

# İnsan Vücudunda Sıcaklık Düzenlemesi



Regülasyon, düzenleme ve dengeye (homeostazis) getirme anlamına gelir. İnsan vücudunda kan basıncı, vücut sıcaklığı, kan şekeri ve benzeri birçok faktör hemen hemen hep sabit tutulur. Bu sabit tutma işi çeşitli negatif geri besleme mekanizmaları ile sağlanır. Negatif geri besleme mekanizmasında, artarak ya da azalarak sabitlikten sapan bir faktör, regülatör (düzenleyici) bir sistemi etkinleştirir ve artan faktör azaltılarak normale döndürülür. Benzer şekilde, azalarak sapan bir faktör de artırılarak normale getirilir. Düzenlenen bütün faktörlerin aslında bir üst bir de alt normal sınır aralığı vardır. Her faktörün normal sınır aralığı farklıdır. Örneğin bir faktörün ortalama değerinin % 40-50 kadar azalması veya artması normal kabul edilirken, başka bir faktörün normal değerinden % 1'lik sapması bile hastalık olarak kabul edilebilir. Bu açıdan bakıldığında vücut sıcaklığı belki de en dar sınırlar içinde kontrol edilen, az miktarda bile normalden sapmasına izin verilmeyen bir faktördür.

**R**egülasyon, düzenleme ve dengeye (homeostazis) getirme anlamına gelir. İnsan vücudunda kan basıncı, vücut sıcaklığı, kan şekeri ve benzeri birçok faktör hemen hemen hep sabit tutulur. Bu sabit tutma işi çeşitli negatif geri besleme mekanizmaları ile sağlanır. Negatif geri besleme mekanizmasında, artarak ya da azalarak sabitlikten sapan bir faktör, regülatör (düzenleyici) bir sistemi etkinleştirir ve artan faktör azaltılarak normale döndürülür. Benzer şekilde, azalarak sapan bir faktör de artırılarak normale getirilir.

Düzenlenen bütün faktörlerin aslında bir üst bir de alt normal sınır aralığı vardır. Her faktörün normal sınır aralığı farklıdır. Örneğin bir faktörün ortalama değerinin % 40-50 kadar azalması veya artması normal kabul edilirken, başka bir faktörün normal değerinden % 1'lik sapması bile hastalık olarak kabul edilebilir. Bu açıdan bakıldığında vücut sıcaklığı belki de en dar sınırlar içinde kontrol edilen, az miktarda bile normalden sapmasına izin verilmeyen bir faktördür.

Regülatör sistemler vücut sıcaklığı dışındaki diğer faktörleri sadece ortalama normal değere getirmeye çalışır. Halbuki vücut sıcaklığı çok hassas bir şekilde düzenlendiği ve ince ayar gerektirdiği için farklı bir düzenleme mekanizması daha devreye so-

kulur. Beyinde bulunan termostatın sıcaklık ayar noktası da artırılıp azaltılabilir. Bu durum hiçbir faktörün ayar mekanizmasında yoktur. Düşünün ki evinizdeki kalorifer sistemini oda sıcaklığı 22 derece olacak şekilde ayarladınız. Sistem bu dereceye ulaştığında duruyor, bu derecenin altına düştüğünde ise çalışmaya başlıyor. Binanın dışındaki sıcaklık aşırı azaldığı durumlarda ise oda sıcaklığının geçici de olsa 22 derecenin altına inme riskine karşılık sistem kendiliğinden termostatın ayar noktasını yükseğe ayarlayarak oda sıcaklığını çok daha hassas bir şekilde ayarlayabiliyor. Bunun tersine binanın dışındaki sıcaklık artarsa da termostatın ayar noktası azaltılıp sistemin çalışması önceden engellenerek hassas ve hızlı bir kontrol sağlanabiliyor. İşte bu regülasyon sistemi insan vücudunda da çalışıyor.

