

* ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ



*Тема лекции:

- Понятие гомойотермии, пойкилотермии гетеротермии.
- Температура тела человека и ее суточные колебания
- Физическая и химическая терморегуляция
- Нервные и гуморальные механизмы регуляции изотермии
- **Гипотермия и гипертермия**

Температура тела человека и высших животных поддерживается на *относительно постоянном уровне*, несмотря на колебания температуры внешней среды.

Снижение температуры окружающей среды ниже (0 °C) может приводить к *разрушению* клеточных структур.

При температуре тела выше 45 °С происходит денатурация белков. Так как белки ответственны за все регуляторные функции живых организмов, поэтому их структурная и функциональная целостность (сохранность) жизненно необходима для организма.

*Изменение температуры тела влияет на:

- □ Скорость биохимических реакций
- □ На конформацию белков и других макромолекул
- □ На вязкость, поверхностное натяжение физиологических жидкостей
- □ На величину мембранного потенциала (процессы возбуждения)
- **□** На ЧСС
- На потребление кислорода

*Закон Вант - Гоффа -Аррениуса

При повышении или понижении температуры ткани на 10°С происходит соответственно повышение или понижение скорости химических реакций в 2-3 раза

^{*}Температурные точки

- температурный оптимум увеличение скорости биологических процессов с возрастанием температуры до определенного уровня;
- ▶ дальнейшее повышение температуры сопровождается замедлением реакции (может возникнуть денатурация белка) это температурный максимум

*Классификация организмов по механизмам гомеостатирования

Приспособление живых организмов к температурным условиям среды отмечаются на всех уровнях филогенеза и характеризуется большим разнообразием.

Полное подчинение изменению температуры среды (температурная конформация) свойственна <u>организмам-конформерам</u>

Большинство организмов противодействуют ее изменениям— <u>организмы - терморегуляторы</u>.

*Классификация живых организмов по механизмам гомеостатирования

по источнику тепла в организме

<u>ЭНДОТЕРМЫ</u> ЭКТОТЕРМЫ

по интенсивности метаболизма

ТАХИМЕТАБОЛИЧЕСКИЕ БРАДИМЕТАБОЛИЧЕСКИЕ

*Классификация живых организмов

по механизмам приспособления к температурным условиям среды

- Пойкилотермные
- Тетеротермные

(переходные формы температурных реакций)

Гомойотермия. В процессе эволюции у высших животных и человека (гомойотермные организмы) выработались механизмы, способные поддерживать температуру тела на постоянном уровне (изотермия) независимо от температуры окружающей среды.

Температура внутренних органов у них колеблется в пределах 36-38°C, способствуя оптимальному течению метаболических процессов, катализируя большинство ферментативных реакций и влияя в определенных границах на их скорость.





Оптимальная температура тела у человека составляет <u>37° C;</u> верхняя летальная температура — <u>43,4 °C</u>. При более высокой температуре начинается внутриклеточная денатурация белка и необратимая гибель; нижняя летальная температура составляет <u>24 °C</u>.

Из всех животных самыми жароустойчивыми являются курица и воробей — их верхняя летальная температура 47 °C, а самыми «холодоустойчивыми» — кошка и морская свинка, нижняя летальная температура которых составляет 18 °C.



Пойкилотермия. У беспозвоночных и низших позвоночных животных, а также у новорожденных детей отсутствуют совершенные механизмы поддержания температуры тела. В значительной степени <u>она определяется температурой внешней среды и колеблется в соответствии с ее изменениями</u>, в том числе сезонными.

В условиях пониженной температуры пойкилотермные животные впадают в особое состояние, называемое гипо- или анабиозом, при котором резко снижается активность ферментов и на минимальном уровне находится интенсивность обменных процессов.

Вместе с тем существуют некие механизмы, способные повышать температуру тела пойкилотермных организмов по сравнению с внешней температурой (рак, моллюск, черепаха, лягушка).

У **ящериц,** обитающих на большой высоте над уровнем моря, после пребывания на солнце температура тела может достигать **26** °C при температуре воздуха —**5** °C.





