



## 1. Çok Hücrelilik

Çok hücrelilik kavramını en iyi anlayabileceğimiz yerlerden biri, banyomuz. Çünkü banyoda yıkanırken kullandığımız şey genellikle evrimin en büyük keşiflerinden biri ya da en azından bu keşfin plastik bir kopyası: çok hücreli yaşamın temel bir örneği olan süngerler.

Çok hücreli yaşam, canlıları yalnız başına yaşayan hücrelerden fantastik karmaşık bedenlere dönüştüren muhteşem bir yenilik hareketinin sonucu. En az 16 kez evrimsel dönüm noktalarından geçen bu harekete hayvanlar, kara bitkileri, mantarlar ve algler zaman içinde dahil oldular. Milyarlarca yıldan bu yana hücreler, kuvvetlerini birleştirmekte. Bakteriler bile karmaşık üç boyutlu yapıda koloniler ve belirli bir işbölümü oluşturarak, bunu yapabiliyorlar. Ama DNA'larını çekirdeklerinde saklayan biraz karmaşık hücreler olan ökaryotlar, kendilerini sindirim ya da salgılama gibi farklı görevlere adanmış ve davranışları ileri düzeyde eşgüdümlü hale gelmiş hücrelerden oluşan kalıcı koloniler oluşturarak, önemli bir sıçramaya neden oldular.

Ökaryotların bu sıçramayı gerçekleştirebilmeleri, diğer amaçlar için gerekli davranışların birçoğunu zaten geliştirmiş olmaları sayesinde gerçekleşti. Tek hücreli birçok ökaryot, bir başka hücreyle 'çiftleşmek' gibi özel

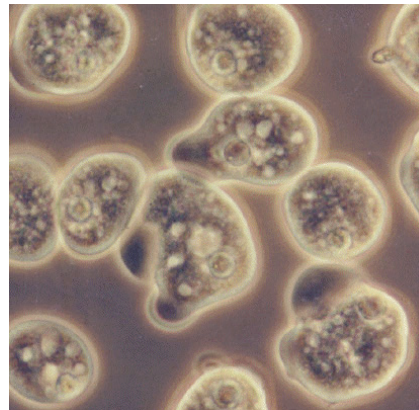
görevlere adanmış hücre türleri olarak özelleşebiliyor ya da farklılaşabiliyor. Ökaryotların çevrelerini algılamak için kullandıkları kimyasal sinyal sistemleri, çok hücreli organizmaların sahip oldukları hücrelerin davranışlarını koordine etmek için kullandıkları sistemlere benziyor. Bu sistemlerin avlarını belirlemek ve yakalamak için yararlandıkları moleküllerse, hayvanlarda ve diğer çok hücreli organizmalarda hücreleri bir arada tutan yapışkan yüzey molekülleriyle aynı türden.

Çok hücreliliğe giden evrim hareketinin başlangıç nedenlerine ilişkin farklı görüşler var. Görüşlerden birine göre temel neden, bir arada toplanmanın, hücreleri tek hücreli avcılarının ağzı için çok büyük bir lokma hali-

ne getirerek, onları yem olmaktan korumaya yardım ediyor olması. Bir başka görüşe gireysek, tek hücreliler belirli bir zaman diliminde yalnızca tek bir şey yapabiliyorlar. Sözcüklerimi, birçoğu, hareket etmelerine yarayacak kamçıyı oluşturma sürecindeyken bölünemiyor. Ama bir koloniyi oluşturan hücreler, üstlerine düşeni belirli bir sırayla yaptıklarında, koloninin aynı zamanda hem hareket etmesi hem de bölünen hücre içermesi mümkün.

Araştırmacılar şimdilerde ilk çok hücrelilerin en yakın akrabalarının kalıtsal özelliklerini inceleyerek, bu canlıların biyolojik yapısını yeniden oluşturma çabası içindeler. Yüz milyonlarca yıl öncesindeki tek hücrelileri mercek altına alarak yürütülen bu çalışmaların amacı, hayvanların 600 milyon yıl önce nasıl olup da bu tek hücrelilerden evrimleştiklerini anlayabilmek. Araştırmacıların en önemli iz sürme kaynaklarıysa, bu sürecin halen yaşayan tek tanıkları olan ve ortak bir geçmişi paylaşan "koanoflagellatlar" ve süngerler.

Tek hücreli yaşam, hem biyokütle hem de tür sayısı bakımından çok hücreli yaşama büyük bir fark atmış olduğu için, bu bakımdan çok daha başarılı bir yaşam formu olduğu kesin. Ancak, çok hücreli yaşamın da çok daha güzel ve etkileyici olduğu, tartışmasız bir gerçek.





## 2. Göz

Ortaya çıkışlarıyla yaşamın kurallarını geri dönüşü olmayan şekilde değiştiren gözler henüz yokken, yaşamın hakimleri ağır hareket ederek denizin çevresinde tembel tembel dolaşan yumuşak bedenli solucanlardı ve bunların hakimiyetindeki bir yaşam kuşkusuz daha sakindi. Evrimin göz buluşu, çok daha vahşi ve rekabetçi bir dünyanın oluşmasında öncü bir rol oynadı. Hayvanların etkin avcılar haline gelmelerini olanaklı kılan görme yeteneği, evrimsel bir savaşı harekete geçirerek tüm gezegeni kapsayan önemli bir değişime neden oldu.

