

# Терморегуляция

Совокупность процессов,  
обеспечивающих  
поддержание биологически  
оптимальной температуры  
тела

# Классификация организмов по способам обеспечения температуры тела



**ГЕТЕРОТЕРМНЫЕ-**  
**КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**  
**ИХ ТЕЛА**  
**ПРЕВЫШАЮТ ГРАНИЦЫ,**  
**ХАРАКТЕРНЫЕ**  
**ДЛЯ ГОМОЙОТЕРМНЫХ.**  
**(ЗИМНЯЯ СПЯЧКА, ЖИВОТНЫЕ**  
**С МАЛЫМИ РАЗМЕРАМИ ТЕЛА)**







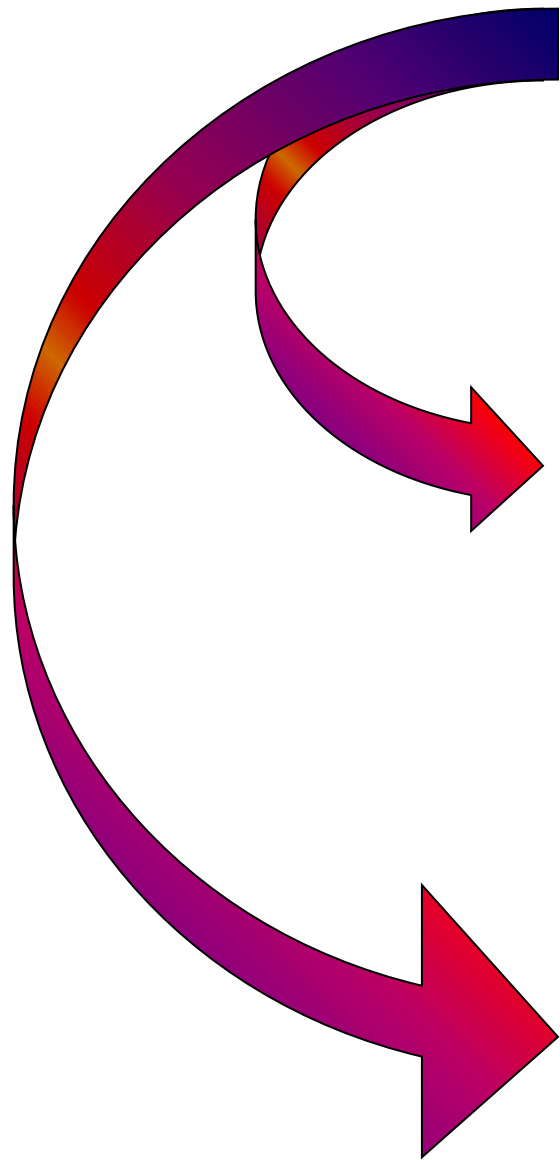








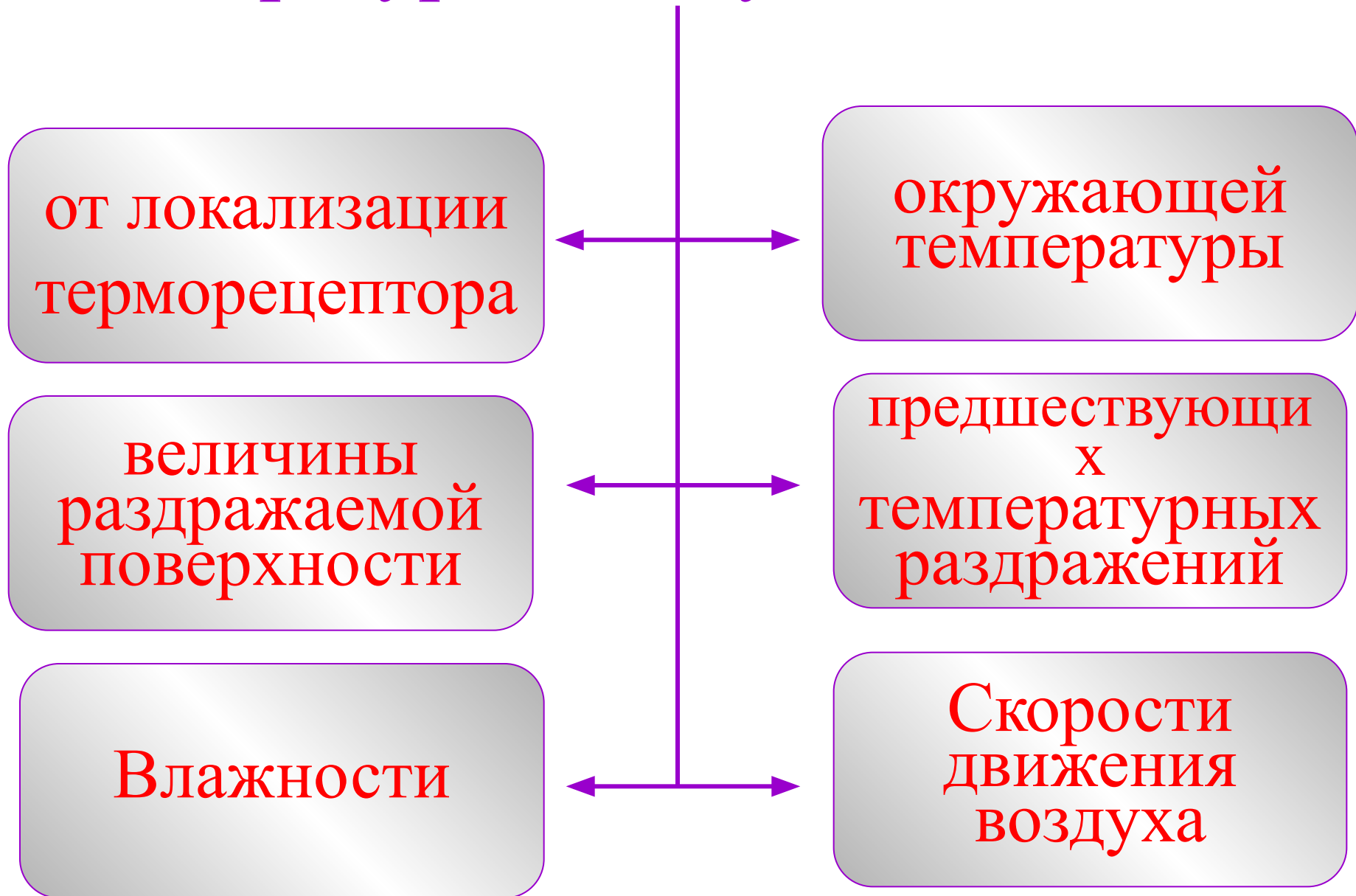