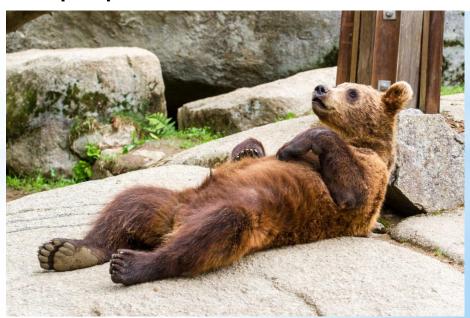
Гетеротермия – это

- 1) неустойчивый температурный режим организма в пространстве и во времени;
- 2) разный уровень температуры тела в зависимости от функциональной активности организма.

Гетеротермия свойственна гетеротермным животным, впадающим в спячку или оцепенение в неблагоприятный период года; при этом высокая температура их тела заметно снижается за счет замедленного обмена веществ (летучие мыши, суслики, ежи, птенцы, стрижи и др). В определенных условиях они проявляют свойства и пойкило-, и гомойотермии.

Анабиотические механизмы защиты сохранились и у высших животных (медведи); они проявляются в определенных условиях, например при гипобиозе.





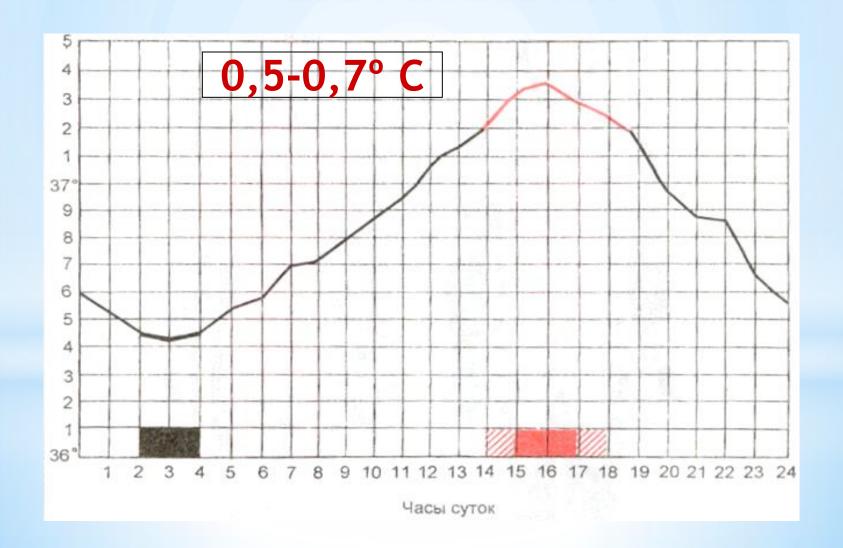
Температура тела человека и ее суточные колебания

Температура тела человека зависит от факторов:

- от процессов теплообразования и теплоотдачи;
- > от факторов внешней среды;
- > поведенческой активности.

Нормальная температура тела здорового человека претерпевает периодические колебания в пределах 0,5-0,7° С от минимума в утренние часы (3-4 ч утра) и до максимума в вечерние часы (16-18 часов вечера).

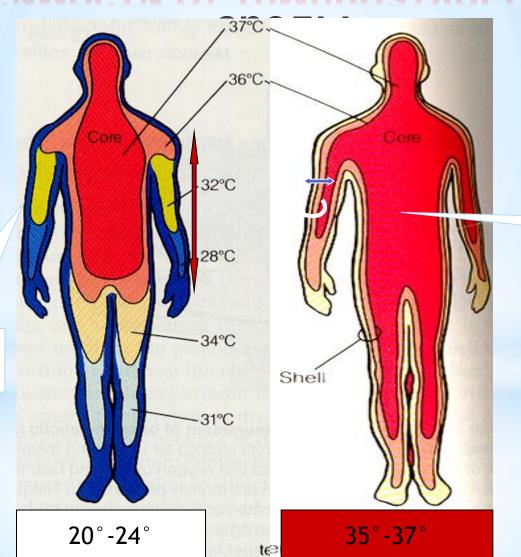
*Суточные колебания температуры тела человека



Мозг, внутренние органы грудной полости, брюшной и тазовых полостей составляют «ядро тела» или «сердечник», на их долю приходится около 70% всей теплопродукции. Кожа, подкожная клетчатка, поверхностные мышцы являются его «оболочкой».

Тепловой гомеостаз — определяют как способность к поддержанию на постоянном и высоком уровне температуры внутренних органов, т.е. «**ядра**» тела **от 36**° **до 41**°**С** у гомойотермных.