İlk gözler yaklaşık 543 milyon yıl önce, Kambriyen döneminin başında Redlichia diye adlandırılan bir trilobit (vücudu üç parçadan oluşan, soyu tükenmiş deniz eklembecaklısı) grubunda ortaya çıktı. Büyük olasılıkla ışığa duyarlı çukur bölgelerden evrimleşen bu gözler, modern böceklerinki gibi birleşikti. En dikkat çekici noktalardan biriyse, fosil kayıtlarında rastlanan bu ilk gözlerin dikkat çekecek kadar kısa bir sürede ortaya çıkmış olmaları. 544 milyon yıl öncesinde yaşamış trilobit atalarına ait fosil kayıtlarında gözlerle rastlanmazken yaklaşık bir milyon yıl sonraki trilobit fosil kayıtlarında karşımıza çıkan gözler, dikkatleri bu gizemli “milyon yıl” içinde ne olduğu sorusuna çekiyor. Gözlerin bütünüyle birdenbire ortaya çıkamayacak düzeyde karmaşık yapılar olduğunda herkes hemfikirse de, yapılan hesaplamalar, ışığa duyarlı hücrelerin evrim geçirerek tam bir göz haline gelmesi için, yalnızca yarım milyon yılın yeterli olacağını ortaya koymuş durumda.

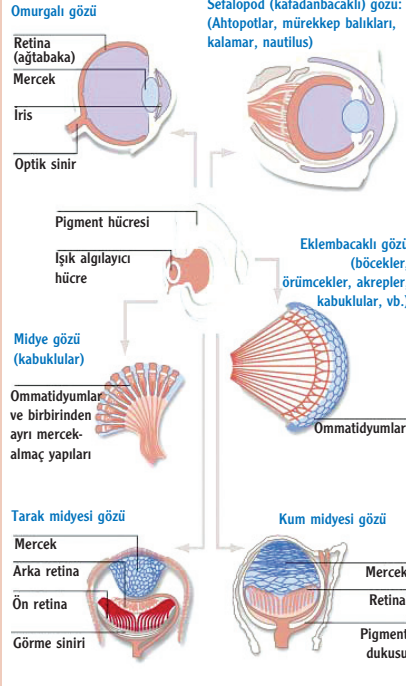
Ancak bu sonuç, arada yaşanan değişimin önemsiz olduğu anlamına gelmiyor. İlk hayvanların ışığı farketmesini ve ne yönden geldiğini anlamalarını sağlayan ışığa duyarlı hücreler, Kambriyen döneminden çok uzun süre öncesinde de olasılıkla vardı. Denizanası, solucan ve benzeri pek çok ilkel canlı tarafından hâlâ kullanılmakta olan bu tür gömülü duyu organlarının varlığı, hiç yoktan daha iyiyse de, bunlar tam anlamıyla “göz” değiller. Gerçek bir gözün, görüntü oluşturmak için kullanacağı ve ışığı odaklayabilen bir merceğe gereksinimi var.

Evrimin bu buluşuna rastlayan tek hayvanlar, trilobitler değildi. Her ne kadar genetik deliller tüm gözler için tek bir atayı öne sürse de, günümüzde biyologlar gözlerin birçok farklı neden sonucunda bağımsız olarak



### Omurgalı Gözü

Önceleri gözün 65 ayrı tür için ayrı ayrı evrimleştiği düşünülüyordu. Ancak, yeni genetik bulgular gözün tek bir kaynaktan evrimleştiğine işaret ediyor. Ortadaki prototip göz daha sonra bugün gördüğümüz çok sayıda farklı biçime dönüşmüştür.



evrimleşmiş olduklarına inanıyorlar. Ama her iki yaklaşım da, trilobitlerin ilk oldukları konusunda hemfikir.

Gözlerin evrimleşmesi konusu ele alındığında, ortaya çıkış zamanları kadar önemli bir diğer soruya, nasıl bir fark yarattıkları. Erken Kambriyen döneminin görüş yeteneğinden yoksun dünyasında görme, bir süpergüç anlamına geliyordu. Sahip oldukları gözler sayesinde trilobitler, kendilerinden önce hiçbir hayvanın yapamadığı biçimde, yiyecek arayabilen ve bu yiyeceğin peşine düşebilen ilk etkin avcılar oldular. Tabii avları da bir karşı-evrim sürecine girmek zorundaydı. Böylece, ilk gözlerin ortaya çıkmasından yalnızca birkaç milyon yıl sonrasında gözlerle sahip olmak sıradanlaşırken, hayvanların tümü de daha hareketli ve etkin hale gelmişlerdi.

Ancak görüş yeteneği bütün canlıları kapsamıyor. Otuz yedi çok hücreli hayvan şubesinden yalnızca altısının görme yeteneğini geliştirebildiği göz önüne alındığında, gözler pek de büyük bir evrimsel keşifmiş gibi görünmeyebilir. Ama görme duyusuna sahip bu altı şubenin (bizim de içinde yer aldığımız omurgalılar, yanısıra eklembecaklılar ve yumuşakçalar da dahil) dünyadaki en bol, yaygın ve başarılı hayvanlarını içerdiğini hatırlamak, bu düşüncenin değişmesi için yeterli olacaktır.

## 3. Beyin

Beyin genellikle bizlere dil, zeka ve bilinç gibi temel insan davranışlarımızı armağan eden, evrimin en üst düzeydeki başarısı olarak görülür. Aslında tüm bu davranışlardan daha öncelikli olarak, beynin evrimi, yaşamı bitkiseliliğin ötesine geçirerek çok daha vurucu bir etki yapmış oldu. Beynin evrimiyle birlikte organizmalar ilk kez, çevrelerindeki değişimlere ayak uydurabilmeye başladılar. Üstelik bir-iki kuşağı geçmeyen bir zaman ölçeğinde.

Bir sinir sistemi, hareket ve bellek gibi son derece kullanışlı iki temel şeyin gerçekleşmesini olanaklı kılar. Eğer bir bitkiyseniz, besin kaynağınızın ortadan kaybolması sizin için tümüyle kalıcı, değiştiremeyeceğiniz bir durumdur. Ama eğer kaslarınızı kontrol edebilen bir sinir sisteminiz varsa, dolaşıp çevrenizi inceleyerek kendinize besin ya da barınak kaynakları arayabilirsiniz.

