



Kanatlılarda Termoregölasyon

Prof. Dr. Hakan Öztürk



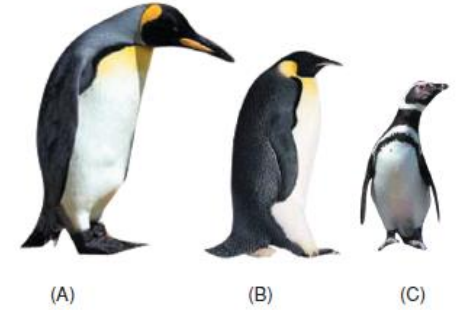
- ✓ Canlı vücudunda cereyan eden kimyasal reaksiyonlar vücut sıcaklığına bağlıdır. Dolayısıyla vücut fonksiyonları da vücut sıcaklığına bağlıdır. Sıcaklığın artması reaksiyonları hızlandırır, düşmesi ise yavaşlatır. Sıcaklığın vücut fonksiyonlarında neden olduğu dalgalanmayı önlemek için memeli ve kanatlılarda vücut sıcaklığını sabit sınırlar içerisinde tutan bir takım mekanizmalar gelişmiştir. Bu nedenle **memeli ve kanatlılara homeoterm (sıcakkanlı) hayvanlar** denir.
- ✓ Vücut sıcaklıkları çevre ısısına göre değişen canlılara ise poikiloterm (soğuk kanlı) hayvanlar denir. Bu grupta balık, amfibi ve reptiller bulunmaktadır.



- ✓ Homeoterm olanlar 20 °C'lik vücut ısısında genellikle ölürler. Poikiloterm hayvanlar ise vücut ısılarının 0-1 °C'ye düşmesine dayanabilirler.
- ✓ Homeoterm hayvanlar soğukta daha çok besin tüketirler. Poikiloterm olanlarda ise besin alımı azalır veya tamamen durur.
- ✓ Her iki grup için yaşamın devam edemeyeceği vücut ısısı üst sınırı hücre protoplazmasının pıhtılaştığı 45 °C'dir.

✓ Kanatlılarda homeotermiyi sağlama, birçok fizyolojik işlevin koordineli bir şekilde gelişmesiyle mümkün olmuştur. Sabit vücut sıcaklığını sağlamak için kanatlılardaki fizyolojik değişimler:

1. Termal izolasyon
2. Evaporatif su kaybı
3. Vücut ağırlığı (Bergmann Kuralı)
4. Vücut yüzey alanı/hacim ilişkisi
5. Davranış
6. Yem tüketimi
7. Bazal metabolizma
8. Titremeli ve titremesiz termogenez
9. Tiroid hormon metabolizması



- (A) Kral Penguen: Güney kutbunda 55. enlemde yaşar. Boyu 100 cm kadardır.
- (B) Magellan Pengueni: Güney kutbunda 52. enlemde yaşar. Boyu 70 cm dir.
- (C) Humbolt Pengueni: Güney Amerika'nın batı sahillerinde yaşar. Boyu 60 cm kadardır.

- ✓ Kuşlar diğer türlerden farklı olarak ter bezlerine sahip değildir. Bu nedenle termoregülasyonda terlemenin rolü yoktur. Evaporatif ısı kaybı solunum yoluyla (panting) yada güvercin, ağaçkakan, sinek kuşu, yalıçapkını ve karabatak gibi kuşlarda gırtlaktan soluyarak (gular flutter) yapılır.
- ✓ Soğukta, metabolizmalarını hızlandırıp ısı üreterek ve tüylerini kabartıp deri kan akımını azaltarak vücut sıcaklıklarını korurlar
- ✓ Sıcakta, metabolizmalarını yavaşlatıp ısı üretimini baskılayarak, ağız açık şekilde hızlı gaga solunumu yapıp (evaporatif ısı kaybı) kanatlarını ve teleklerini açarak vücut sıcaklıklarını dışarı verip termoregülasyonu sağlamaya çalışırlar.





