



EVİRİMDE İŞLER TERS GİTTİĞİNDE ATAVİZM

İçinde bulunduğumuz yüzyılın başlarında, bilim insanları “evrimin yalnızca daha gelişmişe doğru ilerlediği” yönündeki ilkeyi kabul ediyorlardı. Bu ilkenin ortaya çıkmasındaki en önemli kilometre taşlarından biri, Belçikalı paleontolog (fossil bilimci) Louis Dollo. “Bir canlının, atalarının geçtiği evrim basamaklarının herhangi birine, kısmen bile olsa geri dönemeyeceğini” belirten açıklamasıyla Dollo, yıllar boyu kendi adıyla olarak anılacak olan ve evrimin yalnızca ileriye giden sistemler olduğunu savunan önerinin ilk adımını 1800’lü yılların sonunda atmıştı. Erken 20. yüzyıl araştırmacıları da yaptıkları incelemeler sonucunda benzer sonuçlara ulaştılar. Ancak, elde ettikleri sonuçları, “evrimin geriye dönmemesi için herhangi bir neden olmamasına karşın, bu olasılığın yok denecek kadar düşük olduğu” şeklinde ifade etmeyi yeğlediler. Bu kavramlar daha yerine tam oturamamışken, atasal karakterlere sahip canlıların keşfedilmeye başlaması, bilim insanlarının bir kez daha aklını karıştırdı.

Bunlardan birisi, 1919 yılında Kanada’da Vancouver açıklarında yakalanan kambur balina oldu. Balinanın, tamamen kemikli olan ve 1 metreye yakın uzunluktaki bacağa benzer arka üyeleri, bir “atavizm” örneği olarak nitelendirildi. (Biyoloji dilinde “üye” kol-bacak gibi uzuvlar için kullanılan bir terim.) Atavizm, evrim sürecinde kaybedilmiş olan atasal karakterlerin, bir

anda yeniden ortaya çıkışı olarak tanımlanıyor. Terim, Latince’de de “ata” anlamına gelen “atavus” sözcüğünden köken alıyor.

Araştırmacılar, Kanada’da bulunan bu balinanın olağan dışı arka üyelerinin, karasal yaşama uygun bacakları bulunan bir ataya ait karakterler olduğunu söylüyorlar. Sucul memelilere ait tek örnek bu balina değil. Çok daha

yakın bir zamanda, 2006 yılının Ekim ayında Japonya’da balıkçıların yakaladığı bir şişeburunlu yunus da, sahip olduğu bir çift küçük pelvik (kalça kemirine ait) yüzgeç sayesinde yaşamda kalabildi. Yunuslarda, embriyo gelişimi sırasında kalça bölgesinden çıkan arka üyeler birer ufak çıkıntı halinde görülebiliyor. Ancak, gelişimin sonraki evrelerinde bu çıkıntılar programlı hücre

ölümü aracılığıyla yok ediliyor ve erişkin yunus iskeletinde arka üyelere ait kemikler, çubuk şeklindeki birer küçük “atasal kalıntı” halini alıyorlar. Geçmiş zamanlara ait yunus fosillerinde görülen arka üyelerin, günümüz yunuslarında bu şekilde aniden ortaya çıkışı da bir atavizm örneği kabul ediliyor.

Atavizm örneklerinin ardı ardına keşfi, “evrimsel süreç geriye doğru işleyemez” ilkesini benimsemiş olan bilim dünyasını başlarda oldukça zorladı. Ancak, modern genetik tekniklerinin de işin içine girmesiyle birlikte, bu ilke yeniden yazıldı. Evet, evrimsel süreç, bazen geriye doğru da işleyebilir. Hatta, atasal forma benzer özelliklerin yeniden ortaya çıkışı, bazen evrimin olağan sürecinin ileriye doğru sıçramalar yapmasında önemli bir rol bile oynayabiliyor.

Milyonlarca Yıl Önce Yok Olan Karakterler Nasıl Bir Anda Ortaya Çıkabiliyor?

