



SICAKLIK DEĞİŞİMİYLE SAVAŞMAK

Canlılar, yaşamlarını devam ettirebilmek için, birçok ortam koşuluyla başa çıkmak zorunda. Bunların arasında belki de ilk akla gelenler besin ve su. Ancak, ilk anda akla gelmeseyse bile, en az bu ikisi kadar önemli bir koşul daha var: sıcaklık. Canlıların yapısının temelini oluşturan organik moleküller, sıcaklıktan önemli derecede etkileniyor. Özellikle de proteinler. Yalnızca belirli sıcaklık aralıklarında işlev görebilen proteinler, bu aralığın altındaki ya da üstündeki sıcaklıklarda yapılarının bozulması nedeniyle işlevlerini yitiriyorlar. Canlılar, bu sorunu çözmek zorundalar. Çünkü hava ya da su sıcaklığı, her zaman istenen derecelerde olmayabiliyor. Bir kısmı yer değiştirme (göç) ya da bir tür fizyolojik uykuya girme (hibernasyon = kış uykusu, estivasyon = yaz uykusu) gibi stratejilere başvuruyor, bir kısmı saklanıyor, bir kısmıysa kalıp savaşmayı seçiyor. Nasıl mı? Vücut sıcaklığını ayarlayarak.

Canlılığın karaya çıkışıyla birlikte, sıcaklık çok daha ciddi bir sorun haline geldi. Bunun en önemli iki nedeni, hava sıcaklıklarının suya göre çok daha çabuk değişmesi ve genel olarak sudan çok daha düşük derecelere ulaşabilmesi. Canlıların iskelet-kas ve sinir sistemleri geliştikçe ve vücutları daha karma-

sık bir yapı kazandıkça, değişen hava sıcaklıklarına karşı vücudun kendi kendini ayarlayabilmesi daha ekonomik olmaya başladı. Ve böylece, en azından beyin ve kalp gibi yaşamsal organlarını sıcaklık değişimlerinden koruyabilmek için yapısal uyumlar geliştirmeye çoktan başlamış olan canlılar, yeni bir uyum geliştirdiler: Belirli bir vücut sıcaklığı sağlayarak, bu sıcaklığı dengede tutabilmek. "Homeotermi" olarak adlandırılan bu olay, çeşitli yollarla sağlanabiliyor. Bazı canlı gruplarında bölgesel olarak vücut sıcaklığı korunabiliyor ya da ayarlanabiliyorken, bazı canlılarda bir tür "davranışsal homeotermi" görülüyor ve Güneş'in yüksek enerjili ışınlarına ait ısıdan yararlanılıyor. Homeotermi en gelişmiş halindeyse, vücuttan çevreye kaybedilen sıcaklık, metabolizmanın ürettiği ısıyla düzenleniyor (endotermi). Bu tanımlara göre bizler "endotermik homeoterm" canlılarız. "Sıcakkanlı" demek çok daha kolay gibi görünse bile, bu kullanım, bilimsel açıdan pek yeterli değil.

Bunun başarılabilmesi için, yüksek bir metabolik hıza, daha fazla oksijene ve daha fazla besine gereksinim var. Gerçekten de, endotermelerde metabolizma daha hızlı, kas dokusu daha fazla, hücrelerde bulunan mitokondri (oksi-

jenli solunumla enerji üreten organel) sayısı daha yüksek, daha fazla besin tüketiliyor; ve bunu karşılayabilmek için de çok daha sık besleniliyor ve daha büyük avlar seçiliyor. Vücut sıcaklıkları dış etkenlerce belirlenen (ektoterm) canlılarınsa böyle dertleri yok.

Metabolik olarak vücut sıcaklığını düzenleyebilme, gerçek anlamda yalnızca memelilerde ve kuşlarda görülüyor. Kuşlarda titreme ve güneşlenme yardımıyla ısı dengesi sağlanırken, memelilerde bu stratejilere ek olarak titreme dışı ısı üretim mekanizmaları da bulunuyor (yağ dokunun yakılması gibi).

