

# Vücut Sıcaklığı ve Termoregülasyon

(17-18 Güz)

1

## \* Homeostasis

- \* Tüm canlı hücrelerde metabolik olaylar süreklidir.

$$\text{Kimyasal Ener} = \text{Faydalı Ener} + \text{Isı Ener} + \text{Depo Ener}$$

- \* İnsan ve hayvanlarda bu canlılık olaylarının devamı için;
  - Uygun bir vücut sıcaklığı gereklidir
  - Enzim sistemleri
- \* Canlının varlığını sürdürebilmesi, içinde bulunduğu çevreye gerekli fizyolojik ve davranışsal adaptasyonları gösterebilmesine bağlıdır.
- \* Evcil hayvanların performans ve verimleri üzerine etkili iki önemli faktör vardır. Genetik yapı ve Çevre
- \* Çevre → Bakım, İdare, Besleme, Hastalık, Klimatik Faktörler

2

## Isı = Sıcaklık ??

### Isı:

- Enerjinin bir formudur (*Joule* ya da *Kalori*)
- Bir cismin uzamasına, genişmesine, erimesine, buharlaşmasına, sıcaklığının artmasına ya da bir iş yapmasına sebep olan fiziksel enerjidir.
- Eğer bir cisme ısı verilirse o cismin sıcaklığı ↑

### Sıcaklık:

- Bir cismin sıcaklığının ya da soğukluğunun ölçüsüdür
- Duyularla algılanır
- Termometre ile ölçülür (*Celcius*, *Fahrenheit*, *Kelvin*)

3

## Fiziksel Isı İletim Yolları

1. Kondüksiyon
2. Konveksiyon
3. Elektromanyetik radyasyon
4. Evaporasyon

4

## Kondüksiyon

- Birbirine değen iki cisim arasındaki ısı alışverişidir.
- İletilen ısının miktarı
  - İki cisim arasındaki ısı farkına
  - Cisimlerin iletkenlik derecelerine
  - Temas yüzey alanı
- Termal izolatör-Hava; Termal kondüktör-Bakır, Su
- Sıcak havalarda suya girildiğinde
- Yalın ayak beton zemin ya da halıya basıldığında
- Bu yolla hem dış ortamdan ısı alınır hem de dış ortama ısı verilir.
- Küçük memeli ve kanatlılarda operasyon sırasında hipotermi şekillenme olasılığı

5

## Konveksiyon

- Cismin çevresinde bulunan sıvı ya da gazın ısınarak yerini daha serin olan sıvı ya da gaz ile değiştirmesi.
  - Deri yüzeyinde ince bir sıvı tabakası ve bunun da üzerinde türe göre farklı kalınlıkta ılık bir hava tabakası bulunur.
  - Bu iki tabaka soğuk havalarda kondüksiyon ve radyasyon ile vücuttan ısı alır ve yoğunlukları azalır.
  - Bir kısım sıvı gaz haline gelir ve bir kısım hava da deriden uzaklaşır.
  - Bu şekilde vücuttan uzaklaşan havanın yerini serin hava alır.
- Bu yolla ısı alışverişi normalde pek önemli değildir.
- Ancak rüzgar ve suya girilme gb. etmenler bu yolu oldukça etkin kılar.

6

## Elektromanyetik Radyasyon

- Birbiri ile temasta olmayan iki cisim arasındaki ısı alışverişidir.
- Güneşi örten bulutların geçmesinden sonra hissedilen sıcaklık gb.
- Tüm katı cisimler görünmeyen EM dalgalar yayarlar. (EM radyasyon) (Spektrumun infrared frekans aralığında)
- Bir cismin ısısı ne kadar yüksekse çevreye EM dalgalar halinde geçen ısının miktarı artar.
- Bu EM dalgalar başka bir objeye çarptığında bazıları absorbe edilir ve böylece ısı bir cisimden diğerine transfer edilmiş olur.