Bu soruya yanıt bulabilmek için 1994 yılında kolları sıvayan Rudolf Raff ve ekibi, evrimin geri dönebilme olasılığını rakamsal olarak ifade edebilmek için genetik biliminden yardım almaya karar verdiler. Evrimsel değişimlerin bir kısmı, bazı genlerin genomdan atılması yoluyla gerçekleşirken, bir kısmı da, belirli genlerin bir anlamda “sessiz” hale getirilmesi yoluyla ortaya çıkıyor. Araştırmacıların konuya getirebildikleri en mantıklı açıklama, bu sessiz genlerin bir şekilde yeniden etkin hale geçmesi sonucu, milyonlarca yıldır görülmeyen bazı fiziksel özelliklerin bir anda ortaya çıkıyor olabileceği.

Bu tip mutasyonlar sonucu “sessizleştirilen” genlerin, canlının genomunda ne kadar süreyle (ve neden) tutulduğuysa, yanıtı aranan ikinci soru. Araştırmacıların inceleme sonuçları, sessiz genlerin popülasyonun en azından bazı bireylerinde yaklaşık 6 milyon yıl boyunca saklanabildiğini, bazı sessiz genlerin inatçılığınmsa 10 milyon yıl kadar sürebildiğini gösteriyor. En inatçı örneklerden biriysen, şaşırma-ya hazır olun- ikiyaşamlılarda görülen başkalaşım (metamorfoz).

Kuyruksuz ve kuyruklu kurbağaları (ya da alışıktığımız adlarıyla semenderleri) içeren ikiyaşamlılar (Amphibia) sınıfının adı, karasal yaşasalar bile yaşamlarının belirli bir evresinde suya bağımlı olmalarından geliyor. Bazı tropik kurbağa türleri haricinde, ikiyaşamlılarda üreme hücreleri suya bırakılıyor, yumurtalar suda dölleniyor ve suda gelişiyor. Kısa bir süre sonra, yumurtalardan sucul yaşayan larvalar çıkıyor ve belirli bir evrede de bu larvalar başkalaşım geçirerek, kara yaşamına uyum sağlamış erginlere dönüşüyorlar. Meksika ve Kuzey Amerika bölgelerinde yayılış gösteren semenderler de bu şekilde başkalaşım gösteren ikiyaşamlılar arasında. Ancak, aralarında birkaç tane istisna tür var. Bunlardan en meşhur olanıysa, hiç kuşkusuz axolotl (*Ambystoma mexicanum*). Metamorfoz geçirmeyerek yaşamı boyunca larva formunda kalan bu sevimli canlı, çok uzun zamandır bilim dünyasının ilgisini çekiyor. Araştırmacılar, önceleri bu canlının tek başına metamorfoz özelliğini yitirmiş olduğunu düşünüyorlardı. Ancak, semenderler üzerinde yapılan çalışmaların sayısı arttıkça, gerçeğin biraz daha farklı olduğu anlaşıldı. Sanılanın aksine, semenderlerin aile ağacı, bu grubun zaten metamorfoz yeteneğini kaybetmiş olan bir atadan geldiğini işaret ediyor. Yani, aslında aykırı olan durum, metamorfozun kaybedilmesi değil, yeniden ortaya çıkmış olması. Ayrıntılı incelemeler, gerçekten de metamorfozun 10 milyon yıl boyunca bu grupta sürekli olarak kay-



Yunus embriyosunda, gelişimin ilerleyen evrelerinde körelecek olan arka bacak çıkıntıları



Japonya'da balıkçıların yakaladığı şişeburunlu yunus ve yunusun normal dışı pelvik yüzgeçleri

bolup yeniden ortaya çıktığını gösteriyor. Hatta, bilim insanlarına göre, bazı gruplarda metamorfozun kaybedilmesinin tek nedeni, kendilerinden köken alan gruplarda metamorfozun yeniden kazanılmasını sağlamak.

Semender örneği, Raff'ın 10 milyon yıl modeline uyuyor. Ancak, daha yakın tarihli bazı çalışmalar, bu zaman sı-



Neotenik bir canlı olan *Ambystoma mexicanum*



Güney Amerika kökenli bir kertenkele: *Bachia*

nırının dışında kalan örnekler açığa çıkmadı. Görünen o ki, öykünün tek kahramanı sessiz genler değil.