- ✓ Bir çok kanatlı türünde vücut sıcaklığı 40 °C'nin üzerindedir. Düşük vücut sıcaklığına sahip diğer memeli hayvanlara kıyasla kanatlılar bu nedenle evaporatif ısı kaybına daha az ihtiyaç duyarlar.
- ✓ Kanatlılarda kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyonla ısı kaybı daha büyük önem arz eder.
- ✓ Yüksek vücut sıcaklığı kanatlıları diğer türlere kıyasla hastalıklara karşı daha dirençli kılar. Çünkü yüksek sıcaklıklar mikroorganizmaların üremesini kısıtlar.
- ✓ Kuşların akciğerleri ile bağlantılı vücut boşluklarındaki hava keseleri de serinleme sağlar. Yine 40 °C'nin üstünde olan vücut sıcaklıkları yüksek ısıyı iyi tolere etmelerini sağlar. Bununla birlikte %75 nem ve 38 °C'den yüksek çevre koşullarına fazla maruz bırakılmamalıdır.

Normal Vücut Sıcaklığı

	Sığır	Buzağı	Domuz	Koyun	At
Vücut sıcaklığı (°C)	38,5	39-40	38-40	39	37.5
Kalp frekansı / dk.	60 - 80	90 - 110	60 - 90	70 - 80	28 - 40
Solunum frekansı / dk.	18 - 28	30 - 40	8 - 20	10 - 12	8 - 16

	Tavuk	Hindi	Kaz	Ördek
Vücut sıcaklığı (°C)	40-42	40,7	41,5-41,5	41-42
Kalp frekansı / dk.	140-400 (Hayvanın türü, büyüklüğü ve yaşına göre değişmekte)			
Solunum frekansı / dk.	Gaganın ritmik şekilde açılması, kanatlar açık şekilde pompamsı solunum yapılması solunum gücüne işarettir			

Vücut sıcaklığı dinlenme halindeki hayvanın rektumuna yerleştirilen bir termometre ile belirlenir. Ortalama vücut sıcaklığı hayvanın türüne, egzersize, günün farklı zamanlarına, çevre sıcaklığına, sindirim ve su içme gibi durumlara göre değişir.

Cıveivlerde evre Sıcaklığı Gereksinimi

Kümes sıcaklığı	Yumurtacı	Etçi
1. hafta	32	34
2. hafta	30	32
3. hafta	28	30
4. hafta	25	28
5. hafta	21	25
6. hafta	20	21

Farklı Kanatlı Türlerinde Biyolojik Optimal Çevre Sıcaklıkları

Yaşa bağlı olarak farklı kanatlı türlerinde optimal çevre sıcaklıkları					
Yaş (gün)	Kaz	Pekin Ördeği	Yaban Ördeği	Hindi	Tavuk (yumurtacı)
10	30	25	30	30	28
20	25	22	28	25	27
40	20	20	27	23	25
90	20	18		20	24

- ✓ Biyolojik optimal çevre sıcaklığı, hayvanın vücut sıcaklığını en düşük seviyede regüle etme gereksinimi duyduğu sıcaklıktır.

Hava nemi

- ✓ Kanatlılar için optimal hava nemi %60-70 düzeyidir.
- ✓ Yetişkin bir tavuk günde yaklaşık 6,3 gram su kaybeder. Bunun %40'ı solunumla, %60'ı ise dışkı yoluylaadır.
- ✓ 100 tavuk bir günde yaklaşık 15 litre suyu ortama verir.

Yüksək Sıcaklıklarda Ne Yapılmalı?

- ✓ Havalandırma kontrol edilmeli! En iyisi tünel havalandırma kullanılmalı
- ✓ Sprey soğutma açılmalı (varsa)
- ✓ Vantilatör açılmalı (varsa)
- ✓ Acil durumlar için jeneratörün devreye girip-girmediği sık sık kontrol edilmeli
- ✓ Çok acil durumlarda kapı ve pencereler açılmalı