Sabah uyanınca koltuk altından ölçülen normal vücut sıcaklığı 36,3 ile 37,1 °C arasında değişir. Vücut sıcaklığını ayarlayan merkez, beynimizdeki hipotalamustadır. Hipotalamustaki bu merkez bir termostat gibi çalışır. Hipotalamik termostatın ayar noktası 37,1 °C dir. Vücudun iç sıcaklığı koltuk altı sıcaklığından daha yüksektir, beyin sıcaklığı da vücudun iç sıcaklığı kabul edilir. Beyin sıcaklığı 37,1 derecenin altına düşerse hipotalamustaki, ısı üretimini sağlayan ve aynı zamanda ısı kaybını engelleyen mekanizmalar devreye sokulur. Vücut sıcaklığı bu derecenin üstüne çıkarsa, ısı üreten mekanizmaların durdurulup ısı kaybına yol açan mekanizmaların çalıştırılması sağlanır.

## Hipotalamik termostatın sıcaklık ayar noktası nasıl değiştirilebilir?

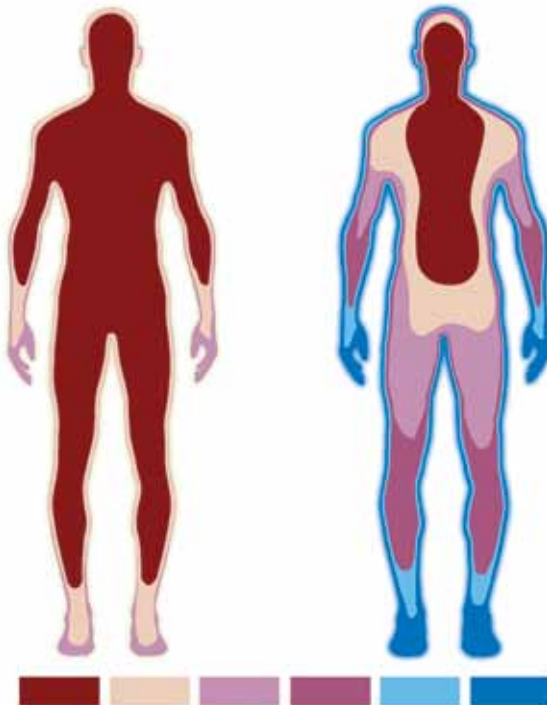
Sıcaklık ayar noktası derimizin sıcaklığı ile artırılıp azaltılabilir. Yani sıcaklık ayar noktası sabit olmayan, dinamik ve dış ortam sıcaklığına göre değiştirilebilir bir değerdir. Derimizden hipotalamusa gelen sıcaklıkla ilgili bilgiler, buradaki sıcaklık ayar noktasını artırabilir veya azaltabilir.

Dış ortam soğukluğu sebebiyle deri sıcaklığı azaldığında termostatın sıcaklık ayar noktası yükseltilir. Bu durum, genellikle vücudun iç sıcaklığı normal veya yüksek olduğunda gerçekleşir. Örneğin aşırı sıcak bir ortamdan soğuk havaya çıktığımızda bu durum ortaya çıkar. Vücudun iç sıcaklığı yüksek olduğu için, mantıken ısı kaybı ile ilgili mekanizmaların çalışmaya başlaması veya ısı üretici mekanizmaların durdurulması beklenir. Fakat böyle olmaz. Deri sıcaklığı düşük olduğu ve termostat ayarı da daha yükseğe ayarlandığı için, bu mekanizmalar beklenenin tam aksi yönde çalışarak da-

ha sonra azalma ihtimali olan vücut sıcaklığını önceden ayarlar. Buna sıcaklık regülasyonunda önsezi fonksiyonu denir. Bu mekanizma olmasaydı, deri sıcaklığı düşük olmasına rağmen vücut sıcaklığı düşürülmeye çalışılırdı. Bu ise hem enerji (ısı) israfına, hem de kişinin üşüyüp hastalanmasına sebep olurdu.

