



ERKEK ÖLDÜREN BAKTERİLER

Son yıllarda parazitlerin, hatta onların neden oldukları hastalıkların evrimi üzerine yapılan çalışmalar, bilimadamlarını cinsiyetle ilgili araştırmalara yönlendiriyor. Bu araştırmalar sonucunda varılan en ilginç bulgulardan biri, bakterilerin, cinsiyet tayini ve üreme davranışları üzerine etkileri. Bakterilerin istilası dişilerin yaşamını destekler gibi görünüyor.

Haberler hızla yayılıyor: Dişilerin döllenmemiş yumurtaları, sağlıklı yeni dişi bebekler meydana getiriyor. Başka bir haber: Yeni doğan erkek bebeklerin bir kısmı dişiye dönüşüyor. Erkek öldüren bakterilerin istilası yayılıyor. Yoksa bu, erkek milletinin sonumu? Bunlar gibi atılan pek çok başlık şaşkınlığımızı artırıyor. Neyse ki, bu haberler henüz insanları kapsar nitelikte değil. Ancak, yapılan bu araştır-

maların henüz elde edilmiş sonuçlarını görüp de endişelenmemek elde değil! Böcekler, örümcekler, kabuklular ve yabancuları gibi daha pek çok omurgasız kapsayan bu haberler, mikroorganizmaların kendi yaşamlarına sınırsız sarılışlarının bu hayvanlar üzerindeki "gizemli" etkilerini gözler önüne seriyor.

Bu mikroorganizmalardan biri *No-sema granulosis*. Bu protozoa, küçük

bir karidesin hücrelerinde yaşayan tek hücreli bir bakteri. Bu bakteriye ev sahipliği yapan dişi karides ürettiğinde, bakteri yumurta sitoplazmalarına bu- laşarak bu yolla yavrularına geçiyor. Eğer bu protozoanın ev sahibi bir erkek bireyse, sperm hücresi aracılığıyla yavrulara geçiş yapması mümkün olmuyor; çünkü sperm hücresi protozoanın barınması için yeteri kadar sitoplazma içermiyor. Yani, *N. granulosis*

yalnızca dişiler aracılığıyla bir sonraki nesile bulaşabiliyor.

Peki, protozoa erkek yavru bireye bulaşırsa ne olur? Çıkmaz yol gibi görünse de, aslında birkaç seçenek var önünde. Protozoa, karidesin "cinsiyet tayini" mekanizmasında yaptığı "ufak" bir değişiklik, durumu kendi lehine çevirmeyi başarabiliyor: Erkek birey dişiyeye dönüşüyor. Ancak, henüz bu mikroskopik canlının bu "sihri" nasıl gerçekleştirdiği çözülebilmemiş değil! Eğer bu protozoaların konak popülasyonundaki sayısı çok fazla artarsa, bu, karidesler için oldukça hazin bir son anlamına gelebilirdi. Ne var ki, protozoalar ane karidesin yavrularının tümüne değil; yalnızca yarısına bulaşıyorlar. Bu sayede, her iki tür de yaşamını sürdürebiliyor.

Konak canlının cinsiyetini değiştirebilen parazitlere, "üreme (reproductive) parazitleri" deniyor. Bu beceriye sahip parazitlerin sayısı oldukça fazla. Bunların bir kısmı, erkeği dişiyeye dönüştürürken, kimisi de erkekleri öldürerek yalnızca dişiyelerin yaşamasına izin veriyorlar. Örneğin *Amylopsora californica*, bulaştığı dişiyelerin yumurtalarıyla yayılıyor, ancak erkek yavruların yaşamasına izin vermiyor. Bu durumda da, protozoaların bir kısmı yaşam döngüsünde yerini korumayı başarıyor: Erkek bireydeki protozoalar, özel sporlar içinde gelişiyor. Bunlar, bir sonraki nesile geçiş yapmasalar da, kabukluların bir alt sınıfı olan kopepotlara (kürek ayaklılar) geçebiliyorlar. Sivrisinek larvaları kopepotların menüsünde yer alıyor. Dişiyelerin kopepot, sivrisineğin larvasını yediğinde, larvadaki sporlar da beraberinde kopepoda geçiyor. Kendine yeni bir "yuva" bulan protozoalar, kopepotun yumurtalarını "protozoa fabrikası" haline getiriyorlar; burada, sivrisinek larvalarına bulaşabilen yeni sporlar üretiyorlar. Sivrisinek larvaları, suyu süzerek beslenirken, sudaki sporları da alıyorlar ve böylece döngü tamamlanmış oluyor. Bu parazit, yaşamını sürdürmek için her iki cinsiyeti de en iyi şekilde kullanmakta oldukça başarılı görünü-