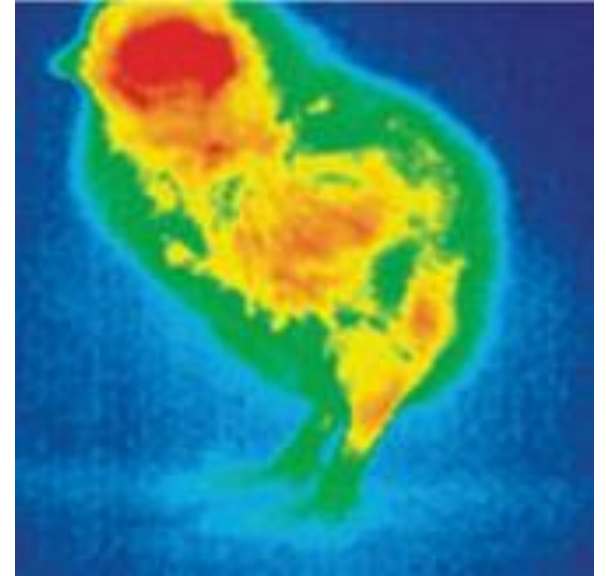


Elektrikler kesildi 40 bin tavuk telef oldu (17.04.2016)

Muş'ta, dün akşam yaşanan elektrik kesintisinden dolayı bir tavuk çiftliğindeki 40 bin tavuk telef oldu.

Normal Vücut Sıcaklığı

- ✓ **İç Sıcaklık:** Vücuttaki derin dokuların sıcaklığına iç sıcaklık (çekirdek sıcaklık) denir. Bu sıcaklık eğer ateşli bir hastalık yoksa neredeyse hiç değişmez.
- ✓ **Deri Sıcaklığı:** Çevre sıcaklığına bağlı olarak artan yada azalan yüzeysel sıcaklıktır.



Vücut Sıcaklığı, Isı Kayıp ve Üretimi Arasındaki Denge ile Kontrol Edilir !

- ✓ Vücutta üretilen ısı kaybedilenden fazla ise ısı vücutta birikir ve vücut sıcaklığı yükselir. Ters durumda ise düşer.
- ✓ Isı üretimi metabolizmanın bir yan ürünüdür. Metabolik hıza bağlı olan ısı üretimi:
 - ✓ Bazal metabolizma hızına (kanatlılarda hızlıdır, fizyolojik parametreler yüksektir, yüzey alanı/hacim oranı büyüktür!!!)
 - ✓ Kas aktivitesinin artmasına
 - ✓ Tiroksin, büyüme hormonu ve testosteron gibi hormonların düzeyine
 - ✓ Epinefrin, norepinefrin ve sempatik stimülasyonun düzeyine
 - ✓ Hücre sıcaklığı artışına bağlı kimyasal reaksiyonların hızlanmasına bağlı olarak değişir.

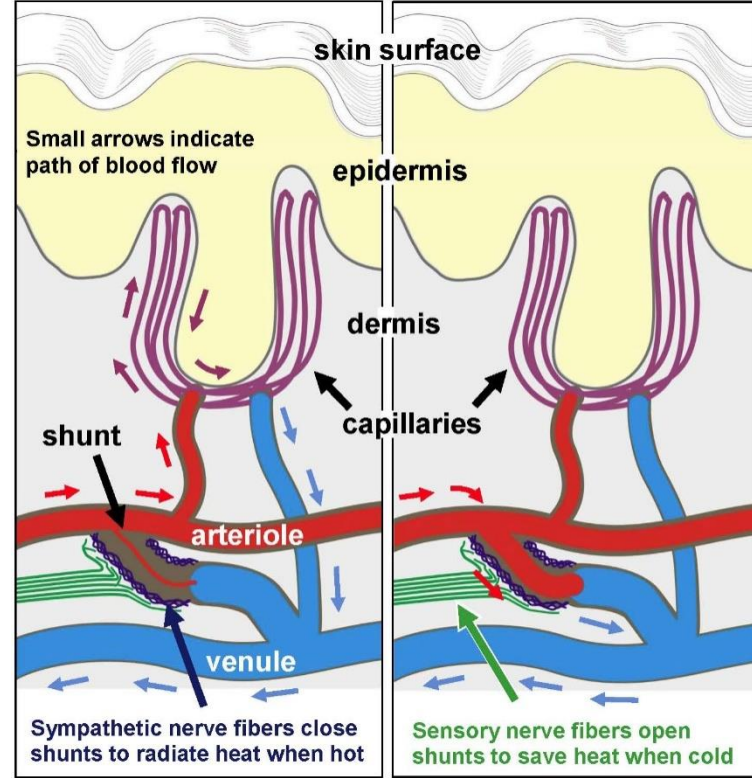
Vücut Isısı, Isı Kayıp ve Üretimi Arasındaki Denge ile Kontrol Edilir !