# Зона температурного комфорта



для одетого  
человека  
– 18 – 20° С,

для раздетого  
человека  
– 26 – 29° С,

# Температурные ощущения зависят



# Температурный контраст

- Если руку погрузить в воду, нагретую до  $27^{\circ}\text{C}$ , а затем перенести в  $24^{\circ}\text{C}$ ,
- то возникает ощущение холода.
- $31^{\circ}\text{C}$  после  $34^{\circ}\text{C}$  также вызовет ощущение холода
- Эти явления называются температурным контрастом.

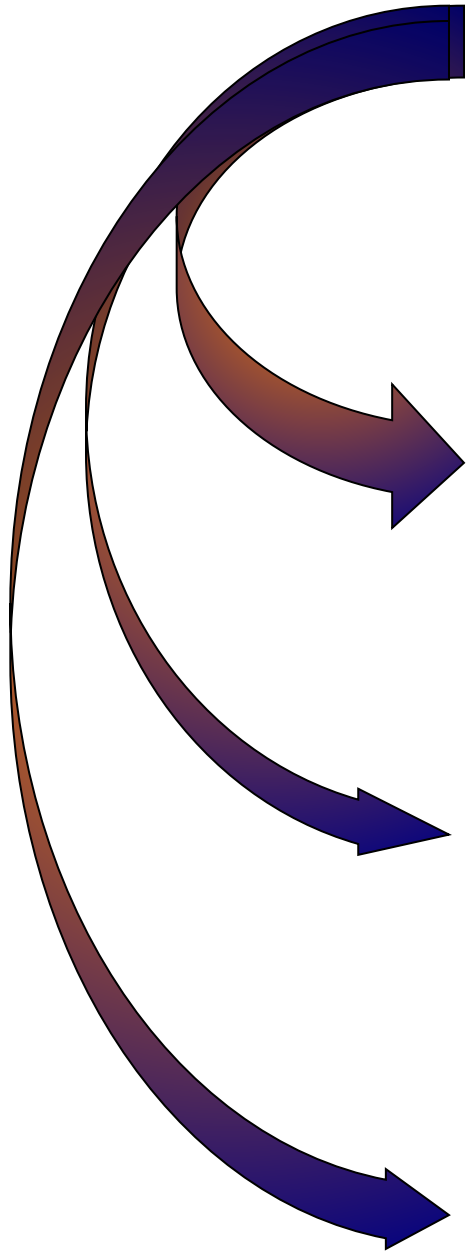
# «Ядро» тела.