Sınırları Zorlayanlar...

Yale Üniversitesi araştırmacılarından Tiana Kohlsdorf ve Günter P. Wagner, 2006 yılının Eylül ayında yayımladıkları makalelerinde, Güney Amerika kökenli bir kertenkele grubunda (*Bachia*) görülen parmak sayısı değişiminin evrimsel sürecini ortaya koydular. Bu kertenkele cinsi, arka bacaklarının çeşitli derecelerde indirgenmiş ya da neredeyse tamamen körelmiş olmasıyla tanınıyor. Bazı türlerin ileri derecede indirgenmiş olan arka bacaklarında hiç parmak bulunmazken, bazı türlerse 4 parmaklı arka üyeler taşıyorlar. Normalde akla gelen açıklama, söz konusu türlerin arka üyelerinin sonradan indirgenmiş oldu-



Akdeniz bölgemizde yayılış gösteren kanatsız bir çalı çekirgesi: *Bacillus rossius*

ğu. Ancak, araştırmacıların makalesinde, durumun tam tersi olduğu açıklanıyor. Moleküler akrabalık verileri, parmaklı arka üyelere sahip olan *Bachia* türlerinin, parmaksız atasal türlerden yeniden evrimleşmiş olduğunu gösteriyor. Kertenkelelerde parmakların bu şekilde kaybedilip yeniden kazanılması, birden çok kez görülmüş, hem de

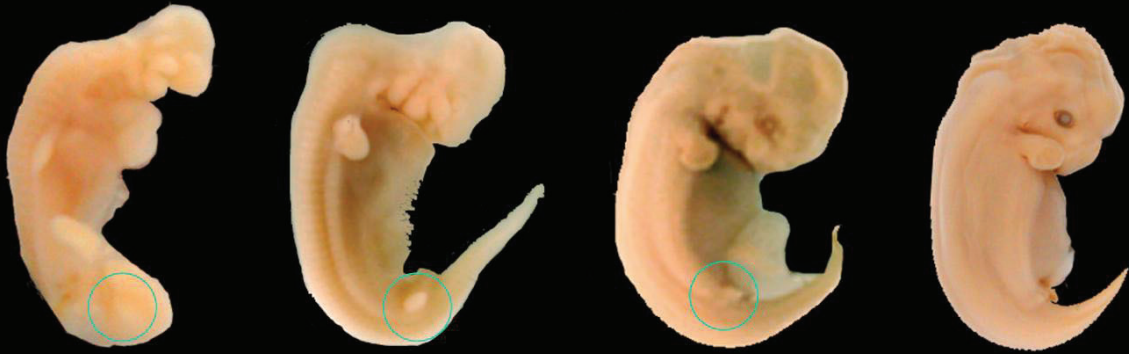
on milyon yıldan çok daha uzun bir süredir.

On milyon yıl sınırını açık farkla geçen bir diğer örneğe, çalı çekirgeleri. Dünya üzerindeki varlıkları milyonlarca yıldır devam eden çalı çekirgelerinin bazı türlerinde, kanatlar bulunmuyor. Bunlardan biri de, ülkemizin Akdeniz bölgesinde de yayılış gösteren *Bacillus rossius*. Brigham Young Üniversitesi'nden biyolog Michael F. Writing, 2003 yılında Nature dergisinde yayımlanan makalesinde, çalı çekirgelerinde kanatların 300 milyon yıl önce kaybedildiğini ve bazı gruplarda zaman içerisinde kanatların yeniden geri kazanıldığını açıklıyor. 300 milyon yıl, vazgeçilmiş bir karaktere ait genlerin sessizleştirilerek genomda saklanması için olağanüstü uzun bir süre. Belki bu genler, milyonlarca yıllık süreçler boyunca sürekli olarak yeniden sıfırdan başlayarak geliştiriliyor. Ama belki de, sessiz genler gerçekten yüz milyonlarca yıl boyunca genomlarda saklanıyor.