Yukarıdaki durumun tersi de söz konusudur. Deri sıcaklığı yükseldiğinde hipotalamik termostatın sıcaklık ayar noktası düşürülür. Bu durum genellikle vücudun iç sıcaklığı normal veya düşük, ancak deri sıcaklığı yüksekken yani hava sıcak olduğunda gerçekleşir. Mantıken vücudun iç sıcaklığı düşük olduğu için, ısı üretici mekanizmaların devreye girmesi veya ısı azaltan mekanizmaların durdurulması beklenir. Ancak deri sıcaklığı yüksek olduğundan ve termostatın ayarı düşüğe ayarlandığından, tam tersi mekanizmalar devreye girer. Yani ısı üreten mekanizmalar durdurulur ve ısı azaltıcı mekanizmalar daha önceden devreye sokulur. Eğer bu mekanizma olmasaydı, deri sıcaklığı yüksek olmasına rağmen, vücut sıcaklığı daha da artırılmaya çalışılırdı. Bu ise, ısı kaybını zorlaştırarak yüksek ateş ve sıcak çarpması gibi durumların oluşmasına sebep olurdu.

Solda sıcak ortamda sağda ise soğuk ortamda vücut sıcaklığının düzenlenişi görülüyor. Sıcaklıklar renklerle kodlanmıştır: kırmızı (37°C, normal vücut sıcaklığı), yavruağızı (37-36°C), açık pembe (36-32°C), koyu pembe (32-28°C), açık mavi (28-25°C), koyu mavi (25°C'nin altı)



## Isı kaybı mekanizmaları

Vücut ısısının kaybedilmesinde iki aşama vardır:

1. Vücudun iç ısısının deriye taşınması,
2. Deriden atmosfere ısı transferi

Vücudun iç ısısını deriye taşıyan en önemli mekanizma damar çapının artırılmasıdır, tıp dilinde vazodilatasyon denir. Vücut sıcaklığı yükseldiğinde damarlar genişletilerek deriye ısı transferi sekiz kat artırılabilir. Isı kaybını artırmak için deri altında çok özel bir toplardamar (ven) ağı vardır, bu toplardamarlarda bulunan kan miktarını artırmak gereklidir. Deri altı toplardamar ağına deriyi besleyen kılcal damarlardan sürekli kan akışı vardır. Derinin beslenmesi ile ilgili bu sürekli kan akışından başka, vücudun açık deri bölgelerinde özellikle ellerde, ayaklarda, yüzde ve kulaklarda, küçük atardamarlardan gelip kılcal damarlara uğramadan doğrudan bu toplardamar ağına bir kan akışı da vardır. Atardamarlardan toplardamarlara doğrudan kan ileten damarlar normalde deri dışında bulunmaz, ancak anormal durumlarda oluşabilirler ve buna arterio-venöz (A-V) şant adı verilir. Bir başka deyişle vücudun diğer organlarından farklı olarak kan atardamarlardan doğrudan toplardamarlara akar. Vücut iç sıcaklığı yüksekse ve soğutulması gerekiyorsa, kalpten pompalanan kanın % 30'a yakın kısmı deriye yönlendirilebilir, oysa normalde deride kan akışı sifıra yakındır. Bu durumda vücudun iç ısısı deriye kadar iletilmiş olur. Bu son derece etkili bir soğutma mekanizmasıdır. Eğer hava soğuksa ve tam tersine vücut iç sıcaklığının korunması isteniyorsa o zaman derideki A-V şant damarları kapatılır, deriye kan akışı neredeyse sifıra kadar azaltılır ve vücut sıcaklığı korunmuş olur.

## Deriden ısı kaybı mekanizmaları:

1. Işınım (radyasyon): Kızılötesi ışınlarla kayıp demektir. Bu ışınlar aslında ısı taşıyan ışınlardır. Çevre sıcaklığı düşük olduğu zaman, ısının çoğu bu mekanizmayla kaybedilir. Ancak çevre sıcaklığı daha fazlaysa aynı mekanizma ısı kazandırır.

