikimedia. Düzenleyen: Pedram Türkoğlu).

Dinozorlar yaklaşık 201 milyon yıl önceki Triyas-Jura Yok Oluşu sonunda gezegende fazlasıyla çeşitlendiler. Evet, onlar da özünde sürüngen atalarından evrimleşmişlerdir diğer birçok canlı gibi. Yani özünde Reptilia (Sürüngenler) sınıfı içerisinde bulunur- lar. Ancak Reptilia sınıfı taksonominin gelişmesiyle birlikte sürekli düzenlenmesi gereken bir sınıf oldu. Zira bu açıdan bakıldığında, doğrudan dinozorlardan evrimleşen kuşlar (Aves) da Sürüngenler sınıfı içerisinde sınıflandırılmalıydı. Fakat sürün- genler sınıfı, “timsahlar” gibi kuşlara daha yakın olan sürüngen- leri de içeren bir sınıf olduğu için bütün Diapsid kafatası tipini (Bkz. Bölüm 4: Kafatası Tipine Göre Sınıflandırma) kapsayan bir takson olarak düşünülmeliydi. Dolayısıyla bu sınıflandırmaya göre “sürüngen” deyip geçtiğimiz taksonomik grupta hem tim- sahlar hem kuşlar hem de kertenkeleler bulunuyor olmalıydı. Bu yüzden “sürüngenler” bilim insanlarını zorlayan bir sınıflandır- madır. Bazı taksonomistler sürüngenler sınıfını anlamlı bir tak- sonomik grup olarak kabul etmemektedir.

Timsahlar evrimsel olarak dinozorlara ve dolayısıyla kuşlara, kertenkelelere ve kaplumbağalara olduğundan daha yakın; ancak dinozor (Dinosauria) değiller. Sonuç olarak kuşlar ne kadar

sürüngense, dinozorlar da o kadar sürüngendir. Sürüngen sınıfının sınırlarını bu kadar bulanıklaştırmamak adına geri planda duruyoruz. Dolayısıyla dinozorların sürüngen atalarından ayrıldıktan sonra yeterince farklılaşıp kendi gruplarını oluşturdukları kabul edilir. Fakat özünde, memeliler gibi hepsi sürüngen atalarından, sürüngenler de amfibi atalarından evrimleşmiştir. Daha da geriye gittiğimizde balık atalarına ulaşırız. Neil Shubin'in *İçimizdeki Balık* kitabı yine bu yüzden harika bir eserdir.



Görsel 4.2. Dinozorlar, leğen kemiklerinin yapısına göre Ornithischia (Kuş Kalçalılar) ve Saurischia (Kertenkele Kalçalılar) olmak üzere iki büyük taksonomik takıma ayrılırlar. Kuşların evrimleştiği takım “Kuş Kalçalılar” değil, “Kertenkele Kalçalılar” takımıdır (Kaynak: Pixabay. Düzenleyen: Pedram Türkoğlu).

Leğen Kemiğine Göre Sınıflandırma

Şimdi dinozorlara daha yakından bakalım. Dinozorlar, temelde Ornithischia ve Saurischia olmak üzere iki büyük takıma ayrılırlar. Saurischia, kelime anlamı olarak “Kertenkele Kalçalı” demektir. Ornithischia ise “Kuş Kalçalı” demektir. Bu ayrım, dinozorların pelvis (leğen kemiği) yapılarındaki farka göre yapılır. Kertenkele Kalçalıların (Saurischia) kalça kemiğindeki pubis yapısı, kuş kalçalıların (Ornithischia) aksine öne bakar (Görsel 4.2.). Fakat isimlendirmeye aldanmayın! Kuşların evrimsel olarak

köken aldığı filogenetik takım, Kertenkele Kalçalılar (Saurischia) takımıdır; Kuş Kalçalılar (Ornithischia) değildir!

Kertenkele Kalçalılara *Tyrannosaurus* ve *Allosaurus* gibi iki ayaklı cinsler örnek verilebilir. Kuş Kalçalılara ise dev kafatası sahibi üç boynuzlu *Triceratops* ve uzun boynu nam salmış meşhur 12-16 metrelik yüksekliğiyle *Brachiosaurus* gibi dinozorlar örnek verilebilir. Meşhur *T. rex* ve *Velociraptor* gibi dinozorlar Kertenkele Kalçalılar (Saurischia) takımı içerisindeki “Theropoda” (Türkçe Teropod) isimli alt takıma üyedirler. Bunlar iki ayak üzerinde duran, bacaklarına nazaran iki kısa kolu ve nispeten içi boş, uzun kemikleri bulunan dinozorlardır. Bunlardan en meşhurları bildiğiniz gibi *Allosaurus*, *Velociraptor* ve *Tyrannosaurus*’tur. Şimdi ise çok önemli bir taksonomik basamaktan bahsedeceğiz, adı “Coelurosauria” (Türkçe: Kölozorlar). Dinosauriadan başlayarak şu an geldiğimiz taksonomik basamağı özetlemek gerekirse şu şekilde olacaktır: Ökaryot (Domain) > Hayvanlar (Âlem) > Kordalılar (Şube) > Dinosauria (Klad) > Saurischia (Takım) > Theropoda (Alt Takım) > Coelurosauria (Klad).

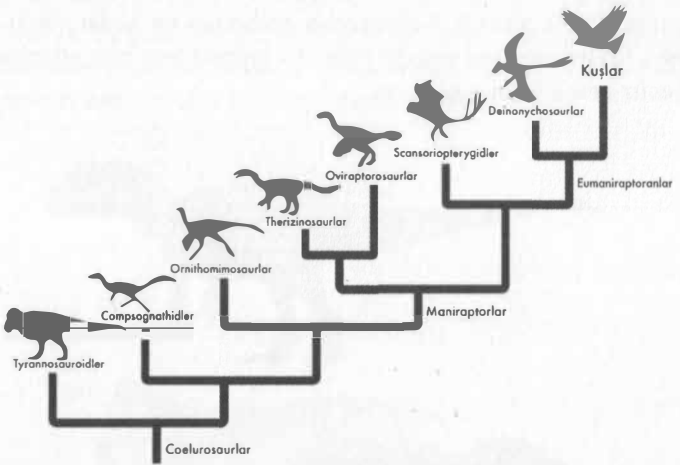
Coelurosauria İsimli Dinozor Grubu Nedir?

Peki nedir bu tuhaf isimli Kölozorlar? Bunlar önceki kısımda bahsettiğim Theropoda adı verilen iki ayaklı dinozorların bulunduğu alt takımdaki bir grup “tüylü dinozordur.” Yapılan araştırmalara göre bu gruba ait olan çok sayıda tüylü fosil olduğu görülmüştür. Bu yüzden paleontolog Philip J. Currie’nin düşüncesine göre bu grubun tamamı tüylü olabilir!^[7] Söz konusu grubun (kladın) içerisinde ufacık boyları olan iki ayaklı Compsognathidae ailesi, devasa boyutlara ulaşan kuvvetli çeneleri bulunan Tyrannosauroida üst ailesi, devekuşu benzeri görünüşe sahip olan Ornithomimosauria grubu ve günümüzde yaşayan tek dinozorların (kuşların) bulunduğu Maniraptora grubu! Evet, doğru duydunuz. Ataları Geç Jura Dönemi’ne, yani 165 milyon yıl öncesine dayanan “avian dinozorları” günümüzde halen yaşıyorlar: kuşlar! Üstelik her gün en az bir türünü görüyoruz!

Kölozorlar grubunu, diğerlerinden ayıran özellikler şunlardır:

- Kuyruk sokumunun (sakrum) diğer dinazorlardan uzun olması,
- Ucuna doğru sertliği artan, esnekliği azalan bir kuyruk bulundurmaları,
- Yay biçimindeki ön kol (ulna) kemiğine sahip olmaları,
- Uyluk kemiğinden (femur) uzun bacak kemiği (tibia) bulundurmaları.

İşte Teropodlar alt takımında bulunan Kölozorlar grubundan kabaca bahsetmiş olduk. Şimdi madalyonun diğer yüzü olan Carnosauria grubuna da kısaca değinelim. Çünkü Teropodlar alt takımı Coelurosauria (Kölozorlar) ve Carnosauria (Karnozorlar) olmak üzere iki büyük gruba ayrılıyor. Kölozorlar önceki kısımda da anlatıldığı gibi kuşların ve kuşlara evrimsel olarak yakın olan tüylü dinazorların bulunduğu bir gruptur.

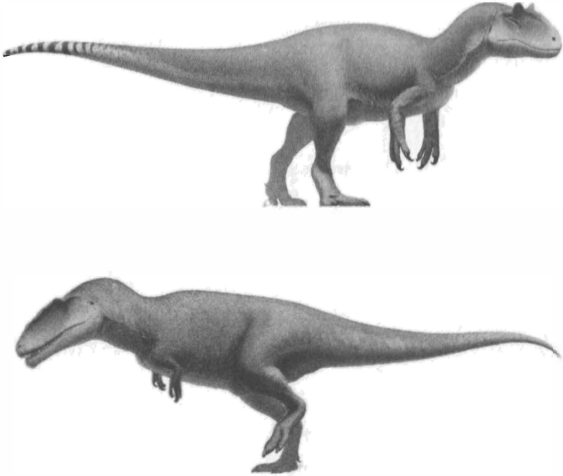


Görsel 4.3. Kölozorların evrim ağacı. Görüldüğü gibi monofiletik bir taksonomik grup (Görsel: Mike Robertson/CofC).

Öte yandan Karnozorlar ise kuşlara daha uzak olan, büyük boyutlara ulaşabilen, dar çeneli, iki ayaklı, sivri dişli, geniş göz çukuruna sahip etçil dinazorların sınıflandırıldığı bir başka gruptur. Köpek balığı gibi dişlere sahip olduğu için kelime anlamı “köpek balığı dişli” olan *Carcharodontosaurus* ve meşhur şeytan

benzeri boynuzlara sahip iki ayaklı dinozor *Allosaurus* bu grupta sınıflandırılır. *Allosaurus* daha “ilkin” bir cins olduğu için tüyleri hakkında herhangi bir bilgi bulunmuyor. Ancak kafatası anatomisine bakıldığında, beyin yapısının da kuşlardan ziyade timsahlara benzediği görülüyor. Ancak *Concavenator* adlı yakın akrabasının kollarında tüy izlerine benzer izler görüldüğü için *Allosaurus*’un bile tüylü olması muhtemel! Tüyler dinozorlar arasında kuşları, tiranozorları ve raptorları içeren Kölozorlar grubundan çok daha mı yaygındı acaba?

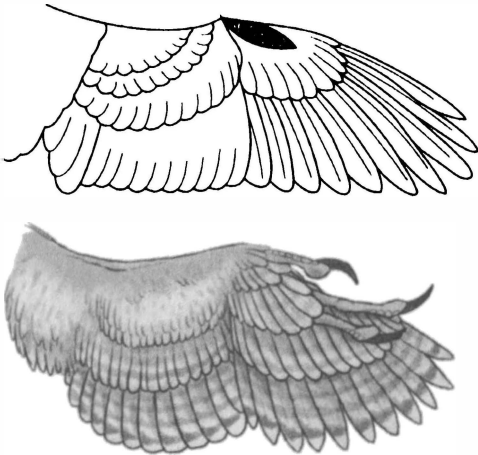
Evrimsel olarak Kölozorlar ve Karnozorlar grubunun Jura Dönemi’nde (180 MYÖ) ayrıldığı ve kuşlara gidecek olan dalın Kölozorlar grubundan türleştiği ve çeşitlendiği görülüyor. Kölozorlar ve Karnozorlar evrimleşmeden önceki ortak atanın tüylü olup olmadığı net olarak bilinmiyor. Fakat tüy benzeri filamentlere sahip olduğunu düşünmek mantıksız olmaz. Zira grubun ayrılmasından sonra iki farklı çevrede evrimleşen popülasyonlara baktığımızda, bir grubun net bir şekilde tüylü olduğunu görebiliyoruz. Diğer yandan Karnozorlar grubunun ne kadar tüylü olduğu, tüylerinin nasıl olduğu hatta tüy bulundurup bulundurmadığı henüz netlik kazanmamıştır.



Görsel 4.4. Yaklaşık 155 ila 145 milyon yıl önce, Geç Jura Dönemi’nde yaşamış *Allosaurus* (üstte) cinsinin rekonstrüksiyonu. Yaklaşık 100 ila 66 milyon yıl önce, Geç Kretase Dönemi’nde yaşamış *Carcharodontosaurus*

(altta) cinsinin bilimsel açıdan tutarlı rekonstrüksiyonu. Jura Döneminin başlarında ortak ataları, kuşlara giden evrimsel daldan ayrılan bir gruptan evrimleştikleri için tüylü olmayabilirler; bu konu henüz tam olarak netlik kazanmadığı için sıklıkla tüysüz resmedilir (İllüstrasyonlar: Frederic Wierum).

Günümüzde yapılan genomik araştırmalar ve incelenen fosil kayıtları, Jura (İngilizce: Jurassic) Dönemi'nde teropodlardan evrimleşen kuşların da aslında tüylü "avian" dinazorlar olduğunu gösteriyor. Aslında Dünya'ya 66 milyon yıl önce çarpan gök taşından sağ çıkan tek dinazorlar kuşlardır. Hatta Enantiornithes (Karşıt-Kuşlar) olarak bilinen canlılar bile kuşlara çok benzemelerine rağmen nedeni tam anlaşılmayan bir şekilde bu hadiseden sağ çıkamamışlardır. Daha doğrusu değişime uyum sağlayamamışlardır. Evet, Karşıt-Kuş adı verilen bir canlı grubu vardır. Bu canlılara uzaktan bakıldığında günümüzde yaşayan kuşlardan ayırt edilemez. Karşıt-Kuş diye isimlendirilmelerinin nedeni, omuz eklemlerinin iç yapısının modern kuşların tam tersi bir biçime (konkav/konveks) sahip olması. Aynı şekilde kuşların aksine ufacık dişleri bulunur ve kanatlarında gözükken ufak tırnakları vardır. Normalde günümüzde yaşayan kuşların kanatlarında "alula" adı verilen başparmak benzeri ufak bir kanat parçası vardır.



Görsel 4.5. Anatomik açıdan bir avian dinazor (yukarıda) ile non-avian dinazor (aşağıda) kolunun farkı. Avian dinazorun (kuş) pembe ile gösterilen ufak kanat parçasına "alula" adı veriliyor (Kaynak: Wikimedia).

Unutmayınız Karşıt-Kuşlar, doğrudan günümüz kuşlarının ataları değildir. Aynı şekilde Teropodlardan evrimleşmiş başka bir soy hattıdır. Avialae (Kuş Kanatlılar) taksonunda, Teropodlar alt takımında sınıflandırılırlar. Kuş benzeri bir yaşam tarzı ve dış görünüşün aslında ne kadar yaygın olduğunu görebiliyorsunuz. Bu durum, kuş gibi yaşamının, ekolojik niş açısından, yani hayatta kalmak ve üremek için edinilen yaşam tarzı açısından uzun bir süredir çok avantajlı olduğunu gösteriyor. Fakat 66 milyon yıl önceki kitlesel yok oluştan sağ çıkan dinozorları (kuşları) ayırmak ve kendi içerisinde sınıflandırabilmek için farklı bir isim vermek gerekiyor. Sonuç olarak dinozorlar, “avian” ve “non-avian” olmak üzere iki ana isimlendirmede incelenir. Avian dinozorlar, kuşlar anlamına gelirken; non-avian dinozorlar geriye kalan dinozorları kapsar.

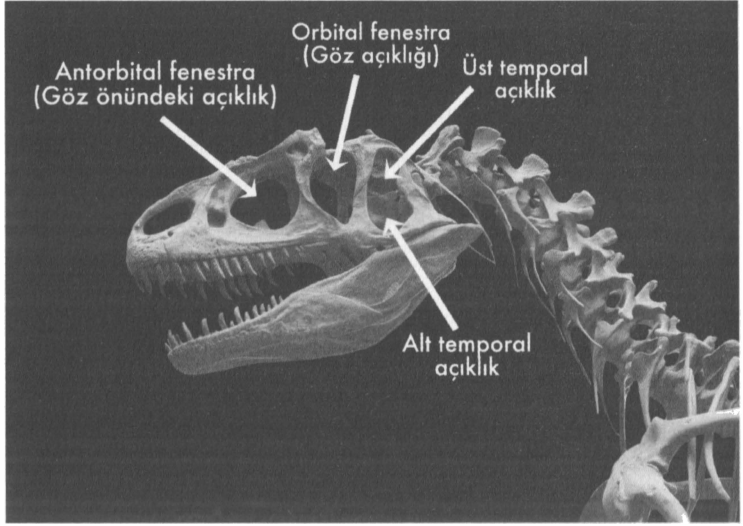
Ekolojik Niş Nedir?

Ekolojik niş, habitat (canlının yaşadığı ortam) içerisinde çevresi ve diğer canlılar/cansızlar ile olan etkileşimini, bulunduğu çevredeki pozisyonunu tanımlar. Temelinde, organizmanın nesiller içerisinde genlerini aktarabilmesini sağlayan adaptasyonların bütünüdür. Dolayısıyla “uyum sağlama başarısı”yla direkt ilişkilidir. Doğada yaşanan her “değişim” ve “farklılık” ekolojik açıdan doldurulması gereken bir “boşluk” yaratır. Böylece o boşluğu doldurma başarısı elde etme, uyum sağlama yeteneği bulunan her popülasyon, diğerlerine nazaran avantajlı konuma geçer. Çok kaba bir örnekle ekolojik nişi, “organizmanın doğada yapması gereken işler” şeklinde hayal edebilirsiniz.

Kafatası Tipine Göre Sınıflandırma

Çok önemli bir sınıflandırma değişkeni daha bulunur ki bu da kafatasında göz çukurunun arkasında bulunan delik sayısıdır. Kafatasında göz çukurunun (*fossa orbitalis*) arkasında fazladan –temporal– boşlukların olup olmamasına göre omurgalı hayvanlar sınıflandırılır. Bu şekilde canlıların filogenetik ilişkileri anlaşılır ve taksonomik sınıflandırmalarına yardımcı olur. Takdir edersiniz ki kafatasının evrim hızı muazzam bir yavaşlıkta olduğu için kafatasının bazı özelliklerine bakılarak hangi hayvanların hangileriyle daha yakın akraba olduğu anlaşılabilir.

Omurgalı tetrapodların (4 uzuvlu hayvanların) hepsi, temel olarak Anapsid (Deliksiz), Synapsid (Bir Delikli), Diapsid (İki Delikli) ve Euryapsid (Oval delikli) diye ayrılır. Türkçe isimlendirmeye çalışırsak, Anapsit, Sinapsit, Diyapsit ve Öriyapsit olarak çevirebiliriz.



Görsel 4.6. *Allosaurus* cinsindeki bir omurgalının kafatası tipi. Göz çukuru arkasında yer alan üst ve alt temporal çukur, cinsin Diapsid kafatası tipinde sınıflandırılmasını sağlar (Kaynak: Pixabay).

Anapsid

Göz çukuru arkasında temporal boşluklara sahip olmayan kafatası tiplerine denir. Evrimsel olarak sürüngenlerin en eski alt sınıfı oldukları düşünülür. Paleontolojik olarak bu kafatası tiplerinin izleri Karbonifer Dönemi'ne, yani 350 milyon yıl kadar geriye sürülebilir. Günümüzdeki kaplumbağalar ve *Captorhinus* cinsi gibi soyu tükenmiş sürüngenler bu kafatası tipine sahiptir.

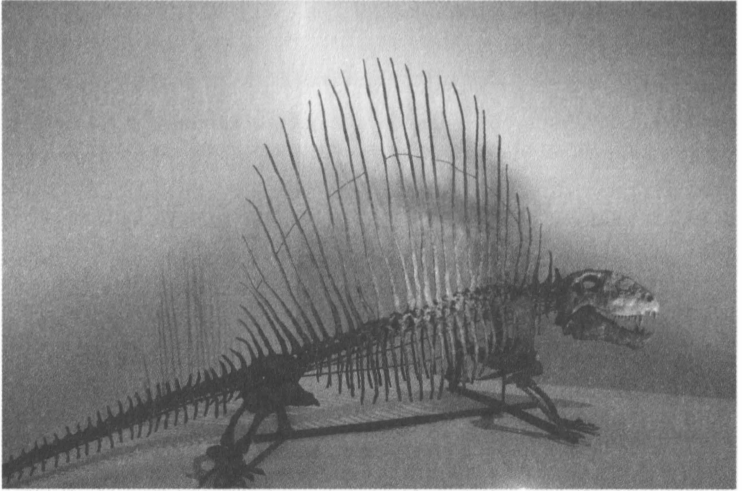
Diapsid

Bu kafatası tiplerinde bir üst ve bir alt olmak üzere iki geniş temporal çukur mevcuttur. Timsahlar, kertenkeleler, yılanlar, avian dinozorlar (kuşlar) ve non-avian dinozorlar dahil çeşitli

canlılar bu kafatası tipine sahiptir. Timsahlara göre kertenkele ve yılanlarda bu açıklıklar daha büyüktür.

Synapsid

Göz çukurunun arkasında tek bir temporal açıklığa sahiptir. Diapsidlerdeki arka alt (posteroinferior) çukura yakın bir konumda bulunur. Bu kafatası tipindeki bütün sürüngenlerin soyu tükenmiştir. Ancak memeliler ve memelilere yakın olan canlılar bu grupta yer alır. Filogenetik olarak Synapsidler kendi içerisinde Therapsid (İngilizce: Terapsit) denilen bir dal verir. Memeliler ve akrabaları, Therapsidler içerisindeki Cynodont (Türkçe: Sinodont) türlerinden evrimleşmiştir. Memelilere evrimleşecek proto-memeliler (ön-memeliler) de bu gruptandır. Bunlar, Permien Dönemi'nde (292-251 MYÖ) yaşamış dört ayaklı, sürüngen benzeri kılız omurgalılarıdır. Yumurtlayarak çoğalırlar ve vücut duruşları sürüngen pozisyonundadır. Kolları ve uyluklar yere paralel yürürler.



Görsel 4.7. *Dimetrodon* cinsindeki bir Synapsid iskeleti. Yaklaşık 290-275 milyon yıl önceye denk gelen Erken Permien Dönemi'nde yaşamışlardır. Dinozorlardan ziyade memelilerle yakın akrabadırlar. Çünkü kafataslarında göz çukurlarının arkasında memeliler gibi bir tane delik bulunur (Kaynak: Pixabay).

İnsanda (*Homo sapiens*) göz çukuru arkasındaki ikinci açıklık nerede diye sorarsanız, elmacık kemiğinin kemeri olan *arcus zygomaticus*'un arkasındadır. Synapsidlere örnek olarak Erken Permiyen Dönemi'nde yaşamış *Dimetrodon limbatus* verilebilir. Unutmayın *Dimetrodon* dinazor değildir! Hatta evrimsel olarak dinazorlardan ziyade biz memelilere yakındır!

Euryapsid

Bu türler de Synapsidler gibi göz çukurunun arkasında tek bir açıklığa sahiptirler; ancak deliğin konumu Synapsidler farklı göz olarak çukurunun arka üstünde (posterosuperior) yer alır. Üstelik daha dar ve uzun bir yapıya sahiptir. İncelemelere göre Euryapsidlerin de bir zamanlar Diapsid olduğu, fakat uzun bir evrimsel sürecin ardından alt temporal deliğin kapandığı anlaşıyor. Bu tip kafatasına sahip bütün türlerin soyu tükenmiştir. Soyu tükenmiş deniz sürüngenleri olan Plesiosauria (Plesiyozorlar) ve Ichthyosauria (İhtiyozorlar) takımı bu sınıflandırılma dahilindedir. Örneğin *Jurassic World*'de havuzdan sıçrayarak büyük beyaz köpek balığıyla beslenen *Mosasaurus* deniz sürüngenine örnek gösterilebilir. Ama gerçekte boyutu *Jurassic World*'dekinin yarısı kadar bile değildir...

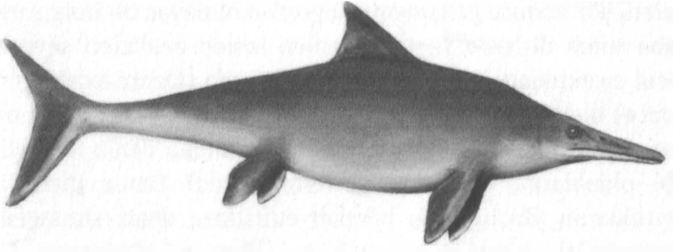
Dinazorlar Soğukkanlı mıydı?

Bu konuya girmeden önce “soğukkanlı” ve “sıcakkanlı” tanımlarının net olarak anlaşılması lazım. Halk arasında sıcakkanlı ve soğukkanlı olarak bilinen terimler, bilimsel literatürde aslında homeoterm (sıcakkanlı) ve poikiloterm (soğukkanlı) olarak kullanılır. Çünkü özünde “sıcak” veya “soğuk” olan bir durum yoktur. Homeoterm olanlar adı üzerinde vücut sıcaklığını sabit tutacak metabolik aktivite (homeostaz) ile evrimleşmiş canlılar demektir. Genelde vücut sıcaklıkları, bulunduğu ortamın sıcaklığından daha sıcak olur. Poikiloterm olanlarda ise vücut sıcaklığı ortam sıcaklığı ile birlikte değişkenlik gösterir. Dolayısıyla sıcakkanlı yerine “sabit sıcaklı”; soğukkanlı yerine “değişkensıcaklı” kullanmak doğru olacaktır. Çünkü poikiloterm hayvanlar güneşlenirken vücut sıcaklıkları belirgin şekilde artar, daha sonra metabolik aktivite ile birlikte

düşer. Öyle ki soğukkanlı denilen hayvanların biz memelilerden farkları vücut sıcaklıklarının ortam sıcaklığından daha yüksek tutamamaları değil; aynı zamanda ortamdaki serin de tutamamalarıdır.

Bir diğer tanım ise “endotermi” ve “ektotermi” şeklindedir. Endotermik hayvanlarda sıcaklık kaynağı kendi metabolik aktiviteleridir. Ektotermik hayvanların sıcaklık kaynakları ise çevredir. Örneğin endotermik hayvanlar solunum ile Krebs döngüsünden ATP sentezleyerek kaslarda yakıt olarak kullanırlar ve bu sayede kinetik enerji ile sıcaklık üretirler. Aynı zamanda pirüvat ve yağ asitlerini kullanabilirler. Bu yüzden bu hayvanlar soğuk iklimlere daha iyi uyum sağlayabilirler. Bu yüzden ki kutuplarda kertenkele veya yılan gibi hayvanlar yaşayamıyor. Fakat unutmamak lazım ki “teorik” olarak endotermik hayvanlar, homeoterm veya poikiloterm olabilir. Tamamen ektotermik olduğu sanılan balıklar arasından opah (*Lampris spp.*) isimli endotermik bir türün keşfedilmesi bu durumun en güzel örneği. Biyolojide her zaman istisnalar vardır. Ama evet, endotermik hayvanların çok büyük çoğunluğu sabitsıcaklıdır.

İşin ilginç yanı, uçan sürüngenler olan Pterosauria türlerinin de çok yüksek ihtimalle sabitsıcaklı endotermik olması. Bunlar, kıl veya tüy bulundurmuyorlardı; ancak piknofiber isimli elastik kıl benzer epidermal uzantılar bulunduruyorlardı. Vücutlarının kıl benzeri piknofiberlerle kaplı olduğu öngörülüyor. Hatta daha da ilginç olan, 21. yüzyılın nefes kesici gelişmelerinden biri, keşfedilen *Stenopterygius* (Aile: Ichthyosauridae) cinsi deniz sürüngeninin sabitsıcaklı olduğunun anlaşılması oldu. 5 Kasım 2018’de *Nature*’da yayımlanan araştırmaya göre Jura’da yaşamış ilkin ihtiyozor türlerinden biri üzerinde detaylı yumuşak doku incelemeleri gerçekleştirildi. Tortuyla kaplanan fosillerde yumuşak dokular çok nadiren korunur. Yumuşak dokuda yapılan immünohistokimyasal incelemelerde deri katmanları olan epidermis ve dermis arası doğrudan anlaşılabilir. Bu sayede görüldü ki bunlar günümüz deniz memelilerinde olduğu gibi “blubber (İngilizce)” adında deri altında gövdeyi tamamen kaplayan bir adipoz (yağ) dokusu bulunduruyorlardı.



Görsel 4.8. Yetişkin bir *Stenopterygius* cinsi (Kaynak: Wikimedia).

Aynı zamanda melanin pigmentinin dağılımlarının da balinalara benzer olarak hayvanın üst kısmında yoğun, alt kısmında seyrek biçimde olduğu anlaşıldı. İşte bu pigment dağılımı, köpek balığı ve yunus türlerinde olduğu gibi yukarıdan ve aşağıdan bakıldığında farklı tonlarda kamuflaj sağlıyordu. Çünkü okyanusun altında canlıya aşağıdan bakıldığında gökyüzü gibi açık renkli, yukarıdan bakıldığında derin deniz veya deniz tabanı gibi koyu renkli görünürdü. Ayrıca deniz memelilerine benzeyen fakat deniz sürüngeni olan ihtiyozorların balıklara ve kertenkelelere benzer olarak pullarla kaplı olmadıkları da biliniyor. Çünkü pullar su içerisinde aerodinamikliği azaltır. Sonuçta anlaşıldı ki fizyolojileri ve davranışları günümüz balinalarla fazlasıyla benzerlik gösteriyor. Bu yüzden ihtiyozor türlerinin “sürüngen” olması tekrardan tartışma konusu dahi olabilir. Yakın zamanda büyük bir taksonomik değişim yaşanırsa şaşırmayın. Önceki bölümlerde bahsettiğim gibi, “sürüngen” sınıfını tanımlamak oldukça zordur...