7

## Elektromanyetik Radyasyon

- Tüm objeler radiant ısı yaymalarına rağmen net ısı transferi her zaman sıcaktan soğuk objelere doğrudur.
- Bir canlı radyasyon yoluyla hem ısı kaybedebilir hem de ısı kazanabilir.  
Ör: Hayvanın içinde bulunduğu barınağın duvarlarının ve zemininin ısısı.

8

## Solar radyasyon ile ısı kazancına etkili faktörler

- Güneşle etkileşen vücut yüzeyi alanı
- Kürk kıllarının rengi ve düzenlenme şekli (Zebra, kutup ayısı, deve)
- Çevrenin özellikle yeryüzünün yansıtması (Kar, kum, su, vejetasyonlu bölge)

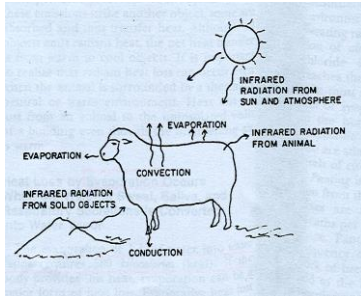
9

## Evaporasyon

- Buharlaştırma yolu ile ısının kaybedilmesidir.
  - Sıvı mol.leri oldukça yavaş hareket ederler.
  - Bu mol.lere kinetik ener. verilirse gaz haline geçerek buldukları sıvı ortamdan ayrılırlar.
  - *Buharlaştırmanın latent (gizli) ısısı* (1 gr su için 0.54 Kcal)
- İnsensile evaporasyon
  - Vücuttan deri yüzeyine difüzyonla sürekli su geçişi
  - Solunum yollarından buharlaştırma
- Özellikle çevre sıcaklığının vücut sıcaklığına yaklaştığı ya da geçtiği durumlarda önem kazanır.
- Havadaki nem oranından etkilenir. (çöl havası, tropikal ormanlar)

10

## Dış ortam ile ısı alış veriş



11

## Memelilerde dinlenme halinde mg ısının vücut dışına verilmesinde çeşitli mekanizmaların etkinlik dereceleri

<b>Radyasyon</b>	37 %
<b>Kondüksiyon-Konveksiyon</b>	29 %
<b>İnsensile Evaporasyon</b>	
<b>Akciğer</b>	14 %
<b>Deri</b>	11 %
<b>Diğer</b>	9 %

12

## Vücut sıcaklıklarının çevre sıcaklığı ile olan ilişkilerine göre hayvanların sınıflandırılması

Thermoconformer – Thermoregulator  
Soğukkanlı – Sıcakkanlı  
Poikiloterm – Homeoterm  
Ektoterm – Endoterm

13

## Ektoterm Hayvanlar

- Balıklar, sürüngenler ve amfibialar
- Vücut sıcaklıkları sabit değildir, çevre sıcaklığına bağlı olarak değişir.
- Vücut sıcaklıklarında mg büyük değişiklikleri önlemek için davranışsal metotları kullanırlar (Ör: kertenkele)
- Çevre sıcaklığı ↑ vücut sıcaklıkları da ↑
- Çevre sıcaklığı ↓ vücutlarındaki oksidasyon olayları ↓
- Vücut sıcaklıklarının 0-1°C'ye kadar düşmesine dayanabilirler
- Uyku benzeri bu hareketsizlik ve minimal metab. halinden uyanabilmeleri tamamen Çev. Sic.na bağlıdır.

14

## Endoterm Hayvanlar

- Kanatlılar ve memeli hayvanlar
- Çevre sıcaklığında önemli değişiklikler olmasına karşın vücut sıcaklıklarını oldukça değişmez tutarlar.
- Bu nedenle sıcaklığı oldukça geniş sınırlarda değişen çeşitli çevrelerde yaşayabilirler.
- Düzenli ve sürekli besin alımına ihtiyaçları vardır. Poikilotermiler ise daha az enerjiye ihtiyaç duyarlar ve besin kıtlığı durumunda daha kolay hayatta kalabilirler.
- Çevre sıcaklığı ↓ vücutlarındaki oksidasyon olayları ↑
- Vücut sıcaklıklarının alt sınırı 20°C, üst sınır 45°C