2. İletim (kondüksiyon): Cisimlere ve havaya temas ile vücuttan ısı kaybedilmesine kondüksiyon, ısınan havanın vücut sathından uzaklaştırılmasına da konveksiyon denir. Vantilatör ve rüzgâr konveksiyon ile ısı kaybına sebep olur. Çevre sıcaklığı daha yüksek ise kondüksiyon ile ısı kazanılır.

3. Buharlaşma (evaporasyon): Terleme yoluyla deriden ve mukozalardan (ağız ve solunum yollarını örten tabakalar) doğrudan buharlaşma ile ısı kay-

bı demektir. Köpekler çok az terler, bu sebeple vücutlarını dillerini dışarı çıkarıp sık soluyarak soğuturlar. İnsanlar terleme haricinde deriden ve mukozalardan günde 450-600 ml su kaybeder. Bu su kaybını fark edemeyiz. 1 ml su ile 0,58 kilokalori ısı kaybedilir. Fark edilmeyen bu su kaybı artırılmadığından, sıcak havalarda ve yüksek ateş durumlarında terleme çok önemli bir ısı kaybı yoludur. Hipotalamik termostat deney hayvanlarında ısıtıldığında anında terleme başlar. Atmosfer sıcaklığı vücut sıcaklığından fazla olduğunda tam tersine radyasyon ve kondüksiyon ile ısı kazanılır. Bu durumda tek ısı kaybı yolu terleme ve terin buharlaşmasıdır. Doğuştan ter bezleri olmayanlar, vücutlarını soğutamaz ve sıcak çarpmasından ölebilir.

### Sıcaklık artırıcı mekanizmalar

1. Damarların daralması: Soğukta damarlarımız daralır, böylece deriye ısı transferi ve dolayısıyla deriden ısı kaybı engellenir. Çok soğukta damarlar iyice büzülmesi için deriye kan gelmez ve deri morarmaya başlar.

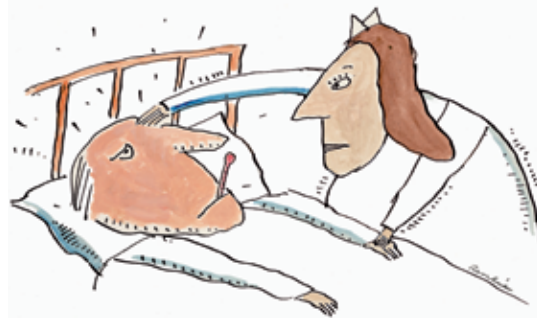
2. Piloereksiyon: Derideki kılların dikleşmesi demektir. Bu işlem deri çevresini tecrit eden bir hava tabakası (izolasyon) oluşturur. Bu mekanizma ile de ısı kaybı engellenir. Bu mekanizma kürklü hayvanlar için çok önemlidir. İnsanların kürk giymesi ısı kaybını hayvanlardaki kadar engellemez, çünkü başka bir canlıya ait cansız kürkün kıllarını dikleştiremeyiz.

3. Titreme: Hipotalamusta bulunan titreme merkezi kişinin iradesi dışında çalışır. Hipotalamik termostat deney hayvanlarında soğutulduğunda titreme refleksi olarak başlar. Titreme ve şuurulu kas hareketlerinin (yerimizde sıçrama veya koşma hareketleri) birlikteliği ile kaslarımızda üretilen ısı vücut sıcaklığımızı artırır.