İhtiyozorların sürüngen olmalarına rağmen memelilerle en harika ortak özellikleri, balinalar gibi doğurarak (vivipar) çoğalmalarıdır. Nasıl mı biliniyor? Bundan 248 milyon yıl önce, gebelik sırasında fosilleşmiş bir ihtiyozor örneği keşfedildi.^[8] Bu konuda daha güzel bir fosil kaydı düşünülemez herhalde? Keza bu fosil, bir sürüngene ait canlı doğum kaydını gösteren en eski bulgu olabilir! İhtiyozorların zaten yıllardır sabıtsıcaklı olabilecekleri filogenetik analizler sayesinde öngörülüyordu. Örneğin ilkin üyelerinden biri olan *Utatsusaurus* cinsi üzerinde yapılan

karşılaştırmalı kemik analizleri ve varsayımsal damar ağı incelemeleri, söz konusu gelişmenin doğrudan olmayan bir bulgusuydu. Daha sonra dişlerde yapılan oksijen izotop analizleri sayesinde vücut sıcaklıklarının 35-39 derece arasında (Deniz sıcaklığı ~20 derece) olduğunun hesaplanması bunun doğrudan bulgusu oldu. Son yapılan araştırma ise neredeyse tamamen deniz memelileri gibi olduklarını doğrudan göstermiş oldu! Deniz memelileri kuyruklarını yukarı-aşağı hareket ettirirken, deniz sürüngenleri günümüzdeki balıklar gibi sağa-sola hareket ettiriyordu. Ufak ama hayal etmesi muazzam bir ayrıntı.

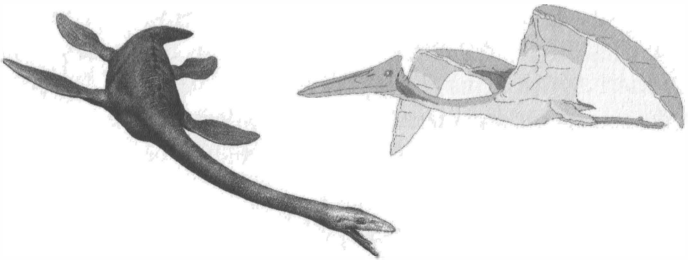
Şimdi dinozorlar konusuna dönelim. Dinozorlar 250 milyon yıl kadar önce sürüngenlerden evrimleşmiştir. Sürüngenler ise kendilerinden önce gelen amfibiyenlerden, amfibiyenler ise balıklardan evrimleşmiştir. Sürüngenler de dahil olmak üzere onların evrimine kadar geçen süredeki tüm canlılar değişkensıcaklıdır (soğukkanlıdır). Dolayısıyla dinozorların da sürüngen ataları gibi değişkensıcaklı olduğu düşünülmektedir. Fakat kuşlar sıcakkanlıdır. Dolayısıyla soğukkanlılık ile sıcakkanlılık arasında bir geçiş olması gerekmektedir. Yapılan araştırma, dinozorların ezici bir çoğunluğunun “ılıkkanlı” (mezotermik) dediğimiz “geçiş özelliğinde” olduğunu göstermektedir. Yani sıcakkanlılık ile soğukkanlılık arasındaki geçişi, evrimsel biyolojinin öngöreceği biçimde doldurmaktadır. Üstelik sadece bir grupta da değil. Sürüngenlerden evrimleşen tek canlı grubu dinozorlar değildir. Memeliler de sürüngenlerden (ama bir başka dalı üzerinden) evrimleşmiştir ve memeliler sabıtsıcaklıdır. Günümüzde bildiğimiz, sürüngenler ile memeliler arasında geçiş özelliklerini halen taşıyan 2 canlı vardır: ornitorenk ve ekidna. Evet, ne şaşırtıcı ki onlar da ılıkkanlıdır! Dolayısıyla sürüngenlerden sadece dinozorlara giden soy hattında değil, memelilere giden soy hattında da geçişi tam beklediğimiz gibi net olarak görmektediriz!

V. BÖLÜM

Neleri Yanlış Biliyoruz?

Uçan Sürünge­ler ve Deniz Sürünge­leri Dinozor Değildir!

Popüler kültür ve sosyal medyadaki bilgi kirliliği nedeniyle halk arasında dinozorlar hakkında birçok “hatalı bilgi” yayılıyor. Tüylü görünüşleri bir yana dinozor olmayan bazı omurgalılar dahi dinozor sanılıyor. Örneğin, önceki bölümlerde de bahsedildiği şekilde, Pterosaur üyeleri dinozor değildir. *Pteranodon* gibi uçan sürünge­ler, anatomik ve filogenetik olarak dinozorlarda farklı bir soy hattına sahiptir. *Elasmosaurus* gibi halk arasında “Lochness Canavarı”na veya “Van Gölü Canavarı”na benzetilen Plesiosaur türleri de dinozor değildir; deniz sürünge­leridir! Yani taksonomik açıdan Sürünge­ler (Reptilia) sınıfında yer alan omurgalılarıdır.



Görsel 5.1. Dinozor olduğu sanılan ancak doğrudan Sürünge­ler (Reptilia) sınıfı içerisinde sınıflandırılan uzun boyunlara sahip yüzücü

sürüngeçenler olan bir *Elasmosaurus* cinsi (solda) ve devasa uçan sürüngeçenler olan bir azdarchid pterosaur türü (sağda) (Kaynak: Pixabay).

Benzer şekilde *Dimetrodon* da dinozor değildir. Yaklaşık 295-275 milyon yıl önce Erken Permian Dönemi'nde yaşamış bir Synapsid cinsidir. Yaşadığı dönemde daha dinozorlar evrimleşmemişti bile! Kafatası yapısından anlaşıldığı üzere aslında *Dimetrodon*, memelilere (mesela insanlara) dinozorlardan daha yakın akrabadır!

Örümcekler Böcek Değildir!

Sadece dinozorlarda değil, diğer birçok hayvan hakkında da hatalı bilgiler yayılabiliyor. Örneğin çoğu kişinin korkulu rüyası olan örümcekler, aslında böcek değildir! Örümcekler, Böcekler (Insecta) sınıfından ayrı olarak Eklem Bacaklılar (Arthropoda) şubesindeki Örümceğimsiler (Arachnida) sınıfında bulunurlar. Yani örümceklere kısaca “araknid” diyebilirsiniz ancak “böcek” demek hatalı olur. Eklem Bacaklılar şubesinde aşağı doğru inildikçe Böcekler (Insecta) ve Örümceğimsiler (Arachnida) adlı iki büyük sınıfa ayrılır. Örümcekleri böceklerden ayıran en önemli özelliklerinden biri vücutlarının 3 lob yerine 2 loblu olması, 6 bacak yerine 8 bacakları bulundurmalarıdır. Ayrıca örümceklerde veya araknidlerde (örümceğimsilerde) böceklerde olmayan iki tane keliser (zehir dişleri/çengeli) vardır. Davranış bilimi (etoloji) açısından da farklılık gösterirler. Örneğin böceklerde “ağ ören” hiçbir tür yoktur.

Eklem Bacaklılar şubesi içerisinde Böcekler sınıfı, bu şubede en fazla çeşitliliğe sahip canlılardır. Böcekler, yüksek ekolojik niş sayısı ve üreme hızları sayesinde hayvanlar içerisinde inanılmaz bir biyoçeşitliliğe, dolayısıyla muhteşem bir uyum başarısına sahiptirler! Ayrıca uçuş ilk evrimleştiğinde (~350 MYÖ), böcekler dışında hiçbir organizma tarafından kullanılmadığı biliniyor! Yani “uçuş eylemini” ilk gerçekleştiren canlılar böceklerdir!

Wasp (Yaban Arısı) Arı Değildir!

İngilizce wasp, Türkçe yaban arısı olarak bilinen “böcek” aslında “arı” değildir. Evet, şaşırtıcı ancak Türkçeye hatalı geçmesinden kaynaklanıyor. Uzaktan bakıldığında sarı-siyah rengi ve kanat çı-

parken çıkardığı sesle arıdan ayırt edilemeyebilirler. Zaten arıların sahip olduğu bu renklenmeye “aposematizm” yani “uyarıcı renklenme” adı verilir. Diğer avcılara “Ben zehirliyim, yaklaşma!” mesajı vermek adına seçilim gösteren bir renk desenidir. Güvelerden kurbağalara kadar pek çok canlıda görülebilir. Elbette bütün renkler siyah-sarı olmak zorunda değil. Göz alıcı ve dikkat çekici renkler olabilir. Fakat böceklerin ekolojik nişlerine bakıldığında sarı-siyah en avantajlı olanlarından biri gibi gözüküyor.

Yaban arıları ve gerçek arılar, Hymenoptera (Zar Kanatlılar) isimli böcek takımına üyedir. Fakat gerçek arılar, bu takımdaki Apidae (Arıgiller) ailesinde sınıflandırılırken; yaban arıları Vespidea (Yaban Arısıgiller) adlı ailede sınıflandırılırlar. Kendileri ne arı ne de karıncadır! Hem arıların hem de karıncaların evrimsel kuzenidirlere. Arılardan ayrılan başlıca karakteristik özellikleri şunlardır:

- Yaban arılarının vücudu gerçek arılardan daha pürüzsüzdür.
- Yaban arılarının beli, gerçek arılara göre incedir.
- Yaban arılarının vücudu, gerçek arılara göre daha dardır.
- Yaban arılarının bacakları uçarken sallanır.
- Yaban arılarının arka bacaklarında polen keseleri yoktur.
- Yaban arılarının iğneleri, arıların aksine genellikle tırtıklı değildir.

Canlılık içerisinde muazzam bir çeşitlilik bulunduğu için taksonomide çoğu zaman bu şekilde “gri bölgeler” bulunabiliyor. Çünkü insan türü olarak doğaya bakıp, onu anlamaya çalışıyoruz. Doğada da inanılmaz bir çeşitlilik/varyasyon bulunuyor. Anlayabilmek adına da bir takım sınıflandırmalar ve kategorileştirmeler yapılması gerekiyor.

En çok karıştırılan bir diğer canlı grubu ise kızböcekleri ve yusufçuklardır. Kızböcekleri ve yusufçuklar Odonata isimli böcekler takımına üyedir. Zygoptera (Kızböcekleri) ve Anisoptera (Yusufçuklar) olmak üzere alt takım olarak ayrılırlar. Aslında uzaktan bakıldığında yusufçuk ile kızböceği çok benzer olmasına rağmen dinlenme halindeki kanat pozisyonuna göre ayrılırlar. Yusufçuklar kondukları zaman kanatlarını yere paralel bir şekilde yanlara doğru tutarken, kızböcekleri kanatlarını yere dik bir şekilde sırtlarında tutarlar. Tıpkı çoğu kelebek ve çoğu güve arasındaki farklardan biri gibi. Elbette güvelerde ve kelebeklerde bunun istisnaları bulunuyor.

Kral Kobra, Kobra Değildir!

Taksonomik açıdan kral kobra, kobra değildir. Evet doğru okudunuz. İsminde “kobra” olmasına rağmen kobra olmayan bir yilandan bahsediyoruz. Gerçek kobralar *Naja* cinsinin üyeleridir. Kral kobra ise *Ophiophagus* cinsindendir. Filogenetik, anatomik ve ekolojik farklarından dolayı “kobra” üyesi değildirler. Örneğin kral kobranın büyük kafa pulları 11 tane iken, gerçek kobraların 9 tanedir. Kral kobraların boyunları daha dar, gerçek kobraların ise daha geniştir. Ayrıca kral kobralar genelde diğer yılanlarla beslenen bir yılan türüdür.

Orka, Balina Değildir!

Katil balina veya orka diye bilinen *Orcinus orca* türü deniz memelilerinin aslında yunus olduğunu biliyor muydunuz? Hatta kendileri aynı zamanda en iri yunus türüdür. Tabii Cetacea alt takımındaki bütün memelilerin “balina” olduğu da ayrı bir mevzudur. Yani teknik olarak, yunuslar da Odontoceti taksonundaki dişli balinalardır. Dişli balinalara örnek olarak kaşalot (*Physeter macrocephalus*) veya beluga balinası (*Delphinapterus leucas*) verilebilir. Yunusların da birer balina olması konusuna bazı bilim insanları tam olarak katılmasa da tartışmanın taksonomiden ziyade basit bir isimlendirme üzerine oluşu, durumun ciddiyetini azaltmaktadır. Kesin olarak söyleyebiliriz ki yunuslar, taksonomik olarak Cetacea alt takımındaki birer Odontoceti (dişli balina) üyesidir. Dolayısıyla her yunus bir balina olabilir; ancak her balina bir yunus olamaz.

İsimlerinin aksine katil de değildirler! Doğal ortamlarında insanlara saldırdıkları hakkında herhangi bir veri yoktur. Sadece malum, parklarda esir tutulanlar saldırganlaşabiliyor. Hatta öyle ki 2018 yılında *Tahlequah* isimli yas tutan bir anne katil balinanın (*Orcinus orca*), ölen çocuğunu 17 gündür taşıdığı rapor edildi. Bu ne anlama geliyor? Anne katil balinanın 200 kiloluk ölü bebeğini, kafasıyla batmasını engelleyerek 1600 km sürüklemesi demek. Arada nefes alıp tekrar itmeye devam ediyor. Çünkü anne hazır değildi, onu bırakmaya...

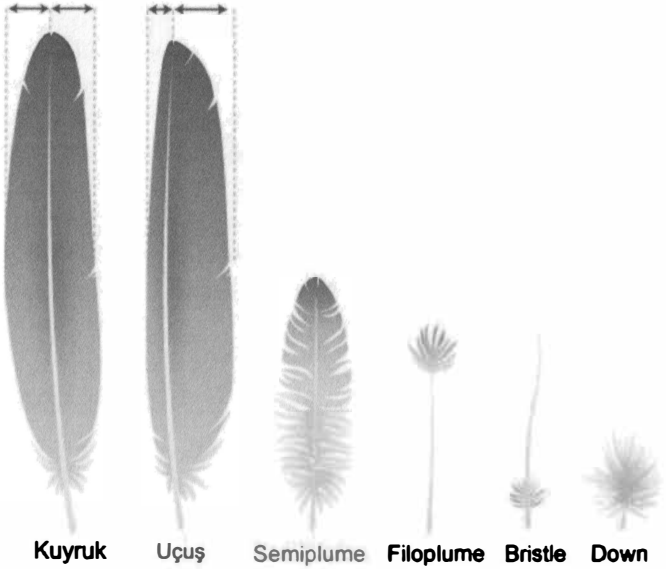
VI. BÖLÜM

Tüyler ve Evrimleri

Tüy Nedir?

Tüy adı verdiğimiz protein yapılar sadece kuşlarda (Aves), karışık-kuşlarda (Enantiornithes) ve teropodlarda (Theropoda) bulunan epidermal uzantılardır. Bunların bazı Diapsid tipi kafatası bulunduran sürüngenlerde (Archosauromorpha) ve kuşların soy hattına uzak dinozorlarda da bulunabileceği düşünülüyor. Tüy, deriye ait dokular içerisinde “en karmaşık” yapıya sahip parçadır. Yaygın kanının aksine memelilerde tüy bulunmaz! Kozmetik ürünlerde gördüğümüz her “Tüy Dökücü Krem” ibaresi için “Acaba hangi kuş türünü kapsıyor? sorusunu sorabiliriz. Her ne kadar “kibarlaştırmak” adına böyle yazılsa da onların hepsi “kıldır”. Kaldı ki memeli dokusunda bulunan bir epidermal büyümenin nesi “kaba” olabilir ki? Neden kuşlardaki epidermal büyümeleri, memelilerdekine nazaran daha “kibar” buluyoruz ayrı bir konu.

Tüyler canlıda aerodinamiklik, ısı yalıtımı, kuluçkaya yatma, su yalıtımı, kamuflaj, uçuş/süzülme ve cinsel seçilim gibi onlarca işlevde görev alır. Tüylerin ana görevi canlının üreme başarısını artırmaktır diyebiliriz. Evet, şu an uçan kuşlara baktığımızda, bir zamanlar büyük oranda sadece eş seçimi amacıyla kullanılan bir yapıya bakıyoruz. Diğer özelliklerin sonradan evrimleşmiş olması muhtemeldir. Bu konu hakkında kesin bir şey söyleyemeyiz ancak görüldüğü kadarıyla tüyler, bahsettiğimiz bütün işlevlerde kullanılıyor. Tüyleri inceleyen bilim dalına “plumoloji” adı veriliyor.



Görsel 6.1. Çeşitli canlılarda çeşitli vücut bölgelerinde seçilim göstermiş tüy tipleri (Kaynak: Feather Type & Anatomy Worksheet).

Tüyler, temel olarak keratin proteini üreten epidermisteki küçük foliküllerden oluşur. Tüylerin histolojik (doku bilimi) açıdan nasıl oluştuğuna kısaca değinelim. Tüylerde β -keratin adı verilen proteinler vardır, bunlar foliküldeki hücreler tarafından oluşturulur ve ilerledikçe bükülür. Hidrojen bağları, hidrofobik etkileşimlerle desteklenen protein katlanması sonucu protein iplikçikleri oluşur. Daha sonra iplikçikler yine bükülür ve disülfidlerle çapraz bağlanarak memelilerdeki α -keratinlerden bile daha sert bir yapı haline gelir. Söz konusu gelişmelerin hepsi hücreler arası sinyaller sayesinde gerçekleşir. İşte derideki tüylerin büyümesini sağlayan bütün bu sinyaller net olarak bilinmiyor. Hücreler arası sinyaller incelendiğinde “cDermo-1” adı verilen bir transkripsiyon faktörünün tüylerin büyümesini teşvik ettiği anlaşılmıştır.

Tüyler, kılların aksine, ortak bir kökeni paylaştıkları sürüngen pulları gibi büyürken kendi damar sistemine sahiptir. Evet, tüyler evrimsel olarak pullardan köken alan epidermal uzantılardır.

Tüyün gelişimi sırasında bu damar sistemi tüy içerisindeki uzak kısımları besler. Kan damarları, gelişimini tamamladıktan sonra salgılanan çeşitli sinyal molekülleri ardından dejenere olur ve kaybolur. Ardından katı ve sert bir hal alan tüyün bakımı kuşun kendisine kalır. Daha sonra kuşlar, İngilizce “preening” adı verilen bir gagalama ve yalama yöntemiyle tüylerinin sık sık bakımını yapar. Günümüzde yaşayan kuşlar, anal bölgelerinin yakınlarındaki çift loblu yağ bezinden (İngilizce: uropygial gland) aldıkları sebumu (yağı) gagalarıyla vücutlarına sürerek bakım yaparlar. Kuşların gagalarıyla oralarını buralarını kaşıdıkları anları fark etmişsinizdir. Su kuşlarında bu bez daha büyük hacme sahip olduğu için tüylerin su geçirmezliğine katkı sağladığı düşünülüyor. Bunun yanı sıra cinsel seçilime katkı sağlayan kozmetik etkisi olduğu, parazitlerden korumaya katkısı olduğu, eş seçimi sırasında feromon içerdiği, D vitamini açısından zengin olduğu biliniyor. Yani özünde bu çift loblu yağ bezinin bir sürü işlevi tespit edilmiştir. Muhtemelen bu bez, bulunduğu türün yaşam tarzına göre çeşitli seçilim baskıları altına girmiş ve çeşitli görevlerde yoğunlaşmış bir organ olmalı.

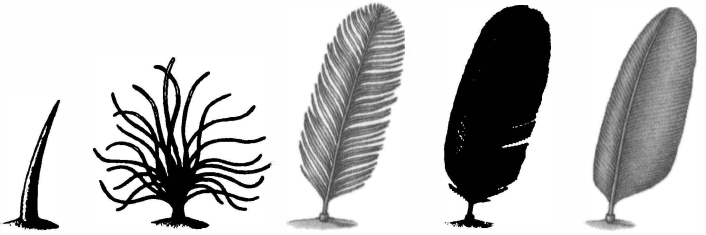
Tüy yapısına baktığımızda iki temel tüy türü vardır. Bunlar vücudun dış kısmını örten “bayrak tüyleri” (İngilizce: vaned feathers) ve tüylerin altındaki daha basit yapılı “örtücü tüyler” (İngilizce: down feathers) olarak ikiye ayrılır. Bayrak tüyleri içinde merkez shaftı olan “kontür tüy” (İngilizce: pennaceous feathers) denilen bir tüy tipi bulundurur. Bunlar, herkesin aşına olduğu tipik “kuş tüyü” formudur. Bu tüyler “tüy dibi” (İngilizce: calamus) adı verilen kısım ile deriye gömülüdür. Tüy dibinin üstünde ve ortasında tüy sapı (İngilizce: rachis) denilen ince bir sap vardır. Sapın her iki tarafına doğru uzanan ve tüyün rengini, şemasını veren dikenimsi protein çıkıntılarına çengel (İngilizce: barb) denir. Çengelleri birbirine bağlayan çok sayıda küçük çengelcikler vardır.

Tüylerin Evrimi

Erken Jura Dönemi, hatta Orta Triyas Dönemi’ne kadar benzer protein yapılar izlenebiliyor. Fosil kayıtlarında tüyler, Jura’ya kadar net bir şekilde izlenebiliyor. Her ne kadar Triyas’ta keşfedilen tüy yapısı, şu an aşına olduğumuz yapıdan farklı (öncül tüy)

olsa da tüylerin evrimi anlamak için fazlasıyla önemlidir. Önceden tüylerin sadece kuşlara özgü olduğu düşünülürdü. Son yıllarda anlaşıldı ki theropodlar dışındaki bazı dinozorlarda bile tüy yapısına benzer filamentlere (Bkz. *Psittacosaurus*) rastlıyoruz!

Tüylerin seçilim gösterdiği zaman dilimine bakılırsa ilk tüylerin, içi boş silindir şeklinde olduğu düşünülüyor. Şu an kuşların embriyonik dönemi incelenerek tüylerin evrimi hakkında bilgi edinilmeye çalışılıyor. Hatta ters genetik mühendislik çalışmaları ile kuş embriyolarının gagalarında bile ataları dinozorlarda olduğu gibi dişler olduğu tekrar gösterilmiştir. Çünkü kuşların genlerinde bu kodlar bulunur! Ancak gen susturması gibi hücresel mekanizmalar tarafından baskılanmıştır. Embriyonik hayatta yaşanan özelleşmeler, evrimsel değişimlere de ipucu olabilir. Zira anne karnında birçok canlı, ortak özellikler barındırır. Uzun yıllar boyunca yapılan analizler gösteriyor ki timsahlarda gördüğümüz pullar ve kuşlarda gördüğümüz tüyler ortak atadan evrimleşmiştir! Kitabın başında da anlatıldığı gibi pulların tüylerden veya tüylerin pullardan “gelişmişlik” açısından bir üstünlüğü yoktur! Her ikisi de bulunduğu döneme ve çevreye uyum sağlamış doku parçalarıdır. 2009’da Xu ve Guo, tüylerin evrimini basit birkaç aşamayla özetlemeye çalıştı.^[9]



Görsel 6.2. Tüylerin evriminin şematik görüntüsü (İllüstrasyon: Emily Willoughby).

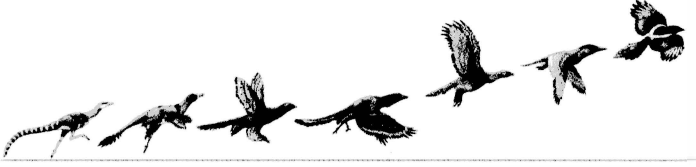
1. Tek filament evrimi.
2. Tek tabana bağlı çok filamentin evrimi.
3. Çoklu filamentlerin merkezi bir filamentle birleşimi.
4. Merkezi filament üzerinde boydan boya filamentlerin evrimi.

5. Çoklu filamentlerin membranımsı bir yapıdan uzanışı.
6. Çengeller dahil kontür tüyün evrimi.
7. Kontür tüyde asimetrik tüy sapının evrimi.

Oysa 2011’de Christian Foth, bu maddelere karşıt görüşlerde bulundu. Özellikle 2. ve 5. için, fosillerdeki tüylerin güvenilir olmadığına, canlının ölüm şekline göre tüy anatomisinin bozulabildiğine, bu yüzden de yanlış sonuç alınabildiğine değindi. Pek de haksız değildi oysa. Kanat evrimi modelleri arasında “Cursorial modeli” adı verilen bir argüman, Samuel Wendell Williston tarafından 1879’da önerildi. Bu modelde “uçuşun bir dizi kısa atlamalarla iki ayak üzerinde ilerleyerek evrimleştiğini” belirtiyor. Atlamaların uzunluğu arttıkça kanatlar itme için değil istikrar ve stabilizasyon için kullanıldığını söylüyor. Mantıklı bir argüman. Bu düşünce, 1970’lerde John Ostrom tarafından genişletildi ve kanatların çırpışı haline dönüşen “böceklerle beslenme mekanizması” olarak yeniden düzenlendi. Ostrom ve ekip arkadaşları, araştırmalarını her avlanma yönteminde harcanan enerji miktarını, toplanan gıda miktarıyla karşılaştırarak geliştirdi. Çünkü canlının avlanma başarısı, koşu ve atlamayla neredeyse ikiye katlanır. Yani aynı miktarda gıdayı toplamak için *Archaeopteryx* tek başına, koşarak atlamaktan daha az enerji tüketti. Bu nedenle, maliyet/fayda oranı göz önünde bulundurulmalı. Çünkü alınan enerjinin harcanan enerjiye değmesi lazım.

Geliştirilen modeller arasından en çok kabul gören, “Kanat Destekli Eğim Koşusu” (İng.: Wing-Assisted Incline Running “WAIR”) oldu. Bu görüş, uçmanın evrimini mükemmel bir şekilde gözler önüne serdi. WAIR argümanına göre, önkolda ve elde bulunan epidermal uzantılar (tüyler), eğik tepeleri hızlı koşmak ve ağaçları hızlı tırmanmak amacıyla destekleyici görev görüyordu. Aynı zamanda avlanmak ve avcıdan kaçmak için hızlı manevra yapmayı sağladı. Böylece yıllar boyunca ufak epidermal uzantılarla (tüylerle) seçilim gösteren omurgalı kara hayvanlarımız, artık avcılardan kaçarken veya avlanırken dik yamaçları rahatlıkla çıkabiliyordu. Bu durumda daha kuvvetli pektoral (göğüs) kasları evrimleşti ve kaslarını daha fazla kullananlar avantaj sağlayarak nesillerini aktarabildiler. WAIR açısından uçuş kabiliyetinin, kanadın şeklinden ziyade nöromüsküler kontrol ve üretilen kuvvet tarafından seçilim gösterdiği anlaşıyor. Bu

yüzden ilkin kanatların uçuştan ziyade dik yamaçlarda yardımcı itki kuvveti sağladığı öngörülüyor.



Görsel 6.3. Kuşların evrimini resmeden bir çizim. Elbette hiçbir tür kendinden bir sonra gelen türü “doğurmayacaktır”. Kitabın başında da bahsettiğim gibi popülasyonlar evrimleşir, bireyler değil. Ayrıca evrim dallanan bir süreçtir, çizimdeki gibi doğrusal değil. Fakat değişimi anlayabilmek adına güzel bir görsel (İllüstrasyon: Maija Karala).

Ardından nesiller boyunca seçim gösteren “kanat” yapılarında WAIR, yerini Bernouilli Prensibi’ne bıraktı. WAIR sayesinde dik yamaçlara tırmanan sevimli dinozorlarımız artık Bernouilli Etkisi sayesinde yamaçları tırmanmakla kalmayıp, havada mesafe katedebiliyor. Nasıl mı? Şöyle: Bernouilli Etkisi’ne göre “hava akımı artıkça, hava basıncı azalır.” Bu durumda havanın akış hızını artırabilirseniz, orada basıncı azaltırsınız. Orada basıncı azaltırsanız, aksi kısımdaki basınç daha fazla etki gösterir. İşte bu sayede günümüzdeki kuşlar uçuyorlar! Kuşları, sanki havayı aşağı itip uçuyorlar gibi görüyoruz ama böyle değil. Hatta tam tersi, yani hava sadece kanadın üstünden akıyor ve bu bir “vakum etkisi” yaratıyor. Kanat aşağı itilirken, tüylerin yapısı havanın kanadın üstünden daha hızlı bir şekilde geçişine izin veriyor ve hava üstten akıyor. Böylece kanadın üstünde düşük hava basıncı, kanadın altında yüksek hava basıncı oluşuyor. Dolayısıyla yüksek hava basıncı da doğası gereği “itme” kuvveti yapıyor. Bu sayede adeta kürek çekmeye benzer bir etkiyle “uçma” eylemi gerçekleşiyor.

Uçma eylemi için malum epidermal uzantılar gerekiyor. Çünkü düz bir epidermisle verimli bir Bernouilli Etkisi oluşturulamaz. Peki bu denli büyük epidermal uzantıların seçim göstermesini sağlayan ana unsur ne olabilir? Kitabın başından beri bahsedilen ve birçok mekanizmanın temelinde bulunan eşeysel

dimorfizm (cinsiyetler arası görünüş farkı) kapsamında cinsel (eşeyssel) seçilim oluyor. Canlılığın sahip olduğu varyasyonlar sayesinde üreme şansı bazı türlerde o kadar yükseliyor ki doğal seçilim açısından zarar sağlayabilecek renkler, desenler ve morfolojiler seçilim gösterebiliyor. Dolayısıyla tüylerin evrimi kaçınılmaz oluyor. Fakat buradaki asıl soru, cinsel seçilimin WAIR'den önce mi, sonra mı baskın geldiğidir? Yani hali hazırda gösteriş amacıyla kullanılan epidermal uzantılar (tüyler) var mıydı? Yoksa WAIR amacıyla seçilim gösteren epidermal uzantılar (tüyler) daha sonra cinsel seçilime mi hizmet etti? Muhtemelen ikisi aynı anda diğer birçok parametre ile şekillenmiş olmalı.

VII. BÖLÜM

Bilimkurgu ve Jurassic Park

Çoğumuz Michael Crichton'ın meşhur *Jurassic Park* romanından ve Steven Spielberg'in beyazperde yorumlamasından tanırız dinazorları. Madem bu kadar önemli bir yapıım, peki bu yapıımda neden birçok dinazor olduğundan farklı ve hatalı gösteriliyor? Hatta öyle ki sözü geçen dinazor türlerinin çoğu Jura Dönemi'nde bile yaşamıyordu, Kretase Dönemi'nde yaşıyordu! Ancak “Nasıl olsa film ya!” dediğınızı duyar gibiyim. Hayır, bu kadar basit değil.