15

## Heteroterm Hayvanlar

- Kedi, köpek, fare ve güvercin yavruları ile civcivler
- Genelde dünyaya yuvasız, derisi çıplak, gözleri kapalı ve dolayısıyla yardıma muhtaç olarak gelen yavrular.
- Normalde homeoterm grubunda yer alırlar.
- Doğduktan sonraki ilk birkaç gün için poikiloterm hayvanlara benzerler.
- Vücut sıcaklığını düzenleme yetenekleri doğumdan ~10-15 gün sonra etkin hale gelir ve gerçek homeoterm niteliğini kazanırlar.

16

## Vücut Sıcaklığı

- Vücutta sıcaklık farklılıkları
  - Karaciğer
  - Rumen
  - Rektum (*enterit, dışkı*)
  - Vagina
  - Ağız boşluğu
  - İskelet kasları (*Bazal met. 20%; egzersiz 90%*)
  - Akciğerler
  - Deri (*30-36*) (*Ekstremiteler, kulak- burun (22-24), alın, göğüs, karın*)
  - Tırnak, kıl, boynuz
- Ortalama vücut sıcaklığı
  - $0.33 \times \text{ort. deri sıcaklığı} + 0.67 \times \text{rektum sıcaklığı}$
- Normal vücut sıcaklığı

17

## Rektum sıcaklığı üzerine etkili faktörler

- **Gün içi değişimler:** *sabah düşük, ÖS yüksek (0,5-1,5°C) Diurnal sıcaklık. Nocturnal hay.lar, Deve (Isı depolama, 36-38°C, 34-41°C)*
- **Besin alımı:** *Sind sırasında biraz artar, uzun süreli açlıkta düşer*
- **Tür:** *Kanatlılarda daha yüksek*
- **Yaş:** *Gençlerde daha yüksek*
- **Cinsiyet:** *Dişilerde daha yüksek, değişim sınırları daha geniş. Kadınlarda P4 (0,5-0,8°C), ineklerde östrusta 0,7-1°C artar. İneklerde gebeliğin son haftası artar (40), doğum sırasında 0,5-1°C düşer*
- **Aktivite:** *Kassal çalışmada 1°C artar*
- **Diğer:** *Çevre sıcaklığı, nem oranı, dinlenme hali, uyku, antipiretik ilaçlar, iyot preparatları (vasodilatasyon), tavuklarda tüy dökümü*

18

## Hayvan türlerinde ortalama rektum sıcaklığı (°C)

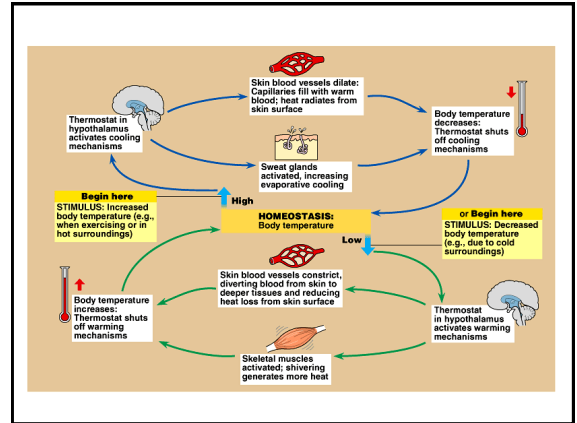
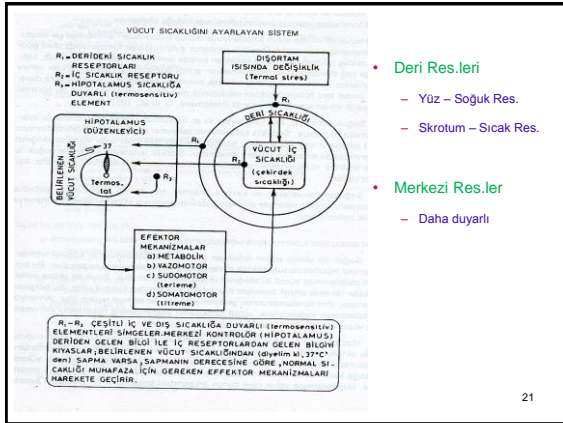
• At	37.6	(37.2-38.1)
• İnek	38.6	(38.0-39.3)
• Koyun	39.1	(38.3-39.9)
• Köpek	38.5	(37.4-39.0)
• Kedi	38.6	(38.1-39.2)
• Tavuk	41.7	(40.6-43.0)
• Hindi	40.5	(40.0-41.5)