En basit sinir sistemi denizanasları, deniz kestaneleri ve yaban lalelerini de kapsayan “knidaria” şubesi üyelerindeki halka biçimli devrelerdir. Bu canlılar çok akıllı değilse de,

sahip oldukları bu basit sinir sistemi sayesinde gereksinim duydukları şeyleri arayabilirler ve çevrelerindeki dünyayla bitkilerin yapabileceğinden çok daha üstün bir düzeyde etkileşim kurabilirler.

Büyük olasılıkla Kambriyen dönemi solucanlarında ortaya çıkmış olan bir sonraki evrimsel adım, hareketlere daha çok amaç vermeyi sağlayan bir tür kontrol sistemiydi. Bu tür bir ilkel beyin aslında, ağları organize etmeye yardımcı olan bir iletim sisteminin basit bir parçasıydı. Böyle bir ilkel kontrol sistemiyle donatılmış halde suda yaşayan ilk canlılar



rın en önemli önceliği, besin bulmaktır. Organizmaların yararlı besinleri zehirli olanlarından ayırmaları gerekir ve bunu yapmada da onlara beyinleri yardımcı olur. Çevrenizdeki hangi hayvana bakarsanız bakın, beyninin ağzına yakın olduğunu görürsünüz. Hatta en ilkel omurgasızların bazılarında, yemek borusu doğrudan beynin içinden geçer.

Beyinle birlikte, çevresel koşulları algılamayı sağlayan duyuvar, bir de bellek gündeme gelir. Bu ikisi bir araya geldiğinde, hayvanlar işlerin iyiye ya da kötüye gidişini gerçek zamanlı olarak izleyebilir hale gelirler; bu da basit bir öngörü ve ödül sistemini olanaklı kılar.

## 4. Dil

İnsanlar sözkonusu olduğunda dilin, nihai bir evrimsel yenilik olarak ortaya çıkması kaçınılmaz görünüyor. Bilinç, empati ya da zihinsel zaman yolculuğundan, sembolizm, dinsel ya da ahlaki görüşlere kadar bizleri özel kılan çoğu şeyin merkezinde dil bulunur. Türümüz için tanımlayıcı bir faktör olan dil, bilginin düzenlenmesi ve bir kuşaktan diğerine aktarılma biçimini temelden değiştirmiş olması nedeniyle, evrimsel sınıflandırmada bir sıçrayış noktası olarak yerini alır.

Atalarımızın bu sıçrayışı nasıl gerçekleştirdikleri, bilimdeki en zor problemlerden biri. Konuyla ilgili biliminsanları, alt cümleciklerin hiyerarşik dizilimi yoluyla "anlam"ı oluşturan, yani sözdizimi ve dilbilgisi içeren karmaşık yapıdaki dilin, bütünüyle bir seferde evrimleştiğine dikkat çekiyor. Yalnızca insan beyni dil üretebiliyor ve genel inanın aksine, bu yetenek beynin bu konuda özelleşmiş belli bölgeleriyle sınırlı değil. Bu bölgeler zarar görse bile, beynin diğer bölümleri dil geliştirme görevini devralabiliyor.

Beynin şaşırtıcı düzeyde büyük bir kısmı dil gelişimine destek olabildiği için dil, yaşayabileceği ortam tüm bir insan beyni olan bir canlıya benzetilebilir. Bu benzetmeden yola

Böcekler, sümüklüböcekler ve solucanlar gibi gerçekten basit birer beyine sahip hayvanlar bile deneyimlerini kullanarak bir sonraki adımda yapılacak ya da yenilecek en iyi şeyin ne olduğunu öngörebilir ve kendi içlerinde doğru seçimleri ödüllendiren bir sistem kurabilirler.

İnsan beyninin sosyal etkileşim, karar verme mekanizmaları ve empati kurma gibi daha karmaşık tüm işlevleri, besin girişini kontrol eden bu basit sistemlerden evrimleşmiş gibi görünüyor. Ne yiyeceğimize karar vermimizi kontrol eden duyuvar gelişerek, sezgisel kararlar haline geldi. İnsan beynindeki frontal

çıkıldığında akla gelen ilk soruysa, bu canlının insan dışındaki diğer hayvanların, özellikle de memelilerin beyinlerinde neden kendine bir yaşam ortamı kuramadığı. Bu sorunun yanıtı, dilbilgisi kuralları için gereken hiyerarşik süreçleri yerine getirmemizi sağla-



(ön) korteksin kararlar ve sosyal etkileşimlerle ilişkili olan en gelişkin bölümlerinin, ağız, dil ve sindirim organlarının hareketi ve tatla kokuyu denetleyen bölümlerin hemen yanında yer alması, rastlantıya benzemiyor. Zaten insanların potansiyel eşlerini öpmelerinin altında yatan da büyük olasılıkla, herhangi bir şeyi yoklamak ya da kontrol etmek için bildikleri en 'ilkel' yöntemin bu olması.

## 5. Fotosentez

Evrim içinde yer alan keşiflerden pek azı, yaşam için güneş ışığından enerji yakalamak yeteneği gibi çok derin bir sonuç yaratmıştır. Fotosentez olmasaydı, atmosferde çok az oksijen olacak, yeryüzünde hayvan ve bitkiler barınamayacaktı. Yaşamı bu kısıtlamalardan kurtaran fotosentez, açığa çıkardığı oksijen yoluyla yaşamın doğuşu için gerekli zemini hazırladı.