Yandaki, bir tür karides (*Gammarus duebeni*). Alttakiyse, bu karidesin yumurta hücreleriyle bir sonraki nesle geçen protozoa (*Nosema granulosis*). Bu protozoa, erkek konağını dişiyeye dönüştürebiliyor.



yor: Yumurta yoluyla bir sonraki nesle geçişi dişiyeye, yeni bir konağa geçiyse erkek bireyle sağlıyor. "Beyinsiz" bir organizma için oldukça zekice!

"Erkek öldüren" öteki mikroorganizmalar da konak olarak sirkesineği, yabanarısı, kelebek ve arıları kullanıyorlar. Mikroorganizmaların, bu konaklar aracılığıyla bir sonraki nesle geçmelerinin tek yoluysa, yine dişiyelerin yumurtaları. Ancak, cinsiyet değiştirme ya da başka bir konağa geçiş operasyonları, bu böceklerde başarılı olmuyor. Yani, bu böcekleri "konak" olarak kullanan ve kendini erkek bireyin vücudunda bulan parazitler için pek de fazla bir seçenek yok. Erkek konağı öldürmek, onun vücudunda bulunan parazitler için bireysel bir çıkar sağlamıyor. Peki öyleyse, neden kendi yaşamlarını da sonlandırmak pahasına erkek bireyin ölmesine neden oluyorlar?

Bazı durumlarda erkeğin ölümü, dişiyelerin yaşam şansını artırıyor. Dişiyelerin yavru, hem besin kaynaklarını paylaştığı rakipten kurtuluyor, hem de ölen kardeşiyle menüsünü zenginleştiriyor. İlk bakışta bu bir yarar gibi görünmese de, aslında parazit ailesinin yararına oluyor. Çünkü, erkek kardeşteki parazitler ölse de, dişilerdeki parazitlerin yaşam şansları artıyor. Böylece, parazitler konak popülasyonunda daha çok yayılabiliyorlar.

"Erkek öldüren" bakteriler yaygınlaşarak, konaklarının çiftleşme öncesi kur yöntemlerini değiştirebiliyorlar. Bununla ilgili bir çalışma yapan Cambridge Üniversitesi'nden Biyolog Francis M. Jiggins, bazı Afrika keleklerinde oldukça ilginç bir değişim saptamış. Afrika keleklerinden bir aile olan *Acraea*'larda dişiler oldukça yoğun miktarda bu mikroorganizmalardan barındırdığı için, erkek birey

Fotoğraftaki sivrisinek türünün (*Culex pipiens*) erkeğine *Wolbachia* bakterileri bulaştığında, spermeleri konak dişinin yumurta hücreleriyle uyumsuzluk gösteriyor.



sayısı hayli azalmış. Bu durum, popülasyonun çiftleşme öncesi kur davranışlarında büyük değişikliklere yol açmış. Normalde bu kelebeklerin erkek bireyleri, popülasyonun beslendiği bitkilerde toplanıyor. Çiftleşme, dişi kelebek yumurtalarını bırakmak için oraya ulaştığında gerçekleşiyor. Ancak, bazı türlerde erkek öldüren bakterilerin yoğunluğu nedeniyle, durum bundan epeyce farklı. Bu türlerde, dişiler, "kur" bölgesine gidip az sayıda kalan erkek bireyleri kendilerine çekmeye çalışıyorlar. Erkekler pek çok kez çiftleşse de, yeterince sperm olmadığı için dişilerin çoğu çiftleşmiyor. Doğada, "kur" bölgesinde erkekler toplanarak dişiyi etkilemek için uğraşırken (Ne İster Bu Dişiler, Bilim ve Teknik Dergisi, 416. sayı), bu kelebeklerde bu kez dişiler "şanslı" birey olmayı bekliyorlar. "Erkek öldüren" bakterilerin baskısıyla, *Acraea* kelebeklerinin kur davranışları yeniden evrimleşmiş.