Aslında metabolik olaylar sonucunda üretilen enerjinin belirli bir kısmı, mutlaka ısı olarak açığa çıkarılıyor. Ancak, endoterm canlılarda bu metabolik ısı üretimi, ektotermelere kıyasla çok daha fazla. Metabolik ısı üretimi, canlının vücut büyüklüğü, vücudunun ısı iletim derecesi (ısı kaybı - kazanım yeterliliği), beslenme şekli, iklim gibi çok sayıda etkene bağlı. Ve tabii ki metabolizma hızına. Birim zamanda üretilen enerji olarak tanımlanan metabolizma hızı da aslında yukarıdaki etkenlere bağlı. Ancak, burada işin içine kas dokusu miktarı da giriyor. Çünkü, vücut sıcaklığını yükseltecek olan ısı, mitokondriye zengin hücreler taşıyan kas dokunun kasılması sı-

rasında ortaya çıkıyor. Aslında en fazla mitokondri içeren hücreler kas hücreleri değil. Retina (ağtabaka), beyin ve böbrek tübül hücreleri çok daha fazla sayıda mitokondri içeriyor. Ancak, vücut sıcaklığını yükseltmek söz konusu olduğunda, bu hücrelerin bir rolü yok.

Canlıya göre uygun ortam koşullarında, dinlenme halindeki metabolizma hızı "bazal metabolizma" olarak tanımlanıyor. Metabolizma bu hızdayken, yalnızca yaşamsal organların etkinliğini devam ettirmeye yetecek miktarda enerji üretiliyor. Ancak, dış ortam sıcaklığında değişim görülmeye başladığında, işin içine vücut sıcaklığını dengeleyebilme görevi giriyor ve metabolizma hızı yükseliyor. Bazal metabolizma hızı soğuk iklim koşullarına ek olarak, sucul ortamda da yükseliyor. Isının su içinde iletimi, havadaki iletimden 24 kat daha zor. Bu nedenle, sucul canlıların bazal metabolizmaları daha yüksek.

Bazal metabolizma hızı, vücut kütlesiyle ise ters orantılı. Bir filin bazal metabolizma hızı bizden, bizimkisi de kediten daha düşük. Çünkü, vücut büyüklüğü ve kütesinin artışıyla birlikte kas ve yağ doku oranı artıyor. Bu durum da, doğrudan doğruya vücut sıcaklığının 1°C değişmesi için geçen süreyi kısaltıyor. Büyük vücut, daha fazla enerji deposu anlamına da geliyor. Bu, özellikle enerji kıtlığıyla başedebilmek adına avantajlı. Alan savunması ve üreme başarısı söz konusu olduğunda da büyük vücut oldukça avantajlı. Ancak, kütle arttıkça enerji gereksinimi de artıyor. Yüksek bazal metabolizmaları nedeniyle çok sık beslenmek zorunda olan küçük memelilerin aksine, artan vücut kütesi endotermikler için kesinlikle sınırlayıcı. Bir canlı grubu için en uygun vücut boyutu, enerji kazancı ve bu kazan-

cın enerji bedeli arasındaki orana bağlı.

Düşük sıcaklıklarda titreme davranışının uyarılmasıyla kas etkinliğinden ısı üretildiği gibi, yüksek sıcaklıklarda vücutu serinletebilmek için de eşsiz bir yola başvuruluyor: terleme. Endotermik bir tepkime olan terleme, vücut yüzeyinden suyun buharlaştırılması yoluyla, vücut sıcaklığının düşürülmesine yardımcı oluyor. Yalnızca memelilerde bulunan ter bezleri, çoğu memeli hayvanda yalnızca belirli vücut bölgelerinde ve az sayıda bulunmasına karşın, insan vücudunda olağanüstü bol. İnsanın kollarından kurtularak vücudununun her yerinde (dudaklar ve penis ucundaki bölge -glans penis- hariç) ter bezlerine sahip oluşu, sıcaklık dengesinin sağlanmasında çok önemli bir evrimsel üstünlük sağlıyor. Ter bezlerinin işlevi, beynin hipotalamus adı verilen yapısındaki bir merkezce kontrol edilen



sinir uçlarıyla sağlanıyor. Vücudun kor sıcaklığını doğrudan algılayabilen hipotalamus, deri altındaki sıcaklık algılayıcı hücrelerden gelen uyarıların da etkisiyle, terlemeyi ve diğer sıcaklık düzenleyici işlevleri kontrol ediyor. Terlemede tek kısıtlama, vücuttan su kaybedilmesi (dehidrasyon). Su kaybı belirli bir oranı geçtiğinde terleme duruyor ve vücut sıcaklığı hızla yükselmeye başlıyor.

Vücut sıcaklığını düzenleyebilen canlıların bazıları, çok yüksek ya da çok

düşük sıcaklıklara karşı "ek" yollara da başvurabiliyorlar:

* Koşulları daha uygun olan alanlara göç edilebiliyor.