* Колебание температуры и соотношение масс тканей <u>«ядра»</u> и <u>«оболочки»</u> в зависимости от температуры внешней



ЯДРО

ОБОЛОЧКА

Температура оболочки может колебаться в пределах до 10°С и более. Температура ядра меняется не более чем на 2°С. Определение для кожи средневзвешенной температуры от 31°С до 34°С.

Таким образом, <u>тепловой гомеостаз</u> рассматривается лишь по отношению к «ядру тела». Температуру «ядра» можно измерить в нижней трети пищевода — вблизи сердца.

*ФОНОВЫЙ ТЕРМОГЕНЕЗ

Главным источником теплоты в организме являются его <u>глубокие структуры</u>, затем тепловая энергия распространяется к периферии (внутренний поток тепла), откуда часть ее отдается в окружающую среду (внешний поток).

В термонейтральных условиях **70%** теплопродукции организма приходится на **долю внутренних органов и мозга** (8% от массы тела).

Температура различных органов различна. Печень — расположенная глубоко внутри тела и большую теплопродукцию дающая имеет постоянную температуру $(37,8-38^{\circ}C)$. сравнению с кожей (29,5-33,5°C), которая зависит от окружающей среды. Изотермия присуща внутренним органам головному мозгу (на 1-2°C). Температурный градиент для головного мозга равен 1°C. Температура туловища и головы (33-34°C).

Истинной температурой тела, т.е. температурой, отклонение которой от нормы приводит к включению сложных механизмов саморегуляции, считают *температуру крови*, а именно крови правой половины сердца; она колеблется в пределах 37-38°C.

*Методы термометрии

ТЕРМОМЕТРИЯ

Медицинские термометры

(время экспозиции!!)

Электротермометры

ТЕРМОГРАФИЯ

(регистрируется инфрокрасное излучение)

- 1. Бесконтактный способ с помощью термографов
- 2. Контактный способ (пленка или жидкокристалическая паста)

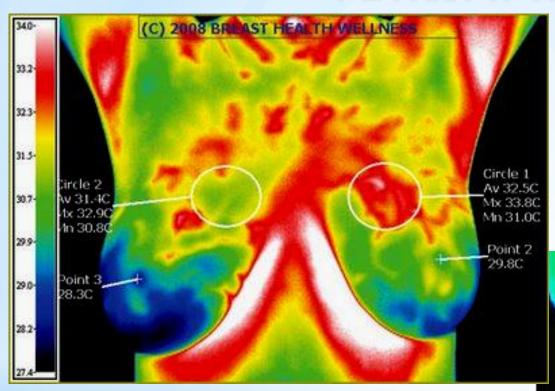
В медицинской практике температуру тела измеряют в подмышечной впадине, она равна **36,5**°-**36,9**°**С**. Учитывают, что температура подмышечной впадине ниже внутренней на 0,5°C. В клинике часто (особенно у грудных детей) измеряют температуру в прямой кишке ректально $(36,8^{\circ}-37,6^{\circ}C)$. В некоторых случаях температуру измеряют орально (в ротовой полости — 36,4-37,2 °C). Обычно температуру измеряют с помощью ртутного медицинского электротермометра. термометра или термометры, в которых используют электронные датчики.

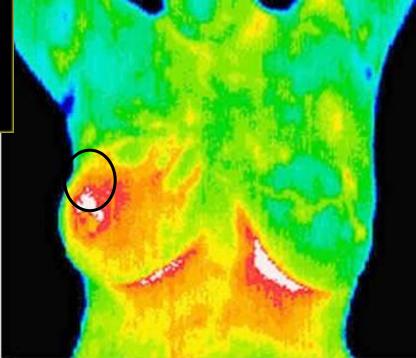
Термография (в медицине) — это метод регистрации видимого изображения тепловых полей человеческого тела, излучающих инфракрасные импульсы, которые могут быть считаны непосредственно или отображены на экране как тепловой образ. Получаемое в результате изображение, называется термограммой.

