



UZUN YAŞAMANIN SIRLARI

Aslı Zülâl

İnsanlar, yüzyıllar boyunca olduğu gibi bugün de uzun yaşamanın, genç kalmanın sırlarını arıyorlar. Yaşlanmanın farklı yönlerini açıklamak üzere farklı kuramlar öne sürülüyor. Örneğin, bir kurama göre insanlar, 200 milyon soluk alıp verme, 1 milyar kalp atışı, 300 milyon mide kasılması ve 20 milyar göz kırpması kadar yaşarlar...

Bütün canlılar doğar, büyür, yaşlanır ve ölür. Peki ama, neden yaşıyoruz? Neden daha uzun süre genç kalıp daha uzun süre yaşamıyoruz? Neden bazı insanlar başkalarına göre çok daha çabuk yaşıyorlar? İnsanlar, çağlar boyunca bu soruların yanıtını aramışlar. Bugünse, yaşlanmanın araştırılmasında heyecan verici bir noktadayız. Tarihte ilk kez insanlar, yaşlanma adı verilen bulmacanın parçalarını birleştirmede önemli yol katettiler.

Yaşlanma, bir hücrede, bir organda ya da organizmanın tamamında gerçekleşebilir. Yetişkin canlılarda yaşam boyu süren bir süreçtir ve pek çok farklı yönü vardır. Bu nedenle olsa gerek,

yaşlanma konusunda, herbiri yaşlanmanın belli yönlerini açıklamaya çalışan pek çok kuram bulunuyor. Yaşlanma sürecini araştıran bilim dalı olan gerontolojinin çalışma alanı çok geniş. Örneğin, yaşlanma sürecinin işleyişini canlıların kalıtsal özellikleriyle açıklamaya çalışan kuramlara göre, tıpkı göz rengimiz ya da boyumuzun uzunluğu gibi, hücrelerin ya da canlıların yaşam süresi de kalıtsal olarak programlanmıştır. Bedenimizin işleyişini sağlayan enzimler ve hormonların üretilmesi gibi işlevlerle ilgili bütün bilgiler genlerimizde saklıdır; her canlıdaki belli genler, yaşam süresini belirleyen bilgileri de taşır.

Genlerin yaşlanmayla ilişkisini vurgulayan bir başka varsayıma göreyse, hücrelerimizin ölümü, proteinlerin kodlanması sırasında gerçekleşen hataların üst üste birikerek hücrenin işleyişini olanaksız hale getirmesine bağlıdır. DNA kopyalaması sırasında hücreler sık sık mutasyona uğrar. Bu mutasyonların bir bölümü doğaldır; bir bölümüyse, morötesi ışınım, zehirli maddeler gibi dış etkenler yüzünden olur. Bu tür hasarların çoğu, zarar görmüş bölümleri yok eden ve yerine yenisini koyan enzimlerce onarılır. Ancak, bu onarım da her zaman tam başarıyla gerçekleşmez. Araştırmacılar, yaşlanmaya bağlı olarak hücrelerin onarım işlerin-

de de azalma olduğunu gözlemişler. İşte, yaşlılık ve ölüm, yaş ilerledikçe hücrelerin işleyişinde gerçekleşen hataların artarak birikmesi ve günün birinde hücrenin işleyemez hale gelmesiyle ilgili olabilir. Bazı araştırmacılar buna dayanarak, DNA onarımının anlaşılmasının, hem yaşlanma sürecine, hem de çeşitli hastalıkların tedavisine ışık tutacağını düşünüyorlar. Örneğin, Cockayne Sendromu olarak bilinen hastalıkta, kişide genç yaşta yaşlanma belirtileri görülmeye başlar. Araştırmalarda, bu hastalığı taşıyan insanlarda, DNA onarımının hiç gerçekleşmediği ya da ender olarak gerçekleştiği görülmüş. DNA onarımı üzerinde çalışan başka araştırmacılar da, hücrelerin etkin durumdaki genleri ve DNA sarmalının kopyalanan bölümündeki hataları, başka bölgelerdeki hatalara göre çok daha hızlı onardıklarını gözlemişler.