- Это внутренние части тела, составляющие примерно 50% его массы.
- К «ядру» условно относят мозг и внутренние органы
- Температура ядра  $36,7 - 37^{\circ} \text{C}$ .
- В разных участках ядра температура может колебаться на  $0,2 - 1,2^{\circ} \text{C}$ .

## «Оболочка» тела.

- Это поверхностный слой тела, толщиной 2,5 см или более.
- Температура оболочки зависит от:
  - локализации участков оболочки;
  - внешней температуры.

# Изменения температуры тела



**Изотермия**

**Гипотермия**

**Гипертермия**

# Изотермия.

- Это постоянство температуры сердцевинны тела, несмотря на колебания внешней температуры. Составляет  $36,7 - 37^{\circ}\text{C}$ .
- Обеспечивается регуляцией процессов теплопродукции и теплоотдачи.

# Гипотермия

- Снижение температуры тела до  $35^{\circ}\text{C}$  и более.
- Причины.
  - 1. Низкая внешняя температура;
  - 2. Низкая теплопродукция;
  - 3. Высокая теплоотдача



# В клинической практике используют гипотермию.

- Тело охлаждают до 24 – 28°C.
- Уменьшается потребность нервных клеток в O<sub>2</sub>
- и есть возможность проводить операции на сердце и ЦНС,
- выключая кровообращение на 15 – 20 минут, вместо 3 – 5 при нормальной температуре.

# Гипертермия

- Это повышение температуры тела выше  $37^{\circ}\text{C}$ .
- **Причины:**
  - 1. Высокая температура внешней среды;
  - 2. Недостаточная теплоотдача;
  - 3. Избыточная теплопродукция.

- Предельная температура для выживания короткое время -  $43^{\circ}\text{C}$ .
- Более длительное время –  $42^{\circ}\text{C}$ .
- При температуре  $40 - 41^{\circ}\text{C}$  развиваются тяжелые поражения мозга.

**Температурные пределы  
жизнедеятельности  
теплокровных:**

- 35,8 – 37,8°C – биохимические процессы протекают нормально,
- 40 – 42°C – возникает тепловой удар из – за снижения активности ферментов,
- 43°C – денатурация ферментов,
- 31 – 34°C – возникает централизация кровообращения,
- 20 – 27°C – фибрилляция сердца, потеря сознания,
- 19,3°C – полный анабиоз.

**Функциональная система  
поддержания температуры  
тела.**

# 1) Терморепцепторы.

- Это окончания чувствительных волокон типа А- дельта и С.
- Различают:
  - а. по локализации
    - -экстерорецепторы (на коже)
    - -на внутренних органах,
    - -центральные (в спинном, среднем мозге, гипоталамусе),

б) По реакции на  
температурный раздражитель:

- ТЕПЛОВЫЕ И ХОЛОДОВЫЕ



# Холодовые рецепторы

- В коже, роговице, мошонке их больше, чем тепловых.
- В коже **холодовые** рецепторы находятся в эпидермисе,

# Тепловые рецепторы

- находятся в верхнем и среднем слоях собственно кожи.
- Кожные рецепторы передают сигналы в центр терморегуляции
- об изменениях температуры среды.
- Обеспечивают формирование температурных ощущений.

# Интерорецепторы

- Расположены в кожных венах, в венах органов, продуцирующие тепло.
- Раздражение их обеспечивает вегетативные реакции, связанные с терморегуляцией
- (теплопродукцию, теплоотдачу, сосудистые реакции).

# В ЦНС

- термочувствительные нейроны имеются в гипоталамусе,
- ретикулярной формации среднего мозга.
- Из них 80% тепловые.

# Центральные термосенсоры

- возбуждаются при
- их непосредственном охлаждении или нагревании на  $0,011^{\circ}\text{C}$ .
- Изменяют интенсивность теплопродукции и теплоотдачи в целом организме.