Wolbachia Sahnede

Bir başka karşı konulmaz üreme parazitiyse *Wolbachia* cinsi. Bunlar da yine yumurta sitoplazması aracılığıyla bir sonraki nesle geçiş yapıyorlar. Bu parazitlere ev sahipliği yapanlarsa böcekler, karıncalar, örümcekler, kabuklular ve yuvarlak kurtçuklar. Şu ana kadar böcek türlerinin %20'sinin bu bakterilere ev sahipliği yaptığı saptanmış, üstelik bu sayının %70'e kadar çıkması bekleniyor. Yani *Wolbachia*, yeryüzünde en geniş yayılım gösteren bakteri cinsi. Yapılan DNA analizleri, bu bakteri cinsinin en az 50 milyon yıldır böcekler üzerinde ve 100 milyon yıldır da omurgasızlar üzerinde yaşadığını gösteriyor. *Wolbachia*, 10 yıl önce yalnızca küçük bir grup bakteri olarak görülürken, şu anda biyologların gözdesi haline geldi. Bu geniş dağılımı, *Wolbachia*'yı gizemli kılan şeylerden biri: Nasıl olur da bir bakteri cinsi bu kadar çeşitli konak canlıya sahip olabilir?

Omurgasızların üreme ve hücre biyolojileriyle oynamakta, bu bakterilerin üzerine yok. Tıpkı öteki üreme bakterileri gibi, bunların da bir kısmı bulaştıkları erkek bireyi öldürürken, bir kısmı da dişiye dönüştürüyor. Kimiyse, konaklarının kendi başına üreme becerisini tetikleyebilir; yani, yu-

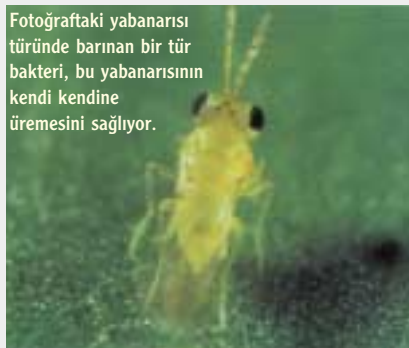


Küçük bir yabancı tür olan *Trichogramma kaykai*, yumurtalarını kelebek yumurtasında saklıyor. Yumurtalıklarında barındırdığı *Wolbachia*, bu yabancı türün sperme gerek duymadan kendi kendine üremesini sağlıyor.

murtalar döllenenmeden dişi birey oluşturuyor (parthenogenesis). Bu özellik, başta yabancıları olmak üzere 30'dan fazla böcek türünde görülüyor. Bakteriler, bu işi bazı temel hücre işlemlerini değiştirerek yapıyorlar. Yumurta hücresindeki bir set kromozomu eşliyorlar (duplicate). Böylece döllenenmiş yumurta, dişi olarak gelişiyor.

Bu böceklerdeki bakteriler, tetrasilin gibi antibiyotiklerle öldürülebilir. Bu durumda, bakterilerden arındırılmış böcek, genellikle eşeyli üremeye dönüş yapıyor. Ancak, böcek bazen antibiyotik tedavisi sonrası bu becerisini kaybedebiliyor. Örneğin, bir tür yabancıları olan *Encarsia formosa*, tedavi sonrasında yine erkek yavru üretimine devam edebilir; ancak, bu erkek bireyler çiftleşme için gerekli genlerini kaybediyorlar. Bazılarında, dişiler artık çiftleşemezken, bazılarında da erkekler sperm üretmiyorlar. Yeterince uzun zaman bu bakterilerin baskısı altında kalırlarsa, eşey karakterini oluşturan genlerde değişiklikler (mutasyon) oluşuyor ve bu eşeyli üremeye dönüşü engelliyor. Bu böcekler üreyebilmek için, hücrelerinde yaşayan üreme bakterilerine bağımlı hale geliyorlar.

Ancak, *Wolbachia* cinsinin üyelerinin bazılarının konak üzerinde en ilginç etkisi, sperm ve yumurtalarda



Fotoğraftaki yabancı türünde barınan bir tür bakteri, bu yabancı türün kendi kendine üremesini sağlıyor.

uyuşmazlığa neden olmak. John H. Werren'in Natural History'de yayımlanan araştırmasında bu özelliğin, böcek türlerinin birbirinden ayrılmasında mikroorganizmaların etkisinin bir göstergesi olabileceğini söylüyor. Aslında bu bakterilerin yumurta hücrelerindeki sitoplazmadaki varlığı uzun zamandır biliniyor. Ancak, işlevi ve etkileri yeni yeni anlaşılmaya başlıyor.