4. Sempatik sinir sisteminin uyarılması: Vücut sıcaklığı azaldığında sempatik sistem devreye girer, adrenalin ve noradrenalin hormon salgısı artar. Bu hormonlar vücuttaki kimyasal olayları hızlandırarak metabolizma hızını ve dolayısıyla ısı üretimini artırır. Buna kimyasal termogenez (ısı üretimi) denir. Yeni doğan bebeklerde sırtta, iki kürek kemiğinin ortasında bulunan kahverengi yağ dokusu vücut sıcaklığının korunmasında yani bebeğin üşümemesinde önemli rol oynar. Normal dokulardaki kimyasal tepkimelerde bütün enerji ısıya dönüşmez. Ancak bebeklerdeki bu kahverengi yağ dokusundaki kimyasal olaylarda açığa çıkan enerjinin ısıya dönüşme oranı daha yüksektir. Bir bebekte bu kahverengi yağ dokusu ne kadar fazla olursa bebek soğuktan o kadar

iyi korunur. Bebeklerin üşüdüklerini fark etmediği ve giyinmeyi bilmediği düşünüldüğünde, bu kahverengi yağ dokusu onlar için önemli bir avantajdır.

5. Tiroid hormon salgısı: Soğukta hem hipotalamustan hipofiz bezine giden hormon uyarıları hem de hipofiz bezinin tiroid bezini uyarıcı hormon (TSH) salgısı artırılır. TSH tiroid bezinden tiroid hormonlarının (T3 ve T4) salgısını artırır. Bu hormonlar vücuttaki kimyasal olayları artırır, yani metabolizmayı hızlandırır. Kutup bölgelerinde, yurdumuzda Erzurum gibi soğuk yerlerde yaşayanların tiroid bezleri daha fazla çalışır.



### Yüksek ateşin faydası var mıdır?

Ateş mikrobik hastalıkların ilerleyip vücudu harap etmesini engeller. Yüksek ateş birçok mikroorganizmayı öldürür, birçoğunun ise çoğalmasını durdurur. Yüksek vücut sıcaklığında bakterilerin çoğalmasını sağlayan demir, çinko ve bakır miktarları azalır, hücrenin sindirim organeli olan lizozomlar kolay yırtılır. Lizozomlardan açığa çıkan parçalayıcı enzimler, virüslerle istila edilmiş hücreleri içlerindeki virüslerle birlikte öldürür. Yüksek vücut sıcaklığı, bakterileri ve kanser hücrelerini öldüren lenfositlerin de çoğalmasını sağlar. Yüksek sıcaklığı virüsleri öldüren interferon üretimi de artar. Bu bilgiler ışığında ateş eğer vücuda (bilhassa beyne) zarar verecek kadar yükseldiyse düşürülmelidir. Aksi halde aşırı olmayan ateş hemen düşürülmemelidir. Küçük çocuklarda yüksek ateş, beyin hasarına sebep olabileceği için ateşin özellikle düşürülmesi gerekir. Normal yetişkinlerin ateşlenmesi ise, vücudun mikroplarla savaş verdiğini gösterir. Bu nedenle hemen ateş düşürücü kullanılmamalıdır. Hastalara çok yüksek olmadıkça vücut sıcaklığının artmasının, mikroplarla veya hastalıkla mücadelede yardımcı olduğu anlatılmalıdır.

**Kaynaklar**  
Guyton, A. C., Hall, J. E., "Vücut Sıcaklığı, Sıcaklığın Düzenlenmesi ve Ateş", *Tıbbi Fizyoloji*, 11. Basım, s. 889-901, 2006.

Vander, A., Sherman, J., Luciano, D., "Regulation of total-body energy balance and temperature", *Human Physiology*, 8. Basım, s. 619, 2001.



Prof. Dr. Şenol Dane, 1986'da Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden mezun oldu. Diyarbakır'da ve Konya'da pratisyen hekim olarak çalıştı. 1988 yılında Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı'nda asistan, 1991'de yardımcı doçent, 1993'de doçent ve 1998'de profesör oldu. Halen Fatih Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde Dekan Yardımcısı ve Fizyoloji Anabilim Dalı Başkanı olarak çalışıyor. Serebral lateralizasyon konusunda 90 civarında uluslararası çalışması var.