



Küçük gövdeleriyle attığımız ekme kırıntılarına uçarak gelen serçelerin, ya da ötüşleri şiirlere ve öykülere konu olmuş bülbüllerin bir zamanlar dünyada hakimiyetlerini sürdüren, kanlı pençeleriyle avlarını parçalayan T-rexlerle yakın akraba olduklarını düşünmek birçoğumuza ilk anda ürkütücü gelse de gerçek bu. Zerafetleri ve insanoğlunun hayallerini süsleyen yetenekleriyle kuşlar gerçekten de karmaşık ve ilginç bir evrimsel geçmişe sahipler...

PENCEREMDEKİ DİNOZOR NEREDEN GELDİ?

Dünyanın hemen hemen her bölgesinde bütün ekosistemlere uyum sağlamış olan kuşların, bugün dünyada yaklaşık 10.000 türü bulunuyor. Kovboy filmlerinin vazgeçilmez öğesi devasa akbabalardan, göz açıp kapayıncaya kadar gözden kaybolan sinekkuşlarına kadar, kuşlar milyonlarca yıl öncesinden beri gökyüzünün hakimleri. Üzerinde en çok araştırma yapılmış bu canlı grubunun üzerinde yoğunlaşan ilginin nedeni, hareketli geçmişleri.

Almanya'da yapılan kazı çalışmalarında ortaya çıkarılan bir fosil, kuşların dinozorlardan evrimleşmiş olabileceği düşüncesini kanıtlar nitelikteydi. *Archaeopteryx* adı verilen bu canlının uzun, kemikli bir kuyruğu ve dişleri olmasına karşın, modern kuşlarınkini

andıran tüyleri, onun bir geçiş türü olduğuna işaret ediyordu. Kuşların dinozorlardan evrimleştikleri bilinse de, hangi dinozor grubundan evrimleştikleri henüz tam olarak bilinmiyor. Bu konuda birçok aday var; ancak etçil teropod dinozorların asıl kaynak olduğu düşünülüyor ve Dromarosauridae ailesinin kuşların asıl ataları oldukları düşünülüyor. Çin'de bulunan bir fosile göre bundan yaklaşık 125 milyon yıl önce yaşamış olan *Sinornithosaurus* adlı canlı, bu grubun bir üyesi ve bu olasılığı güçlendiren en büyük kanıt. İki ayakları üzerinde duran, karasal ekosistemlerde yaşayan, çevik, vücut yapıları koşmaya uygun, etçil ya da hepçil canlılar olan teropodların nasıl olup da kuşlara evrimleştikleri üzerine araştırmalar sürüyor.

Kuşları diğer canlı gruplarından eşsiz kılan en önemli özellikleri, tüyleri ve uçabilme yetenekleri. Bu özelliklerin onlara dinozorlardan geçtiği düşüncesiyse, fosil bulgularca doğrulanıyor. Uçabilme özelliğinin, tüyleri olmayan ancak pullu derileriyle uçabilen dinozorlarda bulunduğu biliniyor. Dinozorların pullu deriden tüylü derili kollara evrimleşmeleri konusunda farklı düşünceler var. Tüylerin evrimleşmesi uçmaya giden yol üzerinde gerçekleşen bir olay olarak görülüyordu bugüne kadar. Yani ilk olarak tüylerin uçuş amacıyla evrimleştiği düşünülüyordu. Oysa uçamayan dinozorların, kuşların evriminden çok daha önce tüysü yapılaraya sahip olduklarını fosil kanıtlar gösteriyor. Yani, bu tüyler ilk olarak uçuş eylemini gerçekleştir-

mekten farklı amaçla evrimleşmiş olmaları. Tünemeye uygun ayak yapıları ve kemik yapılarındaki kaynamalar dışında kuşları farklı yapan özellikler, (lades kemiği, uzun ön kol, yana doğru açılabilen bilekler ve tüyler) dinazor gruplarında uçmaktan bağımsız bir nedenle evrimleşti. Bu da aynı özelliğin evrim süresince farklı canlı gruplarında farklı amaçlarla ortaya çıkabilme olasılığı olduğunu gösteriyor.