Hücrelerde hasara yol açan bir başka doğal olay da, besinlerin yakılması sırasında ortaya çıkan kimyasallar olan "serbest radikaller"in etkinlikleri. Serbest radikaller, genellikle oksijen içeren, tek başına gezen, negatif yüklü moleküllerdir. Hücre içinde proteinlere, lipidlere ve DNA'ya saldırıp buralardan elektrik yüklerini dengeleyecek moleküller çalarak hücrelere zarar verirler. Hücreler, serbest radikallerin etkinliklerinden korunmak için antioksidan adı verilen enzimler üretirler. Bu enzimler, serbest radikalleri oksijen ve su gibi hücreye zararsız moleküllere dönüştürür. Yaşlanmanın serbest radikallerle ilgili varsayımına göre, yaşlandıkça bedenimizin serbest radikallerle baş etme yetisinde azalma olur. Yaşlanmayla ilgili bedensel değişikliklerin hemen hepsinden serbest radikallerin hücrelerde yol açtığı hasar sorumludur. Yine bu görüşe göre, hücrelerdeki antioksidan maddelerin sayısını artırmak, canlılığın yaşam süresinin uzamasını sağlar.

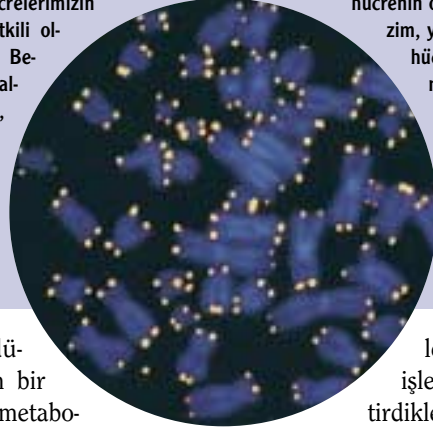
Hızlı Yaşa Genç Öl

Doğaya baktığımızda, bütün canlıların yaşam sürelerinin birbirinden farklı olduğunu görürüz. Peki ama, örneğin neden kunduzlar 35 yıl yaşarken geyikler 2-3 yıllık bir ömür sürer? Ya da, şempanzeler 40-45 yıl yaşarken geyiklerin neden 20 yıl kadar yaşadığını hiç

Telomerler ve Telomeraz Enzimi

Telomerler, hücre bölünmesi sırasında DNA'nın uçlarındaki kalıtsal malzemelerin yıpranmasını önleyen, kromozomların uçlarındaki bölgelere verilen ad. Araştırmacılar, telomerlerin beden hücrelerimizin ömrünü belirlemede etkili olduğunu düşünüyorlar. Beden hücrelerimiz çoğalmak için bölündükçe, telomerlerinin boyu her bölünmede biraz kısalıyor. Telomerler hücrenin kalıtsal malzemesini koruyamayacak kadar kısal-

dığında, hücre yaşlanmaya başlıyor. Telomeraz, 1997 yılında keşfedilen ve telomer üretmeye yarayan bir enzim. Bağları gevşeyen telomerleri yeniden sağlamlaştırarak hücrenin ömrünü uzatıyor. Bu enzim, yalnızca ölümsüz kanser hücrelerinde, sperm ve yumurta hücrelerinde etkin durumda. Araştırmacılara göre, beden hücrelerimizin de telomeraz üretmesini sağlamak, insan ömrünün uzamasını sağlayabilir.