Jurassic Park, bir “bilimkurgu” filmidir. Bilimkurgu yapıımları, halk arasında fantastikle eşdeğer tutulsa da özünde tamamen farklı kategorilerdir. Şöyle ki, “bilimkurgu” aslında bilimin “hayal gücüdür.” Bilimkurgu yapıımları, bilimsel temeller üzerine “kur-gulama” yapar ve gerçeklerden bağını hiçbir zaman koparmaz. Bilimkurgu filmlerinin misyonu arasında insanlara bilimsel bilgileri tanıtmak ve sevdirmek de bulunur. Bilimkurgu yapıımları (kitap, oyun, film) bilimsel bilgileri halka sevdirmenin yanında bilimsel temeller üzerine hayal kurar. Örneğin insanlar 1969'da Ay'a ilk kez ayak bastı; ancak Jüpiter'e gittikleri *2001: A Space Odyssey* (2001: Bir Uzay Macerası) filmi 1968'de yayımlandı. Yani Ay'a gitmeden 1 sene önce! İnsan türü henüz otomatik kapıları icat etmemişken, *Star Trek* (Uzay Yolu) dizisinde bunu öngörmüşlerdi! Elbette bilimkurgu efsanelerinden biri olan *Star Trek* (Uzay Yolu) sadece bunu öngörmekle kalmayıp kablosuz iletişim araçlarını, küçük taşınabilir hafıza kartlarını, elektronik tabletleri ve GPS gibi birçok teknolojik ürünü de öngörebildi.

Tutarlı gelecek öngörülerini yapan bilimkurgu yapımı sadece *Star Trek (Uzay Yolu)* de değil, *Back to the Future (Geleceğe Dönüş)*, *Minority Report (Azınlık Raporu)*, *Total Recall (Gerçeğe Çağrı)*, *Battlestar Galactica* gibi birçok yapım örnek gösterilebilir. Evet, bazı bilimkurgu yapımlarında aklımızın almadığı ve bize “fantastik” gelen unsurlar olabilir. Hatta Jules Verne’nin onlarca eserini saymıyorum bile! Bilimkurgunun babalarından sayılan Arthur C. Clarke, bu konu hakkında şu cümleyi sarf eder: “Yeterince gelişmiş bir teknoloji, sihirden ayırt edilemez.”^[10] Dolayısıyla bilimkurgu yapımları, okurlarını ve izleyicilerini sadece eğlendirmemeli, aynı zamanda hayal gücünü kullanacak fikir yürütme yeteneği de aşılmalı. Ünlü bilimkurgu yazarı Ray Bradbury’nin dediği gibi “Hayal edebildiğiniz her şey kurgu, başarabildiğiniz her şey ise bilimdir. Bütün insanlık tarihi başlı başına bilimkurgudur!”^[11]

Sivrisinek Mevzusu

Gel gelelim çocukluğumu derinden etkileyen bu fikri barındıran *Jurassic Park*’a... Michael Crichton, bu efsanevi fikrini, George Poinar Jr. adlı paleobiyoloğun çalışmalarından esinlenerek hayata geçirmiştir. Poinar Jr.’nin müthiş araştırmaları arasında 100 milyon yıl önceye ait bilinen en eski arı fosili ve Kretase’ye ait bilinen en bütün çiçek fosili vardır. Crichton, *Jurassic Park* romanını bitirmişti ancak konuyu dinozor DNA’sına nasıl bağlayacağını bilmiyordu. Poinar Jr.’nin kehribar içerisinde bulunduğu 40 milyon yıllık sineği görünce çok heyecanlandı ve bu fikre bayıldığı için, bu sinek ona ilham kaynağı oldu. İşte o andan itibaren bir efsane doğdu! *Jurassic Park*’taki düşünceye göre, kehribar içerisinde hapsedilmiş tarih öncesi bir sivrisinek bulunabilirdi! Bildiğiniz gibi kehribar (amber) içerisindeki fosil kalıntıları oldukça iyi korunur. Bu sivrisinek de milyonlarca yıl önce yaşadığı için, o dönem yaşayan hayvanlar olan dinozorların kanını emiyor olmalıydı. Dolayısıyla bilim insanları, kehribar içerisinde korunan sivrisinekten kanını izole edebilirlerse, içerisindeki hücrelerden dinozor DNA’sı ile sivrisinek DNA’sını ayırabilirlerdi!

Fakat büyük bir sıkıntımız var. Filmde kehribar içerisinde gösterilen George Poinar’ın çalışmalarından biri olan *Toxorhynchites* cinsi sivrisinektir. Muhtemelen *Toxorhynchites*

rutilus türü. Antenlerine bakıldığında erkek olduğu da anlaşılıyor... Burada ilginç olan sadece havalı ismi olan erkek bir sivrisineği olması değil. Bu cins, bilinen en iri sivrisineklerden biri, öyle ki boyutlarından ötürü diğer bir adları fil sivrisineğidir. Kehribarı keşfettikleri kareye dikkatli bakacak olursanız sivrisineğin eğik hortuma (İngilizce: proboscis) ve çatallı antene sahip olduğunu görebilirsiniz. İşte buradaki en büyük problem şu: söz konusu sivrisineğin erkek olması bir yana, *Toxorhynchites* cinsi sivrisineklerin dişileri dahi kan emmezler! Nemli ormanlarda yaşayan bu cinsler sadece karbonhidrattan zengin nektar, meyve suyu ve çiçek özsuğu ile beslenirler. Zaten bütün sivrisinekler böyle beslenir fakat çoğu dişi sivrisinek, yumurtalarının gelişimi için gerekli maddeleri kandan elde ettiğinden, kan emerek yumurtalar için gerekli besin maddelerini sağlarlar.



Görsel 7.1. Dişileri dahi kan emmeyen, iri ve zararsız böceklerden vinç sineği (*Tipula oleracea*) türü. Culicidae ailesinde sınıflandırılan sivrisineklerine aksine Tipulidae isimli ailede sınıflandırılırlar. Dolayısıyla benzeseler de sivrisinek değillerdir (Fotoğraf: Pedram Türkoğlu).

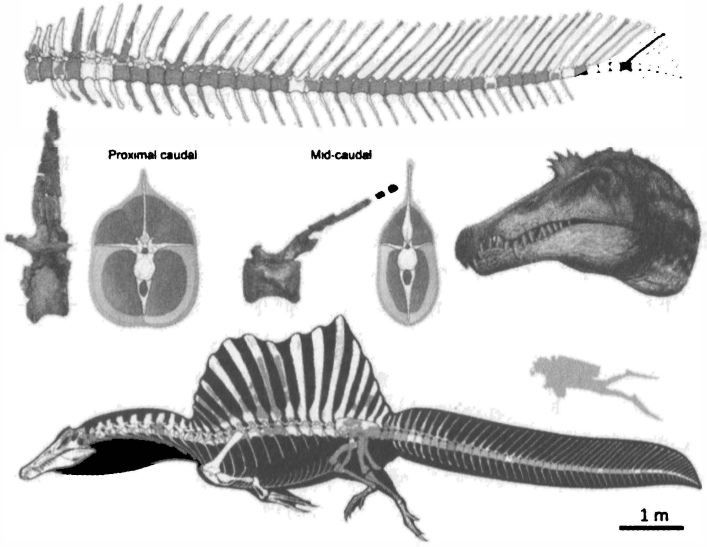
2015 yılında beyazperdeye çıkan devam filmi *Jurassic World* ise çok daha kötü bir duruma düştü. Öyle ki sivrisinek yerine vinç sineği olan *Tipula* cinsini gösterdiklerini bile fark etmediler! *Tipula* türleri birçok yerde karşılaşılabileceğiniz dev sivrisinek benzeri böceklerdir. Eminim en az bir kez evinize girmiştir. Görünüşleri ürkütü gelebilir ama tamamen zararsızdırlar. Çok

hantal uçarlar ve çok kolay av olurlar. Yapamayacakları bir şey varsa o da kan emmektir. Kan emmek için gerekli hortuma sahip bile değildirler! Evet, çok ufak bir ayrıntı; ancak biz bilim meraklıları adına keşke *Jurassic World* bu konuda biraz daha özenli davransaymış. En azından yeni filmlerde, *Paleoculicis minutus* türü gibi 2000 yılında keşfedilen Kretase Dönemi'ne ait gerçek sivrisineği fosilinden yararlanabilirlermiş. Böylece bu kadar efsanevi bir düşünceyi beyazperdeye taşıırken bilimsel detaylar vermiş olurlardı. Neyse ki *Jurassic Park*'taki sorunlar sadece entomolojik (böcek bilimi) problemlerinden ibaret değil...

Bilinen İlk Sucul Dinozor: *Spinosaurus*

Jurassic Park 3 filminde *Tyrannosaurus*'u yere sererek tacını elinden alan *Spinosaurus aegyptiacus*'u hatırlarsınız. Sırf bu sahne yüzünden hayran kitlesi bile ikiye ayrıldı. Bir tarafta *Tyrannosaurus*'u savunanlar; diğer tarafta ise *Spinosaurus*'u savunanlar. Gerçekte *Tyrannosaurus* ile *Spinosaurus*'un savaşı, bir aligatör ile bir gavyalin savaşına benzerdi. Amerika aligatörü 250 kg'a ulaşabilen iri ve kompakt bir vücuda sahip kuvvetli çeneli bir etçilken; timsahların en uzunlarından biri olan gavyal ise 130 kg'a ulaşan bilen ince ağızlı devasa bir balıkçıldı. Eğer zehriniz veya dikeniniz yoksa, doğada kütlenin en önemli saldırma ve savunma aracı olduğunu ele aldığımızda, fiziksel açıdan *Spinosaurus*, *Tyrannosaurus* gibi bir cinsle –su içerisi haricinde– baş edemezdi.

Ayrıca şunu da belirtmek lazım, *Spinosaurus* yaklaşık 112 milyon yıl ila 93 milyon yıl öncesine denk gelen Orta Kretase Dönemi'nde, Afrika kıtasında yaşıyordu. Diğer yandan *Tyrannosaurus* ise yaklaşık 80 milyon yıl ila 66 milyon yıl öncesine denk gelen Geç Kretase Dönemi'nde Kuzey Amerika kıtasında yaşadığı düşünülüyor. Aslında kesin kanıtlar, *Tyrannosaurus*'un 70-66 milyon yıl önce gibi kısa bir zaman aralığında yaşadığını gösteriyor. Ancak dolaylı bulgular, yaşadığı dönemin 80 milyon yıl önceye varabileceğine işaret ediyor. O döneme (Kretase) kıtasal açıdan baktığımızda, kuzeydeki Lavrasya ile güneydeki Gondvana süperkıtası ayrı halde bulunduğundan doğal şartlar altında *Tyrannosaurus* ile *Spinosaurus* cinslerinin karşılaşmaları mümkün değildi.

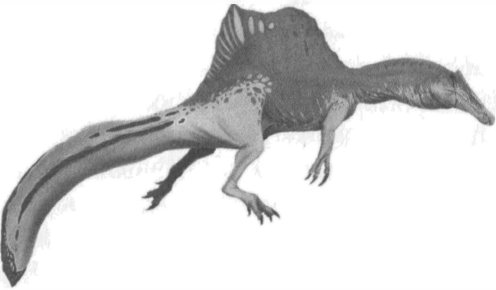


Görsel 7.2. Bilinen ilk sucul dinazor cinsi *Spinosaurus* (Kaynak: Marco Audatore/Gabriele Bindellini/Davide Bonadonna).

Uzun yıllar boyunca non-avian dinazorların sadece karada yaşadığı düşünülüyordu. Burada “non-avian” anlamı, kuş olmayan dinazorlar olduğunu hatırlayınız. Çünkü kuş olan avian dinazorlar içerisinde penguen gibi üyeler günümüzde sucul yaşantıya uyum sağlamıştır. Tarihsel olarak baktığımızda bazı sauropodların bataklık ve sucul ortamda yaşadığı öne sürülmüştü fakat yıllar öncesinde bu fikir yanlışlandı.^[12] Yaklaşık birkaç yıldır da Spinosauridae üyelerinin yarı-sucul habitatlarda yaşamış olabileceği öne sürüldü. Fakat gerek anatomik, gerekse biyomekanik açıdan ciddi kanıtlar sunulması gereken bir argümandı. İşte bu son (2020) çalışma, kesin bir şekilde söz konusu argüman lehine kanıtlara sahip!^[14] *Spinosaurus aegyptiacus* türünün anatomik tanımı, 2014 ve 2020 yıllarında yapılan çalışmalardan ötürü çok büyük iki değişim yaşadı. 2014 yılındaki yeni bulgulara göre *Spinosaurus* hiç de *Jurassic Park* 3'teki gibi değildi! Kemikleri yoğundu. Burun delikleri üst gerideydi. Bacakları kısa ve güçsüzdü. Ağırlık merkezi önde olduğu için karada çoğu zaman 4 ayak üzerinde yürüyen (gerektiğinde 2 ayak üzerinde yürüyebilen)

bir türdü. Burun deliklerinin tıpkı balinalar ve yunuslara benzer olarak teropod akrabalarına nazaran daha geride konumlanması, onun yarı-sucul hayata uyum sağladığına işaret ediyordu. Ayrıca sırtındaki karakteristik yelkeni oluşturan omurların inanılmaz uzunluğa sahip spinoz çıkıntılarıydı. Söz konusu yelkenin işlevi tam olarak anlaşılmış değil ve muhtemelen birden fazla işlevi vardı.

İlk olarak 1997’de *Journal of Paleontology*’de yayımlanan çalışmada, *Spinosaurus*’tan birkaç milyon yıl önce yaşamış dev otobur *Ouranosaurus*’a dikkat çekildi. Bu devasa otoburun da benzer ama daha kısa spinoz çıkıntıları vardı. Paleontolog Jack Bowman Bailey’nin fikrine göre bu yapılar bizonların kambur sırtlarına benzer bir yağ deposu görevi görüyordu. Yani Bailey’in argümanına göre *Spinosaurus*’un bu yelkenimsi yapısı kemiksi değil, üstü yağ ve deriyle kaplıydı. Bu sayede kuru ve sıcak iklimlerde “ısı kalkanı” işlevi görüyor olabilirdi. *Spinosaurus*’un yaşadığı sulak habitatları göz önünde bulundurunca pek kabul görmedi. Diğer paleontologlar yelkenin, sıcaklık düzenleyici bir nevi “termoregülasyon” görevi olduğunu dile getirdi. Fakat spinoz çıkıntılarının yoğun ve damardan yoksun olduğu anlaşıldı. Damardan yoksun bir yapının sıcaklık alışverişi yapması pek beklenmez. *Spinosaurus* üzerinde uzun yıllar boyunca çalışan paleontolog Nizar İbrahim’in görüşüne göre bu yelkenler devasa bir cinsel seçilim aracıydı!^[14] Su içerisinde yüzerken köpek balığı gibi dışarıdan belli oluyor, karşı cinsiyete canlının yaşı ve cinsiyeti hakkında bilgi veriyor olabilirdi. Üstüne bir de desenlerle kaplıysa tam bir eş seçme mıknatısı olması muhtemel. Keza rakiplerine de gözdağı vermesini sağlıyor olabilirdi.



Görsel 7.3. Son analizler (Nisan 2020) ışığında bilimsel olarak tutarlı resmedilmiş sucul dinozor olan *Spinosaurus aegyptiacus* türü. (İllüstrasyon: Gustavo Monroy-Becerril).^[15]

Sonraki büyük çalışma da 29 Nisan 2020’de yayımlandı. Nizar İbrahim ve ekibinin *Nature*’da yayımladığı çalışmada yeni bir *Spinosaurus* kuyruğunun analizleri anlatıldı! Fazlasıyla heyecan verici bir olayla karşılaştılar.^[15] Omurlarındaki kemik çıkıntıları beklenilenden çok daha uzundu! Aslında *Spinosaurus aegyptiacus* türü, su kenarlarındaki ekoton (iki biyomun birleşim) bölgelerinde yaşayan bir yarı-sucul etçil olmaktan çok daha öte, tamamen su hayatına uyum sağlamış dev bir teropoddu! Bu gelişme sayesinde dinazorlar içerisinde sucul bir türün varlığı doğrudan kanıtlanmış oldu! (Deniz sürüngenleri dinazor değildir).

Araştırma kapsamında *Spinosaurus aegyptiacus*’un kuyruk omurları biyomekanik ve anatomik açıdan ayrıntılı olarak analiz edildi. Görüldü ki yakın akrabalarına göre son derece uzun nöral çıkıntılar ve uzunlamasına bir hal alan chevron (sinir ve damarları koruyan kemik çıkıntısı) yapıları mevcuttu. Dolayısıyla bu kemik yapılarına tutunan kasların, kuyruğa ne kadar güçlü bir lateral (sağa ve sola) hareket kabiliyeti sağladığı anlaşıldı. Yani *Spinosaurus*’un kuyruğu su içerisinde müthiş bir şekilde yüzmesini ve manevra yapmasını sağlıyordu! Buna benzer akuatik (sucul) adaptasyonlar diğer Spinosauridae üyelerinde de olmalı. Ayrıca oldukça makul bir açıklama olan sırtındaki yelkeni, yelken balığına benzer şekilde suda manevra yapmak için kullandığı fikri tekrardan gün yüzüne çıkmış oldu. En önemlisi ise sucul coğrafyalara milyonlarca yıl boyunca dinazorların da hükmetmiş olması!

Tüm bu bulgulara rağmen, 7 Ocak 2021 tarihinde söz konusu modelin aksini savunan yeni bir çalışma yayımlandı. Tespit edilen diş fosillerindeki kimyasal analizler, kendilerinin sıklıkla balık ve kıyı omurgasızları ile beslendiklerine işaret ediyor.^[13] Yani aktif bir yüzücüden ziyade, balıkçıl veya leylek gibi kıyıda ya da sığ sularda avlanan bir canlı olmaları mümkün! Sanırım uzun bir süre gizemini korumaya devam eden bir tür olacak...

VIII. BÖLÜM

Raptor Efsanesi

Michael Crichton, *Jurassic Park* kitabını 1980'lerde yazmaya başladı. Malum o tarihlerde paleontoloji alanında bugünkü kadar ilerleme kaydedilmemişti. Sahip olunan bilgiler ise internetin olmamasından ötürü kolay ulaşılabilir ve bu denli popüler değildi. Dolayısıyla kitabın yazılış tarihini göz önünde bulundurduğumuzda, hatalı bilgiler göz ardı edilebilir. Fakat *Jurassic World* (2015) için aynısı söylenemez...



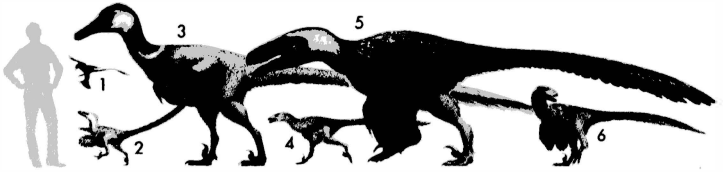
Görsel 8.1. Bilimsel açıdan tutarlı bir *Velociraptor mongoliensis* rekonstrüksiyonu (İllüstrasyon: Frederic Wierum).

Filmlerdeki Hatalı Raptorlar

Tarih öncesi canlılar söz konusu olduğunda akla gelen ilk isimlerden birisi *Velociraptor* cinsidir. Gerek beyazperdede ger-

ekse kitaplarda sıkça konu oldular. Çoğumuz Michael Crichton'ın *Jurassic Park* romanından ve meşhur beyazperde yorumlamasından tanırız kendisini. Fakat gerçekte *Velociraptor*, filmlerde gösterildiğinden çok daha farklıdır. Peki gerçekten nedir bu isime sahip canlı? Ne değildir?

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) <i>Microaptor gui</i> | 4) <i>Dromaeosaurus albartensis</i> |
| 2) <i>Velociraptor mongoliensis</i> | 5) <i>Utahraptor ostrommaysorum</i> |
| 3) <i>Austroraptor cabazai</i> | 6) <i>Deinonychus antirrhopus</i> |



Görsel 8.2. Dromaeosauridae ailesindeki bazı ünlü üyelerin boyutları ve görünüşleri (İllüstrasyon: Frederic Wierum).

Velociraptor'lar 4. bölümde bahsettiğimiz Saurischia takımının Theropoda alt takımı dahilinde “Dromaeosauridae”, yani “Raptorgiller” veya kısaca “raptorlar” ailesinin bir üyesi olarak sınıflandırılırlar. *Jurassic World* veya *Jurassic Park* filminde *Velociraptor* olarak adlandırılarak gösterilenler, aslında *Deinonychus antirrhopus*, *Achillobator giganticus* veya *Utahraptor ostrommaysorum* olarak isimlendirilmesi gereken dinozorlardır. Boyutlarına ve uzunluklarına bakılırsa esasen *Achillobator* olarak diyebilirim. Çünkü filmlerde gösterilenlere göre *Deinonychus* daha küçük, *Utahraptor* ise daha büyük kalacaktır. Gerçi filmlerdeki daha çok iki ayaklı etçil bir iguanaya benziyor ama neyse...

Gerçekte *Velociraptor*'lar, bir tavuktan daha büyük, hindi veya orta boyutlu bir köpeğe denk büyüklükte görülebilecek kuş benzeri hayvanlardır. Bunlar, ince boyunlu, ince bacaklı, dar kafataslı ve kuşkusuz “tüylü” canlılardır! Kendilerinin insan boyunda olmalarını geçtim, tüsüz olmaları bile imkânsızdır. Neden

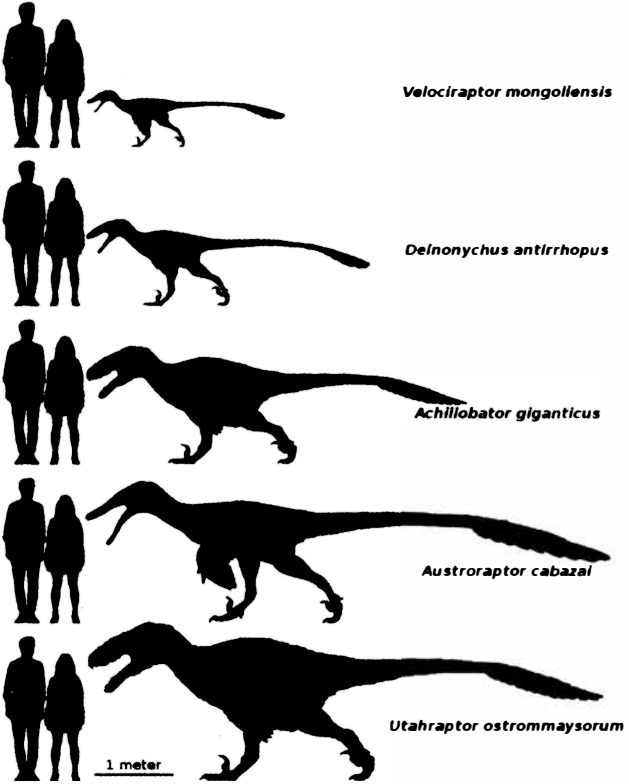
mi? Çünkü ulna isimli önkol kemiklerinde tüy köklerinin bağlı olduğu delikler gözlenmiştir! Ayrıca, *Sinornithosaurus* ve *Zhenyuanlong* adlı çok yakın akrabalarında tüyler doğrudan gözlemlenmiştir! Tutarsız olan sadece tüysüz olmaları değil, aynı zamanda kafataslarının çok geniş olması, boyunlarının kısa olması ve avuç içlerinin yere bakması da tutarsız. Yani anatomik olarak gerçeği yansıtmıyorlar.

Filmlerde gösterilen raptorları inceleyelim: Misal *Deinonychus antirrhopus*, yaklaşık 3 metre uzunluğuna ve 120 kg ağırlığına ulaşabilir. Filmlerde gösterilen raptorlar için biraz küçük kalıyor. Fakat romanın yazarı Michael Crichton, dinozoru yazarken *Deinonychus*'u keşfeden paleontolog John Ostrom ile görüşüp çalışmalarından yararlanmıştı. Hatta film ekibi de dinozoru modellemek üzere Ostrom'un çalışmalarını istemişti.

Ancak anatomik açıdan baktığımızda *Achillobator giganticus* yaklaşık 5 m uzunluğa ve 300 kg ağırlığı ile filmlerde modellenen dinozorlara çok daha fazla uyuyor. Ne yazık ki 2000 yılına kadar bu tür daha tanımlanmamıştı... Paleontologlar bu türün pelvis (leğen kemiği) yapısını incelediklerinde, kimerik (İngilizce: chimeric) bir takson olabileceğini sandılar. Kimerik, birkaç farklı türün aynı kazı alanında bulunmasına bağlı olarak, aslında var olmamış orantısız bir "hibrit canlı" tasvir edilmesi demektir. Örneğin omurga başka bir türe ait iken, kafatası başka bir türe aittir. Hal böyle olunca bilimsel açıdan tanımlanan tür aslında gerçeği yansıtmıyor olacaktır. Adı, Yunan mitolojisinde tek bir vücutta çeşitli canlıların kimi uzuvlarına sahip, ağzından ateş püskürten yaratık "Kimera"dan gelmektedir. Fakat bulunan örneklerin aynı renk tonunda olması ve eklem yapılarının birbiriyle uyumlu olması tekrardan bu hipotezi çürüttü. Sonuçta anlamlı bir tür olduğu teyit edildi. Fakat Michael Crichton'ın romanı bitirmesinden çok sonra gerçekleşen olaylar bunlar.

Öte yandan *Utahraptor ostrommaysorum* ise 7 m uzunluğa ve 500 kg ağırlığa ulaşabildiği için, söz konusu raptorlar için fazlasıyla büyük oluyor. Hatta bu canlı bilinen en iri raptordur! Tabii 5 metre yüksekliğe, 8 metre uzunluğa ve 1.5 ton ağırlığa sahip *Gigantoraptor* adında devasa bir non-avian dinozor daha var. Ancak *Gigantoraptor* oviraptorlar ile yakın akraba olan başka bir ailede sınıflandırılıyor, meşhur "raptorlar" ailesinde değil.

Sadece isim benzerliği diyebiliriz. Sonuçta “raptor” kelimesinin anlamı “yırtıcı kuş”.



Görsel 8.3. Dromaeosauridae ailesindeki meşhur “raptor” türlerinin bilimsel açıdan tutarlı boyutları (İllüstrasyonlar: Scott Hartman).

Son çalışmalar ışığında yaklaşık 134 milyon yıl önce yaşamış en iri raptor olan *Utahraptor ostrommaysorum* türünün, aslında kuzenleri gibi sanıldığı kadar çevik olmadığı anlaşıldı. 2010’da *Utahraptor*’un eksik kısımlarını tamamlamak için *Achillobator* ve *Deinonychus*’tan yararlanılmıştı. Uzun zamandır *Utahraptor* cinsinin biyomekaniği ve anatomisi üzerinde çalışan Scott Hartman, Jim Kirkland, Mark Loewen ve ekibi, yeni *Utahraptor*’un yeni rekonstrüksiyonu yayımladı. Yeni *Utahraptor*, fazlasıyla

hantal, kaba ve tuhaf görünmekteydi! Kuyruk uzunluğu eskisine nazaran azaltıldı ve kuyruk omurlarının diğer raptor türlerinden daha hareketli olduğu kanısına varıldı. Gövdenin uzunluğu daha kısaydı fakat güçlü sırt kasları tarafından desteklenen uzun omurları vardı. Bu yüzden hafif “kambur” görünüyordu. Bacak kemiği (tibia) müthiş bir kalınlığa sahipti. Bu da demek oluyor ki avını öldürmek için bacak kuvvetinden yararlanıyor olmalıydı. Açıkça uzun mesafe açısından hızlı bir koşucu değil; son derece sağlam ve dayanıklı bir yürüyüşçüydü. Keza çene kuvveti de *Velociraptor* ve *Deinonychus* gibi kuzenlerinden daha fazla olmalıydı! Bu yeni fikir, BYU’dan alınan numunelere, örnek numuneye ve saha alanındaki bazı unsurlara dayanmaktadır.



Görsel 8.4. Bilimsel açıdan tutarlı bir *Deinonychus antirrhopus* türü. Avuç içlerinin birbirine baktığı, pronasyon (avuç içinin aşağı bakması) pozisyonunda olmayan ellerine dikkat edin. Aksi takdirde kırılmış olurdu (İllüstrasyon: Frederic Wierum).

Şimdi detaylara filogenetik açıdan yaklaşalım. Lafı geçen bütün raptor türleri “tüylüdür!” Zaten önceden de bahsettiğimiz gibi “raptor” kelimesinin kökeni “yırtıcı kuş” demektir. Bu hatanın yapılmasının ana nedeni, Steven Spielberg tarafından film ilk kez hazırlanırken *Deinonychus* olduğu sonradan anlaşılan bir dinosor fosilinin, paleontolog Gregory S. Paul tarafından *Velociraptor* ismiyle kategorize edilmesidir. Ancak bu, durumu kurtarmıyor. Çünkü filmde de kitapta da yapılan kazılar ABD’nin Montana eyaletinde geçiyordu. O zamanlarda söz konusu bölgede keşfedilen raptorların hiçbiri *Velociraptor* değildi; hepsi *Deinonychus* olarak biliniyordu. Bu da demek oluyor ki ismin daha havalı

olması adına orijinal seride de yeni filmde de “*Velociraptor*” tercih edildi. Evet, gerçekten de bu durum itiraf edildi ve daha ilgi çekici bir isim olduğu için tercih edildiği anlaşıldı. Fakat *Achillobator* da havalıdır. İsmi, iri tibia (bacak) kemiği nedeniyle Yunan savaşçı *Achilles*’a ithafen verildi. -*bator* “savaşçı” ve “kahraman” anlamına gelmektedir.

Micheal Crichton, 1980’lerde *Jurassic Park*’ı yazarken, *Achillobator* fosili daha yeni keşfedilmişti ve *Velociraptor*’un büyük bir türü veya varyantı (aynı türün farklı çeşidi) olduğu tahmin ediliyordu. Henüz yeni bir cins oluşturmaları gerektiği netleşmemişti. Çünkü fosillerin keşfedilir keşfedilmez tanımlanması mümkün olmuyor. Diğer fosiller ve taksonlar ile karşılaştırılıp, analiz edilmesi gerekiyor. Bu da yıllar sürebiliyor! *Velociraptor*’da bile tüy izlerinin keşfi ile tüy varlığının net olarak doğrulanması arasında yaklaşık 10 yıl bulunmaktadır. Ayrıca film ve kitaplar, Gregory S. Paul adındaki paleontoloğun tasarladığı farklı bir taksonomiye takip ediyordu. Gregory, *Velociraptor*’u birçok raptor (*Dromaeosauridae*) türünü barındıran bir cins olarak düşünüyordu. İşte bu yüzden *Jurassic Park*’taki “zeki kızlarımız” biraz fazla büyük, anatomik olarak orantısız ve tüysüz. Ancak bu yine de *Jurassic World* için bir bahane değil...