Araştırmacılar tüylerin evriminde ısı yalıtımının ya da kur yapma gibi sosyal davranışların etken olabileceğini öne sürüyorlar. Ancak ısı yalıtımı olasılığının üzerinde daha çok duruluyor. Soğukkanlı canlılar olan dinozorların bu şekilde değişken iklim koşullarına uyum sağladıkları ve bu özelliğin dinozorlara sağladığı büyük avantaja bağlı olarak da, tüylerin varlığını sürdürebildiği düşünülüyor. Bundan bağımsız bir şekilde farklı dinazor gruplarında evrimleşen tüylerinse, vücut büyüklüğünde indirgenmeler ve belirli kemiklerin kaynaması sonucunda dinozorlara uçabilme yeteneğini kazandırdığı düşünülüyor. Dinozorlarda uçuşun ortaya çıkması kanat-vücut ağırlığı oranıyla ilişkili. Uçma yeteneğinin evrimi konusunda iki farklı kuram var: birincisi, dinozorların ağaçlara tırmanıp daha sonra kendilerini boşluğa bırakarak uçtuklarını, diğeryse çok hızlı koşarak zıplamalarla uçmaya başladıklarını öne sürüyor. *Archaeopteryx* üzerine yapılan son araştırmalar, bu canlının çok hızlı koşabilecek bir kas yapısına sahip olduğunu, bu sırada kanatlarını cırparak bir kaldırma kuvve-



Almanya'da bulunan *Archaeopteryx* fosili ve canlının fosilden esinlenerek oluşturulmuş görüntüsü

ti yarattığını ve böylece havalandığını ortaya koyuyor. Böylesi bir davranışın evrimleşmesiyle de, dinozorlar hem daha rahat avlanıyor hem de avcılarından kaçabiliyorlardı.

Ancak gerek geniş yayılışlarıyla, gerekse farklı ortamlara uyum sağlama-larını sağlayan özellikleriyle diğer canlılara göre daha avantajlı olan dinozorların gelecekleri hiç de parlak olmadı. Bundan yaklaşık 65 milyon yıl önce Kretase döneminin sonunda dünyaya çarpan yaklaşık 9 km çapında dev bir asteroid, tüm canlıların geleceğini etkiledi. Çarpışma sonrasında milyarlarca megatonluk enerji açığa

çıktı ve dünya büyük bir toz bulutuyla kaplanmaya başladı. Bunun sonucunda dünyaya ulaşan güneşin önü kesildi ve gezegenimiz hızlı bir soğuma sürecine, canlılar da büyük bir yok olma sürecine girdiler. Özellikle denizel sistemlerin bu kütleli yok oluşlardan daha ciddi boyutta etkilendikleri düşünülüyor. Bir başka görüşe göreyse, kuzey yarımkürede bu felaketin boyutları güney yarımküreye göre çok daha ağırdı. Bu dönemde yok olan canlılar arasında en çok bilinenlerse dinozorlar.

Büyük yok oluşlar doğrusunda adlandırılan geçmiş jeolojik zaman dilimlerinden biri de adını dinozorların yok olduğu bu olaydan alıyor. K-T olayı olarak adlandırılan bu süreç, zaman çizelgesinde Kretase döneminden (146-65 milyon yıl önce) Tersiyer dönemine (65-1,8 milyon yıl önce) geçişi simgeliyor. Geçmiş araştırmalar, kuşların işte bu noktada varlıklarını belli etmeye başladıklarını ileri sürüyordu. Araştırmacılara göre, dinozorların yok olmasının ardından birçok ilkel kuş türü de yok oldu. Ayakta kalabilen bir ya da birkaç tür kuş, dinozorlardan boşalan yerleri memelilerle birlikte hızlı bir biçimde yayılarak doldurmaya başladılar.

Yapılan moleküler araştırmalar ve modellemelerse, gerçeğin bundan daha farklı olduğunu ortaya koyuyor. Modern kuşların evrimi üzerine bugüne kadar fosil bulgular üzerinde yapılan araştırmaların sonuçları temel alınıyordu. Günümüzde bu verilere moleküler araştırmalar ve modellemeler de eklenince evrim senaryosunun ayrıntıları ortaya çıkıyor.