düşünmüş müydünüz? Yüz yılı aşkın bir süredir, genellikle metabolizma hızı yüksek olan canlıların, metabolizma hızı düşük olan canlılara göre daha az yaşadığı görüşü kabul ediliyor. Örneğin, fareler gibi metabolizma hızı yüksek canlılar kısa yaşarken, kaplumbağalar gibi metabolizma hızı düşük canlılar daha uzun bir ömür sürüyor. Bu kuram, ilk kez Alman fizyolog Max Rubner tarafından ortaya atılmış. At, inek, kedi ve kobby fare gibi hayvanların metabolizmalarının hızı, bedenlerinin büyüklüğü, ve yaşam süresi arasındaki ilişkiyi değerlendiren Rubner, bütün canlıların belli bir miktar enerjiyle dünyaya geldiğini ve bu enerji miktarını harcadığında da ölümün kaçınılmaz olduğunu öne sürmüştü. Rubner, denek hayvanlarının metabolizma hızlarını ve yaşadıkları maksimum zamanı kullanarak, yaşamları boyunca tüketecekleri toplam enerji miktarını hesaplamış. Daha sonra bu sayıyı onların kütlelerine bölerek, farklı türlerden hayvanların bedenlerindeki belli bir miktar dokunun, ortalama olarak ne kadar enerjiye gereksinim duyduğunu bulmuş. Sonuç olarak, farklı türlerden de olsalar, hayvanlarda bu sayıların birbirine çok yakın olduğunu görmüş. Örneğin, kobby farelerin bir gramlık dokusu yaşam boyunca 260 kaloriye gereksinim duyarken, aynı sayı atlarda 280 kalori. Rubner'in varsayımına göre, doğumla birlikte yaşam saatimiz de çalışmaya başlıyor. Buna göre, yaşam boyunca tüketilecek toplam enerji miktarı, kalp atışlarımızın sayısı, uyku döngüsü ya da soluk alıp verme sayısı gibi, bedenin çeşitli işlevleriy-

le de bağıntılıdır. Bu işlevleri nasıl yerine getirdiklerine bakarak da canlıların yaşam süreleri konusunda fikir edinebiliriz. Örneğin insanlar, 200 milyon soluk alıp verme, 300 milyon mide kasılması, 1 milyar kalp atışı ve 20 milyar göz kırpması kadar yaşarlar. Günlük yaşantımızda bu fiziksel olayların hızlanmasına yol açan deneyimler, örneğin heyecanlanmak, stres, ağır yemekler, uyku düzenimizin bozulması, aşırı bedensel egzersiz yapmak, ömrümüzün kısalmasına neden olur. Bunları dikkate alarak yaşantımızı enerji tasarrufu yapacak biçimde düzenleyebiliriz; uzun bir ömür sürme şansını yakalayabiliriz. Eğer yaşam boyunca enerji tasarrufu yapıp enerjimizi yavaş yavaş tüketirsek, yaşlanmayı da o oranda yavaşlatabiliriz. Enerjimizi hızlı tükettiğimizdeyse, daha hızlı yaşlanırsak.

Yaşam hızı varsayımına göre, canlıların metabolizma hızı, serbest radikaller gibi zararlı maddelerin ne kadar hızlı artacağını ve yaşlanmanın ne kadar hızlı olacağını da belirler. Örneğin, araştırmacılar, normalden daha soğuk yaşam koşullarında sirke sineklerinin metabolizmasının, yani besinleri yakma hızının yavaşladığını ve ömürlerinin uzadığını görmüşler. (Elbette bu yöntem memeliler gibi sıcak kanlı hayvanlarda bir işe yaramaz; çünkü memeliler, soğuk ortamlarda vücut sıcaklıklarını koruyabilmek için metabolizma hızlarını artırır.)

Araştırmacıların laboratuvar hayvanlarının ömürlerini uzatmak için kullandıkları bir başka yöntemse, kalori kısıtlaması. Fareler, sirke sineği ve maymunlar üzerinde yapılan çeşitli araştır-