Pronasyon ve Supinasyon Hareketi Nedir?

Jurassic Park’ın yapım süreci bittiğinde *Utahraptor* henüz keşfedilmişti. Hatta pratik efekt ve kostüm ekibinin kurucusu olan Stan Winston’ın “*Paleontologlar keşfedemedi, ben yarattım!*” şeklinde güzel bir esprisi dahi vardır. Ancak boyutu ve tüyleri elediğimizde pronasyonlu (avuç içi yere bakan) elleri, vücut oranları ve kafataslarının yapıları yine de hatalı.

Öncelikle bu hareketlerin ne olduğunu tanımlayalım. Anatomide pronasyon, avuç içinin yukarı bakması; supinasyon ise avuç içinin yere bakması demektir. Baş harflerinden supinasyonu “su içmek” ve pronasyonu “para vermek” gibi aklınızda tutabilirsiniz. Şöyle düşünün, musluktan su içerken avuç içinizi yan yana getirip içine su dolmasını sağlarsınız ya, işte o zaman avuç içleriniz yukarı bakar (supinasyon). Tam tersi, birine para verirken parmaklarınızla tuttuğunuz bozuk parayı avuç içiniz yere

bakar bir şekilde uzatırsınız, işte o zaman da el bileğinde pronasyon yapmış olursunuz. Bu hareketler önkol kasları tarafından gerçekleştirilir. Dolayısıyla önkol, bilek ve dirsek eklemlerine bakılarak bir canlının kemiklerini nasıl hareket ettiği anlaşılabilir.



Görsel 8.5. Paleontolojik bir söyleme göre “Raptorlar tıklayabilen değil, alkışlayabilen ellere sahipti.” Ellerin ve bileklerin pozisyonunu gösteren bir çizim. Tüylenme embriyolojik zamanda ilk olarak parmaklardan başladığı için bileklerden itibaren tüylenme bilimsel olarak tutarlı değildir. Keza kemiklerdeki tüy deliklerinin konumları da bunu gösteriyor (Çizim: Bita Türkoğlu).

Kuşlarda görüldüğü kadarıyla bilek kemikleri, pronasyon yapmasını (avuç içinin aşağı bakması) engelliyor. Bu yüzden el ayası, yere değil alkışlamaya benzer olarak sürekli birbirine ve mediale (vücut merkezine) dönüktür. İşte bu yüzden kuşlar dinlenme pozisyonunda ellerini (kanatlarını) vücutlarının yakınında tutarlar.

Pronasyon, ön kolun radioulnar eklemleri adı verilen bir bilek ekleminde yapılır. Primatlarda bilek ve dirsek eklemlerinin işlevselliği nedeniyle herhangi bir kısıtlanma yaşanmaz. Fakat teropodlarda radius kemiğinin sonu, ulna kemiğinin yanında kilitlenir. Bu yüzden hareket de kısıtlanır. Aynı hareket kısıtlaması torunları olan kuşlarda da geçerlidir. Çünkü bu canlılar kol ve göğüs kasları açısından seçilime tabi tutulmuşlardır. Güçlü göğüs

kaslarına sahiptirler ve evrim ekonomisi gereği kullanılmayan dokular körelmek zorundadır. Aslında “körelmek” denildiğinde halk arasında sadece “işlevsizlik” anlaşıyor. Halbuki evrimsel biyolojide körelmek, atasal işlevden farklı bir işlev kazanması veya işlevsiz olması demektir. Yani her zaman fonksiyonsuz olması gerektiği anlamını taşıyor.

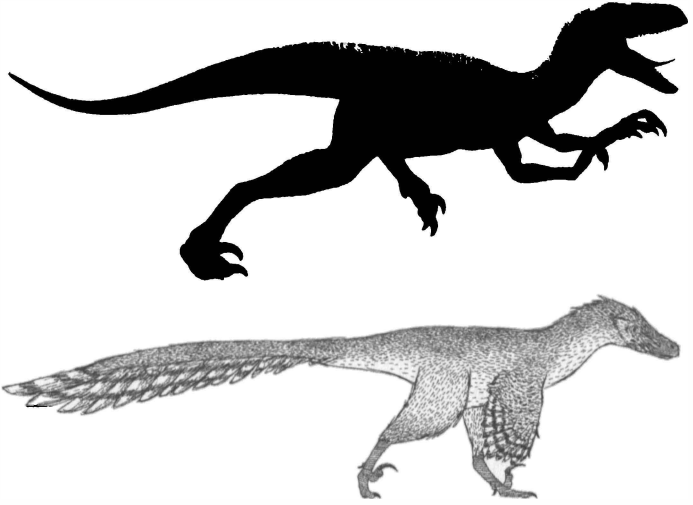
Kuşların yoğunlaştığı asıl özellik uçuş ve süzülme işlevi olduğundan bilek eklemleri üzerinde herhangi bir seçim baskısı bulunmaz. Avuç içlerini yere baktırmak için yapmaları gereken hareket, kuşların kanatlarını açmasına benzer olarak kolları yanlara (laterale) doğru kaldırmaktır. Ancak kollar yanlara kaldırılarak, eller açılabilir ve avuç içi aşağı yöne bakabilir. Bu hareket dışında hiçbir şekilde avuç içi yere bakamaz! Aksi takdirde dinozorun bileği kırılır!

Bilimsel Açıdan *Velociraptor*

Bu hatalara bahane olarak filmdeki kurgusal biyoteknoloji ve genetik şirketi olan InGen’in kehribardaki sivrisinekten izole ettikleri DNA’nın genetik mutasyonlarını ya da kullandıkları amfibiye DNA’sı üzerinden oluşan varyasyonları öne sürüyorlar. ^[16] Filmin konusuna göre şirket bilerek ve isteyerek dinozorları bu şekilde orantısız ve tüysüz yaratıyor. Yani evet bahaneler bulunabilir; fakat *Jurassic Park* (1993) üzerinden 20 yıldan fazla geçmesine rağmen *Jurassic World* (2015) filminin yönetmeni ve senaristleri bu tür bilimsel ayrıntılara neden özen göstermiyor? Klasik serinin kalıplaşmış karakterlerini bozmamak için mi? Peki kalıplaşmış karakterler gerçeklerden daha mı değerlidir?

Filmdeki *Velociraptor* sesi için kaz, at ve çiftleşen kaplumbağa sesleri kullanıldı. Gerçekte *Velociraptor*’un sesinin muhtemelen balaban (*Botaurus stellaris*) ile Steller deniz kartalı (*Haliaeetus pelagicus*) karışımı olduğu düşünülüyor. Bunlardan ilki, kafatası bakımından dinozorlara oldukça yakın bir kuş türüdür; ikincisi ise, *Velociraptor* benzeri bir yırtıcı kuştur (İngilizce: raptor). Elbette henüz srinks (syrinx) ismi verilen memelilerdeki larinks (gırtlak) karşılığı korunmuş halde keşfedilmediği için, burun boşlukları, iç kulakları ve kafatasları üzerinde yapılan bilimsel çalışmalarla sesleri tahmin edilmeye çalışılıyor. Yani bilimsel yöntemlerin göster-

diği *Velociraptor*’ların muhtemelen “gık gık gık gık” ve “lak lak lak lak” gibi kesik ve boğuk bir kaba kuş sesi çıkarttığı.



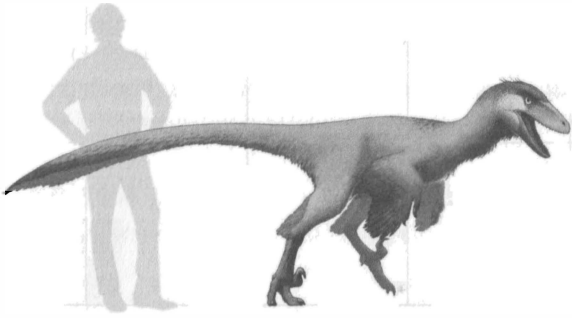
Görsel 8.6. Jurassic Park için modellenen bir *Velociraptor* (üstte) ve bilimsel verilerden yararlanarak çizilen model (altta) (Görsel: Wikimedia & Pixabay).

Çoğu izleyici filmlerde gördüğu bilgileri sorgulamadan benimser. Zaten bilimkurgu filmlerinin en önemli özelliklerinden birisi de bilimsel bilgiler vermesidir. Emin olun çoğu insan, paleozooloji (tarih öncesi hayvan bilimi) hakkında edindiği bilgileri *Jurassic Park* serisinden almıştır. Yine de neden aynı hatalar yapılmaya devam ediliyor? Ya da buna “hata” demek ne kadar doğru? Çünkü yeni yönetmen Colin Trevorrow’un, *Jurassic World* için şöyle bir açıklaması var: “Bizim dinozorlarla ilgili bilgilerimiz sürekli gelişecek. Bu değişimi senaryolara uydurmak zor olacaktır. Bu yüzden başladığımız gibi yola *InGen*’in yarattığı dinozorlarla devam etmek daha uygun olur.” Ancak bu, tamamen yanlış bir yaklaşımdır! Çünkü *Indominus rex* ve *Indoraptor* gibi yeni türler zaten filmlere ekleniyor. Yani seri, sabit bir çizgi üzerinde ilerlemedi ki değişime kapalı olsun? Daha da önemlisi, insanlar bilimsel bilgileri böyle bilimkurgu serilerinden öğreniyor

ve bunlar birçok meraklıya ilham kaynağı oluyor. Küçükken ben de tarih öncesi hayvanlar (paleozooloji) hakkındaki çoğu bilgimi bu serilerden edindim. Dolayısıyla bilimsel keşiflerle doğru orantılı olarak dinozorları tüylü yansıtmak en doğrusu olacaktır! Çünkü gerçek bilgiler ve bilimsel çalışmalar bu yöndedir. Adı üzerinde “bilim”kurgu... Gotthold Lessing’in deyimi ile “*Gerçeği aramak, onu elde etmekten daha kıymetlidir.*”^[17] Zaten dinozorların tüylü olması, onların karizmasına hiçbir şekilde leke sürmez. Aksine daha da muhteşem ve görkemli kılar. Çünkü bildiğimiz kadarıyla “gerçeğe en yakın” olan budur.

Şimdi *Jurassic Park*’ta gösterilen *Velociraptor* dış görünüşünü tamamen unutmanızı istiyorum. Çünkü tek sorun, tek bir dinozorun isimlendirmesi bile değil. Filmin adı bile bu konuda yanıltıcı içerikte... “Jurassic” Park isminden yola çıkarak, bu dinozorların Jura Dönemi’nde yaşadığını tahmin edebilirsiniz. Ancak bu da hata olacaktır. Çünkü yaklaşık olarak 85,8 milyon yıl ile 71 milyon yıl öncesine denk gelen Geç Kretase Dönemi’nde yaşadılar. Soğukkanlı bir kertenkele değil, ılıkkanlı bir tüylü non-aviandırılar. Peki seriyi bu denli gömdükten sonra, bu hatalar *Jurassic Park* efsanesine leke sürer mi? Kesinlikle hayır! *Jurassic Park* efsanevi kült bir bilimkurgu filmi olarak adını altın harflerle tarihe kazımıştır.

İsim aslında çok önemli değil; çünkü örneğin *Achillobator* olarak bilinen ve *Velociraptor* cinsine kıyasla filmdekilere kat kat benzeyen tür, ilk filmin yapılmasından sonra keşfedilmişti. Dolayısıyla bu hata kabul edilebilir. Asıl sorun, bu dinozorların dış görünüşlerinin kritik bir şekilde hatalı olmasında yatıyor. Sözü geçen 3 raptor da diğer tüm maniraptoran teropodlar gibi tamamen tüylerle kaplıydı! Steven Spielberg yine affedilebilir çünkü o zamanlarda bu bilinmiyordu. Ancak 2015 yılında vizyona giren *Jurassic World* için bu hata pek kabul edilebilir değil. Zira sayısız dinozorda tüylerin keşfi, günümüzdeki kuşlar ile dinozorlar arasındaki evrimsel köprüyü tartışılmaz bir şekilde kuran, paleontolojide çığır açan bir keşiftir. Bunun filme yansıtılması, bunca bilim insanının emeğine hoş bir göz kırpmadır olurdu. Aynı şekilde bu bilgiler de topluma doğru bir şekilde yansır. Bilim anlatıcılığının desteklenmesi ve teşvik edilmesi sağlanırdı.



Görsel 8.7. Bazı evrimsel analizlere göre Troodontidae isimli bir diğer tüylü dinazorlar ailesi, Dromaeosauridae (Raptorgiller) ailesinden bile kuşlarla daha yakın akrabalık ilişkisine sahiptir. Troodontidae ailesindeki en büyük üye olan *Latenivenatrix* cinsi (İllüstrasyon: Frederic Wierum).

Günümüzde her yanımızda yaşayan kuşlar, doğrudan bu filmlerde gördüğümüz canlıların kuzenlerinden evrimleşti! Yani kuşlar aslında avian dinazorlardır! Şimdiye kadar bulunan *Velociraptor* fosilleri içerisinde *V. mongoliensis* ve *V. osmolskae* olmak üzere 2 farklı tür tespit edilebilmiştir. Kolları ve tüyleri *Deinonychus antirrhopus*'tan da gördüğümüz gibi uçmak için oldukça yetersiz. Bu yüzden tüyleri uçmaktan ziyade aerodinamiklik ve çeviklik kazandırıyordu. Aynı zamanda 6. Bölümde bahsedildiği gibi cinsel seçilime büyük katkıları olduğu, kuluçkaya yatarken izolasyon sağladığı, vücut sıcaklığını düzenlemek üzere termoregülasyon görevi gördüğü ve avcılarına/rakiplerine güç gösterisi yapmaya yaradığı düşünülmektedir. En başta ise cinsel seçilim olması muhtemel. Cinsel seçilim hakkında *Westworld* (2016) isimli bilimkurgu yapımında hoş bir betimleme vardır. Yine *Jurassic Park*'ın yazarı olan Michael Crichton yönettiği ve yazdığı orijinal *Westworld* (1973) filminden esinlenilmiştir. Jonathan Nolan ve Lisa Joy tarafından dizi olarak yeniden uyarlanan *Westworld* (2016) dizisinde Dr. Robert Ford'un cinsel seçilim ve insan zekâsının, tavus kuşuyla özdeşleştirdiği muhteşem repliği şöyle:

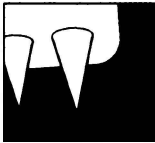
“Bir zamanlar insan zekâsının tavus kuşu tüyleri gibi olduğunu duymuştum. Bir eş seçmek için fazlaya kaçmış bir görüntü sadece.

Tüm o sanat, edebiyat, Mozart, Shakespeare, Michelangelo, Empire States Binası... Yalnızca eşleşme çağrısı. Belki de en temel arzular için bu kadar şey başarmış olmamız önemli değildir. Tabii tavus kuşu uçamıyor bile, çamurda yaşayıp böcek gagalıyor ve muhteşem güzelliği içinde kendini tatmin ediyor.”^[18]

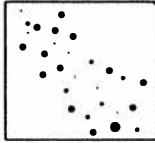
Timsah (dudaksız)



Tırtıklı kemik yüzeyi

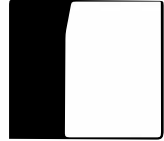


Köşesiz çene

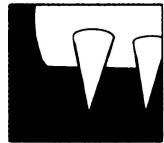


Sık ve dağınık delikli kemik

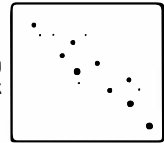
(dudaklı) Kertenkele



Daha düz kemik yüzeyi



Köşeli çene



Seyrek ve sıralı delikli kemik

Görsel 8.8. Dudakları olan ve dudakları olmayan iki sürüngenin kafatası şemalarının karşılaştırılması. *Velociraptor*'un kafatası, sağ tarafta gösterilen dudaklı kertenkeleyle benzerlik taşıyor. Dolayısıyla *Velociraptor*'ların ağızları kapalıyken dudaklarla örtüldüğü için dişleri görünmüyor olmalıydı (Görsel: Pedram Türkoğlu).

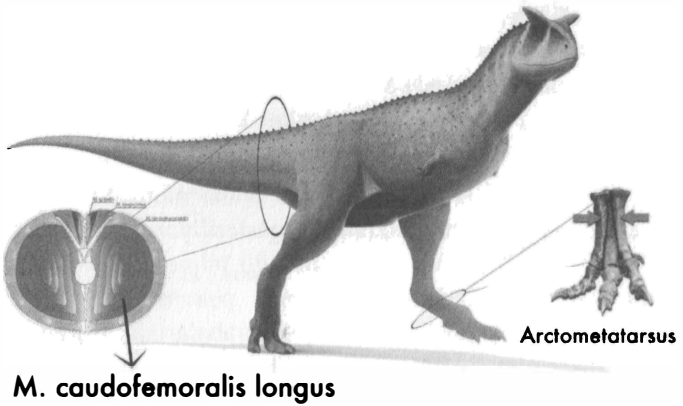
Boyutlarına gelirse yetişkin bir *Velociraptor*, yaklaşık olarak bir hindi büyüklüğündedir. Ağırlığı 15-20 kg civarlarında, uzunluğu 2 m ve yükseliği ise 45-50 cm civarındadır. Kafatası diğer raptor türlerine göre biraz daha uzun ve incedir. Kafatasında burun biraz gerisinde ufak bir çöküklük vardır. Bu da tipik “*Velociraptor* kafatası” görünümü verir. Boynu S, biçimindedir. Etçidir, jilete benzer dişlerinin arkası ön taraflarına göre tırtıklı ve keskindir. İkinci parmağı diğerlerinden büyük olan keskin tırnaklı büyük bir ele (manus) sahiptir. Bilek (carpal) kemikleri kuşlarınkine aşırı benzerlik gösterir.

Çoğu teropod 3 ayak parmağı üzerinde yürür. Fakat raptorlar iki ayak parmağı, yani 3. ve 4. ayak parmakları üzerinde (didaktıl)

yürürler. Çünkü 2. ayak parmağı erekte pozisyonda, tırnağı saplamak için özelleşmiştir. 2. ayak parmağındaki yaklaşık 6.5-9 cm'ye ulaşan kıvrımlı keskin pençesi avına kenetlenmesini sağlar. Fosilleşen kemik kökünden tırnağı oluşturan keratin kılıfı tahmin etmek zor olduğu için meşhur pençesinin tam olarak ne kadar uzunlukta olduğu bilinmiyor.

Filmlerde *Velociraptor*'ların adeta motosiklet hızlarına yetişen müthiş koşucular oldukları gösteriliyor. Bilimsel açıdan incelendiğinde, hızlı bir koşucu olduğu bilinen *Carnotaurus*'un aksine Dromaeosauridae üyelerinin pek de iyi koşucular olmadıkları, en azından Troodontidae akrabalarına nazaran pek de iyi koşucular olmadıkları görülüyor. Karşılaştırmalı anatomi bulgularına göre maraton koşucularından ziyade kısa mesafede iyi hızlandıkları tahmin ediliyor.

Carnotaurus'un kalça ve kuyruk anatomisi incelendiğinde, oldukça iri ve güçlü "caudofemoralis longus" kasına sahip olduğu görülüyor. Bu, kuyruktan gelen büyük kas liflerine sahip bir dokudur, uyluk (femur) kemiğinin arka kısmına tutunur ve uyluğu güçlü bir şekilde geriye çekmeye yarar. Böylece canlı, bir maraton koşucusu gibi uzun mesafeleri hızlı bir şekilde katedebilir. Çok iyi koşmasına rağmen keskin dönüş yapamaz. Zaten *Carnotaurus*'un yaşadığı geniş arazili habitatlara bakıldığında, sık ormanların içinde olduğu kadar çevik olmasına gerek de yoktu! Ancak *Velociraptor*'un caudofemoralis longus kası *Carnotaurus*'a nazaran zayıf gözüküyor. Keza kalça eklemi yerine ağırlıklı olarak diz eklemiyle hareket eden *Velociraptor*'ların ayak kemiği de koşucu dinozorlara nazaran kısa bir uzunluğa sahip. Hatta Dromaeosauridae standartlarında bile... Çünkü dizin altında kalan bacak bölümüne bakılırsa daha ufak bir adım aralığı (İngilizce: stride length) anlamına geliyor. Geriye kalan her şey eşit olsa bile kısa adım aralığı, uzun adım aralığına sahip dinozordan "daha düşük hız" anlamına gelir. Bu yüzden Dromaeosauridae ailesinin, Troodontidae akrabalarından daha yavaş koşucular oldukları anlaşılıyor. Ayrıca *Velociraptor*'ların kuyrukları uzun ve yere paralel durur. Kuyruğun kökü hareketli iken ucuna doğru sertleşir. Yani kertenkeleyle kıyaslamak pek doğru olmaz.



Görsel 8.9. Harika birer koşucu olan *Carnotaurus* cinsi ve anatomik özellikleri! Kendilerini en çok Disney'in *Dinosaur* isimli animasyonundan tanıyoruz. Fakat gerçekte o kadar iri ve hantal canlılar değildirler (İllüstrasyon: Frederic Wierum).

Ayrıca *Velociraptor* ayaklarının “arctometatarsal” özelleşmeye sahip olmadığı da görülüyor. Ayak kemiklerinin ön kısmında üçlü kemik sırası vardır. Bu kemiklerden ortada olan geriye doğru incelendiği için koşucu dinozorlarda basınçla birlikte “kayma” hareketi yapabilecek şekilde seçim göstermiştir. Böylece koşucu hayvanlarda adeta bir “darbe emici” işlev sağlar. Bütün bu verileri toplayınca *Velociraptor*’ların bir pusu avcısı veya uzun mesafe koşucusu yerine daha çok kısa mesafede anlık hızlanıcı olduğunu gösteriyor. Dolayısıyla muhtemelen motosiklet hızlarına erişmeleri pek mümkün olmuyordu.

Jurassic Park’ta gösterildiğinin aksine *Velociraptor*’ların hatta bütünüyle Dromaeosauridae ailesinin “sürü halinde” avlandığı hakkında çok az kanıt vardır. Sürüyle avlanma davranışı hayvanlar arasında sık rastlanmayan bir davranıştır. Memelilerde de sürüyle avlanma davranışını kullanan belli başlı cinsler vardır. *Velociraptor*’ların sürüyle avlandığı fikri 1995’teki Ostrom ve Maxwell’in çalışmasından yola çıkılarak öne sürülmüştür.^[19] Araştırmada birçok *Deinonychus*’un ölü bir *Tenontosaurus* ile beslendiği bir kemik yatağı tespit edilmiştir. Buradan yola çıkarak “sürü halinde” avlandıkları düşünülmüştür. Çünkü *Tenontosaurus*

oldukça büyük bir otoburdur. İşbirliği yaparak onu avlamaya çalışmış olmaları gayet makuldür. Öte yandan *Tenontosaurus*'un zaten ölü olduğu ve diğer bireylerin fırsattan istifade leşle beslenmeye gelmiş olması da muhtemeldir. Bu yüzden sadece tek bir açıdan net bir çıkarım yapmak doğru olmaz. Ayrıca 2012 yılında David Hone ve ekibi, midesinde devasa uçan sürüngen (azhdar-chid pterosaur) ait olan kemik kalıntılarına rastladığı bir *Velociraptor* örneği tanımladı.^[20] Bu da leşçil (İngilizce: scavenger) beslenme davranışını doğruluyor. Zaten çoğu etçil canlı gerektiğinde leşle beslenir. Enerji harcanmadan ulaşılan besin demektir “leş”.

Paleoekolojik spekülasyonlar üzerinden söyleyebiliriz ki genelde küçük kertenkeleler, proto-primatlar (ön primatlar) ve böcekler yanında en fazla domuz büyüklüğünde avları tercih ediyorlardı. Evet, *Protoceratops* gibi kendisine oranla daha büyük kütleye sahip bir otoburla cebelleşirken fosilleşmiş bir *Velociraptor* örneği mevcuttur. Fakat *Protoceratops*'un bataklık gibi bir yere sıkıştığı, *Velociraptor*'un da savunmasız hayvanı gördüğü için olay yerine gelmiş olması da muhtemeldir. *Velociraptor*'un hafif yürüyüşüyle bulunduğu zeminde saplanmamış olması yüksek ihtimal. Çünkü böyle harika bir fosil bulunduyorsa, yumuşak ve fosilleşmeye uygun bir zeminde olması gerekir.



Görsel 8.10. Bilinen en iri Dromaeosauridae (Raptorgiller) üyesi olan *Utahraptor* cinsi (İllüstrasyon: Frederic Wierum).

Göz çukurlarının anatomik incelemesinin gösterdiğine göre “skotopik görüş” adı verilen zayıf ışıktaki görme adaptasyonuna

sahiplerdi. Büyük olasılıkla noktürnal (gececi) avcılardı. Hafif vücut ağırlıkları sayesinde 3 m ileriye ve yüksekliğe sıçrayabildikleri düşünülüyor. Bu sıçrayış hem gövde ağırlığının bacak kaslarına göre hafif kalmasından (çekirge gibi), hem de içi boş kemikleri ve kuş benzeri kanatları sayesinde mümkün oluyordu. Şu an bir *Velociraptor* yaşasaydı, bizim için tuhaf bir kuştan farkı olmazdı muhtemelen.

Peki *Velociraptor*'lar zeki midir? Aslına bakarsanız zekânın tam olarak ne olduğu bilinmiyor. Bu yüzden davranış biliminde zekâ yerine daha çok “bilişsel fonksiyon” terimi tercih edilir. Zekâyı veya daha bilimsel tanımıyla bilişsel fonksiyonları kabaca belirleyen parametrelerden birisi beyin/vücut oranı veya ön beyin/vücut oranıdır. Her zaman doğru olmasa da bu sayı büyüdükçe canlının bilişsel fonksiyonlarının da kabaca arttığı kabul edilir (böyle bir kural yoktur, sadece kabul edilir).

Avian Dinozor (Kuş) ve Non-Avian Dinozor Beyni

Velociraptor kafatasının bir bölümü incelendiğinde beyinlerinin *Archaeopteryx* cinsine benzediği görüldü. Beyinlerinin koku almayla ilişkili kısmı fazlasıyla özelleşmiş haldedir ancak gerçekte problem çözme becerileri ne düzeydeydi bilinmiyor. Belki de hiçbir zaman bilinmeyecek! İşte tam da bu konuda *Current Biology* dergisinde yayınlanan çalışma, Kretase sonundaki kitlesel yok oluştan önce, kuşların ve kuş olmayan dinazorların benzer beyin boyutlarına sahip olduğunu ortaya koydu!^[21]

Kitlesel yok oluştan sonraysa bazı kuş türleri, nesli tükenen canlıların boşalttığı ekolojik nişleri (bir nevi yaşam tarzı) ele geçirmek için aşırı “uyarlanımcı yayınıma (radyasyona)” maruz kaldılar, bunun sonucunda beyin/vücut ölçeği önemli ölçüde değişti. Buradaki “radyasyon” fizikteki “ışınım” değil, evrimsel biyolojide “yayınım” adı verilen, kısa bir zaman diliminde hızlı çoğalan türlerdeki fenotipik ve ekolojik çeşitlenme demektir. Bruce Müzesi’ndeki bilim küratörü ve çalışmanın başyazarı Dr. Daniel Ksepka şöyle diyor: “*En şaşırtıcı şeylerden biri de büyük beyinli kuşların evriminde, küçük beden seçiliminin büyük bir faktör olduğu ortaya çıktı. Birçok başarılı kuş familyasının beyin boyutları daha büyük vücutlu atalarına yakın kalırken, beden boyutları küçülerek oransal olarak büyük beyinlilere evrimleştiler.*”



Görsel 8.11. İstanbul'da sık sık görebileceğiniz bir kargagil olan saksağan (*Pica pica*) türü. Kuyruklarının şekline dikkat ederseniz, çizimlerle gösterilen teropod atalarına çok benziyor (Fotoğraf: Pedram Türkoğlu).

Kuşların beyninin nasıl değiştiğini anlamak için, 37 bilim insanından oluşan bir ekip, modern kuşların beyin ölçülerinin olduğu büyük bir veri tabanıyla birleştirdikleri yüzlerce kuş (avian) ve non-avian dinazorun kafatası boşluğu kalıbını (kafatası çukurlarının şeklini baz alan beyin modelleri) oluşturmak için bilgisayarlı tomografi verilerini kullandı.^[21] Daha sonra beyin büyüklüğü ile vücut büyüklüğü arasındaki orantıyı, yani beyin/vücut allometrisini analiz ettiler. Johns Hopkins Üniversitesi'nden ortak yazar Dr. Amy Balanoff'un dediğine göre Kretase'de non-avian dinazorlarla ilkin kuş beyinleri arasında net bir ayrım yoktur. Emu (bir tür koşucu deve kuşu) ve güvercin gibi kuşlar, aynı vücut büyüklüğündeki bir teropod dinazor için beklenen beyin boyutlarına sahiptir.