Fotosentez öncesi yaşam, enerji kaynakları sülfür, demir ve metan olan tek hücreli mikroorganizmalardan oluşuyordu. Günümüzden yaklaşık 3,5 milyar yıl önce, bunlardan bir kısmı, büyüme ve enerji kaynağı olarak gereksinim duydukları karbonhidratları üretmelerine yardım edecek şekilde, güneş ışığından enerji yakalama yeteneğini geliştirdiler. Bu başarıya nasıl ulaştıkları hâlâ belirsizse de genetik çalışmalar, ışığı toplayan bölümlerin, moleküller arası enerji aktarımını yapan bir proteinden evrimleştiğini ve böylece fotosentezin ortaya çıktığını öne sürüyor.

Ancak evrimleşme sürecinin ilk aşamalarında açığa çıkan şey, oksijen değildi. Hidrojen sülfat ve karbondioksit başlangıç malzemeleri olarak kullanılıyordu ve sonuçta karbonhidrat ve sülfür açığa çıkıyordu. Süresini

yan, hem genlerimiz hem de deneyimlerimiz tarafından şekillenen, biz insanlara özgü sinir ağlarında yatıyor. 2001 yılında tanımlanan ve dille ilişkisi olduğu belirlenen ilk gen olan FOXP2'nin ardından, kuşkusuz diğer genler de gelecek.

Ama öyleyse şempanzeler ve diğer memeliler gibi yakın evrimsel akrabalarımız dil konusunda neden benzer yeteneklere sahip değiller? Günümüzde yapılan son çalışmaların bu soruya önerdiği yanıt, insan ve şempanzelerin sahip olduğu birçok ortak genin insan beyninde yer alan biçimlerinin, şempanzelerinde yer alanlardan çok daha etkin durumda olması. Ayrıca yeni doğmuş insanların beyinlerinin yeni doğmuş şempanzelerinkinden çok daha az gelişmiş durumda olması, sahip olduğumuz sinir ağlarımızın, dilbilimsel bir ortam içinde geçen yıllar boyunca gelişerek şekillendiği anlamına geliyor.

Dil, kendisine sahip olanlara biyolojik olanın tamamen ötesine geçme olanağı tanıdığı için, biyolojik evrimdeki en son nokta olarak kabul ediliyor. Dilin varolmasıyla birlikte atalarımız kendi çevrelerini kendileri yaratıp, genetik değişimlere gereksinim duymaksızın ona uyum sağlayabildiler. Bu çevre, bizlerin bugün "kültür" olarak adlandırdığımız şeyin ta kendisi.





hâlâ kesin olarak bilemediğimiz bir evrimleşme süreci sonunda, su gibi farklı bir kaynak kullanan ve son ürün olarak oksijen açığa çıkaran yeni bir fotosentez türü evrimleşti.

Fotosentez evriminin ilk dönemlerinde yaşam için zehirli bir madde olan oksijen, mikroorganizmaların, enerji kaynağı olarak kullanabilecekleri mekanizmalar geliştirmelerine kadar sırasını bekledi ve atmosferde birikti. Oksijenin sırasının gelmesi, yani canlıların enerji üretmek için oksijen kullanarak karbondhidratları yakma yeteneğini geliştirmesi, gerçekten önemli bir evrimsel buluştu. Çünkü enerjiyi bu yolla üretmek, aynı şeyi oksijen

yapmaktan tam 18 kat etkin bir yöntemdi.

Bu noktadan başlayarak, bitkileri de kapsayan çok hücreli karmaşık yaşam biçimlerinin gelişimi için uygun sahnenin kurulmuş olmasıyla birlikte, Dünya üzerindeki yaşam ileri düzeyde güçlü bir hale geldi. Bu yaşam biçimleri, fotosentez yapan kısımlarını, siyanobakteri adı verilen fotosentetik bakterilerden ödünç aldılar. Bugün Dünya üzerindeki yaşam tarafından kullanılan enerjinin hemen hemen tümünü doğrudan ya da dolaylı olarak üretense, fotosentezin ta kendisi.

Oksijen yoluyla yapılan fotosentez yakıt

yakmak için etkin bir araç olmanın yanısıra, yaşamı korumaya da yardımcı oluyor. Dünyamız sürekli olarak güneşten yayılan öldürücü morötesi ışınların bombardımanını altında. Bu zararlı morötesi ışınların büyük bir kısmını filtreleyerek bizi bu bombardımanın etkisinden kurtaran şey, oksijenli atmosferimizin bir yan ürünü olan ozon tabakası. Bugün gezegenimizde yer alan tüm biyokimyasal süreçlerin oluşumu güneş enerjisi sayesinde gerçekleştiğinden, hepimizin yapması gereken şey, derin bir nefes almak ve yaşamın başlangıcında var olan oksijenden nefret eden mikroorganizmalara bu biyokimyasal eğilimlerinden ötürü teşekkür etmek.

## 7. Ölüm

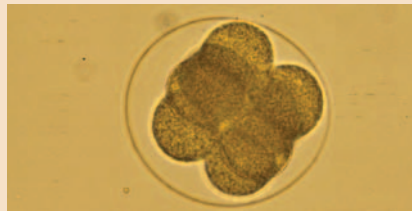
Genellikle bilinen anlamıyla ölüm canlıların açlık, yaralanma ya da yaşlanma gibi çeşitli nedenler sonucunda yaşadıkları bir süreç. Ama hücrelerin, sağladığı yarardan ötürü yok olmayı seçtikleri farklı bir ölüm türü, bir başka deyişle, evrimsel bir strateji olan bir ölüm türü de var.