Cevap Embriyoda Saklı...

İnsan da dahil olmak üzere, birçok canlının embriyo gelişim aşamalarında, erişkin bireylerde görülmeyen bazı atasal özellikler ortaya çıkıyor. Bacaksız canlılarda bacak tomurcuklarının ya da kuyruksuz canlılarda kuyruk kabartısının oluşumu gibi bu

YUNUS EMBRİYOSU GELİŞİMİ



12. evre embriyo
boy : 6,0 mm

13. evre embriyo
boy : 8,5 mm

16. evre embriyo
boy : 11,0 mm

17. evre embriyo
boy : 17,5 mm

İnsanda Atavizm Örnekleri

Moleküler düzeyde evrimsel akrabalık taşıdığımız türlerle benzerlik gösteren, ancak "insan" oluşumuzdan bu yana sahip olmadığımız bazı özellikler, bazen ortaya çıkabiliyor. Bunlar, embriyonik gelişimimizin belirli evrelerinde ortaya çıkan karakterlerin, daha sonra bizi biz yapan genetik kodumuzun "yok et" emri vermemesi durumunda gelişmesiyle ortaya çıkıyor.

Kuyruk sokumu bölgesinde kuyruk benzeri

yapıların görülmesi, en sık rastlanan örneklerden biri. Embriyo gelişimi sırasında omurga taslağı, önce yumuşak bir doku halinde oluşuyor, daha sonra kıkırdaklaşma bölgelerinden başlayarak sertleşiyor ve en sonunda da kemikleşme gerçekleşiyor. İlk başta 8 kuyruk sokumu kemiği varken, embriyo gelişiminin üçüncü ayına doğru, bu kemiklerin en uçtakileri yok olmaya başlıyor gelişim devam ettikçe 3 ya da 5 arası değişen sayı-

da kalan bu kemikler, birbirleriyle kaynaşmaya başlıyorlar. Bu aşamalardan birinde aksaklık olduğunda, gelişimi tamamlanan embriyoda bir kuyruk kalıntısı görülebiliyor.

M. Bartels, 1883 yılında yayınladığı makalesinde, insanlarda görülen kuyruk çıkıntılarını temel olarak 5 tip altında topluyor. Bunlardan ilk 3'ü embriyo gelişimi sürecinde görülen kuyruktan gelişen yumuşak kuyruklar, dördüncüsü kuyruk sokumu omurlarının normalden fazla gelişimi sonucu oluşan kemikli kuyruk, sonuncusuysa ek omurgalar da taşıyan gerçek kuyruk.

En sık rastlanan ikinci benzer örnekse, fazladan meme uçları. Memelilerin tamamında, embriyo gelişim sürecinde bir süt hattı oluşuyor ve tüm memelilerde meme uçları, bu hattın üzerinden köken alıyor. İnsanlarda ve diğer primatların çoğunda, bu hattın üzerinde yer alan yalnızca bir çift meme bulunuyor. Bazı bireylerdeyse, koltuk altından kasık bölgesine kadar uzanan süt hattı üzerinde ilave meme uçlarına rastlanabiliyor. Bu şekilde ilave meme uçları bulunması durumuna politeli (ya da hiperteli) adı verilirken, bu duruma ek olarak (ve çok daha ender görülen) ilave meme bezlerinin de bulunması durumuysa polimasti olarak adlandırılıyor.

El ya da ayaklarda 5'ten fazla parmağa sahip olma (polidaktili), parmakların birbirine kısmen de olsa yapışık bulunması (sindaktili), perde parmaklılık ve bazı bireylerde rastlanan çok iri köpek dişleri de sıklıkla birer atavizm örneği kabul ediliyorlar.



Karaya geçişle birlikte parmak sayısı 5'e indiği için, polidaktili bir atavizm örneği sayılıyor.