# Проявления активности рецепторов.

- Информация о раздражителе кодируется изменением частоты импульсации и интервалов между импульсами.

# Холодовые рецепторы.

- Постоянная импульсация наблюдается при  $t^{\circ} 26-32^{\circ} = 10$  импульсов в секунду.
- При быстром охлаждении возникает резкое учащение, затем стабилизация на одном уровне.
- При быстром согревании – урежение и стабилизация на новом уровне.

# Тепловые рецепторы

- Стационарная импульсация (4имп/сек. при  $t$  38 – 40°).
- При охлаждении или согревании
- урежение импульсации
- и увеличение интервалов между импульсами.



# Афферентный путь температурной чувствительности.

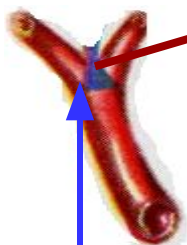
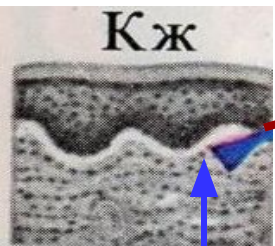
- 1-ый нейрон – в спинальном ганглии.
- 2-ой нейрон – в спинном мозге, затем перекрест.
- 3-ий нейрон – в таламусе,
- затем сигнал поступает в заднюю центральную извилину.

- Информация декодируется в виде ощущений.
- Одновременно сигнал поступает в гипоталамус, где находится центр терморегуляции.

# Аппарат управления

- Это лимбико-ретикулярный комплекс (ЛРК) и гипоталамус.
- **Обеспечивает:**
  - - автоматизированное управление температурой тела через АНС и ЖВС
  - - формирует поведенческую реакцию.

# Схема работы центра терморегуляции гипоталамуса



**Охлаждение**



**Центр  
тепло-  
продукц  
ии**



**Стимуляция  
образования  
и сохранения  
тепла**



**Центр  
тепло-  
отдачи**



**Снижение  
теплоотдачи**



**— Возбуждение**  
**— Торможение**

# Аппарат исполнения

- Температура тела поддерживается процессами
- теплопродукции и
- теплоотдачи.

# Теплопродукция (термогенез)

## Химический

Фосфорилирование

Окислительное

Неокислительное

## Сократительный

Тонические  
сокращения

Ритмические  
сокращения

Холодовая дрожь

# Способы теплоотдачи

```
graph TD; A[Способы теплоотдачи] --> B[Испарение]; A --> C[Конвекция]; A --> D[Теплопроводение]; A --> E[Теплоизлучение];
```

Испарение

Конвекция

Теплопроводение

Теплоизлучение



# **Характеристика способов теплопродукции.**

# Химический термогенез

- а) Окислительное фосфорилирование Б, Ж, У, при этом 25% энергии превращается в тепловую.
- Активируется:
- -физической активностью:
  - ходьба – в 3 – 4 раза,
  - работа – в 7 – 10 раз,
- - адреналином (при эмоциях, страхе).

## б) Неокислительное фосфорилирование

- – в тепло превращается 75% энергии.
- Активируется при снижении температуры в течение нескольких дней .
- При этом увеличивается выработка тироксина, адреналина.

- В результате – распад жира в адипоцитах
- и выход ЖК в кровь,
- их окисление с образованием тепла.
- Используется бурый жир (особенно у новорожденных;
- содержит много цитохрома – отсюда название).

## 2) Сократительный термогенез.

- а) 60% теплопродукции в покое образуется за счет тонуса мышц.
- При снижении температуры внешней среды на 2°C относительно уровня комфорта появляются
- терморегуляторные тонические сокращения,
- развивающиеся в области мышц спины, шеи и некоторых других областей.

- Теплопродукция возрастает на 40 – 50%.
- Повышение тонуса мышц происходит путем активации  $\gamma$  – мотонейронов.
- При этом формируется поза, уменьшающая теплоотдачу.

## б) Холодовая дрожь

- – непроизвольное сокращение мышц по типу зубчатого тетануса.
- Возникает при снижении температуры сердцевинны тела.
- Осуществляется через активацию  $\alpha$  – мотонейрона.

- Ритмические сокращения при физической активности, повышают температуру тела,
- т.к. мышечное сокращение это энергозатратный процесс,
- а большая часть энергии превращается в тепловую.