Bu durumun en belirgin olduğu mekanizma, tüm çok hücreli organizmaların kendilerini yok etme mekanizmaları olan “programlı hücre ölümü”. Elinizde beş parmağınızın olmasının nedeni, bu parmakların arasında yaşayan hücrelerin siz henüz bir embriyo halindeyken ölmüş olması. Döllenmiş yumurtanın yalnızca üç ya da dört hücre bölünmesi sonrasındaki 8-16 hücrelik embriyolar, gelişmelerinin düzgün bir şekilde ilerlemesini programlı hücre ölümüne borçludurlar. Programlı hücre ölümünü durdurursanız, gelişme çarpıklaşacaktır. Bu da şu anlama geliyor ki,

## 6. Cinsellik

Cinsel üreme, yeryüzünde yaşayan türlerin büyük çoğunluğu için tek seçenek. Hatta cinsellikten vazgeçen türlerin neredeyse tümünün yaklaşık birkaç yüz nesil sonunda tükendiği gözönüne alınırsa cinselliğin, yaşamın kendisinin sürekliliğini sağladığı da söylenebilir. Biyologlar cinselliğin nasıl evrimleştiğinin yanısıra, bu evrimin neden geriye dönmediğini de hâlâ tartışmaktalar. Tartışmanın nedeni, cinselliğin bir kaybetme stratejisi gibi görünüyorsa.

Evrim, iki temel nedene bağlı olarak eşeysiz üremeyi onaylamak zorunda. Bunlardan birincisi, kaynaklar uğruna verilen mücadelede eşeysiz üreyen türlerin eşeyli olanları kolaylıkla yenebilecek olması. İkinci neden de şu: Sperm ve yumurtalar ebeveynlerden herbirinin genlerinin yalnızca yarısını içerdiğinden, eşeyli üremeyi kullanan bir organizma genlerinin yalnızca %50'sini kendisinden sonraki nesile aktarabilir. Eşeysiz üreyen türlerse, genlerinin %100'ünü aktarmayı garanti altına alıyorlar. Ama kuşkusuz bu düşünce biçiminde, aslında pek de doğru olmayan birşeyler var. Çünkü böceklerin, kertenkelelerin ve bitkilerin de aralarında bulunduğu ve eşeysiz üreyen birçok tür, durumu en



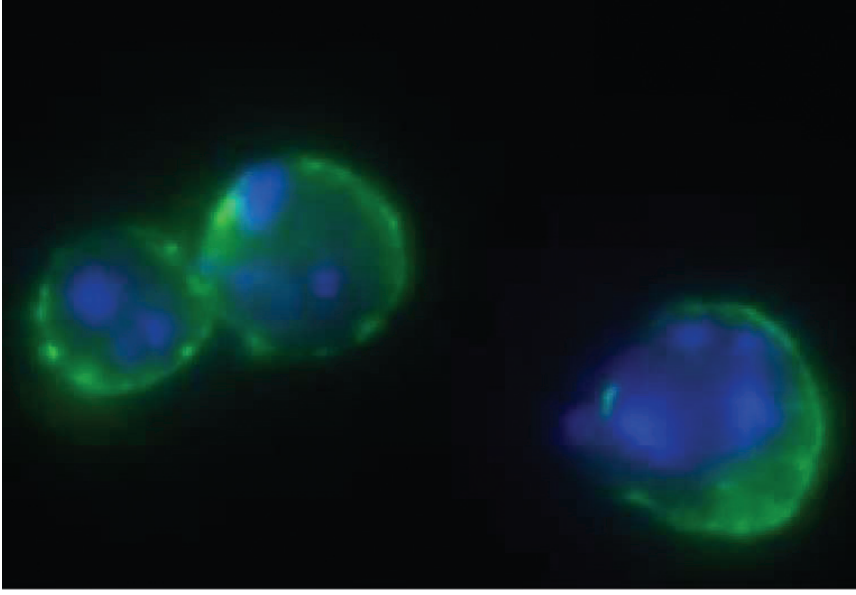
azından belli bir süre için çok iyi idare etmeler de, eninde sonunda eşeyli üreyen türler tarafından azınlıkta bırakılmaktan kurtulmıyorlar.

Cinselliğin bu başarısızlığı, genetik ‘paket’leri birbirine karıştırarak çeşitliliği (varyasyonları) ortaya çıkarması ve zararlı mutasyonları (ki bunlar, eşeysiz üreyen birçok türün eninde sonunda yok olmasının nedeni) ortadan kaldırabilmesi gerçeğinde yatıyor. Varyasyonlarsa, yaşamın farklı çevrelere tepki vererek yırtıcı hayvanlar, avcılar ve özellikle parazitlerle etkileşimi içeren değişimleri olanaklı kıldıklarından, çok önemli. Eşeysiz üreme bir piyango çekilişinde hepsinin üzerinde aynı sayı yazan 100 ayrı bilet satın almaya benzetilebilir. Ama aynı piyangoda herbirinin üzerinde farklı bir sayı yazan yalnızca 50 bilet alırsanız, bu çekilişteki şansınız kuşkusuz daha yüksek olacaktır.

Ne yazık ki eşeyli üremenin yararları ko-

nusunda hemfikir olmak, bu sürecin nasıl evrimleştiği konusunda bizlere bir ipucu sağlamıyor. Eşeyli üremenin başlangıcı, DNA onarımı kadar olağan bir süreç bile olabilir. Örneğin tek hücreli olup eşeysiz üreyen organizmalar zamanla genetik malzemelerini belirli dönemler içinde iki katına çıkarma ve daha sonra onu yeniden ikiye bölme alışkanlığını geliştirmiş olabilirler. Bu alışkanlık onların yedek genetik malzeme setinden yararlanarak herhangi bir DNA hasarını onarmalarını olanaklı kılmış olabilir. Benzer bir DNA değiş tokuşu, sperm ve yumurtaların üretimi boyunca halen gerçekleşen bir süreç.