*ТЕРМОГРАФИЯ

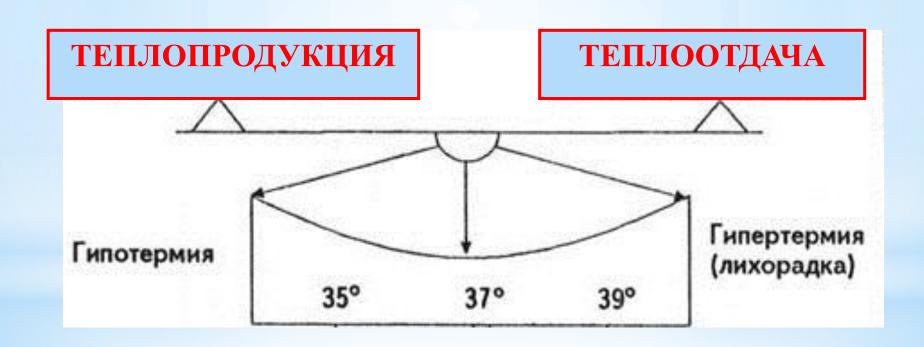


*ТЕРМОГРАФИЯ





* Условия поддержания изотермиии и развития гипо- и гипертермии



*ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

Химическая терморегуляция (теплопродукция) осуществляется благодаря **экзотермическим биохимическим реакциям**, т.е. реакциям, идущим с выделением тепла. Существуют два основных пути теплообразования:

- 1) при распаде ATФ (в основном при мышечном сокращении) около 40% аккумулированной в ней энергии выделяется в виде тепла;
- 2) при свободном окислении углеводов (без образования АТФ)

*Факторы влияющие на интенсивность теплообразования

- **разрамента** генетически детерминированные особенности субъекта
- характер питания
- окружающая температура
- психоэиоциональное состояние
- кислородное обеспечение организма
- > уровень солнечной активности
- > состояние эндокринной системы

*ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

РЕГУЛЯТОРНЫЙ:

СОКРАТИТЕЛЬНЫЙ

- ТЕРМОРЕГУЛЯЦИОННЫЙ ТОНУС
- ХОЛОДОВАЯ ДРОЖЬ
- ПРОИЗВОЛЬНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

НЕСОКРАТИТЕЛЬНЫЙ

- → АКТИВАЦИЯ ОКИСЛЕНИЯ (СПЕЦИФИЧЕСКИ-ДИНАМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ПИЩИ)
- - РАЗОБЩЕНИЕ ОКИСЛЕНИЯ И ФОСОРИЛИРОВАНИЯ (БУРАЯ ЖИРОВАЯ ТКАНЬ)

- □Наиболее интенсивно теплообразование в мышцах при их сокращении
- □ Если человек лежит неподвижно, то при напряжении мышц теплообразование повышается на 10%.
- При небольшой двигательной активности теплообразование увеличивается на 50 80%.
- □При тяжелой работе теплообразование возрастает на 400 500%.

Терморегуляционный тонус — осуществляется на уровне отдельных двигательных единиц по типу низкочастотного (4-16 сокращений в сек) зубчатого тетануса, близкого к режиму одиночных сокращений. Развивается в мышцах шеи, туловища и сгибателей конечностей. Такая «топография» терморегуляционного тонуса определяет позу, уменьшающую поверхность теплоотдачи — «сворачивание в клубок».

Холодовая дрожь (хаотическое сокращение волокон скелетной мускулатуры). Она развивается при резком охлаждении, когда начинает снижаться внутренняя температура тела. При этом обменные процессы организма значительно усиливаются, увеличивается потребление кислорода, и углеводов мышечной тканью, что и ведет за собой повышение термообразования.

Искусственная имитация дрожи повышает теплообразование на **200**% от исходного уровня. В условиях ее выключения <u>миорелаксантами</u> при охлаждении тела его температура снижается более значительно.

Тепло, выделяемое при ускорение обменных процессов и не связанное с сокращением мышц, называется недрожательным термогенезом. При этом важное значение имеет специфически-динамическое действие пищи. При распаде белков, жиров и углеводов происходит увеличение теплообразования.



Бурая жировая ткань. Она имеется у млекопитающих размера, зимнеспящих животных малого новорожденных, включая человека. Находится вокруг шеи и в межлопаточной области, в средостении около аорты, крупных вен и симпатической цепочки. В бурой жировой ткани значительно больше митохондрий, чем в белой жировой. Цвет обусловлен большим количеством железосодержащих пигментов цитохромов (важнейшее звено окислительной ферментативной системы в митохондриах). Скорость окисления жирных кислот в бурой жировой ткани в 20 раз выше, чем в белой. При этом происходит свободное (холостое) окисление — отсутствуют синтез и распад

ΑΤΦ.