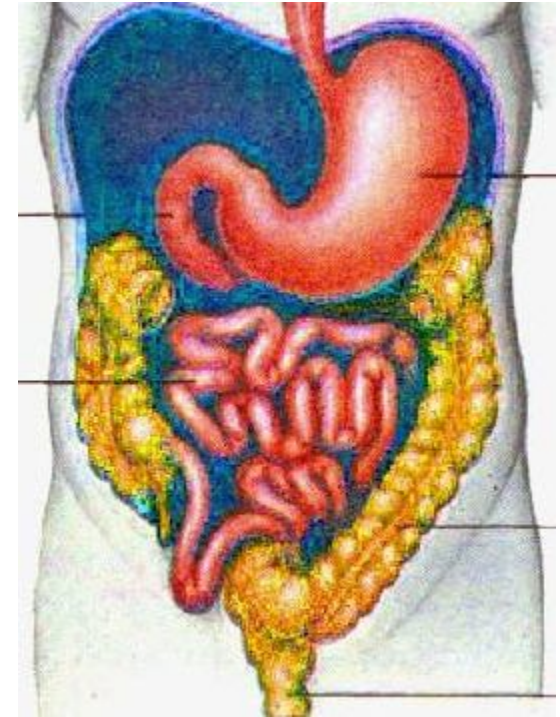


Органы, выделяющие тепло

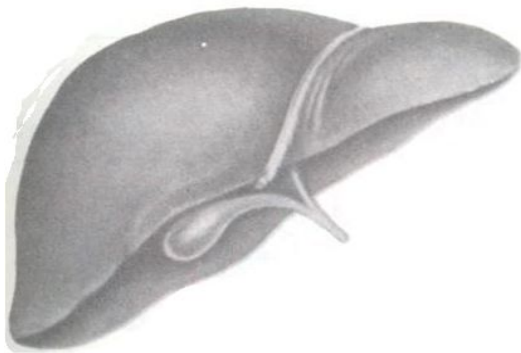


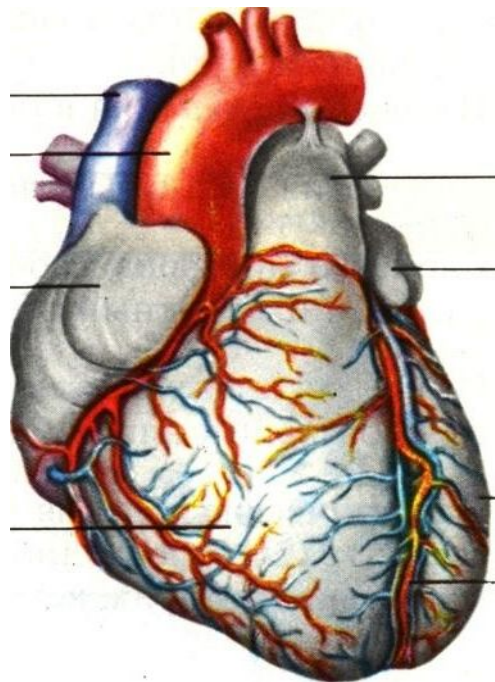
45%

14%



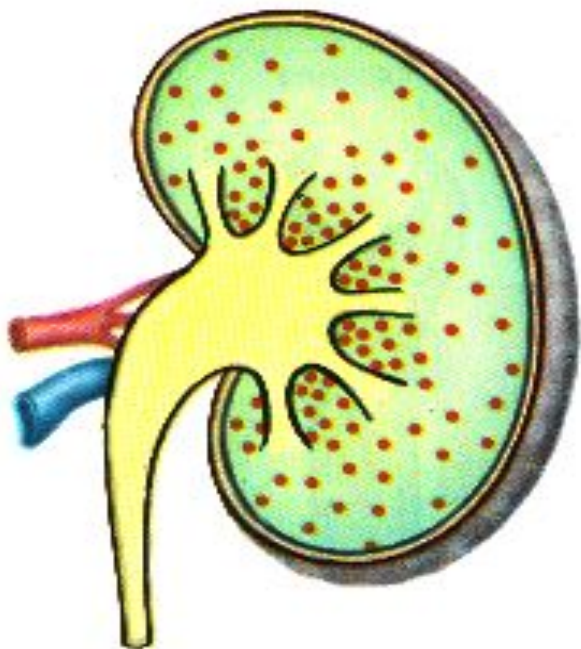
25%



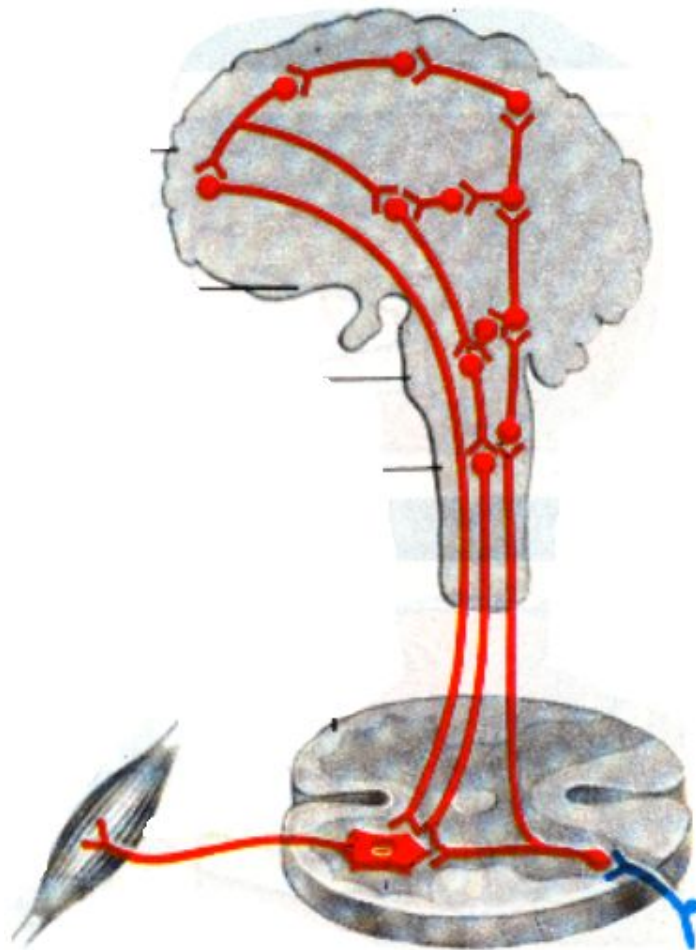


9%

15%



6%



# **Характеристика способов теплоотдачи.**

# Испарение

- На испарение 1мл. воды расходуется 580кал тепла.

# Через легкие

- испаряется в норме за сутки 350мл.  $H_2O$ .
- Это обеспечивает отдачу 8% тепла.
- Процесс регулируется частотой и глубиной дыхания (тепловая одышка).

# С поверхности кожи :

- В покое этим путем выводится 25% тепла.
- Связано с диффузией воды к поверхности кожи.
- Это так называемое неощутимое испарение.
- За сутки этим способом испаряется 500мл.  $H_2O$ .

- При повышении температуры тела
- неощутимое испарение
- дополняется работой ПОТОВЫХ ЖЕЛЕЗ.



# Потообразование

- При физической работе,
- при повышении температуры воздуха
- потообразование по сравнению с покоем
- может увеличиться в 10 – 20 раз
- и достичь 3,5 – 12л в час .

- Но охлаждение за счет испарения
- требует адекватного поступления воды
- и эффективно при низкой влажности воздуха.

За счет испарения организм способен выдерживать достаточно высокие температуры.

- $T^{\circ} = 45^{\circ}\text{C}$  – выдерживается долго при поступлении воды.
- $T^{\circ} = 55^{\circ}\text{C}$  – 2 часа без повышения температуры тела.
- $T^{\circ} = 120^{\circ}\text{C}$  – (финская баня) тренированный человек – 20 минут.

# Конвекция

- Это теплоотдача за счет перемещения нагретого кожей воздуха и смены его на холодный.
- Увеличивается при большой скорости движения воздуха (ветре).
- Способ эффективен, если температура воздуха ниже температуры кожи.

# Теплопроводение

- Это отдача тепла нагретым телом
- менее нагретому
- (например, охлаждение при купании в водоеме).

# Теплоизлучение

- С поверхности кожи эффективно,
- если температура воздуха ниже температуры тела.
- При температуре воздуха  $20^{\circ}$  таким способом отдается  $70\%$  образующегося тепла.
-

- Только с поверхности непокрытой головы
- в зависимости от температуры воздуха
- отдается от 50 до 75% тепла.