* Bazı endoterm canlılar, soğuk havalarda vücutlarının dış sıcaklığının düşmesine izin vererek, enerjilerini vücudun iç sıcaklığını yüksek tutabilmek için harcamayı tercih ediyorlar.

* Vücuttaki depo yağ oranında mevsimsel değişiklikler görülebiliyor. Yağ doku hem ısı yalıtımı sağlıyor hem de enerji ve ısı üretimi için zengin bir depo maddesi.

* Bazı türler, beslenme zamanlarını Güneş ışığı saatlerine göre ayarlıyorlar. Böylece Güneş'in sıcaklığından daha iyi yararlanabilmeyi ya da fazla sıcaktan kaçabilmeyi güvence altına alıyorlar.

* Bazı küçük memeliler, gün içinde çok sıcak saatlerde sık sık derin oyuklara girerek, vücutlarındaki fazla sıcaklıktan kurtuluyor ve yeniden dışarıya çıkıyorlar.

* Özellikle çöl hayvanları, bazal metabolizmalarını düşürerek, vücut sıcaklığının 1°C değişimi için geçen süreyi uzatabiliyorlar. Develer, bazal metabolizmalarını normalin %70'ine düşürebiliyor.

* Besin depolama, torpor (minimum metabolizma hali) ve benzeri enerji harcamasında kısıtlama yollarına başvuru labiliyor.

Bunlar, enerjiyi daha verimli kullanabilmek için başvurulan masum küçük hileler. Vücut sıcaklığını düzenleyebilmenin hiç mi bedeli yok? Tabii ki var. Öncelikle çok daha ciddi bir enerji gereksinimi doğuyor. Ektotermikler, vücutlarında ürettikleri ısıyı yalnızca metabolik etkinliklerini devam ettirmek için kullanarak, aslında son derece ekonomik (uyanık) davranıyorlar. Aşırı yüksek ya da düşük sıcaklıklar karşısında fizyolojik duraklama evrelerine girerek, yalnızca gereksiz enerji kaybindan kurtulmakla kalmıyorlar, yaşamlarını da kurtarmış oluyorlar. Endotermiklerse düşük toleransları nedeniyle o kadar şanslı değiller. Onlar için aşırı sıcak ya da aşırı soğuk, sıklıkla tek bir anlama geliyor: kaçınılmaz ölüm.

Deniz Candaş

Yar. Doc. Dr. Mehmet Ali Onur'a, katkıları için teşekkür ederiz

Diğer Uyumlar

Memeliler ve kuşlar dışındaki canlıların bazılarında da, vücut sıcaklıklarını koruyabilmek için bazı fizyolojik uyumlar görülüyor:

* Arılar ve gece kelebekleri, kanat kaslarını titreterek ısı üretebiliyorlar.

* Bazı köpekbalıkları (özellikle beyaz köpekbalığı), solungaçlarında bulunan atardamarlar ve toplardamarlar arasında ısı alışverişi yapıyorlar.

* Tonbalıkları ve kılıçbalıkları, soğuk sularda, diğer balıklardan çok derinlere dalabiliyorlar. Suyun en yoğun hali +4 °C'de görülüyor; derinlerdeki su tabakası da bu dereceye en yakın olduğundan, yüzeydeki su tabakalarından daima daha sıcak oluyor.

* Kılıçbalıkları ayrıca beyin ve göz gibi, yaşamsal önemi fazla olan organlarını ısıtabiliyorlar.

* Tonbalıklarında, atardamarlar ve toplardamarlar arası ısı alışverişi ve buna ek olarak vücut merkezine yakın konumlu bulunan yüzme kaslarının hareketiyle kor sıcaklığını yükseltebilme mekanizması da görülüyor.

* Büyük boyutlu deniz kaplumbağalarında, vücut yüzey alanının görece düşük oluşu, sıcaklık kaybını önüyor.

* Pitonlar ve bazı kobralarda, vücut kaslarının titreşimiyle ısı üretiliyor. Bu ısı, kuluçka sıcaklığı olarak da kullanılabilir.

* Sürüngenlerin çoğu, güneşlenme yoluyla, Güneş'in yüksek enerjili ışınlarının yaydığı ısıdan yararlanıyorlar.

Kaynaklar
The Physiological Ecology of Vertebrates: A View from Energetics.
Brian
Keith McNab, 2002 (Cornell University Press; ISBN: 0801439132)