- ✓ Isı vücutta derin organlarda, özellikle karaciğer, beyin, kalp ve iskelet kaslarında üretilir. Sonra bu ısı derin organlardan deriye, oradan da çevreye nakledilir. Isı kaybı iki faktör tarafından belirlenir:
- ✓ Isının üretim yeri olan derin organlardan deriye iletim hızı
- ✓ Isının deriden çevreye nakledilme hızı
- ✓ Deri ve deri altı yağ dokusu ile tüyler vücudun yalıtkan sistemini oluşturur.
- ✓ Yalıtkan sistem bir yandan deri ısısının çevre sıcaklığına yakın olmasına neden olurken, diğer yandan da daha hayati önemi olan iç ısının korunmasına yardım eder.

Deri Dolaşımı

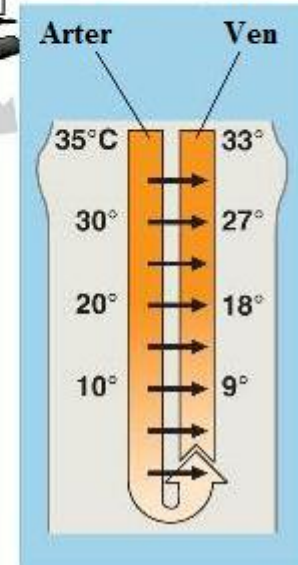
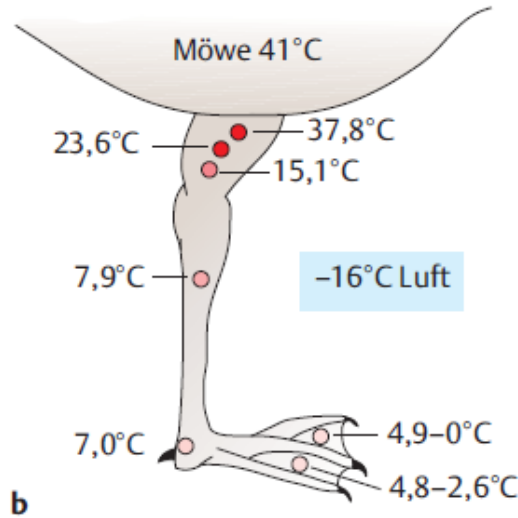
✓ Kan damarları yalıtkan deri altı yağ dokusuna girerek yoğun bir şekilde dallanır. İç ısının dışarı iletilip-iletilmemesinde venöz ağ önemli bir rol üstlenir. Kan venöz ağa arteriyovenöz bağlantılar ile ihtiyaçlar doğrultusunda, neredeyse sıfırdan kalp debisinin %30'u gibi büyük miktarlarda nakledilebilir.

✓ Arteriyovenöz bağlantıların açılarak kanın deriye **yönlendirilmemesi** ısının muhafazasına, kapatılması ise kanın yoğun bir şekilde deriye nakledilip iç ısının dış ortama verilmesine neden olur.