Физическая терморегуляция (теплоотдача)

Физическая терморегуляция предохраняет организм от перегревания. Теплоотдача осуществляется путем:

- 1. Теплоизлучения (радиационная отдача)
- 2. Конвекции, т.е. движения и перемещения нагреваемого телом воздуха.
- 3. Теплопроведения
- 4. Испарения.

Теплоизлучение

Все предметы с температурой выше абсолютного нуля (-273° C) отдают энергию путем излучения. Излучение происходит в форме электромагнитных волн.



Конвекция. Способ теплоотдачи организма, осуществляющийся путем переноса тепла движущимися частицами воздуха (воды). Если кожа теплее окружающего воздуха, прилегающий к коже слой воздуха нагревается, поднимается и замещается более холодным и плотным воздухом. Влияет температура среды, движение (скорость ветра) воздуха, при ветре отдача тепла больше.

Теплопроводимость. Переход тепла от одного предмета к другому называется теплопроводимостью при непосредственном соприкосновении с поверхностью тела. Биологические ткани служат изоляторами, так же как вода, жир. У млекопитающих теплопроводимость не является основным способом теплообмена.





Испарение ВОДЫ с поверхности кожи. При этом происходят затраты энергии на переход жидкости в пар. Испарение воды с поверхности тела приводит к потере 2,43 кДж (0,58 ккал) тепла на каждый грамм испарившейся воды.





30Ha KOMOPOPTA

В комфортных (термонейтральных) условиях тепловой баланс не нуждается в коррекции специальными механизмами терморегуляции.

- в обычной легкой одежде 18 20°C
 - для обнаженного человека 28°C

 Температура
 комфорта
 зависит
 не
 только
 от

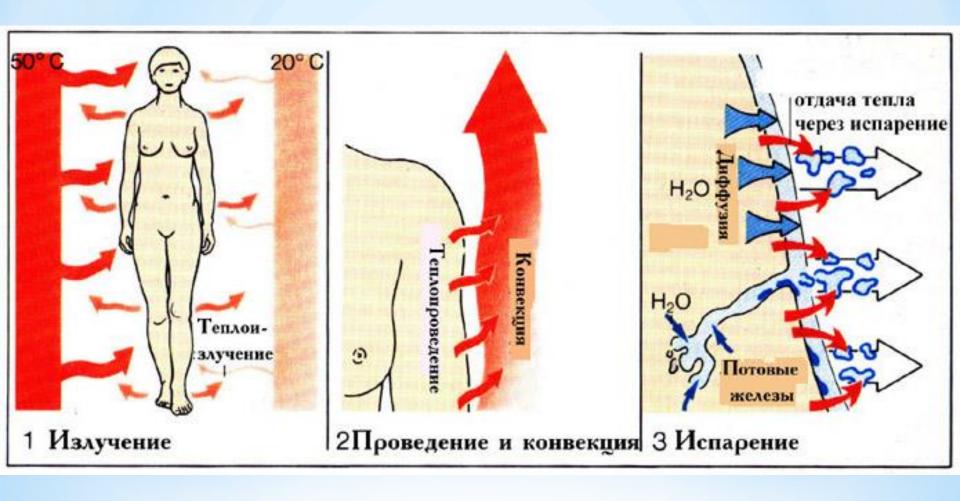
 температуры
 среды,
 а
 также
 от
 ее

 теплопроводности,
 влажности
 воздуха,

 конвективных
 потоков.

Водная среда в 20 раз теплопроводнее, чем воздушная. В проточной воде (высокая конвективность) охлаждающее или нагревающее действие на организм в 50 - 100 раз больше, чем в воздухе.

Механизмы теплопередачи



В обычных условиях <u>теплопроведение</u> играет небольшую роль, т.к. воздух и одежда плохо проводят тепло.