özellikler, daha sonra canlının kendine özgü genomunda bulunan "bu yapıyı yok et" sinyaliyle tetiklenen programlı hücre ölümü sayesinde ortadan kaldırılıyor. Bazen, bu sinyalin oluşumunda ya da sinyale fizyolojik cevabın verilmesinde aksaklık yaşanıyor. İşte o zaman, embriyoda bu atasal karakterler gelişmeye devam ediyor ve ergin halde kendini gösteriyor. Atavizm, aslında bu şekilde ortaya çıkıyor. İşleyişin anlaşılmasına bir güçlük yok. Yöneltilmesi gereken asıl soruysa şu: Embriyo gelişiminin ileri aşamalarında yok olacaksa, o halde bu karakterler neden ortaya çıkıyor?

Bazı durumlarda, bu ilkel karakterlerin ortaya çıkışı, gelişimin sonraki basamaklarına öncülük ediyor. Örneğin, omurgalı embriyolarında erken dönemlerde oluşan sırtipliği (notokord), aslında ilkel omurgalılara ait bir özellik. Günümüz gelişmiş omurgalılarında hiçbir görevi olmayan bu yapı, embriyo gelişimi sırasında omurganın oluşumu için bir anlamda "şablon" görevi görüyor ve altıncı haftadan sonra kayboluyor. Ancak, iş sucul memeliler-

deki arka bacak çıkıntılarını ya da insandaki kuyruk çıkıntısını açıklamaya geldiğinde, bunlar için verilecek kesin bir cevap henüz yok. Biyologlar ve genetik bilimciler, bu yapıların da henüz bilinmeyen bir rolü olabileceğini düşünüyorlar. Çünkü, genler, evrimsel süreçte artık gereksinim duyulmayan karakterleri kodluyor olasalar bile, başka karakterlerin ortaya çıkmasında rol oynuyorlarsa genomda tutulmaya devam ediliyorlar. Yani, çok eskiden kaybedilmiş bir özelliği ortaya çıkaran bu genler, aslında düşünüldüğü kadar "sesiz" değiller. Bu nedenle de, arada bir beklenmeyen karakterlerin ortaya çıkmasına yol açabiliyorlar. Bir diğer olasılık da, bu oluşumları tetikleyen kalıtsal bilginin genomdan tamamen atılması için gerekli bir evrim baskısının belki de hiç olmadığı.

Bazı karakterlerin ortaya çıkmasında, belirli bir gen bölgesi sorumlu değil. Örneğin, bacak ya da kuyruk geni diye bir şey yok. Bu gibi vücut yapıları, birbirini takip eden çeşitli kalıtsal ve gelişimsel etkileşimler sonucu ortaya çıkıyor. Kıl, kuş tüyü, pul, tırnak ve

hatta diş gibi yapıların oluşumu da, yine bu şekilde gerçekleşiyor. Bu nedenle, bazı kalıtsal aksaklıklar sonucu insanlarda da balık pullarına benzer deri oluşumları ya da dişetlerinde kıllar görülebiliyor. Aynı şekilde, belirgin kuyruk çıkıntılarında sahip bebeklerin doğumu da atavizm örneği kabul ediliyor. Çünkü kuyruk, bütün omurgalılarda embriyo gelişimi sırasında ortaya çıkıyor ve kuyruksuz türlerde belirli bir evreden sonra yok ediliyor. Kim bilir, belki de doğa, olur da bir gün dünyamızı sular altında bırakırız da yeneden ağaçların tepelerinde yaşamak zorunda kalırız diye saklıyor kuyruk şifresini, hücrelerimizin henüz yeteri kadar bilmediğimiz derinliklerinde...

Deniz Candaş

Kaynaklar:

- Page, M.L., The Ancestor Within, New Scientist, 2586, 28-33, 2007.
Whiting, M. F., Bradler, S., Maxwell, T., Loss and recovery of wings in stick insects, Nature, 421, 264-267, 2003.
Kohlsdorf, T., Wagner, G. P., Evidence for the reversibility of digit loss: a phylogenetic study of limb evolution in Bachia (Gymnophthalmidae: Squamata), Evolution Int J Org Evolution, 60, 9, 1896-1912, 2006.
Bar-Maor, J.A., Kesner, K.M., Kaffori, J.K., Human Tails, The Journal of Bone and Joint Surgery, 62-B, 4, 508-510, 1980.