malardan, bu hayvanların aldıkları kalori miktarı kısıtlandığında, ömürlerinin uzadığını biliyoruz. Araştırmacılar, bu yöntemi ilk kez fareler üzerinde denediklerinde, farelerin ömrünün, daha az kaloriyle yaşamak için metabolizma hızlarını düşürmeleri nedeniyle uzadığı sonucuna varmışlar. Ancak daha sonra, 1985 yılında Texas Üniversitesi'nden bir grup araştırmacı, kalori kısıtlaması yönteminin farelerin ömrünü uzatmasının metabolizma hızıyla ilişkili olmadığını göstermiş. Bu araştırmacılar, kalori kısıtlamasının başlamasından sonra farelerin metabolizma hızlarının gerçekten de düştüğünü, ancak kısa bir süre sonra tekrar eski düzeyine eriştiğini ortaya çıkarmışlar. Peki ama, o zaman kalori kısıtlaması canlıların ömrünü nasıl uzatıyor dersiniz? Idaho Üniversitesi'nden Steven Austad, kalori kısıtlamasına gidildiğinde yaşam süresinin artmasının nedeninin, hayvanların kıtlık zamanlarında çevreye uyumlarını sağlayan evrimsel bir mekanizmanın devreye girmesinde saklı olduğunu düşünüyor. Canlılar, beslenme olanakları kısıtlı olduğunda, o koşullarda üremek ve yaşama şansı az olan yavrular dünyaya getirmek yerine, enerjilerini bedenlerini tamir etmek ve zinde tutmak için kullanıyorlar.



*Yaşlanma üzerinde çalışan bir evrimsel biyolog olan Austad, çevrenin, canlı topluluklarının yaşam biçimlerini nasıl şekillendirdiğiyle ilgileniyor. Austad, canlıların yaşam sürelerinin nasıl birbirinden bu kadar farklı olduğu sorusunun yanıtını bulmak için canlıların yaşam koşullarına bakılması gerektiğinin söylüyor.

cu ölüm ya da başka bir hayvana yem olma gibi tehlikelerden uzun vadeli korunmaya yarayan özellikler geliştirmiş olması. Yani aslında, yaşlanma adı verilen sürecin ve ölümün zamanlaması, canlıların çevrelerine uyum sağlama mekanizmalarından biri.

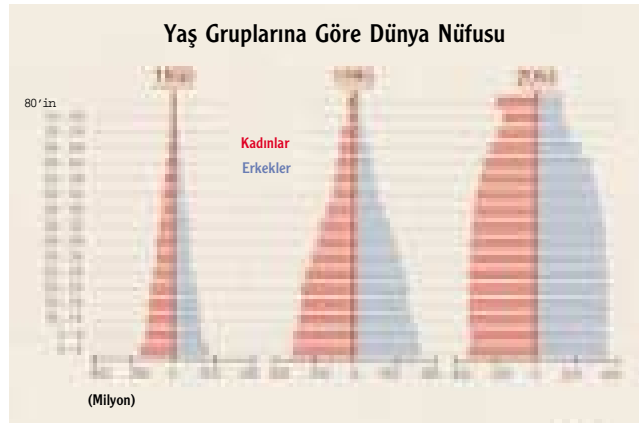
Canlıların yaşam süresinin boylarına ve metabolizmalarının hızlarına göre belirlendiği varsayımına geri dönelim. Yaşlanmanın evrimsel kökenleri üzerinde çalışan araştırmacılara göre, bu varsayımın aslında pek de doğru olmadığını görmek için doğaya bakmak

yeterli. Kuşları ele alalım örneğin. Kuşların metabolizma hızları, kendi boylarındaki memelilerininkine göre çok daha yüksektir; ancak, kendi boylarındaki memelilere göre çok daha uzun yaşarlar. Memeliler arasında bir karşılaştırmaya ne dersiniz? Avustralya'da yaşayan *Gymnobilideus leadbeateri* ve *Petaurus breviceps* adlı iki keseli türüne bakalalım. Bu iki canlıyı dış görünüşlerine bakarak birbirinden ayırmak neredeyse imkansız gibidir. Davranışları birbirlerinininkine çok benzer. Toplumsal yaşamları da öyle. İkisi de ağaç özlere ve örümceklere düşkündür. Peki ama, nasıl oluyor da, *P. breviceps*'ler, akrabaları *G. leadbeateri*'den iki kat daha uzun yaşıyor? (*P. breviceps*'lerin metabolizma hızının daha yüksek olduğunu da belirtelim.) Steven Austad, bu bulmacanın yanıtlarının da evrimde ve ekolojide gizli olduğunu belirtiyor.