Значение других способов теплоотдачи зависит:

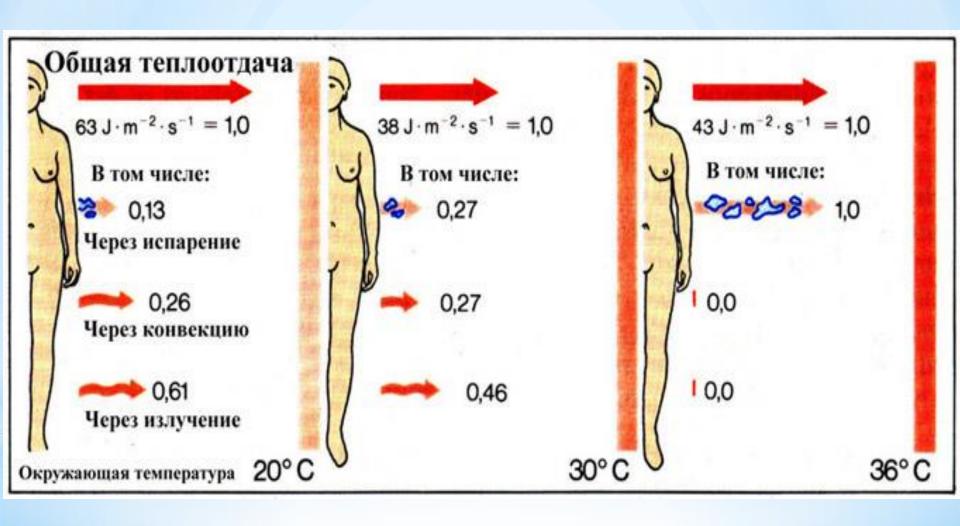
от температуры окружающей среды:

при t 20°C – радиация 66%, <u>испарение</u> 19%, <u>конвекция</u> 15% (Дюбуа)

при t 35°C – радиация и конвекция невозможны.

ВЫВОД: при высокой температуре окружающей среды основное значение имеет испарение

Теплоотдача (без одежды, в покое) в различных температурных условиях



Влажность окружающей среды снижает испарение, поэтому высокая температура переносится тяжелее в этих условиях, чем при низкой влажности. Во влажной бане пот не испаряется, а стекает, что не уменьшает температуру (неэффективное потоотделение). Человек плохо переносит температуру равную 32°C при влажном воздухе.

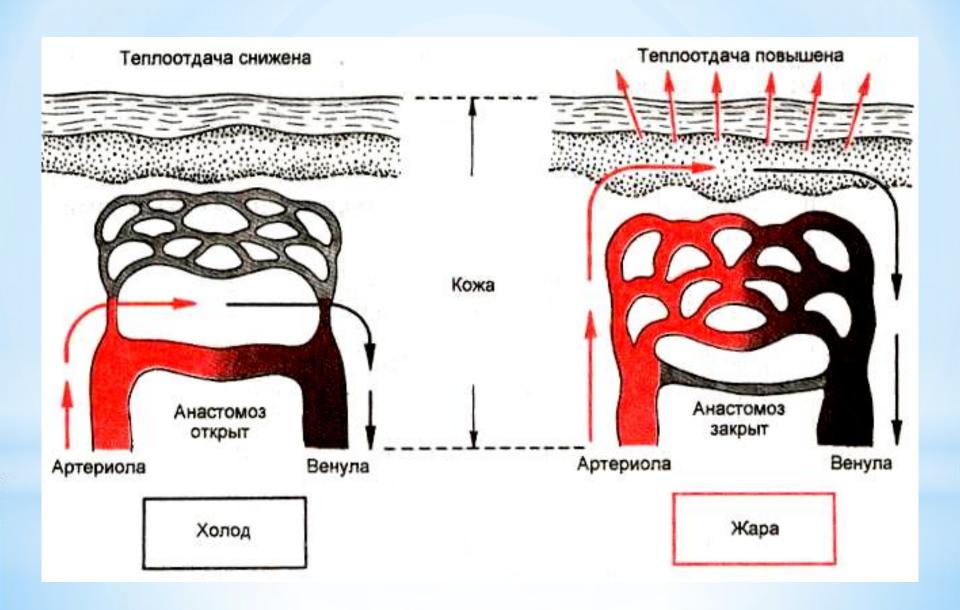


В теплоотдаче принимают участие кожа, слизистые, легкие, сердечно-сосудистая и выделительная системы.