19

## Vücut sıcaklığının düzenlenmesi

- **Hipotalamus'ta**
  - Sıcağa duyarlı nöronlar (Anterior H.)
  - Soğuğa duyarlı nöronlar (Posterior H.)
  - Isı kaybı ile ilgili mekanizmaları harekete geçiren nöronlar
  - Isı üretimi ile ilgili mekanizmaları harekete geçiren nöronlar

20



## Isı metabolizması

- **Termoregülasyon**
  - Isı kaybı – Isı kazancı arasında denge (Hipertermi, Hipotermi)
- **Vücutta ısı üretimi,**
  - Metabolizma olayları sonucu
  - Radyasyon, kondüksiyon ve konveksiyonla dışarıdan
- **Vücuttan ısı kaybı,**
  - Radyasyon, kondüksiyon ve konveksiyon
  - Deriden ve sol. yollarından evaporasyon
  - Dışkı ve idrar atılımı

23

## Vücut içinde ısı dağılımı

- Metabolik ısı kaynakları ⇒ KC, kalp, kaslar\*
- Vücudun başlıca ısı kaybetme bölgesi ⇒ Deri, AC
- Vücut içinde üretilen ısıнын ⇒ Vücut yüzeyine transferi
- Vücut dokuları ısıyı iyi iletmezler
- Vücudun ısı iletim ortamı ⇒ Kan

24

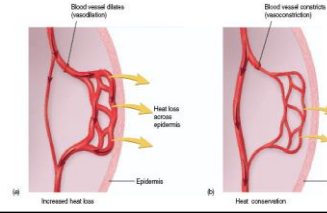
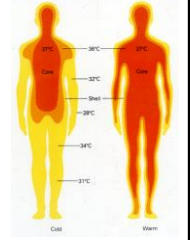
## Kan dolaşımı ile vücut içinde ısı dağılımı

- İç organlar ile deri arasında ısı alış veriş
- Dokular arası sıcaklık farkını azaltma  
En sıcak kan (aktif doku) + serin kan (deri)  
⇒ sıcak kan (sağ vent → AC.lere)  
⇒ Ilık kan (sol vent → sistemik dolaşım)  
Dokuların ısı iletkenliği – damar zenginliği – içlerinden geçen kan mik.
- Deriden ısı kaybının kontrolü (Vazomotor kontrol 19-30°C)  
Periferik vazodilatasyon,  
Periferik vazokonstriksiyon
- Arteriyovenöz anastomozlar
- Ters akım alış veriş sistemi  
Bölgesel heterotermi, Testisler, Beyin

25

## Vazomotor kontrol

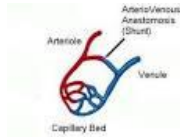
- Periferik vazokonstriksiyon
- Periferik vazodilatasyon
- Sempatik vazokonstriktör sinir telleri
- Bradikinin
- 19°C ↓ - Serinleme bölgesi
- 31°C ↑ - Evaporatif kontrol bölgesi



26

## Arteriyovenöz anastomozlar

- Isı kaybının fazla olduğu vücut bölgelerinin derisinde (kulak, ekstremiteler gb)
- Çap → A-V anastomoz > Kapıllar
- Kan akımına karşı direnç
- Sıcak ortam – soğuk ortam



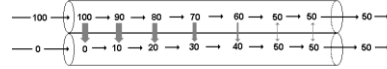
27

## Ters akım alış veriş sistemi

### Countercurrent Exchange Principles

#### Concurrent Flow (both flows are in the same direction):

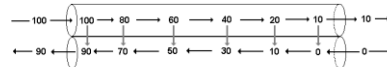
This only allows the two fluids to come into equilibrium.