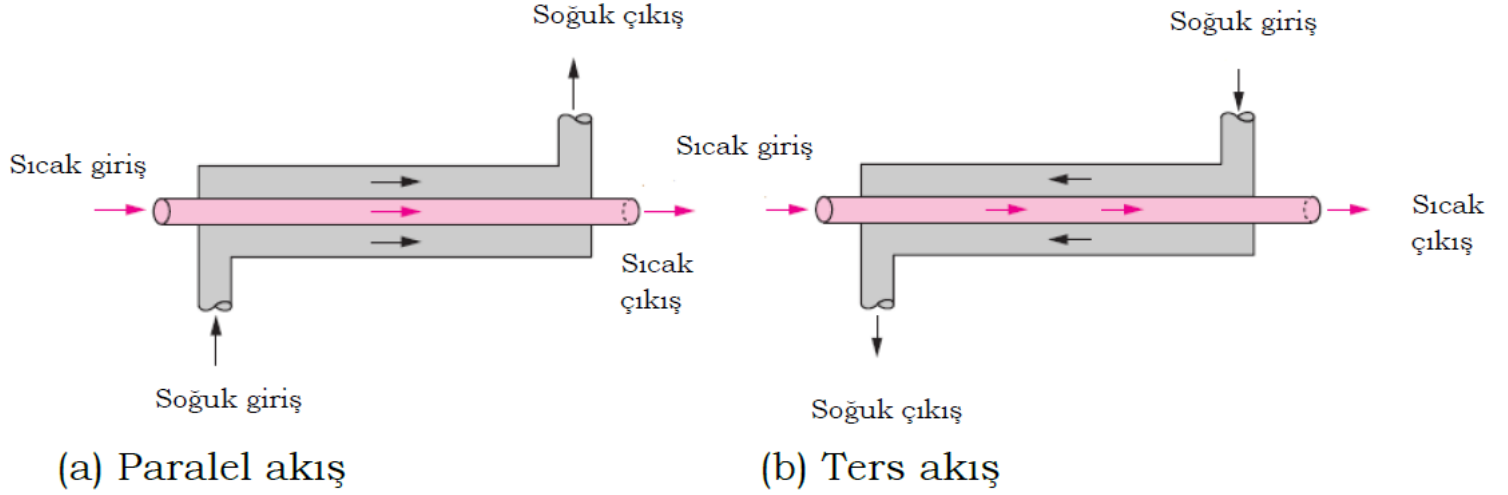


Ters Akım Prensipleri

Kanada kazı

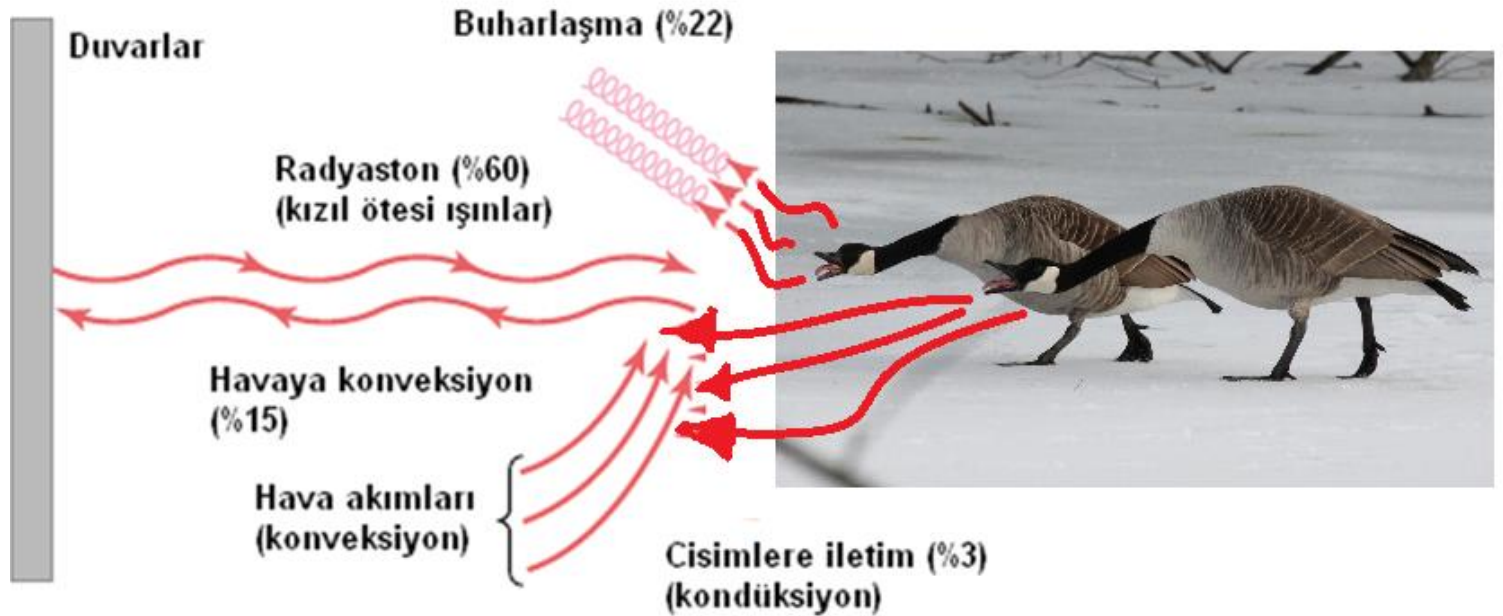


Ters Akım Prensipleri



Deri Yüzeyinden Isı Kayıp Yolları

- ✓ Radyasyon (Işıma): Normal oda sıcaklığında çıplak bir insanda toplam ısı kaybının %60'ı radyasyon yolu ile olur. Radyasyonla ısı kaybı kızıl ötesi ışınlar yayma yolu ile olur. Sıcaklığı mutlak 0 olmayan tüm cisimler kızıl ötesi ışınlar yayarlar. Çevredeki nesnelere de vücuda doğru ısı ışınları yayılır. Eğer vücut ısısı çevreden daha yüksekse, ışıınım yoluyla kaybedilen ısı çevreden kazanılan ısıdan daha büyük olur.



Đeri Yüzeyinden Isı Kayıp Yolları

- ✓ **Kondüksiyon (İletim):** Vücudun çevredeki nesnelere teması ile olan ısı kaybıdır. Bu yolla ısı kaybı oldukça azdır (%3).
- ✓ Aslında bir çeşit kondüksiyon olan ve havaya ısı alış-verişini ifade eden **konveksiyon** ile toplam ısı kaybının yaklaşık %15'i gerçekleştirilir.
- ✓ Isı moleküller hareketlerin kinetik enerjisidir. Çevre ısı vücut ısından düşükse deriye temas eden hava ısıtılır, ısınan hava genişler ve deriden uzaklaşır, yerine soğuk hava gelir ve bu süreç devam ederken vücut ısı da çevreye verilmiş olur. Rüzgarlı havalarda vücuda temas eden ve ısınan havanın rüzgarın etkisiyle hızla uzaklaştırılması, yerine serin havanın gelmesi, rüzgarın konveksiyon yoluyla serinletici etkisini oluşturur. Su havadan birkaç bin kat daha yoğun olduğundan suyun serinletici etkisi havadan çok daha fazladır.

Termoregülasyonda Hipotalamusun Rolü

- ✓ Vücut ısısının sabit tutulmasını sinirsel geri bildirim mekanizması mümkün kılar. Bu mekanizmada hipotalamus ayarlama merkezi olarak işlem yapar.