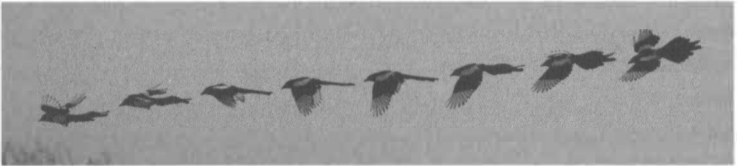
Tamamen istisnai beyin boyutlarına sahip iki kuş grubu nispeten yakın zamanda evrimleşti: Papağangiller (Psittacoidea) ve Kargagiller (Corvidae). Bu kuşlar, aletler ile dili kullanma ve insan yüzlerini hatırlama yeteneği de dahil olmak üzere muazzam bilişsel yetenekler sergilemektedir. Bu yeni çalışmaya göre, papağanların ve kargaların bu derece büyük beyinlere ulaşmaları-

na yardım etmiş olabilecek şeyin yüksek oranda bir nörolojik seçim baskısı altında olduklarını ortaya koyuyor. Clemson Üniversitesi'ndeki Campbell Jeoloji Müzesi'nden yazar Dr. N. Adam Smith şöyle diyor: *Birkaç kuş grubu ortalama beyin ve vücut oranının üzerinde. Ama kargalar gerçekten sıradışı; diğer tüm kuşları geride bıraktılar. Sonuçlarımız, birisine "kuş beyinli" demenin aslında bir iltifat olduğunu gösteriyor.*^[21]

Stony Brook Üniversitesi'nden yazar Dr. Jeroen Smaers ise şöyle anlatıyor: *"Kargalar, kuşlar sınıfının insansıdır. Bizim atalarımız gibi hem vücut boyutlarını hem de beyin boyutlarını aynı anda artırdıkları oranda büyük beyinler geliştirdiler - ki beyin büyüklüğü daha da hızlı bir şekilde arttı."*^[21]

Evrimsel Süreçte "İnsan Olma Hedefi" Yoktur!

Elbette evrimsel süreçte hiçbir canlının "insan gibi" olma veya "büyük beyine ulaşma" gibi bir hedefi yoktur. Kitabın başında da bahsedildiği gibi bu bulunduğu çevrenin etkisiyle geçirdiği seçim baskısına bağlıdır. Bir balık evrimsel olarak insan olma çabası içerisinde değildir. Evrimsel açıdan insanlar da balıklar da eşit başarıya sahiplerdir. Seçim baskılarına bağlı olarak beyin boyutu ve işlevi değişebilir. İnsanlarda iki ayak üzerine kalkma, ellerin serbest kalması, alet yapma ve ateşi keşfetme gibi değişkenler yüzünden beyinleri üzerinde ciddi bir seçim baskısı bulundurmış türlerdir. Bu da ortak atalarından itibaren birkaç milyon yıl içerisinde Ay'a insan gönderebilme, Güneş Sistemi dışına sonda ulaştırabilme, çıplak gözle görünmeyen canlıları öldürerek hastalıkları tedavi etme başarısı sağlamıştır. Bunların hepsinin temeli seçim baskıdır.



Görsel 8.12. Konmak üzere olan bir saksagana (*Pica pica*) ait yaklaşık 10 saniyelik görüntü kaydının birleştirilmiş hali. Uçuşa sırasında istikrar sağlayan kuyruk anatomisi (Fotoğraf: Pedram Türkoğlu).

Günümüze baktığımızda memelilerin yanında, kuşlar içerisinde kargalar ve papağanlar son derece özelleşmiş bilişsel fonksiyon sahibidir. Memeli dışı hayvanlar arasında aynada kendilerini tanıma kabiliyeti dahi kargalarda mevcuttur. Kargagiller, keder içeren kompleks duygular dahil ayrıntılı sosyal ritüeller de taşımaktadırlar. Bu yüzden bilişsel yetenek kompleksinin hem bazı kuşlarda, hem de primatlarda bağımsız evrimleştiği kabul edilir.

Kargagillerden bir tür olan saksağanlar (*Pica pica*) incelendiğinde, “neopallium” isimli beyin bölgesinin, bütün beyin hacmine oranının en fazla olduğu primat dışı omurgalılarından biri olduğu belirtiliyor. Öyle ki insan ve şempanzeyle aynı oranda olmasına rağmen, bu oran bir primat olan gibbonlardan bile büyüktür. Hatta pallium, nidopallium caudolateral isimli beyin bölgesini de içeriyor. Yani matematik ve sayma gibi kompleks işlemlerin gerçekleştiği alan. Dolayısıyla bu canlıların sayılarla olan ilişkileri oldukça iyi. Primatlarda başlıca odaklanma, plan yapma ve kişiliğin öne çıkarılması gibi temel ve karmaşık bilişsel içeriklerin üretildiği “prefrontal korteks” bölgesine karşılık geliyor. Bu yüzden “bilindiği kadarıyla” genel olarak Kargagiller (Corvidae), bilinen en zeki (özelleşmiş bilişsel fonksiyon sahibi) memeli dışı hayvanların başında gelir. Dolayısıyla kuşların doğrudan ataları olan teropodlarda da bu denli bilişsel fonksiyonları görmek mümkün olabilir.

IX. BÖLÜM

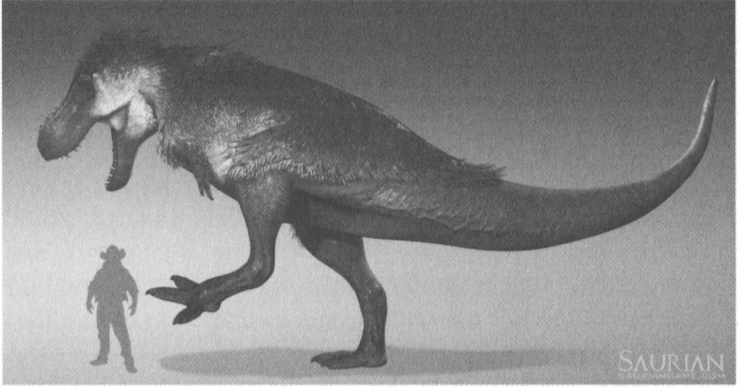
T. rex Efsanesi

Gel gelelim “dinozor” denildiğinde akıllara gelen ilk türe: *Tyrannosaurus rex*! Geç Kretase Dönemi’nde yaklaşık 66-68 milyon yıl önce yaşamış bu tür birçok filme, kitaba ve oyuna konu olmuştur. Tanımlandığı kadarıyla taksonomide tek tür olarak sınıflandırılır. Ancak Tyrannosauridae (Tironozorgiller) ailesi içerisinde *Tarbosaurus bataar* ve *Zhuchengtyrannus magnus* adlarında çok benzer iki cins bulunur. Bazı bilim insanlarına göre bu cinsler de aslında *Tyrannosaurus* cinsidir! Hal böyle olursa *Tyrannosaurus rex*, *Tyrannosaurus bataar* ve *Tyrannosaurus magnus* olmak üzere 3 türü tanımlanmış olurdu. Yine de her şeye rağmen çeşitli analizler onların farklı cinsler olduğunu destekler nitelikte.

Tyrannosaurus rex, bilinen en iri kara etçillerinden birisidir. Günümüzde Chicago Doğa Tarihi Müzesi’nde bulunan en bütün *T. rex* iskeletine “Sue” adı verilmiştir. Sue, yaklaşık olarak 12 metre uzunluğunda, 8.4 ton ağırlığındandır! Kalçasının yerden yüksekliği 3.66 metredir! Diğer yandan Kanada’da Royal Saskatchewan Müzesi’nde bulunan “Scotty” lakaplı iskelet ise 13 metre uzunluğunda ve 8.8 ton ağırlığındadır. Bu da Scotty’i bilinen en iri *Tyrannosaurus rex* bireyi yapıyor!

Tabii bulunan bütün yetişkinler Sue ve Scotty kadar iri değil. Keşfedilen kemik parçalarına bakılırsa ortalama 5,4 ila 8 ton civarında oldukları hesaplanıyor. Popülasyon içerisinde genetik varyasyonların fazlalığından kaynaklanıyor olabilir. Belki de beslenme biçimi, erişkinliğe erişmenin zorluğu ve varyasyonların

etkisi birlikte vardır. Hatta ilginçtir, bulunan en bütün örnek olan Sue çok kötü bir hayat geçirmişti. Kötü bir gün geçirdiğinizi düşününce onu hayal edin. Kendisi kırık kaburgalar, kırık kürek kemiği, artrit adı verilen eklem inflamasyonu, ürik asit birikimine bağlı gut hastalığı, kafatasında travma izleri ve olası parazit enfeksiyonu gibi patolojilerle çilekeş bir hayat sürerek 28 yaşında hayatını kaybetmişti...



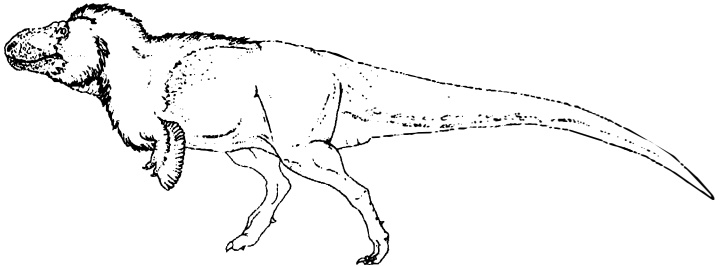
Görsel 9.1. Son dönem analizler ışığında resmedilmiş muhteşem bir yetişkin *Tyrannosaurus rex* türü. Dikkat ederseniz tüyler ağız köşelerine kadar uzanarak kuşlar gibi “gaga” görünümü veriyor. Deve kuşuna benzer olarak kuyruk/kuyruk altı, kalçalar, bacaklar ve vücudun alt kısmı büyük oranda tüysüz (İllüstrasyon: Saurian/Urvogel Oyun Şirketi).

Hatırlarsanız *Tyrannosaurus* ve yakın akrabalarının bulunduğu Tyrannosauroida üst ailesi Kölozorlar grubunda sınıflandırılıyordu (Bkz. Bölüm 4). Dolayısıyla kuşların da köken aldığı ve kuşların yakın akrabalarının bulunduğu Kölozorlar grubu mantıken tamamen tüylü olmalıydı. Fakat *Tyrannosaurus*’un tüylü olduğuna dair elimizde “doğrudan” kanıt yoktur. Ancak son derece destekleyen bulgular mevcuttur!

Şöyle ki: Erken Kretase Dönemi’nde tür ismi *Dilong paradoxus* olan ve *Tyrannosaurus* soyu ile yakın akraba olduğu anlaşılan bir tür keşfedildi. Bu tür, kuyruğundan çenesinin kenarına kadar proto-tüy (ön-tüy) olarak nitelendirebileceğimiz tüylerle kaplıydı. Yani kuşlardaki gibi çengellerin bulunduğu özelleşmiş tüy yapısı yok. *Dilong* sayesinde

Tyrannosaurus'un da ilerleyen dönemlerde tüylü olabileceği fikri doğdu. Yalnız bu, yanında bir sorun da getirdi. Bu türün vücudu *Tyrannosaurus*'a nazaran çok küçük (2 metre) olduğu için, proto-tüyleri sıcaklık yalıtımı amacıyla kullanması fazlasıyla muhtemeldi. Belli ki bu yapıları ısınmak için kullanılıyordu. Çünkü tek filamentli kıl benzeri tüyler pek aerodinamiklik kazandırmaz. O zaman mantıken tüyler ile vücut boyutu arasında bir ters orantı var gibi duruyor. Bu mantıkla *T.rex*'in en fazla yavruları tüylü olabilirdi; büyüdükçe tüyleri dökülüyor olmalıydı. Bilim camiası bu konuda kafa patlatırken çığır açıcı bir keşif yapıldı...

Erken Kretase'de yaşamış *Tyrannosaurus rex* ile yakın akraba olan Tyrannosauridae (Tiranozorgiller) ailesine ait *Yutyrannus huali* adında "tamamen tüylü" devasa bir tür, 2012 yılında Xu Xing ve ekibi tarafından keşfedildi! Bu türün devasa uzunluğuna rağmen tamamen tüylerle kaplı olduğu gösterildi!^[22] Dikkat edin sadece ellerde veya sırtta değil "tamamen"! Tıpkı bir kutup ayısının "tamamen kıllarla" kaplı olması gibi! Hatta öyle ki bacaklarından, boynunun üst kısmına kadar uzunluğu 20 cm'yi bulabilen tüyleri vardı! Yani resmen bir at saçı gibi... Üstelik bu canlı, başlı başına 9 metre uzunluğunda ve 1.410 kg ağırlığındaydı. Yani *Yutrannus*, şimdiye kadar tamamen tüylü olduğu "doğrudan" kanıtlanmış en büyük hayvandır!

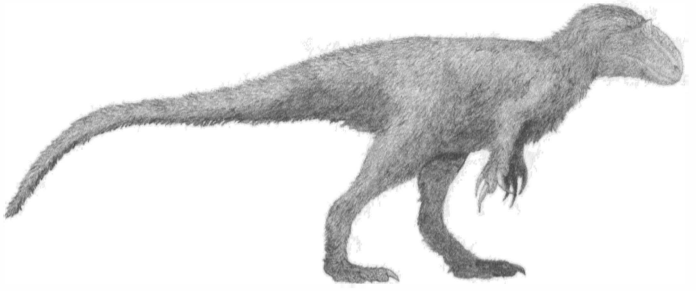


Görsel 9.2. Tüylerin vücuttaki dağılımını göstermek adına son analizler ışığında çizilmiş *Tyrannosaurus rex* anatomisi (Kaynak: DeviantArt).

Bu keşfin ardından şu soru doğdu: vücut boyu ile tüy oranı arasında ciddi bir bağlantı olmayabilir mi? Öte yandan *Yutannus*'un soğuk bölgelerde yaşadığı için tüylerle kaplı olmasının zorunluğu olduğu savunuldu. Çünkü diğer yandan *Tyrannosaurus*, *Gorgosaurus*, *Tarbosaurus* gibi aynı ailedeki büyük tironozorgillerin bazı bölgelerinin tüysüz olduğuna dair doku incelemeleri yapılmıştır. Evet, *Tyrannosaurus rex*'in boyun altı ve kuyruk altının tüysüz olduğunu gösteren fosil kayıtları vardır! 2017'de "Wyrex" adında keşfedilen *Tyrannosaurus* örneğinde kuyruk altına, kalçaya ve boyun bölgesine ait mozaik "pul" benzeri dokular gösterildi. Fosil örneğinde iyi korunmuş yumuşak doku bölgeleri vardı. Bu durumda söz konusu bölgeler elenince geriye kalan bölgeler tüylerle kaplı olmalıydı.

Hatta yeni doğan *Tyrannosaurus* bebeklerinin ise tamamen tüylerle kaplı olması muhtemeldir. Yapılan son çalışmalar yavru *Tyrannosaurus*'ların tamamen tüylü olduğunu, erişkinliğe doğru yaklaştıkça çeşitli bölgelerdeki tüylerin döküldüğünü gösteriyor. Tıpkı bir akbaba veya deve kuşu türü gibi! Zaten bilim felsefesinin meşhur "uniformitarianizm" ilkesine göre, "Şimdiki zaman, geçmişin anahtarıdır." Yani günümüzdeki olaylara bakarak, tarihte de benzer veya aynı şekilde gerçekleştiği ve gelecekte de benzer şekilde gerçekleşebileceği hakkında fikir beyan etmek mümkündür.

Çeşitli çalışmalarda, vücut büyüdükçe termoregülasyon (sıcaklık düzenleme) ihtiyacı da karşılandığı için tüylere ihtiyaç olmadığı birkaç kere belirtildi.^[23] Acaba coğrafi izolasyonlara göre varyasyonlar mı bulunduruyorlardı? Yani daha soğuk iklimde yaşayan popülasyonları tüylerle kaplıyken, sıcak iklimde yaşayan popülasyonlar tüysüz müydü? Fakat bu denli bir izolasyonun, söz konusu varyasyonlar üzerine seçim göstermesi ve nesiller ardından –ki milyonlarca yıl yaşadılar– makro evrim göstermesi beklenir. Dolayısıyla farklı "tür" olarak sınıflandırılmaları gerekir. Bu durumda aynı türün bu denli farklı fenotipik varyasyonu olabilir mi? Belki de seçilimin erken safhalarına ait fosiller keşfedildi. Belki de birkaç jenerasyon ardından farklı türlere ayrıldılar? Kim bilir?



Görsel 9.3. *T. rex*'in yakın akrabası bütün vücudu tüylerle kaplı olan *Tyrannosauroida* üst ailesinde sınıflandırılan *Yutyrannus* cinsi (Kaynak: Wikimedia).

Tüylerini daha iyi anlamak adına *Yutyrannus*'u bir mamut, *T. rex*'i de bir fil gibi hayal edebilirsiniz. Çünkü ileri dönemlerde yaşamış *Tyrannosaurus*, *Yutyrannus*'a göre daha sıcak iklimdeydi.^[22] Fakat her şeye rağmen *Tyrannosaurus* tamamen tüysüz olamazdı.^[24] *Dilong* ve *Yutyrannus* üzerinde yapılan filogenetik araştırmalar bunu gösteriyor.^[25] *Tyrannosaurus*'un tamamen tüysüz olmasını beklemek, bulunan bir kuş akrabasının tamamen tüysüz olmasını beklemek gibidir... Yani vücudunun en azından bir kısmı tüylerle kaplı olmalıydı.^[27] Bu tüyler de muhtemelen sırtında, gövdesinde, ellerinde ve boynundaydı. Yani deve kuşu ve akbaba türleri gibi kalçaları, kuyruğu ve vücudun alt kısmı dışındaki yerlerde.^[28] Çünkü tüyler sadece termoregülasyon değil; cinsel seçilime de büyük hizmet verir. Hatta öyle ki *Tyrannosaurus*'ta asıl işlevi eş seçimine yönelik “gösteriş” olabilir. Gördüğünüz gibi “cinsel seçim” yine kendini gösteriyor. Üstelik yumurtaları sıcak tutmak, kuluçkaya yatmak için de gereklidir. Ufacık 75 cm'lik boyutuyla *Juravenator* ve deve gibi kalça sırtında tümseği olan 6 metrelik *Concavenator* örneklerinde keşfedildiği gibi tüy, gövdenin tamamını kaplarken, ayakları ve kuyruğun alt kısmını kaplamıyordu. Çünkü bu iki cinsten de benzer bölgelerde tüyler ve pullu deriler keşfedildi. Dolayısıyla türlerin bulunduğu bölgeleri filogenetik açıdan yorumlamak oldukça makul olacaktır. Çeşitli

yakın akrabalarında görülen dokuları, *T. rex*'te tespit edilenle karşılaştırıp analiz etmek gayet tutarlıdır. Yani çok yüksek olasılıkla ellerden kuyruk sırtına kadar tüylerle kaplı iken; ayaklar tüysüzdür. Günümüzde yaşayan kuşlar olan akbaba ve deve kuşu türlerinde de buna benzer tüysüz bölgelere rastlıyoruz zaten.^[27]

T. rex Koşamıyor Olabilirdi!

Hepimiz *T. rex*'in bir 4x4 içerisinde olan Jeff Goldblum'u kovaladığı sahneyi *Jurassic Park*'tan hatırlarız. Fakat son yapılan bir araştırmaya göre *T. rex*'in o hızlara ulaşmasını bırakın, koşması bile mümkün olmayabilirdi!^[29] Yıllardır büyük teropodlardan koşu tipleri araştırılıyor. William Sellers'a çalışmasına göre; “Burada size hızlı anatomik hareketlerin, *T. rex*'te yüksek derecede iskelet hasarına yol açacağını göstermek için iki ayrı biyomekanik tekniği birleştiren yeni bir yaklaşım sunuyoruz.”



Görsel 9.4. Tyrannosauridae (Tironozorgiller) ailesinin daha küçük bir üyesi olan 6 metre uzunluğundaki *Alioramus remotus* türü. Ellerinin pozisyonu ve tüylerin vücuttaki dağılımı çok güzel resmedilmiş (İllüstrasyon: Frederic Wierum).

Manchester Üniversitesi'ndeki yüksek performanslı bilgisayarda tasarlanan bir biyomekanik simülasyona göre yetişkin bir *Tyrannosaurus*, yüksek hızlarda koşarken hareketin oluşturacağı

basınç, bacaklarının bükülmesine ve hatta kırılmasına neden olabilirdi. Dünya ve Çevre Bilimleri Fakültesi'nde, Profesör William Sellers liderliğindeki araştırmacılar iki farklı yöntem deneyerek bu simülasyonu hazırladı. Bunlar, Çok Gövdeli Dinamik Analiz (MBDA) ve İskelet Stres Analizi (SSA) olarak bilinen iki ayrı biyomekanik tekniktir. Elde edilen bu sonuç, ulaştığı hızın 72 km/s olarak hesaplandığı önceki çalışmalarla çelişmektedir. Bu çalışma MBDA ve SSA'nın ilk kez dinazor anatomisi üzerinde kullanılışı değil. Fakat, daha doğru bir sonuç için birlikte kullanıldıkları ilk seferdir!

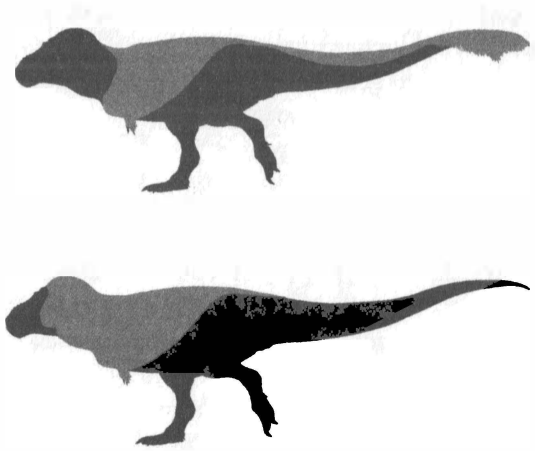
Çünkü avlarını yakalamak için hızlı koşmasına gerek duymuyor olabilirdi. Zira potansiyel avları olduğu düşünülen iri otoburlar da iyi birer koşucu değildir. Dolayısıyla hızlı yürüyüş 6-8 tonluk bir yırtıcının avlanması için yeterlidir bile. Aynı zamanda bu çalışma *Giganotosaurus*, *Mapusaurus*, ve *Acrocanthosaurus* gibi dev teropodların da koşmadığını gösteriyor. İddialı bir hipotez. Keza bir o kadar da kuvvetli bir hipotez gibi gözüküyor. Bu argümanı çürütmek için onu hem anatomik olarak destekleyecek hem de paleoekolojik olarak anlamlı kılabilecek daha iyi ve daha kapsamlı bir argüman gereklidir.

T. rex'in Görme Alanı Çok İyidi!

T. rex yavrularının uzun/gövde oranları, yetişkinlere göre daha fazladır. Dolayısıyla canlı büyüdükçe gövdesinin büyüklüğü artacak, yani daha hantal olmaya meyilli olacaktır. Bu çalışma işaret ediyor ki *T. rex* yüksek hızlarda kaçan avları kovalayamıyordu. Fakat unutmamak gerekir ki *Acrocanthosaurus* gibi büyük teropodların aksine *T. rex*'in gözleri kafatasının açısından ötürü önde konumlanır. Yani görüş açısı oldukça geniştir ve burnunun ucuna konan bir sineği dahi görebilir. Doğrudan kafasını bir yere çevirdiği zaman o bölgeyi görebilir. Dolayısıyla ön tarafta kör noktası yoktur. İşte bu anatomik yapı, bize bu canlının avlanmaya yönelik adaptasyona sahip olduğunu gösterir nitelikte. Aslında *Jurassic Park*'ta "Kıpırdamazsan seni fark edemez." iddası da suya düşmüştür. *Tyrannosaurus*'un oldukça iyi bir görme ve koku duyusu vardı. Bu yüzden belki de *T. rex*'in hızlı koşmaya ihtiyacı bile yoktu.

T. rex Kükreyemiyor Olabilirdi!

Maalesef ki son çalışmalar, *Tyrannosaurus rex*'in Hollywood'daki gibi kükreyemediğini gösterdi. Kafatası ve iç kulağı üzerinde yapılan incelemeler sonucu, *T. rex*'in düşük frekansları algılamada son derece başarılı olduğu anlaşıldı. Karşılaştırma amacıyla teropodlara evrimsel olarak yakın olan kuşlar ve timsahlar kullanıldı. Sonunda öğrenildi ki birbirleriyle iletişim kurarken ağızlarını açmalarına bile gerek yoktu. Avlandıkları açık arazilerde düşük frekanslı “boğuk” seslerle iletişim kuruyorlar olmaları çok yüksek ihtimaldi.^[30] BBC’de yayımlanan son araştırmada, bazı doku örnekleri analiz edilmiş.^[31] Yoğun melaninli bölgeler, *T. rex*'in kafasında desenleri olduğunu gösteriyor.



Görsel 9.5. *Tyrannosaurus rex*'in olası tüy varyasyonları (Kaynak: DeviantArt).

Yeni çıkmış bir akım gibi gözüken “tüy direnci” (İngilizce: feather resistance), sizi yanıltmasın. Tüylü dinozorların gerçekten bu gezegene bir zamanlar hüküm sürdüğünü hayal etmek

muhteşemdir. Dinozorlarda tüy bulunması onları daha az çekici yapmaz. Unutmayın, dinozorlar film canavarları değildir; gerçekte yaşamış hayvanlardır. Bu canlılar ve yakın kuzenlerinden kuşların evrimleşmiş olduğunu bilmek, gerçekten nefes kesici. Evrimin karşı konulamaz değiştirici gücüne en güzel örneklerden biridir!

X. BÖLÜM

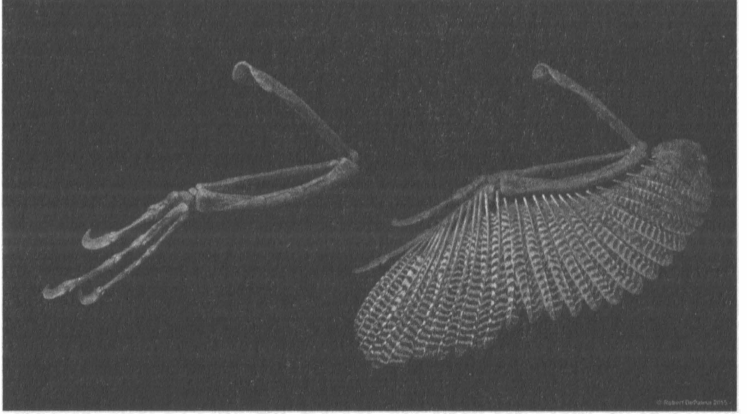
Diğer Tüylü Dinozorlar

Fosil Kalıntılarında Tüyler Nasıl Anlaşılır?

Dinozorlar sürüngenlerden evrimleşmiştir; tıpkı memeliler gibi. Ve tıpkı memeliler gibi dinozorların da hepsinin pullarla kaplı olmadığını bugün biliyoruz. Günümüzde yapılan bazı keşifler, dinozorların bir kısmının “kısmen” değil, “tamamen” tüylerle kaplı olduğunu göstermektedir.^[28] Üstelik evrimsel süreçte görmemiz gereken geçişi de harika bir şekilde görebiliriz. Geçtiğimiz dönemlerde keşfedilen iki ayak üzerinde yürüyen, 160 milyon yıl önce yaşamış bir dinozorun fosillerinde net bir şekilde hem tüy hem de pul kalıntıları keşfedildi.^[32] Yani evrimsel süreçteki bir diğer ara basamak, net bir şekilde fosillerde kendini gösterdi. Bilim insanları, tüylerin dinozorlarda sanılandan çok daha erken evrimleştiği ve önemli parçaları olabileceği fikri üzerinde durmaya başladılar. Sürüngenlerden ayrıldıktan sonra memelilerde süt bezleri ve kılların evrimleşmiş olması gibi dinozorlarda da sürüngenlerden ayrılmaları sonrasında tüyler evrimleşmiş olmalı.

Fosil kanıtlarına dayanarak basit, tek filamentli tüyleri olan ilk teropodlar yaklaşık 190 milyon yıl önceye kadar izlenebiliyor. Daha karmaşık dallanmaların izlenmesi ise 135 milyon yıl önceye ulaşıyor. Peki kemiklerden tüyler nasıl anlaşılır diye soracak olursanız, tüyleri destekleyen incelemeler arasında başlıca önkol kemiği ulna üzerindeki “tüy delikleri” (İngilizce: quill knobs) ilk

sırada yer alır. Özellikle Raptorgiller (Dromaeosauridae) ail-
esinde çok sık görülen kemik izleridir bunlar. Tüy köklerinin
bulunduğu foliküle bağlanan ligamentlerin kemikte tutunduğu
yerlerdir. Bu yüzden kemiklerde adeta “delikli” bir iz oluşturur.
İzlere bakılarak kollarının tüylerle kaplı olup olmadığı büyük
oranda anlaşılabilir. Ardından pigostil (İngilizce: pygostyle) var
mı diye bakılır. Pigostil denilen şey, canlının kuyruk sokumunda
veya kuyruğunda birleşmiş kaudal omurlardır. Bu adaptasyon
örneği memelilerde bulunan kuyruk sokumu (coccyx) ile ben-
zerdir. Sadece tüylerini ve kaslarını desteklemek için farklı
özelleşmiştir. Daha basit; ancak tüylere kesin kanıt olmayan
değişkenlerden biri de birleşmiş klavikula (köprücük) kemiği
yani furkula (lades) kemiği ve uzun iman tahtasıdır (sternumdur).



Görsel 10.1. *Dakotaraptor* gibi büyük bir raptor cinsindeki tüy delikleri-
nin yeniden yapılandırılması. Tüylerin başladığı parmağa dikkat ediniz
(Kaynak: Robert DePalma).

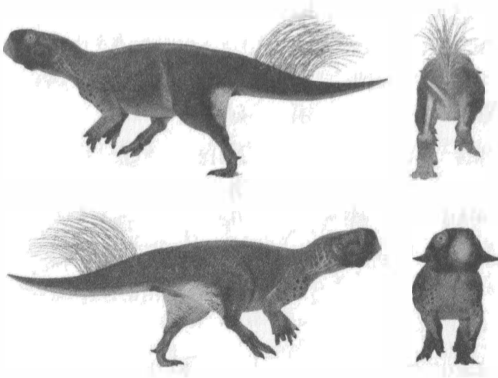
Kuşlarla Yakın Akraba Olmayan Dinozorlarda Bile Tüy Benzeri Yapılar Keşfedildi!

Belirtmek gerekir ki piknofiber adı verilen tüy benzeri fila-
mentöz yapılar uçan sürüngenler olan pterosaurlarda da açıkça
bulunur. Pterosaurlarda, tüylerle homolog (kökendaş) olan bu kıl
benzeri yapılar, onların da bütün vücudu kaplıyordu. Hatta son
yapılan araştırmaya göre pterosaurların vücutlarını kaplayan 4
tane piknofiber tipi var. Bir tanesi oldukça ilkin yapıdayken diğer-

leri tüylere fazlasıyla benziyor. Piknofiberlerin avian dinozorlardaki (kuşlardaki) örtücü tüylerle homolog (kökendaş) olduğu düşünülüyor.