Note the gradient for diffusion is steep at first but diminishes to zero.

#### Countercurrent Flow (flows are in opposite directions):

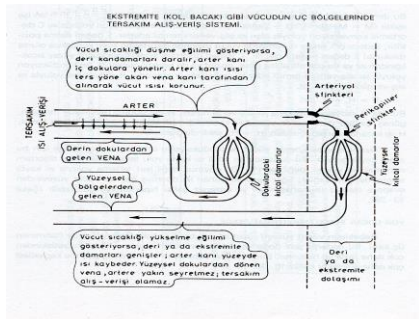
This allows almost all of the material (or heat) to transfer from the donor stream to the acceptor stream.



There is always a favorable gradient for diffusion from the donor stream to the acceptor stream.

28

## Ters akım alış veriş sistemi

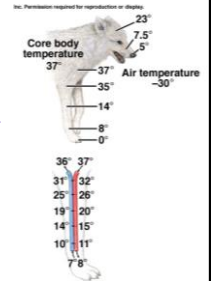
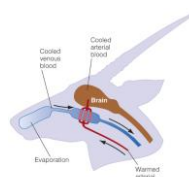


29

## Ters akım alış veriş sistemi

- Bölgesel heterotermi
  - Çevre ile sıcaklık farkı
  - Metabolizma ve doku ihtiyacı

- Beyin, testis (Rete-pleksus)  
Kedi, köpek, koyun, keçi, siğiri, antilop...  
İnsanda V. Jug. Interna // A. Car. Com



30

## Deri ile çevre arasında ısı alış verişİ

- Radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon
- Deriden ve sol yollarından evaporasyon (Insensible evap.)
- **Evaporatif Kontrol**
  - Çevre sic. > 31°C (egzersiz), nem oranı
  - Terleme (perspirasyon)
  - Sıcaklık polipnesi
  - Tükrük sekresyonu (Salivasyon)

İnsan	At	Deve	Sığır	Koyun	Keçi	Demuz	Köpek	Kedi	Tavşan	Kuşlar
TERLEME	TERLEME	TERLEME	TERLEME	TERLEME	TERLEME	TERLEME	TERLEME	TERLEME	TERLEME	TERLEME
POLİPNE	POLİPNE	POLİPNE	POLİPNE	POLİPNE	POLİPNE	POLİPNE	POLİPNE	POLİPNE	POLİPNE	POLİPNE
TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU	TÜKRÜK SEKRESYONU

Sekil 6. İnsan ve bazı memelilerin hayvanlarda beklenenlerle in hayvanlarda terleme ve polipnesinin etkinlik düzeyleri.

31

## Terleme – Perspirasyon

- Hipoosmolar, Na, Cl, K, üre, laktat
- **Ekrin bezler:**
  - Basit tubuler, Seröz sekresyon, Semp. Kolinerjik
  - İnsan ve primatlar deride (termoregulatorik)
  - Kedi ve köpeklerin ayak tabanında (frikksiyonel direnç)
- **Apokrin bezler:**
  - Kıl folikülleri ile ilişkili. Adrenerjik
  - İnsan aksilla, köpek deri (*feromon*)
  - At, deve, sığır, koyun, keçi (*termoregulasyon*)
- Aldosteron
- Aklimatizasyon yok 15-30 gr/gün (1 lt/h)
- Aklimatizasyon var 3-5 gr/gün (2-3 lt/h)

32



33

## ISI YAPIMI-Termogenez

- Metabolizma olayları sonucu
- Radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon
- **> BMH**
  - Egzersiz
  - Çevre sıcaklığının düşmesi (*Kritik çevre sıcaklığı*) (*Termonötral bölge*)
  - Spesifik dinamik etki
  - Kas tonusu yoluyla ısı yapımı
  - Titremeyele ısı yapımı (uyarım eşiği-deri ısısı)
  - Titremesiz ısı yapımı
    - Hormonların kalorijenik etkisi (Epi, NE, TRH, TSH, T3, T4)
    - Kahverengi yağ dokusu (fare, sıçan, kuzu, yeni doğan)