Canlıların yaşam sürelerini anlamak için, öncelikle onların yaşam koşullarını göz önüne almak gerekiyor. Üreme, bütün canlıların yaşamında önemli yer tutar. Canlıların, yaşlılık dönemi ve ölüm de dahil olmak üzere bütün yaşamsal işlevleri, üremeye hizmet edecek biçimde şekillenir. Bu görüş ilk kez, günümüzden yarım yüzyıl kadar önce, Nobel ödüllü evrim kuramcısı Peter Medawar tarafından ortaya atılmış. Medawar, bulunduğu çevreye en iyi biçimde uyum sağlamış canlıların bile her zaman bir kaza sonucu ya da kendisiyle beslenen bir başka canlıya yem olup yaşamını yitirme tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu belirtmiş. Dış nedenlere bağlı bu tür ölümlerin görülme sıklığının yüksek olduğu canlı türlerinde, o türün bireylerinin belli bir yaşa kadar yaşama olasılıkları da o oranda düşük oluyor. Bu durum, doğal seçim yoluyla canlıların yaşlanma süreçlerini şekillendiriyor. Dış nedenlere bağlı ölüm olasılığı yüksek olduğunda doğal seçim, üremeyi yaşamlarının daha erken dönemlerinde gerçekleştiren bireylerin genlerini tercih ediyor. Olabildiğince erken üreyip kaynakları yavrularına geçiren bireyler seçiliyor, ötekiler eleniyor. Çünkü, geç üre-

Yaşlanmaya Evrimsel Bakış

Steven Austad'ın da içinde bulunduğu ve sayıları gittikçe artan bir grup araştırmacı, yaşlanma sürecini anlamak ve canlı türleri arasında yaşam süresi bakımından neden bu kadar çok farklılık görüldüğünü bulmak için, ekolojiden (çevrebilim) ve evrimden dersler alınması gerektiğini düşünüyorlar. Onlara göre, uygun koşullar sağlanırsa canlıların evrim sürecinde, örneğin, hücrelerdeki hasarın yaşlılıkta da etkin bir biçimde onarılmaya devam edilmesi ya da daha etkin bir bağışıklık sistemi oluşturulması gibi, uzun bir yaşam sürmeye yarayan özellikler gelişebilir. Bunun ön koşuluysa, o canlının kaza sonu-



Geçtiğimiz yüzyılda, insanların yaşam beklentisi geçmişe göre büyük oranda arttı. Örneğin, 1900 yılından bu yana ABD'de doğan bir bebeğin yaşam beklentisi % 62 oranında artarak, 47 yıldan 76 yıla çıktı. Bu süre, kalori kısıtlaması ya da başka yöntemlerle laboratuvar hayvanlarının yaşamlarında görülen artıştan çok daha fazla. İnsanların yaşam beklentisindeki bu artışın nedeniyse, genlerimizde herhangi bir değişikliğin olması değil elbette. Yaşam beklentisindeki artış, büyük oranda insan topluluklarının temiz su, yeterli beslenme, sağlık yardımları gibi kolaylıklara erişme olanaklarının artmasıyla açıklanıyor. Öte yandan, Dünya üzerindeki bütün insanlar bu olanaklardan eşit oranlarda yararlanamıyor. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, örneğin günümüz koşullarında Sierra Leone'de doğan bir bebeğin 40. doğum gününü görme olasılığı çok düşük. Afrika'da ve Rusya gibi ülkelerdeyse, AIDS'ten ekonomik güçlüklere kadar pek çok nedene bağlı olarak, insanların yaşam beklentisinde düşüşler gözleniyor.

yen ve enerjisini kendi bedeninin bakımına yönlendiren bireylerin, henüz üreyemeden avcılara yem olma olasılığı da yüksektir. Yani, dış nedenlere bağlı ölüm olasılığının yüksek olduğunda, hayvanlar enerjilerini uzun vadeli korumaya sağlayan, verimliliği yüksek bir bağışıklık sistemine, sözgelimi serbest radikallerin yıkıcı etkisine karşı koymaya yarayan etkin mekanizmalar geliştirmeye yönlendirmek-tense, soyun devamı ve çevreye uyum açısından daha yararlı bir strateji geliştirmiş oluyorlar.