Dolayısıyla tüylerin evrimi tahmin edildiğinden de önceye dayanıyor olmalı. Öte yandan otçul bir Ornithiscian olan *Psittacosaurus* ve *Tianyulong*'un örneklerinin bazı bölgelerinde bile uzun tüy benzeri fırçamsı deri uzantıları rapor edilmiştir.^[33] Yani tüy kavramı bütün dinozorlarda yaygın olabilir. UV ışığı altında incelenen bu uzantıların “keratinize” olduğu görülüyor. Tabii *Psittacosaurus*'un kuyruk sırtındaki bu fırçamsı filamentlerin tüylerle bağlantısı olup olmadığı netleşmiş değil. Fakat *Psittacosaurus*'un da keşfedildiği Çin'deki Yixian Formasyonunda bulunan tüy benzeri fırçamsı deri yapılarının “tüy” kategorisine alınması gerektiği düşünülüyor.

İlginçtir 2010 yılında Ford ve Martin, *Psittacosaurus*'un yarı-sucul bir canlı olduğunu önerdiler. Argümanlarını savunmak adına canlının uzun chevronlarını (Bkz. Bölüm 8 - *Spinosaurus*) ve bu fırçamsı uzantıları gösterdiler.^[34] Hipotezlerine göre söz konusu fırçamsı yapıların üzeri deriyle örtülü, bu sayede “yüzgeç” benzeri işlev sağlayarak nehirlerde yüzmesine yarıyordu. İleri analizlerle bazı türlerinin diğerlerine nazaran daha karasal olduğunu gösterdiler; bu yüzden hipotez hakkında bir gelişme bulunmuyor.



Görsel 10.2. *Psittacosaurus* cinsinin kuyruk kökünden arkaya doğru uzanan tüy benzeri fırçamsı filamentler (Kaynak: Wikimedia).

Mevzu bahis “tüyler” olunca paleobiyoloji açısından inanılmaz kıymetli bir fosil devreye giriyor. Altın değerindeki bu türün adı *Kulindadromeus zabaikalicus* ve Orta-Geç Jura Dönemi’nde yaşamış 1,5 metrelik ufak bir Ornithischia üyesidir. Fakat türü bu kadar değerli yapan, ayakları ve gövdesi dışında neredeyse tamamen kaplayan tüy benzeri filamentlerle kaplı olmasıdır. Bu yapıların tüylerin atası niteliğinde “proto-tüy” olduğu düşünülüyor. Dikkat edin kuşların evrimsel olarak köken aldığı Kölozorlar grubu değil, hatta Saurischia takımında bile değil, tam aksine bir Ornithischia üyesi. (Bkz. Bölüm 4.) Bundan daha değerli bir fosil kaydı olabilir miydi!? Hal böyle olunca tüyler sadece Kölozorlar grubunda değil, bütün dinazorlarda bulunabilen bir deri parçası olabilir.

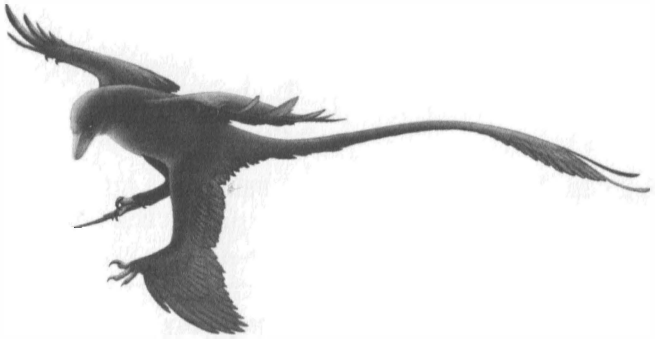
Renkleri Bilinen Dinazorlar!

Yaklaşık 1 metre uzunluğundaki teropod türü *Sinosauropteryx* gibi kuşların uzak akrabalarında, tüylerin evriminin ilk aşamalarını gösteren fosiller bulunmuştur. Sadece tek bir filament şeklinde çengellerden yoksun bir yapıda. Yani raptorlarda gördüğümüzden farklı bir tüy tipi. *Sinosauropteryx* örneğinde gövdenin tamamını homojen olarak kaplayan tüyler son derece iyi korunmuş halde keşfedilmiştir. Yetmezmiş gibi tüylerin rengini belirleyen pigmentli melanozomlar dahi korunmuştur! *Sinosauropteryx*’in vücudunun açık kahverengi, kuyrukta da beyaz halkalanmalar olduğu doğrudan görülebiliyor. Yani renkleri tamamen bilinen türlerden biri. Muhteşem değil mi! Unutmayın, *Archaeopteryx* ve kuşlarla yakın akraba olan bir cins bile değil! Dolayısıyla oldukça uzak bir akraba sayılır.

Ciltten birkaç milimetrelik çıkıntılar yapan bu ilkin tüylerde çengeller mevcut; fakat çengelcikler mevcut değil. Kendisi 1 metrelik ve 2,5 kg’lık ufak bir canlı olduğu için termoregülasyonda (sıcaklık düzenlemesinde) görev aldığı düşünülüyor. Yine de cinsel seçilim adına gösteriş, neredeyse çoğu hayvanda “hayati” bir gereklilik olmuştur.

Konu melanozomlardan açılmışken, Dromaeosauridae (Raptorgiller) ailesinde sınıflanan 70 cm boyutu ve 1 kg’lık ağırlığıyla bilinen en küçük non-avian dinazorlardan biri olan *Microraptor* adında bir cins vardır. Kendisi Erken Kretase’de

yaklaşık 120 milyon yıl önce yaşamıştır. Ufacık boyutunun yanında sıradışı bir görünüşü de var. Onu özel yapan şey, tıpkı kollarındaki gibi bacaklarında da kanatları olmasıydı. 2000’li yılların başında Xu Xing ve ekibi tarafından, keşfedildiği zaman, dört uzvuyla birlikte uçtuğu düşünülüyordu. Daha sonra *Microraptor*’un planör tarzında süzüldüğü düşünüldü; ancak yapılan araştırmalar omuz eklemlerinin tam aksine mekanik anlamda uçmaya elverişli olduğunu gösterdi.^[35] Günümüzde uçabildiği kabul görüyor. Hatta *Archaeopteryx*’ten bile daha iyi bir uçucu olabilir!



Görsel 10.3. Bacaklarında “kanatları” olan ve rengi tamamen (siyah) bilinen *Microraptor* cinsi. Dış görünüş açısından günümüz karga türleriyle fazlasıyla benzerlik gösteriyor (İllüstrasyon: Frederic Wierum).

Microraptor’larla ilgili heyecan verici bir çalışma da 2012’de karşımıza çıkıyor.^[36] Aslında *Microraptor*’ların renkleri de biliniyor! Evet renklerini ve desenlerini tamamen bildiğimiz dinazorlar da var! Sanıldığığının aksine tamamen bilgisiz değiliz bu konuda. Zira BMNH PH881 adlı *Microraptor* örneğinde melanozomlar tespit edildi. Melanozomlar, melanosit hücrelerinin içinde bulunan melanin içeren pigmentli bir organeldir. Bu hücreler tarafından üretilen pigmentler deriye ve deri bağımlı dokulara rengini verir. Taramalı elektron mikroskopuyla incelemeler yapıldıktan sonra *Microraptor*’un günümüz kargalarına benzer bir siyah tonuna sahip olduğu gösterildi. Bütün vücudundaki melanozom kalıntıları elektron mikroskopuyla analiz edildi ve yaygın bir siyah tonuna sahip olduğu anlaşıldı. Yani bacaklarında da kanatları olan yaklaşık 120

milyon yıl önce yaşamış tuhaf bir kuzgun gibi düşünebilirsiniz. Ayrıca *Microraptor*, Mezozoyik Zaman'da yaşadığını bildiğimiz en yaygın cinslerden birisi. Çünkü bu cinse ait çok sayıda fosil örneği tespit edilmiştir. Paleoeekolojik açıdan bile günümüz kargalara benzerlik gösteriyorlar.

XI. BÖLÜM

Sıradışı Fosiller

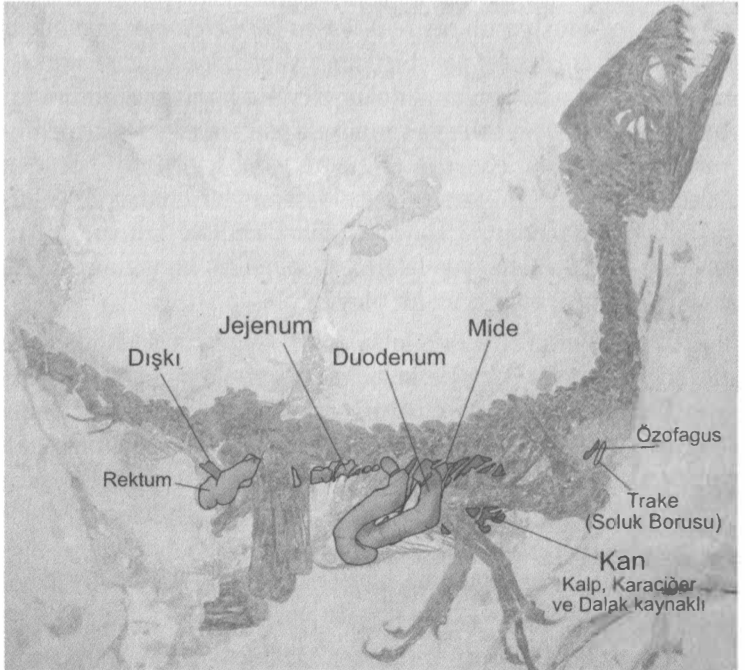
Keşfedilen Yumuşak Dokular!

Paleobiyoloji açısından inanılmaz bir keşif olduğunu düşündüğüm 1998’de İtalya’da keşfedilen, yaklaşık 113 milyon yıl önce yaşamış yarım metrelik yavru bir *Scipionyx samniticus* türü oldu.^[37] Bu örneği pahacıya bilemeyen, içerisinde bağırsak, kas, karaciğer gibi yumuşak doku izlerinin korunmuş olmasıdır! Öyle ki midesindeki balık ve kertenkele parçaları dahi anlaşılabilir! Muhtemelen ebeveynleri tarafından getirilmiş besinler. Düşünsenize, 113 milyon yıl önce yaşamış bir dinazorun bağırsaklarına bakıyorsunuz! Hayal ettiğiniz netlikte korunmamıştır elbette; ancak analiz yapılabilecek seviyede korunmuştur. Bu muhteşem ötesi, çığır açıcı bir olaydır.

2001’de ilginç bir keşfe imza atıldı. Geç Kretase Dönemi’ne ait bir “kuş yuvası” içinde kuluçkadayken ölmüş ve fosilleşmiş bir Oviraptoridae türü *Citipati osmolskae* keşfedildi. Hatta “Büyük Anne” yani “Big Mamma” lakabıyla ünlüdür. Çünkü yumurtaları arasında çatlamaya yakın bir Troodontidae olan *Byronosaurus jaffei* keşfedildi. Yani başka bir aileden etçil dinazor yumurtası. Demek ki günümüzde guguk kuşunun da kullandığı kuluçka parazitliğine benzer örnekler, 85-75 milyon yıl önce de yaşanıyordu.

Yumurtalardan konu açılmışken, *Avimaia schweitzerae* adlı bir karışık kuş fosilinin karnında ilk kez yumurta gözlemlendi. Fakat ilginç olan sadece bu değil. Söz konusu yumurtada bir tane yerine

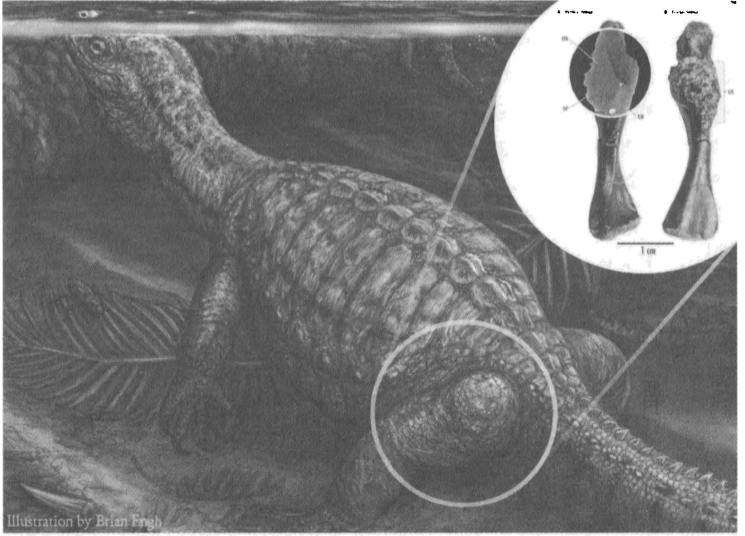
iki tane kütikula tabakası vardı. Üstelik bilinen kalınlığından kat kat daha inceydi. Karın içerisinde uzun süre kalan yumurtalarda gözlenen bir hadise bu. Günümüzde sürüngenler ve kuşlar gibi yumurtalayan (ovipar) hayvanlarda görülebilen bir patoloji. Öyle kötü bir durum ki yumurtlayamama sonucu annenin ölümüne dahi sebep olduğu düşünülüyor. Söz konusu hastalığa yumurta tıkanıklığı adı verilir. Malnütrisyon (besin yetersizliği), kalsiyum emilim bozukluğu, yumurtanın şekil bozukluğu veya ani sıcaklık değişimi gibi çevresel etkenler nedenleriyle olabiliyor ne yazık ki. Hatta belki de bu yüzden öldü. Kretase Dönemi'nde çok iyi fosilleşme olanağı sağlayan bir bölgede ölmüş olmalı ki 110 milyon yıl boyunca karnındaki yumurta izlerini inceleyebildik. Bu tarz fosilleşmeler genelde durgun ve yumuşak nehir yatakları veya zift gölleri gibi viskoz (akışkanlığa direnci fazla) alanlarda gerçekleşir. Zira bildiğiniz gibi “fosilleşme” çok zor ve seyrek görülen bir süreçtir.



Görsel 11.1. Keşfedilen *Scipionyx samniticus* türünde müthiş bir şekilde gözlemlenen yumuşak dokular (Kaynak: Wikimedia).

Tarih Öncesinde Kanseri!

KontROLSÜZ hücre bölünmesi olan kanseri, insan mumyalarından fosillere kadar izlemek mümkün. Son dönemde ise Triyas’a ait bilinen en eski kaplumbağaların bir tanesinde gözlemlendi. Aslında “kanseri” dediğimizde “malign neoplazi” tanımını kastederiz. Yani kötü huylu (malign) bir kontROLSÜZ hücre bölünmesi (neoplazi). Fosil kayıtlarında kanser izleri nadirdir. Hele ki malign neoplaziler neredeyse yok denecek kadar azdır. Ne yazık ki 240 milyon yıllık *Pappochelys rosinae* türü iguana görünümlü, kaplumbağaların atası veya çok yakın akrabası olduğu düşünülen sürüngen üzerinde yapılan mikro-BT (Bilgisayarlı Tomografi) çalışmaları sonucunda kemik kanseri teşhisi kondu. Fakat ölüm sebebinin kanser mi olduğu kesin bilinmiyor.



Görsel 11.2. Tarih öncesinden bir “kanseri” örneği. Periostal osteosarkom adı verilen bir tür kemik kanserinden mustarip bir ilkin kaplumbağa türü (İllüstrasyon: Brian Engh & Yara Haridy).

Yaklaşık 76 milyon yıl önce yaşamış *Centrosaurus* cinsi bir dinazorun fibula (kaval) kemiğinde osteosarkom tanısı kondu, yani kötü huylu kemik kanseri. Aslında fosillerde çeşitli kanser tanıları var, ancak bir dinozorda bilinen ilk kemik kanseri oldu.

Muhtemelen bu birey kanser nedeniyle ölmedi ancak dinozorlarda paleoonkoloji açısından büyük bir keşif.^[38] *JAMA Oncology* dergisinde yayımlanan makaleye göre araştırmacılar önce kaplumbağanın uyluk (femur) kemiğinde bir kabarıklık fark ettiler.^[39] Ardından ayrıntılı paleopatolojik analizler yapan ekip, uyluk kemiğinde “periostal osteosarkom” tanısı koydu. Bu da demek oluyor ki kanser, kemiğin periost adı verilen kemik zarı tabakasından köken almış ve medulla içermiyor. Böylece dışa doğru büyüme yapan kanser, fosil üzerinde kolayca çıplak gözle fark edilebildi. Ayrıca osteosarkomların en klasik bulgusu tümör hücrelerinin diğer sağlıklı kemik hücrelerinden farklı olarak olgunlaşmamış kemik yapılar (osteoid) üretmeleridir. Zaten kanseri ölümcül kılan nokta da budur. Söz konusu tümör hücre üretir ancak hücreler farklılaşmadığı için olgunlaşmamış (immatür) kalır. Kaplumbağanın başka kanser tiplerini bulundurup bulundurmadığı bilinmiyor. Çünkü haliyle yumuşak doku korunamamış ve aynı şekilde metastaz (yayılma) miktarı da anlaşılmıyor. Ancak görüldüğü üzere canlılığın başlangıcından itibaren bölünme hataları sonucunda oluşan “kanser”, yerini hep koruyordu...

Zehir Bulunduran Dinozor?

Şaşırtıcıdır ki Erken Kretase Dönemi’nde yaşamış *Sinornithosaurus* gibi bazı avian türlerinin “zehir bulundurduğu” da düşünülüyordu.^[40] İlginç değil mi? Bu kadar büyük bir omurgalıda zehir evrimleşmesi için gereken seçim baskısı nasıl olmalıdır kim bilir? Kafatası örneğindeki içi boş maksilla kemiği ve kanallara sahip maksiller dişler argümanın lehine bulgu olsa da kesin kanıt değil. Kafatası içindeki normal sinüs boşluklarının farklılaşmış hali olması da muhtemel. Bu yüzden kesin bir kanıt mevcut değil.

Tarih Öncesi Kan ve Kene

İlginç bir kayıt daha olan, 2017’de yayımlanan makaleye göre 99 milyon yıllık kehribarda bir dinozor tüyü korunmuş halde hapsedilmişti. İlginç olan bu değil, kehribardaki tüyün yanında kanla beslenen dış parazitlerden bir de kene bulunuyordu.^[41] Evet,

bu kene 99 milyon yıl önce muhtemelen o dinozorun kanıyla besleniyordu. Üstelik kenenin vücudu kanla dolduğu için şişmiş halde fosilleşmişti. Bu durumdan dolayı “Korkunç Drakula” anlamı taşıyan *Deinocroton draculi* ismi verildi. Yani tarih öncesi dönemlerde de günümüzdeki gibi dış parazitlere rastlıyoruz (Bkz. Bölüm 2 - Hiç Değişmemiş Canlı Olur mu?)

Jurassic Park’taki gibi herhangi bir DNA elde edilemedi. Fakat 2015’te *Nature*’da yayımlanan çalışmada 75 milyon yıl öncesine ait dinozor fosillerinde bağ doku ürünleri olan kollajen fibrillerine ve eritrosit (alyuvar) fosillerine rastlandı.^[42] Yani tarih öncesine ait bir dinozorda kan hücreleri gözlemlendi. Muhteşem bir gelişme olmasına karşın maalesef herhangi bir DNA örneği elde edilemedi. DNA’nın yanı sıra ömrünün maksimum 6,8 milyon yıl olması (1,5 milyon yıldan sonra incelenemeyecek kadar kötü olacaktır) yanında zaten memelilerin olgun alyuvarları (eritrositleri) daha fazla oksijen taşımak adına çekirdeksizdir. Öyleyse sorabilirsiniz, o zaman kan örneklerinden nasıl DNA elde ediliyor diye? Çünkü kanda sadece eritrosit yoktur. Akyuvarlardan (lökosit), dökülen epitel hücrelerine kadar birçok hücre bulunur. Sadece olgun eritrositlerin ve olgun trombositlerin (pıhtılaşmada rol oynayan kan elemanı) çekirdeği yoktur. Öte yandan kuşlarda ve diğer birkaç omurgalının eritrositlerinde çekirdek bulunur. Çekirdeğin bulunmaması, hemoglobinin oksijen taşıma kapasitesini artırdığı için nesiller boyunca seçilim göstermiş bir adaptasyondur. Ancak kuşların hava keseleri ve içi boş kemikleri hali hazırda oksijen ihtiyaçlarını karşıladığı için ekstradan alyuvarlar çekirdekleri üzerine herhangi bir seçilim baskısı binmemiştir!

Akciğer Fosili ve Hava Keseleri

Kuşların fizyolojilerine değinmişken, yumuşak dokusu korunmuş muhteşem bir fosil vardır bu konuda. 22 Ekim 2018 tarihinde ilk defa Mezozoyik Zaman’a ait bir kuşun akciğer izleri gözlemlendi.^[43] Hatta solunum sistemlerindeki parabröşları dahi görülebiliyor. Kuşları gerçekten anlayınca solunum fizyolojilerine hayran kalmamak elde değil. Keşfedilen 120 milyon yıllık kuş, *Archaeorhynchus spathula* adında bir tür ve Euornithes (Gerçek Kuşlar) taksonunda bulunuyor. Bu fosil kaydı sayesinde ilk defa tarih öncesi bir kuşa ait akciğer izleri gözlemlendi! Aynı zamanda

“gerçek gaga” barındırdığı bilinen ilkin kuşlardan biridir. Yani günümüz kuşların soyağacına ulaşacak olan atasal form.

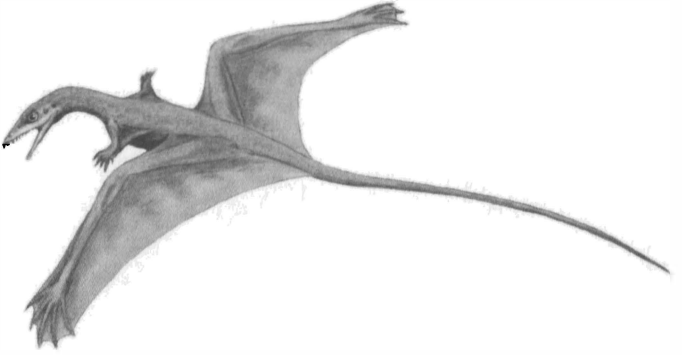
Günümüz kuşlar, yüksek irtifada uçuş için yeterli oksijeni sağlayabilecek biçimde seçim göstermiş pulmoner (akciğer) adaptasyonlara sahiptirler. İşte bu fosil sayesinde söz konusu karakteristik özellikler muhteşem bir şekilde ilkin kuşlarda gözler önüne seriliyor. Çünkü oksijen kullanan omurgalılar arasında solunum sistemi en verimli olan canlılar, bariz şekilde kuşlardır. Memeliler sadece iki yönlü solunum gerçekleştirdiklerinden, giren ve çıkan gazlar karışabiliyor. Fakat kuşlarda, hava keseleri sayesinde uçuş sırasında tek yönlü solunum gerçekleşiyor. Dolayısıyla daha verimli bir şekilde oksijen alışverişi gerçekleştirebiliyorlar. Öyle ki kuşlar soluk verirken (ekspirasyon) bile hava keseleri sayesinde oksijen alabilirler. Çünkü memelilerin aksine nefes almak (inspirasyon) da nefes vermek (ekspirasyon) da aktif bir süreçtir. Memelilerde diyafram kası nedeniyle sadece nefes almak aktif bir süreçtir.

Epidexipteryx hui, 152 ile 168 milyon yıl önce yaşamış bir teropod türüdür. Bu örnekte merkezi bir tüy sapı bulunduran tavus kuşu gibi çok uzun kuyruk tüyleri gözlemlendi.^[44] Yalnız gözlemlenen bu tüy tipi, günümüz kuşlarından biraz farklı. Zaten tamamen aynı olması da beklenmiyor. Bu tüylerin denge ve cinsel seçilime yönelik olduğu düşünülüyor. Kendisi aynı zamanda cinsel seçilime yönelik tüy bulunduran eldeki en eski teropod türü. Geç Jura Dönemi’nde, yani yaklaşık 160 milyon yıl önce *Anchiornis* isimli önemli bir tür bulundu. Bu türün Jura Dönemi’nde yaşamasına karşılık yine de ellerinde kontür tüyler ve vücudunda örtücü tüyler olduğu gözlemlendi. Bütün melanozom haritası çıkarıldıktan sonra paleontolojik olarak renkleri tamamen bilinen ilk tür olarak tarihe geçti aynı zamanda. Muhteşem değil mi? Yani genel kanının aksine bazı dinozorların renkleri de bilinebilir, iç organları da bilinebilir, tüyleri de bilinebilir.

“Normal” Diye Bir Şey Yoktur!

Önemli bir nokta vardır ki o da doğada “normal” diye bir tanımın bulunmamasıdır. Belli bir zaman dilimi içerisindeki gözlemler kapsamında “yaygınlık derecesine” göre biz yapıyoruz

bu tanımı. Günümüzde “normal” olan, yıllar sonra olmayabilir. Örneğin “normalde canlıların kanatları kollarında bulunur” gibi bir ifade her zaman doğruyu yansıtmaz. Çünkü taksonomide canlılar, belli başlı ortak ve farklı yönleri göre sınıflandırılmaya çalışılır. Evrimin ve yaşamın temeli olan karşı konulamaz çeşitlilik içerisinde bu sınıflandırmayı yapmak çok zordur. Her keşfedilen yeni tür, bambaşka bir bakış açısına imza atabilir. Böylece pencereyi genişletmemiz ve tanımları düzenlememiz gerekecektir.

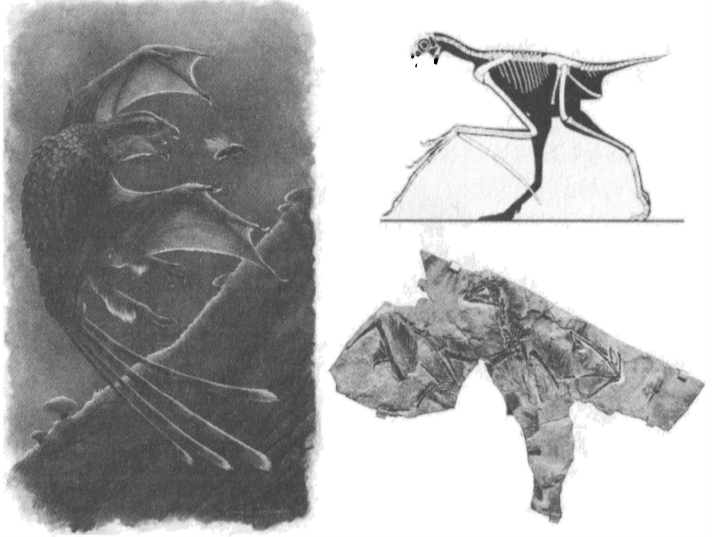


Görsel 11.3. Genel anlamda gördüğümüz canlıların aksine sadece pelvis bölgesindeki deri uzantılarıyla süzülen bir sürüngen *Sharovipteryx mirabilis* türü (Kaynak: Anonim).

Örneğin bacaklarıyla süzülen, nesli tükenmiş sürüngen *Sharovipteryx mirabilis* gibi... Günümüzden yaklaşık 225 milyon yıl önce Triyas'ta yaşamıştı.^[45] İlk bakışta o kadar “tuhaf” gelecektir ki gözünüze çünkü süzülme için kullandığı patagium (süzülme derisi) daha önce hiç görmediğimiz bir biçimde “bacakları ve kuyruğu” arasındadır. Yani bacaklarını açarak süzülen bir sürüngen... Ne kadar nefes kesici değil mi? Eğer günümüzde bu davranış yaygın olsaydı, “normal” kabul edecektik.

Sıradışı türler sadece bununla bitmiyor. 159 milyon yıl öncesine Jura Dönemi'ne ait, parmakları diğer kuzenlerinden çok daha uzun olan 380 gramlık ufak bir dinazor türü *Yi qi* (bilinen en kısa tür isimlerinden biri) keşfedilmişti.^[46] Üstelik bütün vücudu da

tüylerle kaplıydı. Başta iguana gibi ağaçlara tırmanmak amaçlı olduğu düşünüldü. Ardından bu parmakların arasında patagium (süzülme derisi) olduğu anlaşıldı. Bir nevi kuş ve yarasa karışımı gibi bir canlı.



Görsel 11.4. Adeta bir yarasa, iguana ve kuş karışımı olan sıradışı görünüşüyle *Yi qi* türü (İllüstrasyon: Emily Willoughby).

Bu da yarasa benzeri morfolojinin yakınsak evrimini gösterir nitelikte. Yakınsak evrim, yakın akraba olmayan canlılarda görülen benzer morfolojik özellikleri tanımlar. Günümüzde yaşayan balinalar ve köpek balıklarının yüzgeçleri çok güzel yakınsak evrim örneğidir. Acaba evrimsel süreçte bazı seçilim baskılarının sonucu hep benzer midir? Bazı morfolojik özellikler belli başlı durumlarda çoğunlukla daha mı verimlidir? Bunlar sorulması gereken heyecan verici sorulardan bazılarıdır. Her halükârda mitolojik filmlerden fırlamış gibi gözükten muhteşem bir canlıyla karşı karşıyayız. Çenesinin ucunda ufak dişler var, parmakları iguana gibi uzun, parmaklarının arasında yarasalara benzer deri uzantısı var, bütün vücudu tüylerle kaplı, dört parçalı uzun bir kuyruğu var. Daha ne olabilir ki?

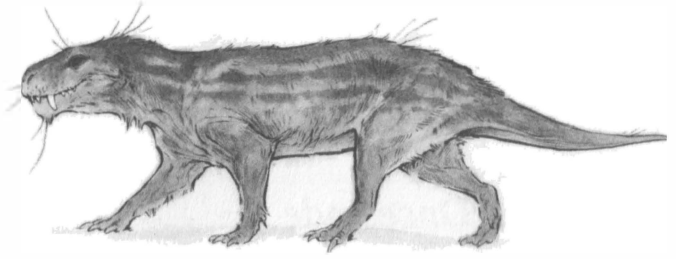
XII. BÖLÜM

Tarih Öncesinde Memeli Olmak

Mezozoyik Zaman'daki inanılmaz çeşitlilik içerisinde bir canlı grubu daha evrimleşiyordu: Memeliler... Zamanın ufacık canlıları olmakla birlikte milyonlarca yıl sonra memeli bir türün tüm dünyayı ele geçireceğini kim tahmin edebilirdi ki? Bu kitabı yazan ve okuyan, gözle görülmeyen mikroorganizmaları yok edebilen, gezegenin en büyük hayvanı denizdeki sınıf-dışlarını öldüren, atmosferin dışına bile ulaşan tür: *Homo sapiens*...