Cinselliğin evrimi söz konusu olduğunda açılan çerçevenin içinde parazitler de yer alıyor. DNA'nın transpozon olarak bilinen ‘parazitik’ uzantıları, kendi kopyalarını hücrenin normal genetik malzemesine içine ekleyerek ürerler. Tek hücreli bir organizma içindeki bir transpozonu düşünün. Öyle bir mutasyona uğruyor ki, bu mutasyon evsahibi hücrenin, yeniden bölünmeden önce başka hücrelerle birleşmesini sağlıyor. Cinselliğin bu ilkel biçimine aracı olan transpozon, birçok hücre arasında yatay olarak yaygınlaşabilir. Sonuçta da, ‘parazitik cinsellik’, bir popülasyonda bir kez ortaya çıktıktan sonra kolayca tutunup moda haline gelebilir.



programlı hücre ölümü diye bir şey olmasaydı, bizler doğamayacaktık.

Aslında biz yetişkinler de, ölüm olmasaydı yaşayamazdık. Örneğin eğer programlı hücre ölümü diye bir şey olmasaydı, hepimiz çok kısa sürede kanserden ölürdük. Hücrelerimiz sürekli olarak, sıkıca kontrol edilen hücre bölünmesinin karşısında tehdit olarak duran mutasyonları süzüyorlar. Ama kalıtsal malzemenin koruyucusu olarak adlandırılan p53 proteinini içeren sisteme benzer gözetim sistemleri, bu tür hataların neredeyse tümünü tespit ediyor ve bundan etkilenen hücreleri intihara yönlendiriyorlar.

Programlı hücre ölümü, mide çeperindeki hücrelerin sürekli devrini sağladığından ve cildin ölü hücrelerle dolu koruyucu tabakasını oluşturduğundan, gündelik hayatımızda da çok önemli bir rol oynuyor. Bağışıklık sistemi bir enfeksiyonu temizlemeyi tamamladığında, artık gereğinden fazla olan beyaz kan hücreleri iltihaplanmayı yavaşlatmak amacıyla planlı bir biçimde intihar ediyorlar. Zarar görmüş bölgeyi bir duvarla çevreleyip sonra da bu bölge içindeki tüm hücreleri öldürme yöntemini kullanan bitkilerse programlı hücre ölümünü, hastalık yapıcıların yararlanabileceği tüm kaynakları yok etme şeklindeki savunma stratejilerinin bir parçası olarak kullanıyorlar; sözcüğü 'hasta' bölgeyi önce yalıtıp, sonra da içindeki tüm hücrelerin ölmesini sağlayarak.

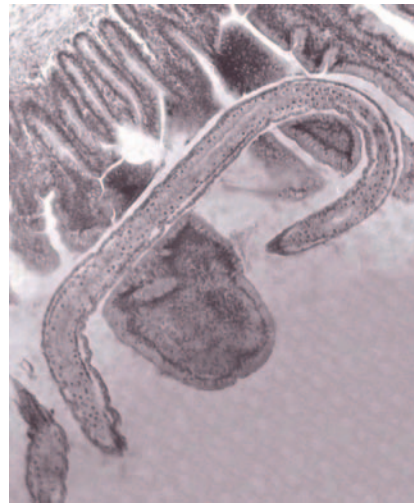
Bir organizmanın birkaç hücrenin kurban edilmesinden nasıl bir yarar sağladığını görmek, aslında oldukça kolay. Ama programlı hücre ölümünün yanı sıra, tüm bir organizmanın ölümünün şekillenmesinde de evrimin parmağı olabilir. Tüm gelişkin organizmaların hücreleri zamanla yaşlanmaya başlar ve bu hücrelerin yalnızca birkaç düzine hücre bölünmesi geçirmesinin ardından sıra, organizmanın kendisinin ölümüne gelir. Aslında bu durum, kontrolsüz büyümeye karşı koruma stratejilerinden biridir. Ama tartışmalı bir kuram bunun, hepimizin yaşam süreleri üstüne sınır koyan genetik bir programın parçası olduğunu öne sürüyor.

Doğuştan gelen bir "ölüm programı" görüşünü reddeden çoğu evrim biyoloğu, yaşlanmış hayvanların, programlı hücre ölümlerinin yaptığı gibi tek bir yolla değil de birçok farklı yolla öldüklerine dikkat çekiyor. Çok az sayıda birey, yaşamda geç ortaya çıkan kusurları yaşlanmaya dönüştürecek kadar şanslı olabildiğinden, doğal seçilimin bu kusurlardan kurtulmak için oldukça az nedeni olduğuna dikkat çeken bu biyologlar, yaşlılığı bir tür evrimsel hurdalık olarak kabul ediyorlar. Oysa artık insanlar genelde üreme dönemlerinin çok ötesine kadar yaşayabildiklerinden, evrimin bizleri asla düşünmeden geliştirdiği buluşun sonuçlarını yaşıyorlar: Yaşlılıktan kaynaklanan ölüm.

## 8. Parazitlik

Parazitlik sözcüğü hırsızlık, dolandırıcılık ve sinsilikle eşdeğer olarak görülse de, parazitler ve onların evsahipleri arasında süregelen ezeli savaş, evrimdeki en itici güçlerden biri olmuştur. Yağmacıları ve ortakçıları olmasaydı, yaşam asla bugünküyle aynı olmayacaktı!

Parazitler bilinen tüm canlıların avantajlarını kendi lehlerine acımasızca kullandıkları



rından, gezegen üzerinde yaşayan virüslerden bağırsak kurtlarına, midyeye benzer kabuklu deniz hayvanlarından kuşlara kadar tüm organizmalar arasında en 'güçlü' olanları. Bağırsak solucanını ele alalım. Uzun, parçalı vücudunu saymazsak, çengellerle dolu bir kafa ve yumurtalıklardan ibaret olduğunu söylemekle pek de haksızlık etmiş olmayacağımız bu parazit türü, konakçısının (evsahibinin) sindirim sisteminin besin bakımından zengin derinliklerinde yüzmenin nimetlerinden sonuna kadar yararlanır. Bu nedenle, bir insan bağırsak solucanının, ortalama 18 yıllık yaşam süresi boyunca 10 milyar yumurta üretebilmesine şaşmamak gerekir.