34

## Sıcakta termoregülasyon

- **Vazomotor Kontrol**
  - Periferik vazodilatasyon
  - Arteriovenöz anastomoz
- **Evaporatif kontrol**
  - Terleme (İnsan, at, sığır, koyun, keçi, domuz)
  - Sıcaklık polipnesi (Tavşan, kuş, köpek, kedi)
  - Tükrük sekresyonu (Fare)
- **Endokrin kontrol**
  - Adrenalin, noradrenalin, TRH, TSH, T3, T4, ADH
- **Davranışsal kontrol**
  - Serin yer arama, aktivite, besin alımı

35

## Soğukta termoregülasyon

- **Vazomotor Kontrol**
  - Periferik vazokonstrüksiyon
  - Ters akım alışveriş sistemi
- **Piloereksiyon, Kürk izolasyonu**
- **Davranış cevapları**
  - Sıcak yer arama, aktivite, iştah, kıvrılıp büzülme, birbirine sokulma
- **Titremeyele ısı yapımı**
- **Titremesiz ısı yapımı**
  - Hormonların kalorijenik etkisi (Epi, TSH, T3, T4)
  - Kahverengi yağ dokusu (fare, sıçan, kuzu, yeni doğan)

36

## Termoregülasyon Bozuklukları

- Hipotermi
- Hipertermi
  - Sıcak Çarpması
  - Ateş

37

## Hipotermi

- Vücut sıcaklığının normalin altına düşmesi  
(Kış uykusuna yatmayan endotermlerde)
- Şiddetli soğukta uzun süre kalma durumunda
  - \* vücut sic.ını değişmez tutmaya yönelik fiziksel ve kimyasal aktiviteler hızla yıpranır,
  - \* enerji depoları kısa sürede tükenir,
  - \* hipotermi
  - \* ısı üretimi ↓
  - \* MSSnde depresyon, sinirsel aktivitelerde gerileme
  - \* termoregülatör yeteneğın kaybolması

38

## Hipotermi

- Soğukta deri kan damarları önce daralır ve sonra felç olan vazomotor aktivite ile tekrar genişler ve deri kızarır, oksijeni çabuk tükendiğinden redükte Hb oluşur ve deri morarır
- Dolaşımda durgunluk → ödem, hemokonsantrasyon
- Uzun süre soğuk etkisi ile, kan iç organlara çekilir, AC kan dolaşımı azalır, kan venöz nitelik kazanır, asidoza yol açar
- 30-32°C - bilinçsizlik  
25°C - kalpte flutter ortaya çıkar.

39

## Hipertermi

### Sıcak Çarpması

- Güneş altında ya da sıcak ortamda uzun süre kalma
- Isı kazancı > Isı kaybı
- Radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon / Evaporasyon
- Su ve tuz kaybı → Dehidrasyon → vizkosite → dolaşım → kollaps → Senkop → bilinçsizlik
- Terleme - azalır → durur → Vüc Sic ↑ → metabolizma ↑

40

## Ateş (Pyrexia)

- İnfeksiyon veya inflamasyon
- Eksojen pirojenler (mo ve toksinleri, immün rxn'lar, superantijenler, lipopolisakkarit antijenler, bazı hormon, ilaçlar...)
- Lökositler
- Endojen pirojenler – sitokinler (IL-1, IL-6, TNFα)
- Prostaglandinler (PGE2)  
(periferik PGE2 ↑, nonspesifik eklem ve kas ağrısı)
- Artmış set point
- Soğuk cevabının başlaması
- ↑ Isı üretimi + ↓ Isı kaybı
- Ateş (Vücut sic.nın yeni ayar noktasına ayarlanması)
- Glukokortikoidler: PGE2, IL-1, TNFα üretimini inhibe  
Aspirin – NSAİ: PGE2 sentezini sağlayan siklooksijenazı (COX) inhibe eder.