Memelilerin Evrimi

Yaklaşık 300 milyon yıl gibi bir süre önce, dört ayaklı sürün-gen benzeri hayvanlar Synapsidler (Bkz. Bölüm 4) seçim gösteriyordu. Henüz “memeliler” *Homo sapiens* gibi tehlikeli bir türe farklılaşmadan çok çok daha önce. Daha sonra, yaklaşık 275 milyon yıl önce, bu gruptan “terapsit” (İngilizce: therapsid) adı verilen proto-memeliler farklılaştı. Gelecekte memelilerin evrimleşeceği “kök memeliler” olan terapsitler, atasal popülasyonlarına nazaran daha dik bacaklara ve yürüyüşlere sahiplerdi. Terapsitler, bacakları yanlara yayılan kertenkele benzeri kuzenlerinin yanı sıra bacaklarını vücudun ortasına daha yakın tutuyor, daha dik bir yürüyüş sergiliyorlardı. İşte bu terapsitlerin nazal (burun) konkalarının yapısı, kemiklerindeki damar ağları ve ilkin “kıl” yapıları günümüz memelilere benzerlik gösteriyordu. Yani dört ayağı üzerinde yürüyen ve yumurtlayan ilkin memeli benzeri hayvanlar olarak hayal edebilirsiniz.



Görsel 12.1. Memeli soy hattında olmayan, Permilen Dönemi'nde yaşamış etçil terapsitlerden bir tanesi *Lycaenops ornatus* türü (İllüstrasyon: Emily Schnell).

Terapsitler içerisinde yaklaşık 225 milyon yıl önce, gerek yaşam tarzı, gerek yavru bakımı ve gerekse anatomi olarak memelilere ve yakın akrabalarına evrimleşecek sinodont adlı canlılar görülmeye başlanır. Yani terapsitler içerisinde memelilerin dallandığı gruptur. Hatta genel olarak Permilen-Triyas Yok Oluşu'nda hayatta kalmayı başaran nadir canlılardan biridirler! Zira terapsitler de döneme uyum sağlayan hayvanlardan bazıları oldukları için, hepsi tamamen memelilere evrimleşmedi doğal olarak. İçerisinde nispeten küçük bir dal memelilere farklılaşacaktır. Geriye kalanların nesli tükenecektir. Üstelik bunlar, evet yumurtluyordular! Terapsitlerin büyük bölümünün nesli diğer birçok canlı gibi tükenmiştir. Memelilere evrimleşecek sinodont dalı gibi belli başlı popülasyonları hayatta kalmıştır.

Günümüzde 1990 yılında muazzam bir keşif yapıldı bu konuda.^[47] Öyle bir fosil keşfediliyor ki primatlardan çok çok daha önce memelilerin yeni evrimleştiği dönemle ilgili. 225 milyon yıl önce yaşadığı anlaşılan *Adelobasileus cromptoni* türü, biz insanlar dahil bütün “memelilerin” bilinen en eski atalarından biri veya ataya çok yakın bir akraba. Kendisi ufak kemirgen benzeri bir morfolojiye sahip ve sadece eksik bir kafatasından biliniyor. O kadar güzel karakteristik özellikler barındırıyor ki günümüz memelileri gibi değil; Permilen terapsitleriyle Triyas memelileri arasında adeta bir geçiş. Günümüzde insanlardan balinalara,

farelerden kaplanlara, köstebeklerden aylara kadar gördüğünüz çeşitliliği sağlayacak “memeli” popülasyonlarına en yakın akrabalarından biri. En azından keşfedebildiğimiz kadarıyla.

O zaman dilimindeki memeliler “anne sütü” adı verilen kimyasalla yumurtaları nemli tutuyorlar. Evet daha sonra eteneli memelilerin evrimi ile anne sütü “beslenmek” ve “bağışıklık” amacıyla kullanılmaya başlanıyor.^[48] Günümüzde halen yumurtlayan birkaç memeli türü hayatını sürdürmeye devam ediyor. Sınıflandırmaların hepsi bulunan fosil kayıtları üzerinden yapıldığı için “ilk memeli” diye bir canlının olmadığını vurgulamak gerekiyor. Çünkü bu değişimler o kadar yavaş ki nesiller içerisinde nokta atışıyla belirlemek ve bir sınır çizmek neredeyse imkânsızdır (Bkz. Bölüm 1 - İlk, İlkel ve İlk Tanımları).

Memeli Kulağının Evrimi

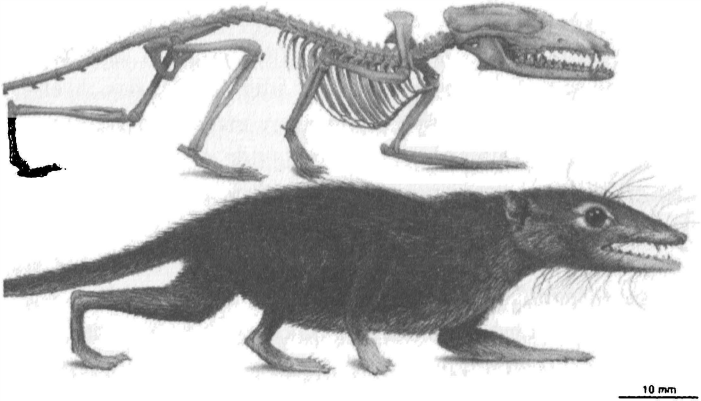
Memelilerin çenesi 1 tane kemikten oluşurken; sürüngenlerin en az 4 taneden oluşur. Sürüngenlerin kulaklarında 1 adet kemik (üzengi) bulunur iken; memelilerde 3 adet (çekiç, örs, üzengi) bulunuyor. Çünkü memelilerin sürüngen atalarında bulunan 3 kemikten 2 tanesi milyonlarca yıl içerisinde orta kulağa doğru kaymıştır! Yapılan araştırmalar sonucu, sürüngenlerde memelilere nazaran fazladan bulunan alt çene kemiklerinin insanın gebeliği sırasında embriyoda da gelişmeye başladığı ancak sonradan, memelilerde fazladan mevcut olan orta kulak kemikleri çekiç (malleus) ve örs (incus) kemiklerine farklılaştığı bulunmuştur. Bu da çekiç ve örs kemiklerinin sürüngenimsi çene kemiklerinden evrimleştiğini destekler niteliktedir.^[49]

Hadrocodium gibi fare-benzeri, 190 milyon yıl önce yaşamış ön-memeli canlılarda ilk defa üç kemikli kulak yapısına rastlamaya başlamaktayız. Çünkü oldukça küçük oldukları için geceleri avlanmak onların yararınaydı. Dev dinazorların daha az aktif olduğu zaman dilimlerinde, kolayca dışarı çıkıp ufak eklem bacaklılar ve sürüngenlerle beslenebiliyorlardı. Bu yüzden gece avlanmak için görme duyusundan ziyade, işitme duyusu avantajlıdır. Zira evrim eldeki olanaklardan yararlanır, termodinamiğin 1. yasasıyla çelişerek yoktan bir şey “üretmez.” Bu seçim baskısı da ufak memelilere, uçan böcekleri duyabilmek adına

işitme avantajı sağladığı için nesiller boyunca kulak bölgesine kaymasını sağladı.

Doğuran Memelilerin Evrimi

Ardından yaklaşık 160 milyon yıl önceye vardığımızda, günümüzde fazlasıyla yaygın olan, Doğuran Memeliler (Theria) görülmeye başlanıyor. Diğer bir adları Eteneliler olarak da bilinirler. Memeliler açısından baktığımızda çeşitli anatomik farklılıklar görülüyor. Örneğin pelvis (leğen) kemikleri arasında epipubik kemik bulunmaz. Bu yüzden hamilelik döneminde karın fazlasıyla genişleyebilir. Penis, testisin önünde konumlanmıştır. Testis de skrotum denilen bir kese içerisinde pelvik (kasık) bölgede, vücut dışındadır.



Mark A. Klingler / Carnegie Museum of Natural History

Görsel 12.2. Yaklaşık 160 milyon yıl önce yaşamış *Juramaia sinensis* isimli 10 cm'lik ilkin doğuran memeli türü (İllüstrasyon: Mark A. Klingler).

O dönem Jura Dönemi'nde ufak tefek deliklerde yaşayan, kayaların altında saklanan, ağaç gövdelerinde hayatlarını sürdüren *Juramaia sinensis* gibi 10 cm'lik fare benzeri “doğuran” ilkin memeliler görülecektir. Karada apeks avcılar olan dinazorlar,

sularda deniz sürüngenleri, gökyüzünde uçan sürüngenler dolanırken ufak memelimizin ekolojik açıdan derdi çok büyüktür!

Bu süre zarfında bir yandan da teropod dinozor popülasyonundan ayrılmış kuşların akrabaları da aynı şekilde farklılaşmaya başlamış olacaktır ve *Archaeopteryx*'ten önce *Aurornis* gibi ilkin kuş benzeri dinozorlar görülecektir.

Yaklaşık 125 milyon yıl önce Eutheria (Eteneliler) ve Metatheria (Keseliler) adı verilen memeliler ayrılmaya ve çoğalmaya başlıyor. Anne karnındaki bebeğin beslendiği ve filtrelenerek korunduğu gerçek bir plasenta bulundurmaya başlayan memelilere “eteneliler” veya “plasentalı memeliler” adı veriliyor. Çünkü fetüs, gelişimini plasentada tamamlıyor. Keselilerde ise yavrular daha erken doğar ve doğduktan sonra annenin kesesinde (marsupium) gelişimin önemli bir bölümü tamamlanır.

Ardından 125-100 milyon yıl önceye denk gelen sürecin devamında balina ve yarasalar dahil çoğu memeli atalarının ayrılmaya başladığı döneme geliyoruz. Düşünsenize, 100 milyon yıl önce yaşayan popülasyondaki memeliler hem balina hem yarasa hem de insan; ama hiçbirisi değil! Günümüzdeki kemirgenlere benzer nitelikte ufacık boyutlardaki memelilerden ibaretler. Fakat yetenekleri çok büyük!

Yaklaşık 80 milyon yıl önce proto-primat adı verilen ön primatlar görülmeye başlanıyor. Onları diğer memelilerden ayıran en önemli fark, özelleşmiş başparmakları ve bilekleri! Bu sayede ağaçlarda kolaylıkla hareket edebiliyorlar. Bilek ekleminin seçim baskısı, gelecek nesillere fazlasıyla avantaj sağlayacak.

Virüs Enfeksiyonu ile Plasenta Evriminin Bağlantısı!

Primatlar ve diğer bazı memeliler açısından çok ilginç bir farklılaşma gerçekleşiyor. O da bir virüs enfeksiyonuyla ilişkili. Bebeğin büyüdüğü ve beslendiği “plasenta” yapısının rahim içerisindeki gelişimi başlıca sintisin (syncytin) proteini sayesinde gerçekleşir. Bu protein sinsityotrofoblast hücreleriyle rahim duvarına tutunur. Yani temelde bu proteinler sayesinde hücreler birbirine tutunarak “plasenta” rahim duvarına yerleşir.

İlginçtir ki yapılan genetik analizlere göre bu proteini kodlayan genin memelilerde bulunması bir retrovirüs enfeksiyonu

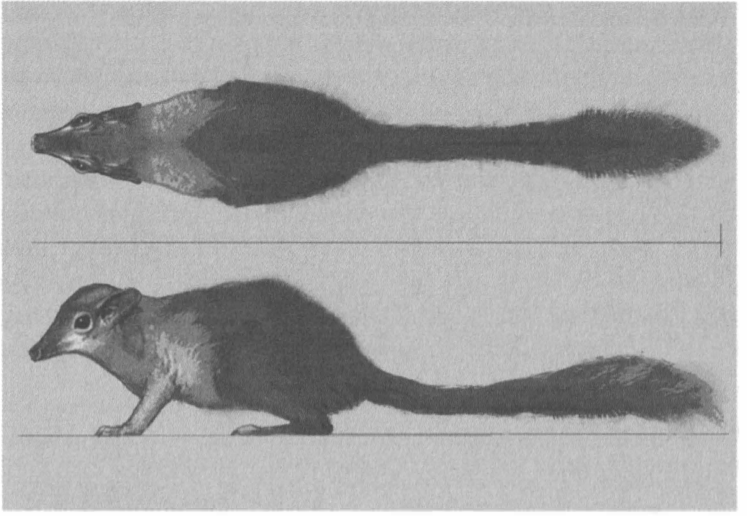
sayesinde gerçekleşiyor! Primatlardaki genin yaklaşık 60-40 milyon yıl önce gibi bir süre içerisinde genoma katıldığı hesaplanıyor. Retrovirüsler, ters transkriptaz enzimiyle RNA'dan DNA yapabiliyorlar ve konak hücrenin genomuna “gen” yerleştirebiliyorlar. Memeli popülasyonları arasında yayılan bir virüs salgını sayesinde günümüzde primatların özelleşmiş plasentaları var. Hatta belki de 120 milyon yıl önce memelilerde plasentanın (Eteneliler) evrimi, popülasyonlarda yayılan bir virüs salgını sayesinde gerçekleşti!?^[50]

Primatların Evrimi

Bütün bu süreçler içerisinde kısa bir zaman dilimine denk gelen büyük bir “genetik sürüklenme” yaşanıyor... 66 milyon yıl öncesine denk gelen bir zamanda, yaklaşık 10 km çapında bir gök cismi gezegenimize çarpıyor ve gezegenin jeokimyası değişiyor. Ağırlığı 25 kg'dan fazla olan canlıların neredeyse hepsi, geri kalan canlılardan da bir kısmı nesillerini devam ettirmeyi başaramıyor. Bu genetik sürüklenme kapsamında boyutları ufak olan canlılar avantaj kazanıyor. Böylece boşalan sayısız ekolojik nişi doldurmaya başlıyorlar. Üreme hızları, popülasyonları ve çeşitlilikleri artıyor. Artık memelilerin yükselişi başlıyor.

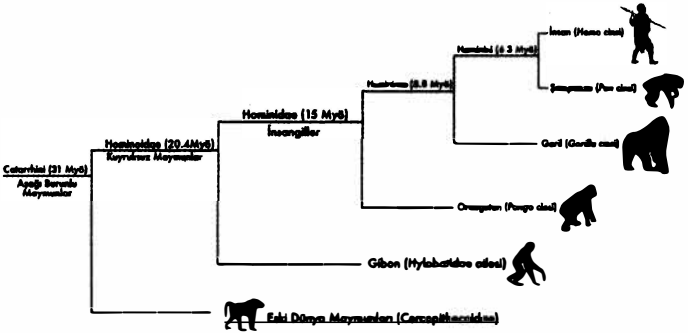
Dolayısıyla gelecek zamanlarda primatlar takımının evrimleşmesi anlamına geliyor. Artık gökyüzünde, denizde ve karada apeks avcılar neredeyse hiç yok. Öyle ki geri kalan en büyük hayvanlar sadece memeliler ve “kuşlar”! Hal böyle olunca çeşitlenmeye ve coğrafyalara yayılmaya başlıyorlar. Milyonlarca yıllık seçilim süreci ardından yaklaşık 60 ila 55 milyon yıl önceki zaman diliminde, günümüzdeki primatlara çok fazla benzeyen “Gerçek Primatlar” çeşitlenmeye başlanıyor.

Kemirgenlere oldukça benzer yapılı; ancak primatların bazı vücut özelliklerinin de öncüllerini taşıyan, çok net geçiş türlerini bünyesinde barındıran bir grup Plesiadapiformes görülmeye başlanıyor. Burada bahsedeceğimiz canlı ise bu grup ile primatların bilinen olası son ortak atasıdır. Fosil kayıtlarından bilinen primatların son ortak atası, soyu tükenmiş en eski proto-primat (ön primat) *Purgatorius* cinsinde 15 cm uzunluğunda, 37 g ağırlığında bir memelidir. Geç Kretase ve Paleosen arasında denk gelen, yaklaşık 66-60 milyon yıl önce yaşadığı düşünülüyor.^[51]



Görsel 12.3 Proto-primat olarak sınıflandırılan primatların en eski atalarından veya ataya çok yakın akraba *Purgatorius* cinsi (Kaynak: Anonim).

Primatların öncüsü olan bu canlı böcekler ve meyveler ile besleniyorlardı. Boyutu yaklaşık olarak sıçan büyüklüğündeydi, bu sayede deliklere kolayca sızabiliyorlardı. Hayatta olan bazı büyük yırtıcılardan ve değişen çevre şartlarına daha kolay adapte oluyorlardı. Yapılan bilek kemiği analizlerinde, kemiklerin geç primatlar ile aşırı benzerlik gösterdiği, ellerini ve ayaklarını döndürebildiği, bu sayede ağaçlara tutunup tırmanmak için uygun olduğu fark edildi! Primatlara dallanacak popülasyonun temel özellikleriyle seçim göstermişti. Ağaçlar, *Purgatorius* ve diğer primatlara iyi hizmetler sundu. Çoğunun soyları orada tükendi. Fakat *Purgatorius*'tan 60 milyon yıl sonraki son atalarımız ağaçları terk ederek insanları bu durumun istisnalarından bir tanesi haline getirdi. Apeks yırtıcıların baskısı kalktığı için popülasyonlar çeşitlendi. Hem Primatlar takımına gidecek dal, hem de kaplanları, aslanları, ayıları, rakunları içeren Etçiller (Carnivora) takımına gidecek dal evrimleşecekti. Yaklaşık 40 milyon yıl önceye denk gelen bu zaman diliminden itibaren gezegende yaşayan en büyük kara ve deniz hayvanları olma yolunda seçim göstereceklerdi...



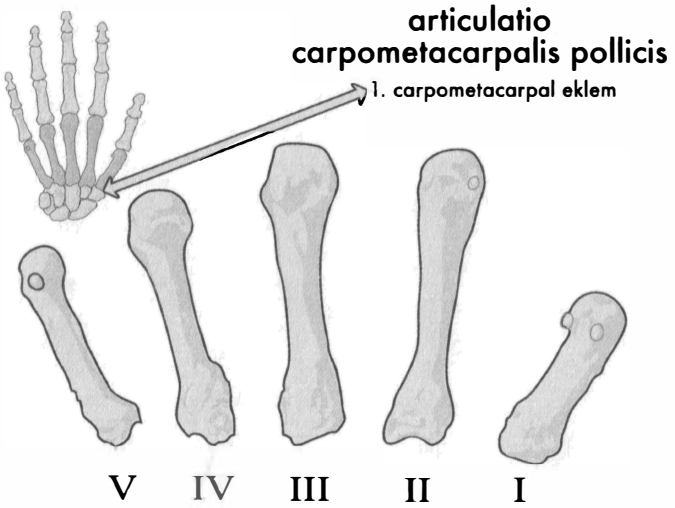
Görsel 12.4. Simiyenlerin (Maymunların) evrimsel sürecinin şematik görünümü (Kaynak: Wikimedia. Çeviren: Pedram Türkoğlu).

Gök taşı çarpışması ardından uyum sağlamaya başlayan memeliler içerisinde Kuru Burunlu Primatlar ayrılacaktır, 40 milyon yıl önce “maymun” diye bildiğimiz Simiyenler (Simiiformes), 35 milyon yıl önce Aşağı Burunlu Maymunlar (Catarrhini) dallanacak, 25 milyon yıl önce Kuyruksuz Maymunlar (Hominoidea) üst ailesi ayrılacak, 20 milyon yıl önce gibbonların ataları da dallandıktan sonra goriller, şempanzeler, orangutanlar ve insanların atalarının bulunduğu İnsangiller (Hominidae) ailesi 15 milyon yıl önce seçilim gösterecek. Yaklaşık 8 milyon yıl önce gorillerin ataları da bu aileden dallanacak, ardından 6 milyon yıl önce şempanzelere (*Pan* cinsi) ve insanlara (*Homo* cinsi) gidecek popülasyon seçilim gösterecek...

Primatlar İçerisinde İnsanın Evrimsel Başarısı

İnsanı diğer primatlardan farklı kılan adaptasyonlardan biri de hassas başparmaktır. Primatların el bilekleriyle başparmakları arasındaki eklem “*articulatio carpometacarpalis pollicis*” adı verilir. Oppozisyon ve repozisyon hareketleri, yani başparmağın ve serçe parmağın birleşip ayrılma hareketi esas olarak bu eklem üzerinde yapılır. Söz konusu eklem yüzeyinin açısı insanlarda diğer primatlardan daha farklıdır. İşin içine “*flexor pollicis longus*” (FPL) kası da girince diğer primatlardan farklı olarak çok

işlevli, hassas bir başparmak elde etmiş oluyoruz. FPL kası diğer primatlarda ayrı bir tendon halinde bulunmuyor. Bulunan türlerde de özelleşmiş değil. Dolayısıyla insan türünün kavrama becerisi hassaslaşıyor. Bu da beynin üzerinde yepyeni bir seçim baskısı yaratmış oluyor ve tür içerisindeki rekabeti artırarak en karmaşık aletleri üretebilenlerin daha kolay hayatta kalmasını sağlamış oluyor. Ardından kitapta üzerinde en çok durduğum mekanizma olan “cinsel seçim” devreye giriyor ve dişiler daha güçlü erkekleri tercih etmek yerine daha iyi alet yapan yüksek bilişsel yetenekli erkekleri tercih etmeye başlıyor. Böylece bir canlı için gezegenin dışına kadar ulaşabilen bir serüven başlıyor.



Görsel 12.5. Art. carpometacarpalis pollicis adlı eklemin anatomik görüntüsü (Kaynak: Pixabay. Düzenleyen: Pedram Türkoğlu).

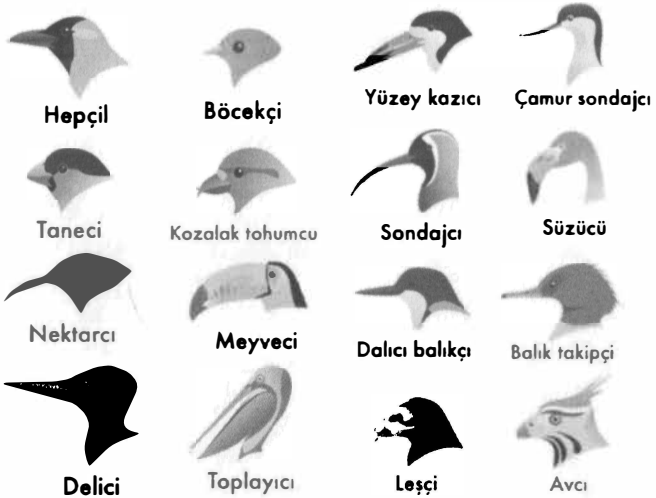
Bu, küçük bir şey gibi gözükebilir ama binalar, roketler, uçaklar tasarlamamız, yörüngeye uydu fırlatıp Ay’a insan yollayabilmemizin temelleri arasında bu eklem de bulunur. Kuzenlerimiz kadar iyi tırmanıcılar değiliz ama onlardan iyi alet yapabiliriz. Fizik yasaları yüzünden bir el hem uçmaya hem tırmanmaya hem de özel aletler yapmaya uygun olamaz. Unutmayın ki insanı evrimsel süreçte birey olarak ele almak doğru değildir. Çünkü

insan, bireysel başarısından ziyade popülasyon içerisindeki sosyal başarısı sayesinde öne çıkmış bir grup (sürü) hayvanıdır. Kendisinden kat kat güçlü türleri alt edebilmesi için insanın dayanışmaya ihtiyacı vardır.

XIII. BÖLÜM

Dinozorların Soyu Tükenmedi!

Ufak boyutları nedeniyle gök taşı çarpışmasından paçalarını kurtaranlar sadece biz memeliler olmadık. Aynı şekilde memeliler gibi birçok ekolojik görevi doldurabilenler avian dinozorlar da oldu. Günümüzde onlara “kuş” diyoruz.



Görsel 13.1. Uyarlanımcı yayının etkisiyle avian dinozorların çeşitlilik göstermiş fenotipleri (Görsel: Shyamal. Çeviri: Pedram Türkoğlu).

Evet, 66 milyon yıl önce Meksika Körfezi’ne çarparak Kretase/Tersiyer (K/T) yok oluşuna sebebiyet veren gök taşı, tüm türlerin 4’te 3’ünü yok etti. Fakat bütün dinozorların nesli tüken-

medi. Sadece non-avian dinozorlar yok oldu; avian dinozorlarla (kuşlar) her gün karşılaşyoruz. Boyutu yaklaşık 25 kilogramın üzerinde olan bütün omurgalı hayvanlar yok oldu. Ufak memelilerle birlikte kuşların dolduracağı birçok ekolojik niş onları bekliyordu. Geniş bir “uyarlanımcı yayılım” etkisiyle türleşme ve çeşitlenme artışı yaşandı. Ayrıca düşünsenize, kuşlar dışındaki dinozorlar dahi bu gezegende 150 milyon yıldan uzun bir süre yaşadı, uyum sağladı, beslendi ve üredi. Kuyruksuz maymunlara baktığımızda sadece 6 milyon yıldır seçim gösteriyoruz, ürüyoruz ve hayatta kalıyoruz. Aslında bu açıdan bakıldığında hiç de evrimsel olarak “başarısız” canlılar sayılmazlar.

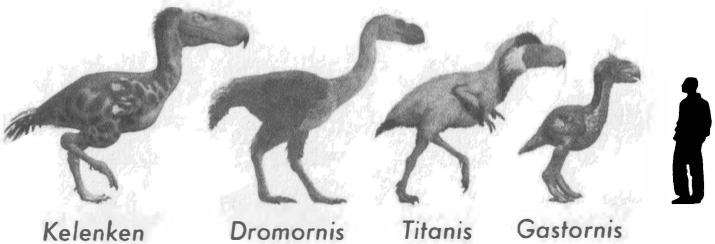
Gök taşı çarpışmasının sebebiyet verdiği kimyasal değişimler ve sıcaklık değişimi, birçok bitki soyunun tükenmesine neden oldu. Çarpışma, atmosferin kimyasını değiştirdi. Sülfürik asit yağmurları gibi birçok hava olayına sebebiyet verdi. Çeşitli coğrafyalarda su seviyesini etkilendi. Okyanuslar asitleşti. İklim değişimleri hızlandı. Kısaca sadece çarpışmadaki fiziksel etki yüzünden canlılar yok olmadı. Gezegenin biyokimyası değiştiği için canlılar da değişti. Daha doğrusu çeşitlilik içerisinde değişime uyum sağlayabilenler hayatta kaldı. Denizlerdeki *Mosasaurus* ve *Elasmosaurus* gibi büyük sürüngenlerin hepsinin nesli tükendi. Uçan sürüngenler olan Pterosauria takımı da tamamen yok oldu.



Görsel 13.2. Kuzenlerine inanılmaz benzeyen, günümüzde hayatta olan “pabuç gagalı leylek” adı verilen *Balaeniceps rex* türü (Kaynak: Pixabay).

Sadece devasa canlılar değil, gözle görülmeyen birçok plankton türü de yok oldu! Fotosentetik türlerin yok olmasıyla birlikte günde tonlarca bitki yemesi gereken sauropodlar yeterli beslenemediği için elendiler. Keza çoğu otçulla beslenen iri etçiller de yetersiz beslendiğinden, nesillerini başarıyla aktaramadı ve yok oldu. Okyanuslarda planktonlarla beslenen türler nesillerini sürdüremedi. Hesaplandığına göre yaşayan türlerin %75'inden fazlası yok oldu...

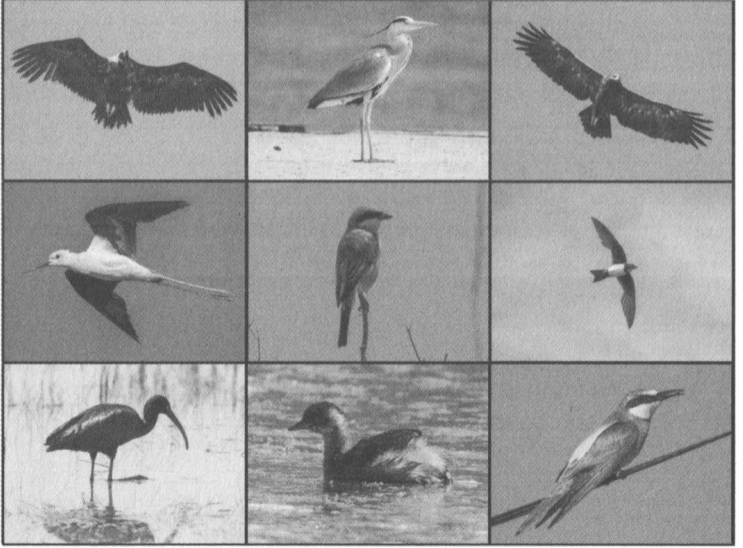
Ardından ufak memeliler, küçük avian dinozorlar, minik böcekler, çevik araknidler, dayanıklı sürüngenler, uyum sağlayan amfibiyenler ve balıklar sıcaklık farkından daha az etkilendi. Daha az besin ihtiyacıyla hayatlarını sürdürmeye devam edebildiler. Tabii bütün memeliler de hayatta kalamadı. Birçok memeli, böcek, balık türü de yok oldu! Mezozoyik Zaman sona erdi ve kelime anlamı “Yeni Çağ” olan Senozoyik Zaman başladı. *T. rex* gibi iri yırtıcı teropodların soyu tükenince, yaklaşık 50 milyon yıl sonra diğer avian kuzenleri (kuşlar) o ekolojik nişi doldurdu. Artık yeryüzünün baskın (apeks) yırtıcıları arasında *Kelenken* ve *Titanis* gibi dev terör kuşları bulunuyordu. Sonra onlar da 60 milyon yıl gibi bir süre seçim gösterip nesilleri tükendi. Günümüzde Güney Amerika'daki kuşlar olan 80 cm'lik Kariyamalar (*Cariamidae*), terör kuşlarının yaşayan tek yakın akrabaları.