# Кровоток и теплоотдача

- Излучение  
прямопропорционально  
зависит от величины кожного  
кровотока.
- Температура кожи  $19 - 30^{\circ}$   
является зоной вазомоторной  
регуляции теплоотдачи:

- При температуре кожи  $19 - 30^{\circ}$  и ниже – централизация кровообращения.
- Излучение при этом снижается.
- При температуре выше  $30^{\circ}$
- увеличивается кожный кровоток.
- Излучение увеличивается,
- но одежда препятствует теплоотдаче.

**Реакции организма на  
изменение температуры тела  
(нарушение изотермии).**

Гипертермия.

- 1) увеличивается кожный кровоток за счет перераспределения крови от мышц к коже.
- Поэтому снижается физическая, да и умственная работоспособность.
- 2) Повышается ЧД, ДО.
- 3) Повышается МОК (ЧСС↑).
- 4) Снижается теплопродукция.
- 5) Повышается потоотделение.
- 6) Формируется жажда.

- Если гипертермия связана с повышением температуры воздуха, высокой инсоляцией,
- то формируется поведенческая реакция избегания действия этих факторов
- и увеличения эффективности теплоотдачи.

Гипотермия.

- Активируются:
- 1) химический термогенез за счет гликолиза;
- 2) неокислительное фосфорилирование;
- 3) сократительный термогенез.



## 4) Снижается теплоотдача

- путем изменения (уменьшения) испарения
- и кожного кровотока,
- который регулирует излучение, конвекцию.

**Сердечно – сосудистые  
реакции при гипотермии  
имеют несколько этапов.**

# 1-ый этап

- Возникает сужение кожных сосудов,
- повышается АД,  
увеличивается ЧСС.
- Эти реакции направлены на снижение теплоотдачи
- и поддержание температуры сердцевины тела.

## 2 этап.

- Происходит адаптация к холоду:
- Связано это с повышением
- теплопродукции и установлением
- баланса между теплопродукцией и теплоотдачей
- в новых температурных условиях.
- При этом кожные сосуды расширяются, АД снижается, ЧСС снижается.

- Названные сосудистые реакции
- возникают не только в месте охлаждения,
- но и в отдаленных участках.
- Так, охлаждение стоп – расширение сосудов носоглотки,
- повышенная теплоотдача в этом месте и, как следствие,
- переохлаждение, воспалительные явления.

- При длительном действии холода
- наступает нарушение терморегуляции.
- Кожа становится синюшной, изменения АД и ЧСС
- разнонаправлены.

# Функциональная система терморегуляции

**Кора** — **Поведение**

**ЛРК—ГТ** → **АНС** →  
                  → **ЖВС** →

**Центр  
теплопродукции:**

- а. химический термогенез
- б. сократительный термогенез
- в. сосудистые реакции, снижающие теплоотдачу

**Центр теплоотдачи:**

- а. сосудистые реакции, увеличивающие теплоотдачу
- б. потоотделение
- в. снижение теплопродукции

**T<sup>0</sup> C → TR**

**Прямая связь**

**Обратная связь**



# Теоретические основы закаливания.

- Закаливание – это тренировка организма,
- его реакций, направленных на
- противодействие факторам,
- **изменяющим изотермию:**
- **низкие или высокие температуры, влажность, ветер и т. д.**

# Способы закаливания



Воздействие высоких температур

Воздействие низких температур

Чередование воздействия высоких и низких температур

Сочетание холода и физических нагрузок

# Эффекты закаливания

- При закаливании тренируются:
- сосудистые реакции,
- процессы теплопродукции и теплоотдачи,
- быстрая активация этих процессов при необходимости.
- Повышается иммунитет,
- физическая и умственная работоспособность.

# Закаливание холодом

---

- Это воздействие холодного воздуха,
- воды (в виде обливания, обтирания, душа, ванны),
- ходьба босиком.
- Экстремальные холодовые воздействия:
- ходьба босиком по снегу,
- растирание снегом,
- обливание на морозе,
- моржевание.

# Местные воздействия

- Это обливание холодной водой,
- холодные ванночки для кистей рук, стоп,
- полоскание холодной водой  
НОСОГЛОТКИ

# Закаливание теплом.

- Можно использовать солнечные ванны, сауну, баню.

# Чередование тепла и холода

- Например, из бани в прорубь.
- Местно:
  - – чередование горячих и ХОЛОДНЫХ ванночек
- для кистей и стоп,
- контрастное полоскание НОСОГЛОТКИ.



# Сочетание холода и физических нагрузок

- физические упражнения на холоде.