41

## Kış Uykusu (Hibernasyon)

- Elverişsiz çevre koşullarında mg, hipotermi, bradikardi, afaji, solunum ve metabolik hızda ↓ ile karakterize olan bir inaktivite durumudur.
- Özellikle çevre sıcaklığı ve besin miktarının çok azaldığı kış aylarında enerjinin korunmasını sağlar.
- Tür, çevre sıcaklığı ve mevsime göre birkaç gün ya da birkaç hafta sürer.

42

### Kış Uykusu (Hibernasyon)

- Kirpi, köstebek, yarası, porsuk, tarla sincabı ve faresi, dağ sıçanı ve faresi (*Gerçek hibernantlar*)
- Elverişli çevre koşullarında termoregulasyon +, soğukta poikilotemler gb.
- Ayı ???
- Hibernasyonun nasıl başladığı  
Besin sağlamada güçlük,  
Çevre sıcaklığı, Gün uzunluğu,  
Vücuttaki besin depolarının fazlalığı,  
Kanda bulunan bir madde (HIT: Hibernation induction trigger)

43

### Hibernasyona girerken:

- Hibernasyona geçiş süresi  
Birkaç gün içerisinde – yavaş yavaş (tarla sincabı)  
Birkaç saat içerisinde – hızlı (dağ sıçanı)
- Vüc.Sıc. → Çev.Sıc.na ya da 1°C üzerine kadar düşer
- Çev.Sıc.<0°C → özel ısı yapımı ile Vüc.Sıc.>1°C
- Memeli hibernantlar, Vüc.Sıc.ları tehlikeli düzeye inince kendiliğinden uyanabilirler.  
(*Poikilotemlerin uyanması ise tamamen Çev.Sıc.na bağlı*)
- Lokal Çev.Sıc. tehlikeli düzeye düştüğünde dokuların donma tehlikesine karşı iki koruyucu mekanizma bulunur
  - \* Uyanmaksızın metab. hızını ↑
  - \* Tamamen uyanarak hızla ısınır

44

### Hibernasyon sırasında:

- Metabolizma hızı → BM 1/70
- Besin alımı yok
- Kalp atım sayısı → 5-6/dk
- Solunum sayısı → 1/dk
- Alınan O<sub>2</sub> mik. ve çıkarılan CO<sub>2</sub> mik. ↓
- Lökosit sayısı ↓
- Kan glukoz düzeyi ↓
- Böbrek fonk.u ↓
- çok az idrar oluşumu (urinasyon amacıyla uyanma)
- Tiroid, Böbrek üstü bezleri, Hipofiz ve Gonadların aktivitesinde ↓
- Birkaç kez uyanabilirler (birkaç h – gün)  
(Metab. atık ürünleri atılıp, önceden depolanmış besinler yenilir)

45

### Hibernasyondan uyanma:

- Titreme, kalp aktivitesi ve esmer yağ metab. ile bağlantılı olarak O<sub>2</sub> tüketimi ile ısı yapımında ani ↑
- Oluşan ısı kan ile ilgili organlara iletilir
- Kalp, AC, beyin ve baş ile göğüs boşluğundaki organlar karnı ve ekstremitelerden önce ısınır.
- Uyanmanın ilk dönemlerinde göğüs-karın boşluğu arası sıcaklık farkı 20°C'yi bulabilir.
- Dolaşım koordinasyonu SSS'nin vazokonstriktör sinir telleri organize eder.

46

### Yaz Uykusu (Estivation)

- Sıcak ve kurak iklim bölgelerinde yaşayan bazı hayvanlarda görülen uyku-uyuşukluk arası inaktivite dönemi.
- Vücut fonksiyonları oldukça ↓
- Kurbağalar  
Timsahlar  
Tropik bölgelerde yaşayan bazı balıklar  
Sincap  
Salyangoz

47