- ✓ Termodların kullanıldığı, beyindeki çeşitli alanların ısıtılması veya soğutulmasına yönelik araştırmalarda, anterior hipotalamusun preoptik alanında çok sayıda ısıya duyarlı nöronlar belirlenmiştir. Bu nöronların yaklaşık 2/3'ü sığağa, 1/3'ü ise soğığa duyarlı olup, vücut ısısının düzenlenmesinde merkezi reseptörler olarak görev yaparlar. Vücut ısı yükselince sığağa duyarlı nöronların, düştüğünde ise soğığa duyarlı nöronların deşarj hızı artar.
- ✓ Preoptik alan ısıtılınca vücutta ısı kayıp yoları aktifleşmekte, bu suretle vücut ısı normal düzeye düşürölmeye çalışılmaktadır. Ayrıca tüm vücutta ısı üretimi baskılanmaktadır.

Termoregülasyonda Deri ve Derin Reseptörlerin Rolü

- ✓ Hipotalamustaki merkezi reseptörler dışında vücut ısısının düzenlenmesinde görev yapan **deri** ve **derin organ reseptörleri** de vardır. Derideki ısıya duyarlı reseptörler, soğuğa duyarlı **Krause bulbusu** ve sığağa duyarlı **Ruffini organıdır**. Krause bulbuslarının sayısı 10 kat daha fazladır. Bu nedenle periferik ısı kontrolünde özellikle soğuğa karşı düzenleme ön plandadır. Deri üşüyünce vücudu ısıtacak bir dizi mekanizma devreye sokulur. Bunlar:
- ✓ Kuvvetli bir sempatik uyarı ile titreme başlar ve ısı üretimi hızlanır
- ✓ Deride vazokonstriksiyon ile ısının deriye nakledilmesi azaltılır
- ✓ Derin reseptörler özellikle omurilik, karın organları ve karın ile göğüs boşluğundaki büyük venlerde bulunurlar. Deri reseptörlerinden farklı olarak bunlar yüzeysel değil vücudun içindeki ısıyı algırlar ve sığağa değil soğuğa duyarlıdırlar. Hem deri hem de derin reseptörler vücudu özellikle hipotermiden korurlar.