Her ne kadar gizemini elden bırakmasa da, mekanizma kabaca şöyle: *Wolbachia* cinsinden bir tür bulaşmış dişinin yumurtaları, farklı bir tür bulaşmış olan spermle uyumsuzluk gösteriyor. Erkeğin testislerindeki bakteri, gelişen sperm, muhtemelen sperm DNA'sına bağlanan proteinleri değiştirerek biyokimyasal olarak 'şifre'lendiriyor. Bu durumda, spermle uyumlu olması için yumurta hücresinde de aynı bakteri türünün olması gerekiyor. Yoksa, spermden gelen kromozomlar döllenen yumurtada işlevini yerine getiremez ve bunun sonucunda embriyo ölür.

"Şifrelendirme" mekanizmalarının çeşitliliği, bu bakterilerin yeni böcek türlerinin evrimleşmesinde önemli bir rol oynayabileceği olasılığını destekler gibisinden. Aynı türün farklı popülasyonları ya da birbiriyle çok yakın türler, farklı *Wolbachia* türleriyle istila edildilerse, bu durum bakterilerin gen havuzlarının karışmasını engelleyebilir. Buna verilebilecek en güzel örnek yine bir tür yabancıları. Farklı *Wolbachia* türleri tarafından istila edilmiş birbiriyle çok yakın yabancıları türleri, bakterilerin farklı etkinlikleri yüzünden artık çiftleşmiyor ve melez türler meydana getiremiyorlar. Yani, bu iki yakın tür arasındaki engel ne bir nehir, ne yüksek bir dağ, yalnızca mikrobiyal enfeksiyon.

Mitokondriyle Akraba

Hemen hemen tüm çekirdekli hücrelerin sitoplazmasında gelişen mitokondri, kendi DNA'sı olan özelleşmiş bir organel. Hücrenin güç istasyonu; yani hücre için gerekli enerjiyi üretiyor. *Wolbachia* ya da mikrop alemine ait olan üreme parazitlerinin yanında, mitokondri de sahnedeki yerini alıyor; çünkü, mitokondrinin çekirdekli hücrelerin evrimi sırasında ortak yaşamlı (simbiyotik) bakterilerden evrimleştiğini gösteren güçlü kanıtlar var. Dahası, biyologlar, DNA'larındaki benzerlikten dolayı mitokondri ve *Wolbachia*'nın uzak akrabalar olabileceğini düşünüyorlar.



Fotoğraftaki kene (*Brevipalpus phoenicis*), barındırdığı bakteri sayesinde kendi kendine üreme becerisine sahip.

Tıpkı *Wolbachia* gibi, mitokondri de sitoplazma aracılığıyla babadan değil anneden geçiyor. Ve tıpkı *Wolbachia* gibi, cinsiyet oranını dişilerden yana değiştiren mitokondri de doğal seçimle seçilebiliyor. Biyologlar, mısır ve çavdar gibi pek çok bitkide mitokondriden kaynaklı değişikliklerin erkek organının, yani polen üreten başcıkların olgunlaşmasına engel olduğunu gösterdiler. Bu etki sitoplazmadan kaynaklı erkek verimsizliği olarak biliniyor ve mitokondrinin geçişini sağlayan tohumların üretimini artmasına neden oluyor. Bunca benzerlik yanında, öteki organizmaların hücrelerinde yaşama ve hatta onların yumurtalarında kalıtsal olabilme özelliklerine sahipken, neden *Wolbachia* da mitokondri gibi bir organel olarak evrimleşmedi? Werren'a göre, belki de bakteriyologlar örneğin 50 milyon yıl gibi bir zaman dilimini ele alsalar, *Wolbachia*'nın da bazı omurgasız grupları tarafından evcilleştirilerek bir çeşit hücre organeline evrimleştiklerini görecektir. Bu organelin ne işlevi olacağı da aslında oldukça açık!

"Erkek öldüren" bakteriler üzerine yapılan çalışmalar henüz yeni yeni yayımlanmaya başladı. Ancak görünen o



Acraea keleklerinde yaşayan *Wolbachia*'lar, erkek bireyleri öldürüyorlar. Bu bakteriler, *Acraea*'ların kur davranışlarının yeniden evrimleşmesine yol açmış.