Austad, uygun çevre koşullarında doğal seçilimin, serbest radikallerin etkinlikleri gibi olumsuz etkilerle baş etmeye yarayacak mekanizmaları tasarlayabileceğini belirtiyor. Başka bir deyişle, canlı türleri arasında yaşam süresi açısından görülen farklılıklar, hücrelerin gördüğü zararların birikerek normal işleyişin olanaksızlaşmasından değil, hücre onarma mekanizmalarına verilen önemden kaynaklanıyor. Bir canlı türü, örneğin koruyucu bir kabuk ya da kanatlar gibi, düşmanlarından sakınmakta etkili bir özellik geliştirdiğinde, bu durum o türün dış nedenlerle ölme riskini azaltabilir. O zaman doğal seçim, bedeni hücre yaşlanmasını geciktirmek ve canlının yaşam süresini uzatmak için şekillendirmeye başlar. Austad'a göre, küçük hayvanların genellikle daha çabuk yaşlanmasının nedeni metabolizma hızlarının daha yüksek olması değil; genellikle bu hayvanların yıllar boyunca düşmanlarından kaçabilme ve rahat rahat üreyebilme olasılıklarının olmaması. Bu nedenle, doğal seçim onların uzun süre yaşayacak bedenlere kavuşmasını tercih etmiyor olabilir.

Austad'ın bu görüşleri, 1980'li yılların başında, Amerika'ya özgü keseli bir hayvan olan opossumların üremeleri üzerinde çalışırken şekillenmeye başlamış. Araştırma sırasında, opossumların çok çabuk yaşlandıklarını fark etmiş. Sözgelimi, metabolizma özellikleri onlarınkinden çok benzeyen oklu kirpiller 20 yıl yaşayabiliyorken, opossumların ömürlerinin neden bir iki yılla sınırlı olduğunu araştırmaya başlamış: Bunun nedeninin, opossumlar avcılara karşı korunaksız bir yaşam sürerken, oklu kirpillerin dikenleri sayesinde düşman-



Sirke Sineğinin Hünerleri

Uzun yaşamak için biraz aç kalmaya ne dersiniz? Bir memelinin yaşam süresini artırmak için şimdiye kadar doğruluğu kanıtlanmış tek yöntem, canlının aldığı kalorilerin % 30 oranında kısıtlanması yoluna gitmek. Bu yöntem, bugüne kadar fareler, sirkeselekleri ve maymunlar üzerinde denendi. Bunun insanlarda işe yarayıp yaramayacağıysa henüz bilinmiyor. Bazı araştırmacılar yaşlanmanın, hücrede besinlerin yakılması sırasında açığa çıkan serbest radikallerin proteinlere, lipidlere ve hatta DNA 'ya saldırarak hücreye zarar vermesi ve bu zararın zamanla birikerek artması sonucu gerçekleştiğini düşünüyorlar. Kimilerine göre, kalori kısıtlaması yönteminin işe yaramasının nedeni, canlının tükettiği kalori miktarı düşünce, hücrede besinlerin yakılması sırasında çıkan serbest radikallerin yoğunluğunun da düşmesi. Araştırmacılar, sirke sineğinde bulunan "Indy" adı verdikleri bir genin etkinliğini kısıtladıklarında, sineğin normalden iki kat daha uzun yaşadığını gösterdiler. Araştırmacılar, Indy geninin normal işlevinin büyük olasılıkla bağırsaklardaki besinlerin emilmesiyle ilgili olduğunu düşünüyorlar. Bu genin işlevini kısıtlamak, bir tür kalori kısıtlamasına neden oluyor. Araştırmacılar, günün birinde, Indy geninin ürettiği proteinler konusunda edinilecek bilgilerden, insan ömrünü uzatmada yararlanılabileceğini düşünüyorlar.