Posterior Hipotalamus

- ✓ Periferik deri ve derin sıcaklık reseptörlerinin verileri hipotalamusca işlendikten sonra vücut ısısında gerekli düzenleme yapılır. Preoptik alandan gelen sinyaller posterior hipotalamusa iletilir. Burada periferik deri ve derin reseptörlerden gelen bilgilerle birleştirilir ve vücuttaki ısı oluşturan veya ısı kaybettiren süreçler başlatılır.

Sempatik 'Kimyasal' Yolla Isı Üretimi

- ✓ Sempatik sinir sisteminin uyarılması, dolaşımdaki epinefrin ve norepinefrin düzeylerinin artması hücrelerde metabolizma hızını yükseltir. Besin maddeleri vücudun normal ihtiyacından daha çok enerji üretecek şekilde oksidatif fosforilasyonla yakılır ve ısı üretilir.

Uzun Sürerli Isı Üretiminde Tiroksinin Rolü

- ✓ Hipotalamusun preoptik alanının soğutulması hipotalamusun nöroendokrin hücrelerinden TRH salgılanmasına yol açar. Bu hormon hipotalamohipofizer portal sistemle hipofiz ön lobuna gelir ve buradan TSH salınmasına yol açar. TSH'da kan yoluyla tiroid bezine gelerek tiroksin hormonunun salınımına neden olur. Tiroksin hormonu ise tüm vücutta metabolizma hızını yükselterek kimyasal termogenezi artırır. Ancak bu mekanizma çok hızlı gerçekleştirilemez. Çünkü tiroid bezinin hipertrofiye uğrayarak kimyasal termogenez sağlayacak şekilde yüksek tiroksin salgılaması haftaları bulur.
- ✓ Hayvanların haftalarca aşırı soğuğa maruz kalmasıyla tiroid bezi %20-40 oranında büyür. Ancak insanlar kendilerini hayvanlar kadar ileri derecede soğuğa maruz bırakmazlar. Bu nedenle de insanlarda soğuğa adaptasyonda tiroidin rolü çok önemli değildir.

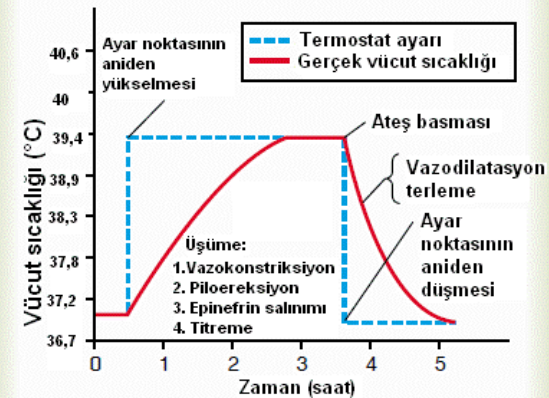
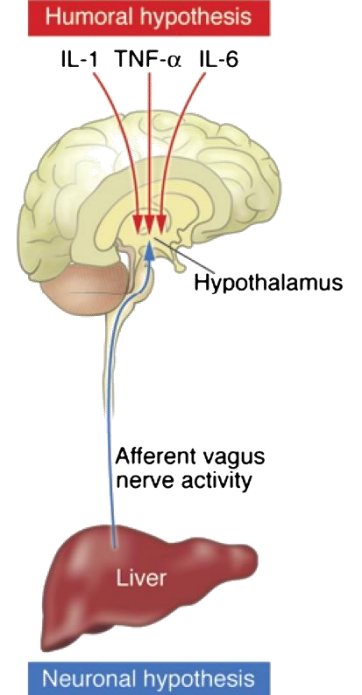
Davranışsal Kontrol