Kuşların ortaya çıkışları ve birbirlerinden farklılaşmaya başlamalarıyla birlikte bugünkü tür çeşitliliği oluştu. Bu konuda moleküler araştırmalar, modern kuş türlerinden alınan DNA örnekleriyle yapıyor. Aslında yapılan şey tam olarak moleküler bir saatin oluşturulması. Bu çalışmalarla amaçlanan, fosilleri olmayan farklı kuş gruplarının birbirlerinden ne kadar



zaman önce farklılaşmaya başladıklarının belirlenmesi. Şöyle ki, iki türün DNA yapısı birbirinden ne kadar farklıysa, bu iki türün birbirlerinden farklılaştıkları zaman da o kadar eskiye gidiyor. Farklı kuş gruplarının DNA yapılarının karşılaştırılmasıyla hangilerinin birbirlerine daha yakın, hangilerinin daha uzak oldukları belirlenmeye çalışılıyor. Ayrıca bu verilerin, oluşturulan moleküler saatini yeni veriler doğrultusunda düzeltilmesinde de kullanılabileceği düşünülüyor. Böylece, asteroid çarpmasının kuşlar üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılıyor. Acaba bu olay kuşlar için de büyük bir felaketle mi sonuçlandı, yoksa bundan daha önce farklılaşmaya ve yayılmaya başlayan kuşlar bu olaydan düşünüldüğü kadar yıkıcı bir biçimde etkilenmedi mi?

Bu araştırmalar ve modellemeler, modern kuşların birbirleriyle olan farklılıklarının erken Kretase döneminde başladığını, yani modern kuşların farklılaşma sürecinin asteroid çarpmasından daha önce Kretase döneminde gerçekleştiğini gösteriyor. Bütün analizler farklılaşmaların en az 100 milyon yıldır süregeldiğini gösteriyor. Ayrıca bulgular, düşünüldüğünün tersine, kuşların asteroid çarpmasından dinazorlar kadar etkilenmediğini ve birçok kuş türünün bu olaydan kurtularak farklılaşmaya devam ettiklerini kanıtıyor. Ancak tam olarak kaç kuş türünün K-T olayından



Kıtaların bundan 150 milyon yıl önceki dizilişi

kurtulduğu bilinmiyor. Ayrıca, kuşlar K-T döneminde büyük bir yok olma yaşamış olsalardı, modern kuş takımları bu olaydan 5-10 milyon yıl sonra evrimleşmeye başlamış olacaktı. Ancak, bunun için de kuşların morfolojik evrimleri çok hızlı olmalıydı. Ancak kuşların Tersiyer dönemindeki evrimlerinin bu kadar hızlı olmadığı biliniyor ve böylece bu olasılık çürüyor.

Bir diğer soruysa modern kuşların atalarının hangi kıtalarda ortaya çıktığıyla bağlantılı. Geçmiş araştırmalar, geç Kretase dönemine ait modern kuş fosillerinin olmamasından ve bu fosillerin erken Tersiyer döneminden kalma katmanlarda kuzey yarımkürede (Kuzey Amerika ve Avrupa'da) bulunmuş olmalarından dolayı, modern kuşların K-T olayından sonra Kuzey kıtalarda evrimleşmeye başladıklarını öne sürüyordu. Ancak, buna zıt olan bir görüşe göre, Kretase dönemine ait modern kuş fosillerinin bulunmamasının nedeni, Kretase döneminde Tersiyer dönemine kıyasla tortullaşmanın daha az olmasıydı. Bu yüzden de, can-

lıların öldükten sonra fosilleşecekleri uygun ortam çok daha azdı. Ayrıca, bu konuda araştırma yapan uzmanların daha çok Kuzey yarımkürede çalışmalarını sürdürmeleri de böylece yönlü bir sonuç veriyor. Bunun yanında, her geçen gün farklı yerlerde bulunan kuş fosillerine bir yenisinin eklenmesiyle, bugüne kadar oluşturulan tablonun, gerçeğin yalnızca küçük bir parçasını gösterdiği ortaya çıkıyor.

Bundan yaklaşık 180 milyon yıl önce, kıtaların dizilimi bugünkünden çok farklıydı. Kuzey yarımküredeki kıtalar (Kuzey Amerika ve Avrasya) süperkıta Lavrasya'yı oluştururken, güney yarımküredeki kıtalar (Güney Amerika, Afrika, Avustralya, Antarktika ve Yeni Zelanda) süperkıta Gondvana'yı oluşturuyordu. Kıtaların bugünkü dizilişlerini alana kadarki hareketleri, bütün canlıların yayılışlarını olduğu gibi kuşlarınkini de etkiledi. Kıta hareketleri göz önüne alındığında, güney yarımküredeki süperkıta Gondvana'nın ayrılmaya başlamasıyla kuşların birbirlerinden farklılaşma zamanları birbirleriyle uyum gösteriyor.