ki, çoğu omurgasız, bu bakteriler için ev sahipliği yapıyor. Biyologlar, omurgalı hayvanlardan da bu bakterilere ev sahipliği yapanların olabileceği görüşündeler, ancak bu konuda henüz bir sonuca varılabilmemiş değil. En azından insanların kaygılanmasına gerek olmadığından emin görünüyorlar; zira böyle bir durum söz konusu olsaydı, şimdiye kadar çoktan ortaya çıkmış olurdu. Ancak bu bakterilerin insan sağlığı üzerinde de oldukça önemli bir etkisi var: "Nehir körlüğü". Tropik ülkelerde, körlüğe neden olan yuvarlak kurtçuklar, insanlara da yumurtalarını bırakabiliyorlar ve orada üreyebiliyorlar. Bu da, körlüğe neden oluyor. Ancak, yapılan çalışmalar bu kurtçuğun suç ortaklarının da olduğunu ortaya çıkardı. Körlüğün nedeni, bu kurtçuk değil, kurtçuğun barındırdığı *Wolbachia*. Gözde bulunan moleküler bir reseptör özellikle bu bakteriye karşı duyarlı. Bu reseptör uyarıldığında gözde ters bir tepkiye yol açıyor. Bu da katarakt benzeri bir körlüğe neden oluyor. Aslında bu gelişme insanlar için biraz umut verici oldu. Bakterileri, antibiyotik yardımıyla öldürmek mümkün olduğuna göre, bu kurtçuklara yapılacak olan antibiyotik tedavisi sorunu çözecek gibi görünüyor. Ancak, bakterilerin antibiyotiklere karşı geliştirdikleri direnci de göz ardı etmemek gerek!

Banu Binbaşaran Tüysüzöğlü

Kaynaklar:

Werren, J., H., Invasion of the Gender Benders, Natural History, 02/03

Clarke, T., Bacteria cause river blindness, Nature, 8 March 2002
Hurst, G., D., Jiggins, F., M., Male-Killing Bacteria in Insects, University College London, United Kingdom, Vol.6, No.4, July-August 2000

Wade, M., J., Infectious speciation, Nature, 4009, 675-67

Nehir Körlüğüne Suç Ortağı

Nehir körlüğü (Onchocerciasis), Afrika, Aristan yarımadası ve Güney Amerika'da 18 milyon insanı etkileyen tropik bir hastalık. Hastalığa bu adın verilmesinin nedeni, taşıyıcısı olarak bilinen karasineğin verimli nehir kenarlarında bolca bulunması. Bu hastalığa, karasinek tarafından deri altına bırakılan ve orada milyonlarca yavru üreten bir kurtçuk (*Nematoda*) neden oluyor. Deri altında ürettiği yavruları, yalnızca bırakıldıkları yerde kalmıyor, buradan tüm bedene yayılıyor. Ancak, hastalığa neden olan bu kurtçuğun bir de suç ortağı var: *Wolbachia*. Bu bakteri, vücudunun iltihabik (inflammation) tepkisini harekete geçirerek körlük ya da ciddi deri bozulmaları gibi rahatsızlıklara neden oluyor. Eğer bu iltihap gözde oluşursa, saydam korneayı dumanlandırıyor ve katarakt benzeri bir körlüğe neden oluyor. Yani, aslında kurtçuklar değil, onların taşıdıkları mikroplar bağışıklık sisteminin kafasını karıştırıyor.

Elde edilen bu bulgular, hastalığın önlenmesi yolundaki kapıların açılmasına neden oldu. *Wolbachia*'ya ev sahipliği yapan bu solucan, üremek için yine *Wolbachia*'ya bağımlı. *Wolbachia*'yı öldürmek için kullanılan antibiyotikler de solucanın kısırlaşmasına neden oluyor. Bilimadamları, *Wolbachia*'nın bağışıklık sistemiyle olan ilişkisinin, bu hastalığa karşı bir aşı ya da

yatıştırıcı ilaç üretimini tetikleyebileceğini söylüyorlar. Bu, elde edilebilecek en iyi tedavi yöntemi olarak görülüyor.

Ancak, buna alternatif olarak düşünülen başka tedavi yöntemleri de var. Şu anda, bazı kimyasallar kullanılarak bu kurtçuğun üremesi engelleniyor ve bu kurtçuğu deri altına taşıyan karasinekler haşarat ilaçlarıyla öldürülüyor. Bu sayede hastalığın yayılması oldukça başarılı bir şekilde engelleniyor. Buna alternatif olarak kullanılması düşünülen başka bir tedavi yöntemi ise antibiyotikler. Bu konudaki denemeler başladı bile, ancak yaygın olarak antibiyotik kullanımının, ilaçlara kısa zamanda direnç mekanizması geliştirebilen bakterilere karşı ne kadar etkili olabileceği konusunda şüpheler sürüyor.