Görsel 13.3. Bazı terör kuşlarının boyutları ve morfolojileri (Kaynak: Anonim).

Ufak memeliler ve avian dinozorlar türleşmeye, evrimsel yayılım göstermeye ve ekolojik nişleri doldurmaya devam ettiler. Memeliler çeşitlenerek balinalara, primatlara, yarasalara ve birçok

yeni takıma ayrıldı. Avian dinazorlar (kuşlar) da evrimleşerek yırtıcı kuşlara, ötücü kuşlara, kargalara ve daha nicesine yer açtı. Çoğu bulunduğu çevreyle yoğruldu ve farklılaştı. Sığ sulak alanlarda seçim gösterenler “uzun bacaklar” sahibi olma seçim baskısına girdi. Günümüzde bazılarını leylek veya balıkçıl diyoruz. Sıcak bölgelere yayılanlar yükselen termal akımlarla süzülecek “dev kanatlar” sahibi olma seçim baskısına girdi. Günümüzde bazılarını akbaba diyoruz. Ada hayatına uyum sağlayanların birçoğu uçuş yetisine bile gerek duymamak adına “evrim ekonomisi” baskısı altına girdi. Günümüzde bazılarını emu adını veriyoruz, dodo olarak adlandırdıklarımızın da yakın bir zamanda nesli tükendi. Güney Yarımküre’de su habitatında çoğalanlar kanatlarını suda kullanabilecek “yüzme” seçim baskısına girdi. Günümüzde çoğuna penguen diyoruz.



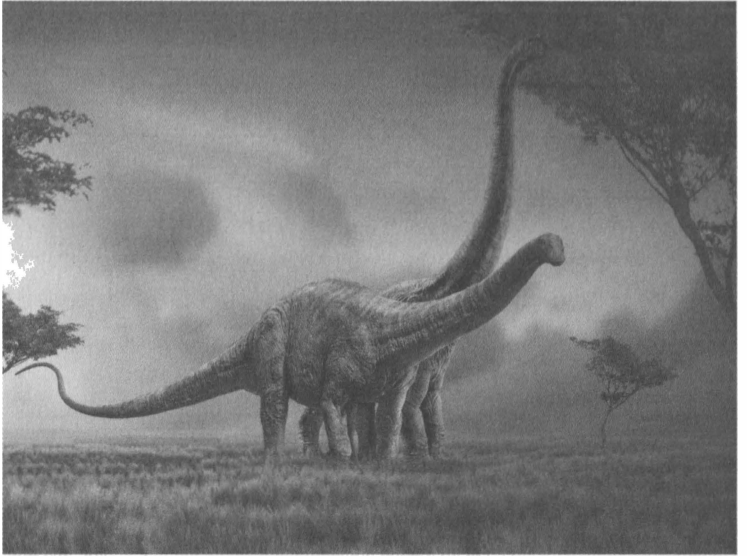
Görsel 13.4. Hepsini Türkiye’de gözlemlediğim avian dinazor türleri (Fotoğraflar: Pedram Türkoğlu).

“Yok Oluşlar” Tarihi: Evrim

Carl Sagan’ın meşhur cümlesinin çok güzel bir gerçeği yansıttığını düşünüyorum. Carl Sagan der ki; “Neslin tükenmesi bir kuraldır. Asıl istisna olan, uyum sağlamaktır.”^[52] Sagan, bu sözünde

insanların evrimle ilgili olarak sıklıkla gözden kaçırdıkları, son derece kritik bir noktaya ustaca değiniyor. Evrimden söz ederken hep “hayatta kalanlar” göz önündedir. Çünkü onlar, günümüze kadar ulaşabilmiş olanlardır. Dolayısıyla ilgi ve araştırma alanımızda olmaları çok normaldir. Fakat bu durum; sanki uyum sağlayıp hayatta kalmanın asıl “norm” olduğu; yok olmanın “istisna” olduğu gibi bir algı yaratmaktadır. Bu durum da evrimsel süreç içerisindeki tüm türlerin güle oynaya evrimleştikleri gibi bir anlayışa neden olmaktadır. Aslında gerçek, bunun tam tersidir.

Sagan’ın da dikkat çektiği gibi evrim tarihi aslen “yok oluşlar tarihi”dir, “uyum sağlayanlar tarihi” değil. Kaldı ki sadece 1 tane büyük yok oluş yaşamamıştır gezegenimiz. Bilindiği kadarıyla 5 tane büyük ve birkaç tane küçük yok oluş (İng. mass extinction) yaşanmıştır. Hatta 6. büyük yok oluş olan Holosen yok oluşu veya diğer bir adıyla Antroposen yok oluşu, çoğunlukla insan (*Homo sapiens*) aktiviteleri sebebiyle M.Ö. 10.000 yılında başlayıp halen devam ettiği söylenir.^[53] Bu yok oluşlar zaten binlerce hatta milyonlarca yıl uzunluğundadır (Bkz. Bölüm 1).



Görsel 13.5. Kuşlara oldukça uzak akraba olan sauropodlar arasından *Brachiosaurus* ve *Apatosaurus* cinsi non-avian dinozorlara örnek (Kaynak: Pixabay).

Çoğu jeolojik zamanın başlangıcı, büyük yok oluşlarla belirlenir. Öyle ki istatistiki analizler, yeryüzünde var olmuş bütün türlerin %99 ila %99,99 arasının yok olduğunu öngörmektedir!^[54] Bir diğer deyişle, var olmuş bütün türlerin sadece %0,01'i ila %1'i arası hayattadır. Her ne kadar günümüzde 8 milyon civarında ökaryotik (gerçek çekirdekli hücrelerden oluşan), birkaç on milyon da prokaryotik (gerçek çekirdeksiz, tek hücreli) tür olduğu hesaplansa da bu sayıların yüzlerce katı evrimsel süreçte elenerek yok olmuştur.

Kim bilir ne değişimler bekliyor olacak bizi? Evrim, nesiller içerisindeki değişimin izlenmesidir. İşte seçilim; ve yetiştirdiği Evrim Ağacı! Carl Sagan'ın efsanevi *Soluk Mavi Nokta* (Ayrıntı Yayınları, 2017) kitabının 1. baskısından alıntı:

“Bizler avcı ve toplayıcıydık. Keşif alanımız her yerdi. Sadece Dünya, okyanus ve gökyüzü ile sınırlıydık. Halen uzun yol bize sakinçe sesleniyor. Su ve karadan oluşan küçük dünyamız. Yüzlerce, binlerce, milyonlarca dünyanın sanki tımarhanesi. Kendi gezegenimizi, evimizi bile düzene sokamayan biz rekabet ve nefretle paramparça olduk. Bütün bunların üzerine uzaya açılmaya cüret edebilecek miyiz? Bize en yakın başka bir güneş sistemine yerleşmeye hazır olduğumuzda değişmiş olacağız. Gelip geçen pek çok nesil bizi değiştirmiş olacak. İhtiyaçlar bizi değiştirmiş olacak. Bizler uyum sağlayabilen türleriz. Ama Alpha Centauri ve yakınındaki yıldızlara ulaşanlar bizler olmayacağız. Bize çok benzeyen bir tür olacak; fakat güçlü yönleri daha fazla, zayıf yönleri daha az. Daha özgüvenli, öngörülü, becerikli ve basiretli... Tüm başarısızlıklarımız, sınırlarımız ve hatalarımıza rağmen biz insanlar büyük olmayı becerebiliriz.

Acaba şu an hayal edilmemiş hangi büyük fikirler bir sonraki nesilde edilmiş olacak? Ya da bir diğer nesilde? Göçebe türümüz gelecek yüzyılın sonuna doğru ne kadar uzağa gidebilmiş olacak? Ya da gelecek binyılın? Ortak mirasları, ana gezegenlerine saygıları ve başka nasıl bir yaşam tarzları olursa olsun evrendeki insanların sadece Dünya'dan geldiği bilgisi ile güneş sistemi ve ötesinde pek çok dünyaya usulca yerleşen uzak nesillerimiz bir bütün haline gelecek. Gözlerini yukarı dikip kendi gökyüzlerinde mavi noktayı bulmaya çalışacaklar. Saf potansiyel kaynağın bir zamanki narinliği karşısında hayran kalacaklar. Bebekliğimiz ne kadar da tehlikeli... İlk adımlarımız ne kadar da alçakgönüllü... Yolumuzu bulmadan önce daha kaç nehir geçmemiz gerekiyor?”

KAYNAKLAR VE İLERİ OKUMA

- [1] Ancient steroids establish the Ediacaran fossil Dickinsonia as one of the earliest animals (I. Bobrovskiy, et al., 2018). *Science*.
- [2] Plot, R. (1677). "The Natural History of Oxford-shire, Being an Essay Toward the Natural History of England". Mr. S. Miller's: 142
- [3] Re-evaluating Moodie's Opisthotonic-Posture Hypothesis in Fossil Vertebrates Part I: Reptiles—the taphonomy of the bipedal dinosaurs *Compsognathus longipes* and *Juravenator starki* from the Solnhofen Archipelago (Jurassic, Germany). sf. 119–168. Risdorf, Achim G. & Wuttke, Michael. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*. 08.02.2012
- [4] Quote Investigator. It Is Not The Strongest Of The Species That Survives But The Most Adaptable.
- [5] Gould, Stephen Jay, & Eldredge, Niles (1977). "Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered." *Paleobiology* 3 (2): 115-151. (p.1 45)
- [6] Daeschler, Edward B.; Shubin, Neil H.; Jenkins, Farish A. (2006-04-06). "A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan". *Nature*. 440 (7085): 757–763.
- [7] Currie, Philip J. (2005). *Dinosaur Provincial Park: A Spectacular Ancient Ecosystem Revealed*. Indiana University Press. p. 368. ISBN 978-0-253-34595-0.
- [8] Ryosuke Motani, Da-yong Jiang, Andrea Tintori, Olivier Rieppel, Guan-bao Chen. Terrestrial Origin of Viviparity in Mesozoic Marine Reptiles Indicated by Early Triassic Embryonic Fossils. *PLoS ONE*, 2014; 9 (2): e88640 DOI: 10.1371/journal.pone.0088640
- [9] Xu, X.; Guo, Y. (2009). "The origin and early evolution of feathers: insights from recent paleontological and neontological data". *Vertebrata Palasiatica*. 47 (4): 311–329.
- [10] Beech, Martin (2012). *The Physics of Invisibility: A Story of Light and Deception*. New York: Springer Science + Business Media. p. 190. ISBN 978-1-46140615-0.
- [11] Ray Bradbury Quotes. (Segal & Lupesco 11). Goodreads, Ray Bradbury > Quotes > Quotable Quote.
- [12] 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.
- [13] Evaluating the ecology of *Spinosaurus*: Shoreline generalist or aquatic pursuit specialist? *Paleontologica Electronica*, David W. E. Hone & Thomas R. Holtz, Jr.
- [14] N. Ibrahim, et al. (2014). Semiaquatic adaptations in a giant predatory dinosaur. *Science*, 26 Sep 2014: Vol. 345, Issue 6204, pp. 1613-1616 DOI: 10.1126/science.1258750

- [15] N. Ibrahim, et al. (2020). Tail-Propelled Aquatic Locomotion In A Theropod Dinosaur. *Nature*, sf: 67-70. doi: 10.1038/s41586-020-2190-3.
- [16] Velociraptor. Jurassic Park Fandom Wiki.
- [17] Anti-Goeze (1778), as quoted in God Is Not Great (2007), by Christopher Hitchens , Ch. 19.
- [18] Westworld - Trompe L'Oeil (1. Sezon, 7. Bölüm). Dr. Robert Ford (Anthony Hopkins).
- [19] Maxwell, W. D.; Ostrom, J.H. (1995). "*Taphonomy and paleobiological implications of Tenontosaurus-Deinonychus associations*". *Journal of Vertebrate Paleontology*. 15 (4): 707–712.
- [20] Hone, D.W.E., Tsuchiji, T., Watabe, M. & Tsogbataar, K. Pterosaurs as a food source for small dromaeosaurs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- [21] Daniel T. Ksepka, Amy M. Balanoff, N. Adam Smith, et al. Tempo and Pattern of Avian Brain Size Evolution. *Current Biology*, 2020
- [22] Xu, X.; Wang, K.; Zhang, K.; Ma, Q.; Xing, L.; Sullivan, C.; Hu, D.; Cheng, S.; Wang, S.; et al. (2012). "A gigantic feathered dinosaur from the Lower Cretaceous of China" (PDF). *Nature*. 484 (7392): 92–95.
- [23] Phil R. Bell, Nicolás E. Campione, W. Scott Persons, Philip J. Currie, Peter L. Larson, Darren H. Tanke and Robert T. Bakker. *Tyrannosauroid integument reveals conflicting patterns of gigantism and feather evolution*. *Biology Letters*. 07 June 2017.
- [24] Norell, M. Xu, X. (2005) "The Varieties of Tyrannosaurs" *Natural History Magazine* May 2005.
- [25] Chang, S.-C.; Gao, K.-Q.; Zhou, Z.-F.; Jourdan, F. (2017). "New chronostratigraphic constraints on the Yixian Formation with implications for the Jehol Biota". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 487: 399–406.
- [26] Xing Xu, et al. Basal tyrannosauroids from China and evidence for protofeathers in tyrannosauroids. *Nature*, sf:680-684.
- [27] TREY the Explainer. Paleo Profile: Yutrannus. Youtube.
- [28] YDAW. Your Dinosaurs Are Wrong: Feathers. Youtube.
- [29] PeerJ Journal "Investigating the running abilities of Tyrannosaurus rex using stress-constrained multibody dynamic analysis" William I. Sellers, Stuart B. Pond, Charlotte A. Brassey, Philip L. Manning, and Karl T. Bates.
- [30] DangerVille - What Did The T-Rex REALLY Sound Like? Youtube.
- [31] Documentary - The Real T Rex with Chris Packham. BBC.
- [32] Dan Vergano. Siberian Discovery Suggests Almost All Dinosaurs Were Feathered. *National Geographic*. 24 July 2014.
- [33] Mayr, Gerald; Peters, D. Stephan; Plodowski, Gerhard; Vogel, Olaf (August 2002). "Bristle-like integumentary structures at the tail of the horned dinosaur Psittacosaurus". *Naturwissenschaften. Heidelberg: Springer Berlin*. 89 (8): 361–365.
- [34] Ford, Tracy L.; Martin, Larry D. (2010). "A semi-aquatic life habit for Psittacosaurus". In Ryan, Michael J.; Chinnery-Allgeier, Brenda J.; Eberth, David A. (eds.). *New Perspectives on Horned Dinosaurs: The Royal Tyrrell Museum Ceratopsian Symposium*. Bloomington and Indianapolis: Indiana

University Press. pp. 328–339.

- [35] Hone, D.W.E.; Tischlinger, H.; Xu, X.; Zhang, F. (2010). "The extent of the preserved feathers on the four-winged dinosaur *Microraptor gui* under ultra-violet light". *PLOS ONE*. 5 (2): e9223.
- [36] Li, Q.; Gao, K.-Q.; Meng, Q.; Clarke, J.A.; Shawkey, M.D.; D'Alba, L.; Pei, R.; Ellison, M.; Norell, M.A.; Vinther, J. (2012). "Reconstruction of *Microraptor* and the Evolution of Iridescent Plumage". *Science*. 335 (6073): 1215–1219.
- [37] Cristiano dal Sasso & Simone Maganuco, 2011, *Scipionyx samniticus* (Theropoda: Compsognathidae) from the Lower Cretaceous of Italy — Osteology, ontogenetic assessment, phylogeny, soft tissue anatomy, taphonomy and palaeobiology, *Memorie della Società Italiana de Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano XXXVII(I)*: 1-281.
- [38] Seper Ekhtiari. et al. First case of osteosarcoma in a dinosaur: a multimodal diagnosis. *Lancet Oncology*.
- [39] Yara Haridy, MS; Florian Witzmann, PhD; Patrick Asbach, MD; et al. Triassic Cancer—Osteosarcoma in a 240-Million-Year-Old Stem-Turtle. *JAMA Oncology*.
- [40] Gianechini, F.A.; Agnolín, F.L.; Ezcurra, M.D. (2010). "A reassessment of the purported venom delivery system of the bird-like raptor *Sinornithosaurus*". *Paläontologische Zeitschrift*. 85: 103–107. doi:10.1007/s12542-010-0074-9.
- [41] Enrique Peñalver, Antonio Arillo, Xavier Delclòs, David Peris, David A. Grimaldi, Scott R. Anderson, Paul C. Nascimbene & Ricardo Pérez-de la Fuente. Ticks parasitised feathered dinosaurs as revealed by Cretaceous amber assemblages. *Nature*.
- [42] Sergio Bertazzo. Altmetric: 772More detail Article | OPEN Fibres and cellular structures preserved in 75-million-year-old dinosaur specimens. *Nature*.
- [43] Xiaoli Wang, Jingmai K. O'Connor, et al. (2018). *Archaeorhynchus* Preserving Significant Soft Tissue Including Probable Fossilized Lungs. *PNAS*, sf: 10-1073.
- [44] Zhang, F.; Zhou, Z.; Xu, X.; Wang, X.; Sullivan, C. (October 2008). "A bizarre Jurassic maniraptoran from China with elongate ribbon-like feathers" (PDF). *Nature*. 455 (7216): 1105-1108.
- [45] Gans, Carl; Darevski, Ilya & Tatarinov, Leonid P. (1987). "Sharovipteryx, a reptilian glider?". *Paleobiology*. 13 (4): 415–426.
- [46] Xu, X.; Zheng, X.; Sullivan, C.; Wang, X.; Xing, L.; Wang, Y; Zhang; O'Connor, J.K.; Zhang, F.; Pan, Y. (7 May 2015). "A bizarre Jurassic maniraptoran theropod with preserved evidence of membranous wings". *Nature*. 521 (7550): 70–73.
- [47] Lucas, SG; Hunt, AP (1990). "The oldest mammal". *New Mexico Journal of Science*. 30 (1): 41–49.
- [48] Anthony V. Capuco & R. Michael Akers. The origin and evolution of lactation. *The Journal of Biology*. 2009; 8(4): 37.
- [49] Salentijn, L. *Biology of Mineralized Tissues: Prenatal Skull Development*, Columbia University College of Dental Medicine post-graduate dental lecture series, 2007

- [50] Villarreal LP, Villareal LP (February 1997). "On viruses, sex, and motherhood". *J. Virol.* 71 (2): 859–65.
- [51] Van Valen, L.; Sloan, R. (1965). "The earliest primates". *Science*. 150 (3697): 743–745.
- [52] Carl Sagan, *The Varieties of Scientific Experience: A Personal View of the Search for God*
- [53] Ceballos, Gerardo; Ehrlich, Paul R. (8 June 2018). "The misunderstood sixth mass extinction". *Science*. 360 (6393): 1080–1081.
- [54] Newman, Mark (1997). "A model of mass extinction". *Journal of Theoretical Biology*. 189 (3): 235–252.

Diğer Kaynaklar

- Sakınç, M., 2012 (Ocak, 2. baskı); 50 Soruda Yerin Evrimi, *Bilim ve Gelecek Kitaplığı*, İstanbul.
- The First Dinosaur Fossil Was Discovered Before We Had A Word For Dinosaurs - The Curiosity (June 13 - 2017)
- Evrin Ekonomisi, Enerji ve Entropi. Alıntı Yeri: Evrim Ağacı. Yazar: Çağrı Mert Bakırcı
- Emily Chung. Dinosaur Feathers Found in Alberta. Alındığı Yeri: CBC Christoph Imboden.
- Handbook of Birds of the World, Vol. 1. ISBN: 84-87334-10-5. Yayın Evi: Lynx.
- A Color Atlas of Avian Anatomy. ISBN: 0723415757. Yayın Evi: Veterinary Sciences | The University of Edinburgh.
- Prum RO, Brush AH. The evolutionary origin and diversification of feathers. PubMed, sf:261-295.
- Alibardi L. Cell structure of barb ridges in down feathers. PubMed, sf. 303-318. Ornithology. Feather Evolution. Alındığı Yeri: Eku
- Bruce Campbell & Elizabeth Lack. A Dictionary of Birds. ISBN: 9781408138403. Yayın Evi: Poyser Monographs
- Mingke Yu, et al. The developmental biology of feather follicles. NCBI, sf. 181–191. Xing Xu & Y. Guo.
- The origin and early evolution of feathers: insights from recent paleontological and neontological data. Research Gate, sf. 311-329. Quanguo Li, et al.
- Reconstruction of Microraptor and the Evolution of Iridescent Plumage. Science, sf. 1215-1219. Zhang F, et al.
- Fossilized melanosomes and the colour of Cretaceous dinosaurs and birds. PubMed, sf. 1075-1078.
- Bret W. Tobalske & Kenneth P. Dial. Aerodynamics of wing-assisted incline running in birds.
- Experimental Biology, sf:1742-1751. Charles Q. Choi. Dinosaur Feathers Changed With Age. National Geographic Gerald Mayr, et al.
- Bristle-like integumentary structures at the tail of the horned dinosaur Psittacosaurus. Naturwissenschaften, sf. 361–365. Mark A. Norell.
- A nesting dinosaur. Nature, sf. 774–776. K. N. Whetstone & L. D. Martin.
- New look at the origin of birds and crocodiles. Nature, sf. 234–236.
- Li Q., et al. Plumage color patterns of an extinct dinosaur. PubMed, sf. 1369-1372.

EOL. Velociraptor. Alındığı Yer: Encyclopedia of Life Turner AH., et al.

Feather quill knobs in the dinosaur Velociraptor. PubMed, sf. 1721.

YDAW. Your Dinosaurs Are Wrong: *Velociraptor*. Youtube

Stephen L. Brusatte & Thomas D. Carr. (2020). The phylogeny and evolutionary history of tyrannosauroid dinosaurs. Nature, sf. 20252.

Dan Vergano. Siberian Discovery Suggests Almost All Dinosaurs Were Feathered. Alındığı Yer: National Geographic

Richard J. Butler & Paul Upchurch. Highly incomplete taxa and the phylogenetic relationships of the theropod dinosaur *Juravenator starki*. Vertebrate Paleontology, sf. 253-256.

Comparative Anatomy (Anapsid, Diapsid etc.) Alındığı Yer: University of the Cumberlands

Anapsid. Diapsid. Synapsid. Therapsid. Euryapsid. Wikipedia.

Dinosaurs, DNA and Mosquitos. Mosquito Research and Management

The First Mammals. Alındığı Yer: ThoughtCo

Archosauromorphs & Lepidosauromorphs. Wikipedia.

Bertazzo, S. et al. Fibres and cellular structures preserved in 75-million-year-old dinosaur specimens. Nat. Commun. 6:7352 doi: 10.1038/ncomms8352 (2015).

Revival and identification of bacterial spores in 25- to 40-million-year-old Dominican amber. DOI: 10.1126/science.7538699

Isolation of a 250 million-year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal. Nature. sf: 897-900. (19 October 2000).

Utahraptor (At longs last...) - Scott Hartman's Skeletal Drawing

Eva A. Hoffman, Timothy B. Rowe. "Jurassic stem-mammal perinates and the origin of mammalian reproduction and growth." Nature, 2018; DOI: 10.1038/s41586-018-0441-3

Zooloji: Entegre Prensipler (16. Baskı) – sf. 2, 3 Yayınevi: Palme

Adelobasileus from the Upper Triassic of West Texas: the oldest mammal. Lucas, Spencer G. & Luo, Zhixi. Journal of Vertebrate Paleontology. 24.08.2010 sf: 309-334

En Eski Hayvan "Dickinsonia": Hayvanların Kambriyen Patlaması'ndan Önce Ediyakaran Dönem'de Evrimleştiği İspatlandı! Evrim Ağacı. Çağrı Mert Bakırcı

Heilmann, Gerhard (1926). The Origin of Birds. London: Witherby.

Dollo's law of irreversibility. Alındığı Yer: Wikipedia.

Gerhard Heilmann. Alındığı Yer: Wikipedia.

Turner, A.H., Makovicky, P.J., and Norell, M.A. 2012. A review of dromaeosaurid systematics and paravian phylogeny. Bulletin of the American Museum of Natural History 371: 1–206.

Coelurosauria. Wikipedia

The Bernoulli Principle - How Birds Use Air Pressure to Fly 101. Alındığı Yer: Hawk Quest.

The Difference Between Wasps and Bees. Alındığı Yer: Sciencing.

Aysuda Ceylan, Kuşlar Neden Islanmaz?, Tek Yol Bilim.

Uropygial gland. Wikipedia.

- The Paleobiologist Who Inspired the Science in ‘Jurassic Park’. Alındığı Yer: Science Friday. Yazar: George Poinar
- Spinosaurus: The Largest Carnivorous Dinosaur. Alındığı Yer: LiveScience. Yazar: Joseph Castro.
- W. Scott Persons IV & Philip J. Currie. Dinosaur Speed Demon: The Caudal Musculature of *Carnotaurus sastrei* and Implications for the Evolution of South American Abelisaurids. *PLoS One*. 17.10.2011
- Current Biology*. Tempo and Pattern of Avian Brain Size Evolution. Daniel T. Ksepka et al.
- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Pterosaurs as a food source for small dromaeosaurs. Hone, David. et al. sf: 27-30. 01.05.2012
- Larson, N. L. (2008). “One hundred years of *Tyrannosaurus rex*: the skeletons”. In Larson, P.; Carpenter, K. (eds.). *Tyrannosaurus rex, The Tyrant King*. Bloomington, IN: Indiana University Press. sf.1-55
- Bell, P. R.; Campione, N. E.; Persons IV, W. S.; Currie, P. J.; Larson, P. L.; Tanke, D. H.; Bakker, R. T. (2017). “Tyrannosauroid integument reveals conflicting patterns of gigantism and feather evolution”. *Biology Letters*. 13 (6): 20170092. doi:10.1098/rsbl.2017.0092. PMC 5493735. PMID 28592520.
- Federico L. Agnolín & Fernando E. Novas (2013). “Avian ancestors. A review of the phylogenetic relationships of the theropods Unenlagiidae, Microraptoria, Anchiornis and Scansoriopterygidae”. *SpringerBriefs in Earth System Sciences*: 1–96. doi:10.1007/978-94-007-5637-3. ISBN 978-94-007-5636-6.
- Brunelli, Giovanni R. (1999). “Stability of the first carpometacarpal joint”. In Brüser, Peter; Gilbert, Alain (eds.). *Finger bone and joint injuries*. Taylor & Francis. sf. 167-170. ISBN 978-1-85317-690-6.
- Oftedal OT (July 2002). “The mammary gland and its origin during synapsid evolution”. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*. 7 (3): 225–52. doi:10.1023/A:1022896515287. PMID 12751889
- The Functional Anatomy of the Carpometacarpal Complex in Anthropoids and Its Implications for the Evolution of the Hominoid Hand. Michael S. Selby. Scott W. Simpson. C. Owen Lovejoy. *THE ANATOMICAL RECORD* (2016).
- Straus, William L. (September 1942). “Rudimentary Digits in Primates”. *The Quarterly Review of Biology*. 17 (3): 228–43. doi:10.1086/394656. JSTOR 2809086.
- Voisset C, Blancher A, Perron H, Mandrand B, Mallet F, Paranhos-Baccalà G (November 1999). “Phylogeny of a novel family of human endogenous retrovirus sequences, HERV-W, in humans and other primates”. *AIDS Research and Human Retroviruses*. 15 (17): 1529–33. doi:10.1089/088922299309810. PMID 10580403.

Dizin

A

- Akciğer Fosili ve Hava Keseleri 117
Ara Form Ne Demektir? 33
Avian Dinozor (Kuş) ve Non-Avian Dinozor Beyni 92

B

- Bilimsel Açıdan Velociraptor 84
Bilinen İlk Sucul Dinozor: Spinosaurus 72

C

- Canlılık Nasıl Başladı? 15
Coelurosauria İsimli Dinozor Grubu Nedir? 46

D

- Dinozorlar Soğukkanlı mıydı? 53
Doğuran Memelilerin Evrimi 124
Dollo'nun Tersinmezlik Prensibi Nedir? 39

E

- Ekolojik Niş Nedir? 50
Evrim Çürütülebilir mi? 14
Evrim Ekonomisi Nedir? 32
Evrim Nedir? 11
Evrimsel Süreçte "İnsan Olma Hedefi" Yoktur! 94

F

- Filmlerdeki Hatalı Raptorlar 77
Fosil Kalıntılarında Tüyler Nasıl Anlaşılır? 107
Fosilleşme Nedir? 27

H

- Hayvanların Evrimsel Kökeni 19
Hiç Değişmemiş Canlı Olur mu? 30, 117

I

- İlk, İlkel ve İlk Tanımları 20, 123

K

- Kafatası Tipine Göre Sınıflandırma 44, 50
Kral Kobra, Kobra Değildir! 60
Kuşlarla Yakın Akrafa Olmayan Dinozorlarda Bile Tüy Benzeri Yapılar Keşfedildi! 108

L

- Leğen Kemikğine Göre Sınıflandırma 45

M

- Memeli Kulağının Evrimi 123
Memelilerin Evrimi 121, 124

N

- "Normal" Diye Bir Şey Yoktur! 118

O

- Orka, Balina Değildir! 60
Örümcekler Böcek Değildir! 58

P

- Primatlar İçerisinde İnsanın Evrimsel Başarısı 128

Primatların Evrimi 126
Pronasyon ve Supinasyon Hareketi Nedir? 82

R

Renkleri Bilinen Dinozorlar! 110

S

Sivrisinek Mevzusu 70
Soluk Mavi Nokta 136

T

Taksonomi ve Filogenetik Nedir?
24

Tarih Öncesi Kan ve Kene 116

Tarih Öncesinde Kanser! 115

T. rex'in Görme Alanı Çok İyidi!
103

T. rex Koşamıyor Olabilirdi! 102

T. rex Kükreyemiyor Olabilirdi!
104

Tüylerin Evrimi 63

Tüy Nedir? 61

V

Virüs Enfeksiyonu ile Plasenta
Evriminin Bağlantısı! 125

W

Wasp (Yaban Arısı) Arı Değildir!
58

Y

“Yok Oluşlar” Tarihi: Evrim 134

Z

Zehir Bulunduran Dinozor? 116