Moleküler ve anatomik çalışmalar, modern kuşların birçok grubunun süperkıta Gondvana'da geniş bir yayılım gösterdiklerini doğruluyor. Ayrıca bu araştırmalar, kuşların bugünkü dağılımlarının Kretase ve erken Tersiyer dönemindeki kıta hareketlerinden kaynaklandığını gösteriyor. Yani düşünülenin tersine, modern kuşların ataları K-T olayından sonra Lavrasya'da evrimleşmediler. Bugün, modern kuş türlerinin kıta hareketleri sonucunda güney yarımküreye yani Gondvana'ya yayılmadıkları ancak burada ortaya çıktıkları düşünülüyor. Bu teoriye en büyük destek ilk modern kuşlardan geliyor. Modern kuşlar çene yapılarındaki farklılıklara bağlı olarak üç ana gruba ayrılıyorlar: eski çeneliler (Palaeognath), yeni çeneliler (Neognath) ve geri kalan tüm kuşların üye olduğu yeni kuşlar (Neoave). Palaeognathlar, uçabilen küçük tavuk benzeri kuşlardan, ayrıca devekuşu ve emu gibi uçamayan büyük kuşlardan oluşuyor. Neognathlar tavuklar, sülinler, kazlar, kuğular ve ördeklerden oluşuyor. Neoave'lerse geri kalan kuşların hepsini, -penguenlerden ağaçka-

Düzmece Fosiller

Son yıllarda fosil kayıtlara eklenen yeni türler bütün senaryoları etkiliyor. Bu fosillerin en önemli merkezlerinden birisi de Çin. Ancak bütün fosiller uzmanların araştırmalarını kolaylaştıracak yönde değil. Her biri pa-



ki yaratan ve kuşların evrim tartışmalarını bambaşka bir boyuta sürükleyeceği inanılan *Archaeoraptor* ile ilgili. Çin'de bulunduğu iddia edilen bu fosilin bilimadamlarınca incelenmesinin ardından düzmece bir fosil olduğu ortaya çıktı. Farklı iki kuş türüne ait fosillerin birleştirilmesinden oluşturulmuş olan bu fosil büyük yankı uyandırdı. Bu da aslında bilimadamları tarafından incelenmeden yapılacak öngörülerin ne kadar büyük tehlikelere yolaçabileceğine iyi bir örnek.

kanlara ve serçelere kadar barındırıyor.

Tüm bu kuşların evrim haritalarıyla Kretase dönemi kıta haritaları üstüste bindirildiğinde, bu canlıların Gondvana kökenleri açığa çıkıyor. Yapılan araştırmalar birçok kuş türünün Gondvana'dan diğer kıtalara, Antarktika'yla kara bağlantıları yoluyla geçmiş olduklarını gösteriyor. Bu yayılımın en güzel örneği, Neoavelere ait bir tür olan "kagu" ile ilgili. Pasifik'in güneyinde Yeni Kaledonya'nın izole bir adasında bulunan ve orta büyüklükte uçamayan bir kuş olan kagunun, kuşların yayılımlarına iyi bir örnek olması onun yakın akrabalarından kaynaklanıyor. Yapılan anatomik çalışmalar ve DNA analizleri, kagunun yaşayan en yakın akrabasının, Yeni Kaledonya'nın binlerce kilometre uzağındaki Orta ve Güney Amerika'nın yağmur ormanlarında yaşayan "güneş balabanı" olduğunu gösteriyor. Biri uçamayan, diğeryse güçbela uçabilen bu yakın akraba iki tür, evrimsel süreçte nasıl olup da birbirlerinden bu kadar uzun mesafelerle ayrılabilirler? Bunun cevabı yaklaşık 85 milyon yıl önce yaşamış olan ortak atalarından geliyor. Bu zamandan önce Güney Amerika, batı Antarktika ve Yeni Zelanda düz bir çizgi halinde birbirlerine yaslı bir biçimde sıralıydı. Bu doğrultunun biraz güneyindeyse Yeni Kaledonya yer alıyordu. Bu dizilim, kagu ve güneş balabanının atalarının uçmaya gerek bile duymadan bu izole adaya yürüyerek ulaşmış olabileceği olasılığını gündeme getiriyor. Bu senaryoyu destekleyen bir başka veriyse, Yeni Zelanda'dan geliyor. Yeni Zelanda'da bir zamanlar yaşamış ve bugün nesli tükenmiş olan *Aptornis* cinsinden iki kuş türünün, kagunun asıl akrabaları ve her ikisinin de büyük ve uçamayan kuşlar oldukları biliniyor. Sonuç olarak bu yakın akrabaların (kagu ve *Aptornis*) ikisi de uçamıyorsa, bunların atalarının da uçamıyor olması beklenir. Güneş balabanının da pek iyi bir uçucu olmadığı buna eklenirse, bu türlerin atalarının dev okyanusları aşmak konusunda başarılı olmaları beklenemez. Bu da bu türlerin kuzey yarımkürede evrimleşip daha sonra bugünkü yayılışlarını