Küçük karaciğer kuruğu gibi çoğu parazitlerse, konakçılarının sunduğu nimetlerden yararlanmakla kalmayıp, onların davranışlarını yönetme sanatında da ustalaşmışlardır. Beyinlerine genç bir kurtçuk bulaşmış karıncaların, kurtçuğun nihai konakçısı olan koyunlardan biri tarafından yenme olasılığının en yüksek olduğu çimenlerin tepesine doğru zorlanmışçasına tırmanmaları, bunun bir örneği.

Parazitlerin tiksindirici olduklarını bir yana bırakıp, yaptıkları işteki başarılarına bakalım. Bu canlılar evrimin en temel itici güçlerinden biri olmakla kalmayıp, eşeyli üremenin sürekliliğini sağlayan temel varsayımların da başrol oyuncularından biridirler. Bir canlıdan da, yaşamın sürekliliği adına daha fazla yarar beklemek, o canlıya haksızlık olur.

Parazitler arasında evrim üzerinde en büyük etkiyi gösterenleri, en küçük olanlarıdır. Bakteriler, tek hücreliler ve virüsler evsahiplerinin evrimlerini şekillendirebilirler; çünkü yalnızca içlerinden en güçlü olanı enfeksiyonlara rağmen hayatta kalabilecektir. İnsanlar için de durum farklı değildir: Kuşaktan kuşağa geçen bazı kalıtsal durumlara ait genler, tek kopya olarak aktarıldıklarında hastalıklara karşı koruma sağlayabilir. Sözcüğü, orak hücre anemisine (kansızlığına) yol açan genin tek kopyası, sıtmaya karşı koruma sağlar. Günümüzde de benzer evrimsel gelişimler devam ediyor. Örneğin AIDS ve tüberküloz virüsleri, bağışıklık sistemi genlerimizde bazı evrimsel değişiklikleri harekete geçiriyorlar.

Parazit konakçılarının da parazit evrimini etkilemesi mümkün. Örneğin, insanların birbirleriyle doğrudan etkileşimiyle bulaşan hastalıklar en az ölümcül hale gelecek şekilde evrimleşerek, bir insanın en azından o hastalığı bir başkasına bulaştırana kadar yaşayacağını garanti ederler.

Parazitler evrimi çok daha temel bir düzeyde de harekete geçirebilirler. DNA'nın "parazitik parçaları" olarak nitelendirilen ve kendilerini tüm genom boyunca kesip kopyalayabilen transpozonlar, yeni genlere dönüşebilir ya da DNA'da mutasyonlara yol açarak genetik çeşitliliği tetikleyebilirler. Parazitler ayrıca hücre birleşmesi ve eşey hücresi oluşumu amaçlı seçimleri de teşvik etmiş olabilecekleri için, cinselliğin temellerinde de rol oynamış olabilirler.



## 9. Süperorganizmalar

Bir arada uyum içinde yaşamayı başaran çok sayıdaki birey, iş yüklerini bölerek ve emeklerinin karşılığını paylaşarak daha iyi bir yaşama kavuşma şansına sahip olurlar. Bu mutluluk dolu ortamı “ütopya” olarak adlandıran biz insanlar, en azından yazılı tarihin var olduğu günden bu yana bu hedefe ulaşmak için çabalamaktayız. İnsanlığın bu uğurdaki girişimleri henüz sonuç vermemiş olsa da, neyse ki evrim bu konuda bizlerden daha başarılı olmuş durumda.

Zehirli bir polip türü olan “mavi şişe” adlı deniz canlısını ele alalım. İlk bakışta denizin derinliklerinde yüzen herhangi bir denizanası gibi görünen bu canlı, aslında tek hücreli organizmaların bir araya gelerek oluşturduğu bir kolonidir. Bu tek hücreli organizmaların bazıları beslenme, bazıları besin dağıtımı, bazıları hareket konusunda özelleşmiştir.

Bu toplumsal varoluşun sağladığı pek çok yarar var. En basitinden, tek tek yaşadıklarında deniz tabanına yapışıp kalacak olan bireyler, bu şekilde özgürce yüzebiliyorlar. Dahası, bu şekilde kendilerini avlarına karşı daha iyi koruyabiliyor, ortam koşullarıyla daha iyi başedebiliyor ve yeni bölgelerde koloniler kurabiliyorlar. Sonuçta bu canlılar, gerçek anlamıyla birer süperorganizma.

Sunduğu bu ve buna benzer birçok yarar gözönüne alındığında, koloni yaşamının birçok kez evrimleşmiş olması hiç de sürpriz de-

ğil. Ancak koloni yaşamı, beraberinde getirdiği bu yararların yanısıra, önemli bir sakınca da içeriyor; kayan bakteriler, ya da mikrobakteriler örneğinde olduğu gibi. Bu mikroplar belki de, en basit koloni organizmaları. Normal koşullar altında sümüksü bir yol üzerinde teker teker kayarak ilerlerken, ortamda belirli aminoasitlerin yokluğu durumunda bir araya toplanmaya başlıyorlar. Sonuçta ortaya çıkan süperorganizma, sporlarla dolu bir meyveyle taçlandırılmış sap benzeri bir gövdeden oluşuyor. Peki, yalnızca sporları oluşturan bakterilerin



dağılarak yeni bir yaşama başlama şansları varken, diğerleri neden oyuna dahil oluyor? Bu tür bir işbirliğinin nasıl olup da evrimleştiği ve ‘üçkağıtçıların’ da bu tür bir sistemin avantajlarını kendilerine yontmalarının nasıl engellendiği, hâlâ bilinmiyor.