- ✓ Vücut ısının kontrolünde bilinçaltı otonom kontrol dışında çok güçlü bir bilinçli kontrol mekanizması daha vardır. Bu davranışsal kontroldür. Vücut ısısı ne zaman yükselirse, sıcaklık kontrol alanlarından başlayan sinyaller canlıda psişik olarak aşırı sıcaklık duygusu yaratır. Vücut ısısı düştüğünde ise deri ve derin sıcaklık reseptörlerinden gelen uyarılar canlıda rahatsızlık yaratan üşüme duygusu yaratır. Bu nedenle canlı tekrar rahatlamak için uygun davranışlar sergiler. Hatta çok şiddetli soğuklarda vücut ısısının kontrolü için tek etkili mekanizma budur.
- ✓ Kuşlar termoregülasyon için gerekli enerji sarfiyatını en aza indirmede çeşitli morfolojik ve davranışsal stratejiler geliştirmiştir. Örneğin sıcak mevsimlerde tüylerini dökerler. Kara akbabalar sıcak havalarda tüysüz bacaklarına dışkılarak evaporatif (buharlaştırma) yolla serinlemeye çalışırlar.
- ✓ Yine soğuk zemine basan kuşların tek ayak üstünde durup diğer ayağını göğüs tüylerinin arasında ısıtması davranışsal stratejilerden bir diğeridir.



Ateş

- ✓ Merkezi ayar noktasının daha yüksek bir değere ayarlanması sonrası vücut sıcaklığının normal değerler üzerinde olmasıdır. Hipertermi ise ayar noktasında herhangi bir değişiklik olmaksızın vücut ısısının yükselmesidir.
- ✓ Bir çok protein, protein yıkım ürünü, bakterilerin salgıladığı lipopolisakkarit yapısındaki toksinler ve endotoksinler hipotalamustaki termostatın ayar noktasını yükseltir. Bu etkiyi yaratan maddelere pirojenler denir. Hastalıklarda ateş yükselmesi bakterilerin salgıladığı veya hasarlı dokulardan salınan pirojenler nedeniyle olur.
- ✓ Pirojenler lökositler, makrofajlar ve büyük granüllü katil lenfositler tarafından fagosite edilir. Bu hücreler bakteri ürünlerini sindirdikten sonra kana IL-1, IL-6 ve TNF- α gibi endojen pirojenler salgırlar. Bunlar beyne ulaştınca lokal endotel hücreleri ve mikroglia hücrelerinden PGE₂ salınımına yol açıp, 8-10 dakikada hipotalamustaki termostatın ayar noktasını yükselterek ateş oluşumuna neden olurlar (Humoral hipotez). Aspirin, ateş düşürücü etkisini prostoglandin sentezini engellemesine borçludur. Enflamasyon sırasında aktive olan komplement sistemi üyesi C5a karaciğerde PGE₂ salınımını uyarır. PGE₂ ise nervus vagus üzerinden hipotalamusu uyararak ateş oluşturur (nöral hipotez).



Torpor

- ✓ Torpor (letarji, uyuşukluk): Bazı küçük memeliler ve kuşlarda görülen, metabolik süreçler ile enerji harcanmasını azaltıp tüm vücut fonksiyonlarını minimuma düşüren uyuşuklukla karakterize fizyolojik uyku durumudur. Besin ve su kıtlığında hayvanın birkaç günden birkaç haftaya kadar hayatta kalmasını sağlar (açlık uyuşukluğu, günlük uyku uyuşukluğu, açlık veya soğuk uykusu).
- ✓ Fizyolojik olarak kış uykusuna benzer, ancak soğuk, ışık azlığı ve hormonal mekanizmalar burada etkili değildir. Sadece besin yetersizliği ve buna bağlı kilo kaybı etkilidir. Kış uykusunda olduğu gibi vücut sıcaklığı radikal bir şekilde düşürülmez. Ortam uygun olunca hayvan kendiliğinden uyanır. Hayvan belirli bir süre için kendi isteğiyle fizyolojik bir hazırlık yapmaksızın torpora girer. Kış uykusu ise zorunlu ve ön hazırlıkların yapıldığı (yağ depolama, hormonal değişiklikler, vs) bir süreçtir.

Sinek kuşu: Çok yüksek bir metabolik hıza sahiptir. İhtiyacı olan enerjiyi tasarruf etmek için çok soğuk gecelerde torpor yaparak vücut sıcaklığını 40 C°den 20 C°'ye düşürür ve birkaç saatlikte olsa %90 enerji tasarrufu sağlar