Yeni Kaledonya'nın uçamayan kuşu Kagu

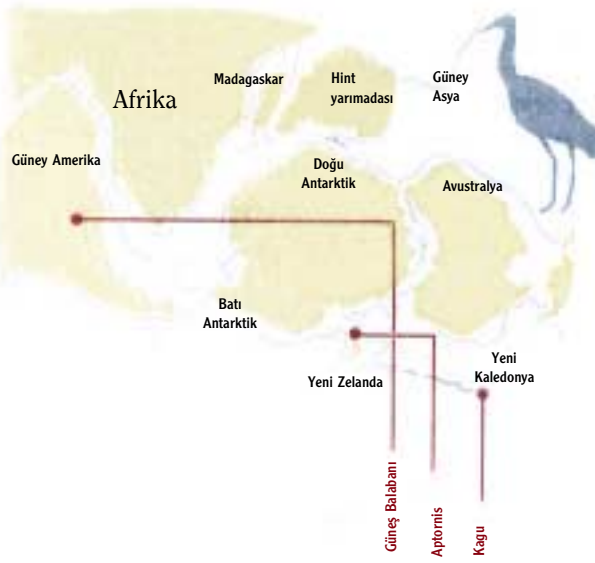
kazanmaları olasılığını ortadan kaldırıyor. Sonuç olarak kagu ve yakın akrabalarının ataları, Gondvana'da, kıtalarının ayrılmaya başlamasından daha önce güney yarımkürede evrimleşmiş olmalı.

Benzer yayılışlar birçok modern kuş türü için de geçerli. Bu da kıta hareketleriyle birlikte anatomik çalışmalar ve moleküler analizlerin, kuşların evriminin aslında tahmin edilenden çok daha farklı bir biçimde gerçekleşmiş olduğunu kanıtlamaları için yeter-

li. Kuşların evrim tartışması, fosillere eklenecek yeni türler ve yapılacak yeni analizlerle gelişme yönünde ilerliyor. Ancak gerek bulguların yetersizliği, gerekse yalancı fosillerin ortaya çıkması işi güçleştirse de, farklı alanlardan bilimadamlarının biraraya gelerek yaptıkları araştırmalar bizi sorunun cevabına her geçen gün biraz daha yakınlştırıyor.

Katkılarından dolayı
ODTÜ Biyoloji Bölümü öğretim üyesi
Doç. Dr. Can Bilgin'e teşekkür ederiz.

Özge Balkız



Kaynaklar

- Cracraft, J., "Gondwana Genesis", Natural History, 12 Ocak 2002
Cooper, A., Lalueza-Fox, C., Anderson, S., Rambaut, A., Austin, J., Ward, R., "Complete mitochondrial genome sequences of two extinct moas clarify ratite evolution", Nature, 8 Şubat 2001
Xu, X., Zhou, Z., Prum, R., O., "Branched integumental structures in Sinornithosaurus and the origin of feathers", Nature, 8 Mart 2001
Xu, X., Wang, X., Wu, X., "A dromaeosaurid dinosaur with a filamentous integument from the Yixian Formation of China", Nature, 16 Eylül 1999
Burgers, P., Chiappe, L., M., "The wing of Archaeopteryx as a primary thrust generator", Nature, 6 Mayıs 1999
Forsters, C.A., Sampson, S., D., Chiappe, L., M., Krause, D., W., "The Theropod Ancestry of Birds: New Evidence from the Late Cretaceous of Madagascar", Science, 20 Mart 1998
Cooper, A., Penny, D., "Mass Survival of Birds Across the Cretaceous-Tertiary Boundary: Molecular Evidence", Science, 21 Şubat 1997
Hou, L., H., Martin, L., D., Zhou, Z., Feduccia, A., "Early Adaptive Radiation of Birds: Evidence from Fossils from Northeastern China", Science, 15 Kasım 1996