Ama en azından bir hayvan grubu; koloni oluşturan böcekler için, hilenin nerede yattığını ve bunun da oldukça ‘zekice’ olduğunu biliyoruz. Bu böceklerde dişiler döllenmiş yumurtadan, erkeklerse dölenmemiş olanlarından geliyor. Cinsiyetin bu şekilde belirlenmesi, yani “haplodiploidi” mekanizması, kızkardeşlerin birbirleriyle, yavrularıyla olduğundan daha sıkı ilişki içinde olmalarını garanti altına alıyor. Bu da, kendi genlerine verecekleri süreklilik için en iyi yolun yumurtlamaktan çok, birbirlerini kollamaktan geçtiğini gösteriyor. Arı kovanlarının, karınca yuvalarının ve haplodiploidi mekanizmasının en az 10-12 kez evrim geçirdiği böcek kolonilerinin temelindeki kararlı yapıyı sağlayan şey de zaten bu.

Tüm karıncalarda, en yüksek düzeyde organize olmuş arılarda ve diğer birçok türde gerçek anlamda bir toplumsal yaşama rastlanıyorsa da, bu türlerin tümünde haplodiploidi mekanizması söz konusu olmayabilir. Bu küçük toplulukların, aralarındaki üçkağıtçıları kontrol altında tutmak için dikkatli bir koruma stratejisine gereksinim duyuyor olmalarına rağmen, bu yaşam biçimi, belki de yeryüzünde ütopyaya en fazla yaklaşmış biçim.

## 10. Ortak Yaşam

Dişetleri parıldayan timsahlar, mercan kalyakları, orkideler, karanlıkta parlayan balıklar, tarım yapan karıncalar gibi pek çok örneğin her biri, evrim için yeni yollar oluşturur. Ve bunların hepsinin ortak noktası, besin karşılığında kendilerine ulaşım, güneşten korunma, barınma gibi hizmetlerin ve tabii yine besin sağlayan canlılardan oluşuyor olmaları.

Ortak yaşamın pek çok farklı tanımı varsa da biz onu, fiziksel anlamda neredeyse ayrılmaz biçimde birbirine yakınlaşmış, karşılıklı yarar ilişkisi içinde olan iki tür anlamında kullanacağız. Ortak yaşam evrimde sarsıcı bazı sapmaları tetiklemiş ve buna karşılık evrim de sürekli olarak yeni ortak yaşamsal ilişki biçimlerini oluşturmuş durumda.

Belki de en ilkel ‘eşleşmeler’, karmaşık ökaryotik hücrelerin oluşumuna itki verenleri olmuştu. Ökaryotlar besinlerden ya da güneş ışığından enerji açığa çıkarmak için mitokondri ya da kloroplast gibi özelleşmiş organeller kullanırlar. Bu organeller bir zamanlar, ökaryotların ortak yaşam adına sıkı sıkıya sarılıp içlerine aldıkları, daha basit yapıdaki prokaryotik hücrelerdi. Ama onlar olmaksızın, yaşamın karmaşıklığı artmaz ve çok hücreli hayvanlar ve bitkiler gelişemezdi. Ökaryotlar, kendi başlarına gerçekleştiremeyecekleri iki temel süreci; solunum ve fotosentezi, ortak yaşam yoluyla prokaryotlardan almış oldular.

Ortak yaşam, evrim boyunca bir istisna değil de kural olduğunu rahatlıkla söylemeye elverecek bir sıklıkla ortaya çıktı. Okyanusların

derinliklerinde yaşayan şeytanbalıklarının ağızlarından sarkan uzantılar da, “biyoluminesent” (biyolojik süreçler sonucu ışık yayan) bakteriler bulunur. Işığa doğru çekilen daha küçük balıklarsa bu şekilde şeytanbalığı için kolay lokma haline gelirler. Besin bakımından oldukça zayıf olan tropik suların, yaşamı bu ölçüde destekleyebilmelerinin nedenlerinden biriyse, okyanus yüzeylerindeki mercan poliplerinin fotosentetik deniz yosunları için yaşam ortamı sağlamaları ve inorganik atık ürünlerini değiştokuş ederek organik karbon



bileşikleri elde etmeleridir. Deniz yosunları ayrıca morötesi ışığı içine çeken ve böylece mercanları koruyan özel bir kimyasal salgılar.

Bitki türlerinin %90’dan fazlasının, ortak yaşam çiftleri içinde yer aldıkları düşünülmüyor. Tozdan daha küçük olan ve neredeyse hiç besin içermeyen orkide tohumları filiz vermek ve büyümek için, tohuma hastalık bulaştıran bir tür mantarı sindirirler. Polenler yoluyla döllenme ve tohum verme düzenine uyum sağlamış kuş, böcek ve başka hayvanlar, ortak yaşamın en önemli örneklerinden birini oluştururlar. Bunlar olmaksızın, biz de çiçeklenen bitki türlerinden çoğuna sahip olmayacaktık.

Timsahların dişlerinden sülükleri toplayan yağmur kuşları, sundukları bu ağız hijyeni hizmeti karşılığında besin elde etmiş olurlar. Bazı karınca türleri de parçaladıkları yaprakları, yeraltındaki odacıklarda ‘yetiştirdikleri’ mantarlar için gübre olarak kullanır. Karıncalar yaprakları sindiremeseler de, onlar üzerinden beslenen mantarların yaprak içindeki zehirli parçaları açığa çıkardıkları şekerler ve nişastadan oluşan lezzetli yemeği rahatlıkla yiyebilirler. Tüm bunların ötesinde; sindirim yolunda yaşayıp oradaki besinleri sindirerek vitamin üreten bakterilerin de hakkını vermek gerek. Biz insanlar da dahil olmak üzere, onlarsız hayatta kalabilecek tek bir hayvan yok.

Kaynak: “Life’s top 10 greatest inventions”, New Scientist, 9 Nisan 2005.

Çeviri: Aşenur Topçuoğlu Akman