larını kendisinden uzak tutabilmesi olduğunu düşünüyor. Austad, gerontoloji dünyasındaki ününüyse, bambaşka çevre koşullarında yaşayan iki farklı Virginia opossumunu karşılaştırdığı araştırmasıyla kazanmış. Araştırmacı, Georgia kıyılarındaki Sappello Adası'nda 4000 yıldır pek fazla düşmanları olmadan yaşayan Virginia opossumlarının, Güney Carolina'da yaşayanlara göre, çok daha uzun yaşadığını ortaya çıkarmış. Bu da, kendileriyle beslenen hayvanların az olduğu ve besinin bol bulunduğu adada yaşayan opossumların, zaman içinde enerjilerinin çoğunu çabucak ve bol bol yavrulamak için harcamak yerine, bağışıklık sistemlerini geliştirmek ve daha uzun süre sağlıklı kalmak için harcamış olduklarını gösteriyor.

Kuşları da unutmamak gerekir. Eğer yaşlanmayla gelen sorunların sorumlusu oksijen metabolizmasıysa, kendi boyutlarındaki memelilere göre oksijeni çok daha hızlı yakmalarına, yüksek glikoz düzeylerine ve metabolizma hızlarının çok yüksek olmasına karşın kuşlar, birçok memeliye göre çok daha uzun yaşarlar. Yaşlanmayı, hücrelerin yaşam için gerekli işlevlerini yerine getirmesi sırasında ortaya çıkan serbest radikallerin, zaman içinde birikmesiyle hücrelere verdiği zarara bağlayan varsayıma geri dönelim. Bugün yaşlanma araştırmacılarının bir çoğu, serbest radikallerle savaşmanın yolları üzerinde çalışıyorlar. Uzun yaşayan canlıların hücrelerinde, genç kalmalarını sağlayan savunma ve onarım mekanizmaları yeni yeni ortaya çıkarılmaya başlandı. Bu işlevlerde rol oynayan kimyasallardan biri, serbest radikalleri

temizleyen "süperoksit dismutaz" adlı bir enzim. Uzun ömürlü hayvan türlerinde, canlının metabolizma hızı ne olursa olsun, bu enzimin yüksek düzeyde olduğu görülmüş. Kuşlarsa, yaşlanmaya karşı başka bir hücre savunması geliştirmiş gibi görünüyorlar. Kuşların metabolizma hızlarının boylarına oranının yüksek olmasına karşın, metabolizmalarının beklenenden çok daha az miktarda serbest radikal ürettiği görülmüş. Bunun nasıl işlediğiysa henüz bilinmiyor.

Evrimsel bakış açısı, canlıların neden bu kadar farklı hızlarda yaşlandığını söyleyebilir. Ancak, bu süreçlerin nasıl bu kadar farklı olabildiğini, kalıtımbilimcilerin çalışmaları sayesinde öğrenebileceğiz. Öteki canlı türlerinde evrim sonucu kazanılmış yavaş yaşlanma mekanizmaları bulunup bu bilgiler, yaşlanmaya karşı terapiler geliştirilmesinde kullanılabilir. Son yıllarda, yaşlanmada rol oynayan genlerin bulunup işlevlerinin çözümlenmesi, hücrelerimizde serbest radikallerin zararlı etkilerini onarma mekanizmalarının anlaşılması olasılığı, yaşlanma bulmacasının eninde sonunda çözüleceği umudunu doğurdu. Öte yandan, yaşlanma evrimsel süreçte gelişen uyum mekanizmalarının ürünüyse, çok karmaşık kalıtımsal öğeyi içeriyor olmalı. Bu nedenle de, ne kadar çalışırsak çalışalım, bulmacayı çözmek için gereken bilgilerin bir araya getirilmesi güç olacağı benziyor.

kaynaklar

Furlow, B., Armijo-Prewitt, T., "Fly now, die later", *New Scientist*, 23 Ekim 1999.

Hofmann, I. & Prinziger, R., *Das Geheimnis der Lebensenergie*. New York: Campus Verlag, 1997.

Steward, Doug, "Solving the aging puzzle". *Smithsonian*, Ocak 1998.

http://whyfiles.org/shorties/070old_fly/index.html

<http://www.nature.com/nsu/001005/001005-3.html>