При повышении температуры окружающей среды:

- 1) сосуды кожи расширяются;
- 2) **возрастает объем циркулирующей крови** за счет перехода воды из тканей в сосуды и выброса крови из селезенки и других кровяных депо;
- 3) тепловая одышка сильно учащенное, но крайне поверхностное дыхание. Увеличивает испарение воды со слизистой полости рта и верхних дыхательных путей. Особенно важное значение имеет у непотеющих животных

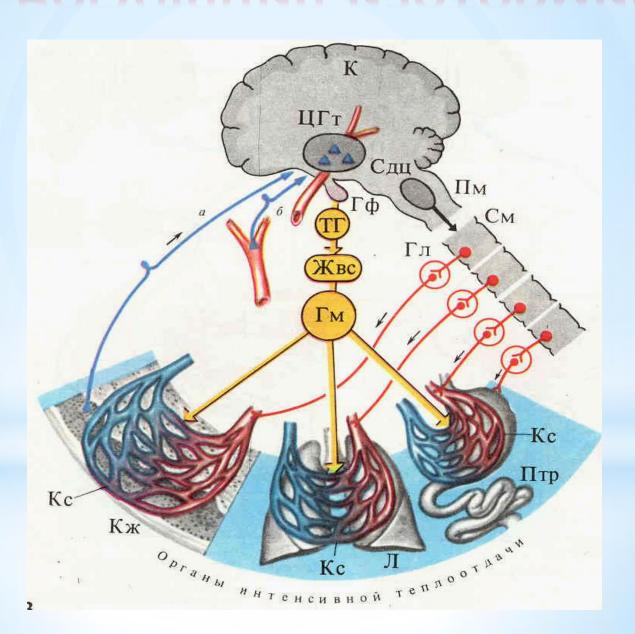
- собаки, кошки и др.



*Физической терморегуляции препятствует:

- ***** слой подкожной жировой клетчатки
- **⋄**одежда
- изменение положения тела
- **❖** Реакция кожных мышц у животных
- **❖** Реакция кожных сосудов

Регуляция изотермии



Регуляция постоянства температуры — это сложнорефлекторный акт, осуществляющийся в результате раздражения *рецепторов кожи*, кожных и подкожных сосудов, а также ЦНС.

Типы терморецепторов (по локализации и свойствам):

- 1) *периферические* терморецепторы находятся *в коже*, *подкожных тканях*, *кожных и подкожных сосудах*. Кожные терморецепторы представляют собой неинкапсулированные нервные окончания;
- 2) центральные терморецепторы расположены в медиальной преоптической области гипоталамуса (центральные нейроны-термосенсоры), ретикулярной формации среднего мозга, спинном мозге. Пороговый сдвиг- 0,011 ° С

*АФЕРЕНТНОЕ ЗВЕНО ТЕРМОРЕЦЕПТОРЫ

ХОЛОДОВЫЕ (Колбы Краузе)

реагируют на температуру (20°-33°C), 250 тыс., располагаются на поверхности 0,17 мм

ТЕПЛОВЫЕ (тельца Руффини)

реагируют на температуру (38° -43°) 30 тыс., распологаются более глубоко 0,3 мм

*1 см² ладони: 1 см² лица:

*1-5 холодовых 16-19 холодовых

***0,4 тепловых**

ЦЕНТРАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

Передний гипоталамуе

цептр теплопродукции Задний гипоталамус

Другие центры терморегуляции:

CINIHON, IDOZOJIOBATHN MOSI; Detnikyjapijaa (Dodmauna; koda Спинной мозг - является не только проводником нервных импульсов от периферических терморецепторов к головному мозгу. При отделении головного мозга от спинного охлаждение последнего вызывает мышечную дрожь и сужение периферических сосудов. Т.о. в спинном мозге находятся центры некоторых терморегуляционных рефлексов.

Центры теплоотдачи (передние ядра гипоталамуса) - разрушение этих структур приводит к тому, что животные утрачивают способность поддерживать постоянство <u>температуры</u> тела в условиях **высокой** температуры окружающей среды. Температура при этом начинает возрастать, их тела животные переходят в состояние гипертермии, причем гипертермия может развиться даже при комнатной температуре.

Центры теплообразования (латеральнодорсальный гипоталамус) - их разрушение приводит к тому, что животные утрачивают способность поддерживать постоянство температуры тела в условиях пониженной температуры окружающей среды. Температура их условиях начинает тела В ЭТИХ снижаться, и животные переходят В состояние гипотермии.

Между центрами теплоотдачи переднего гипоталамуса и центрами теплопродукции гипоталамуса заднего взаимоотношения. существуют реципрокные усилении активности центров теплопродукции тормозится деятельность центров теплоотдачи И наоборот.

Роль коры больших полушарий - возможна выработка условных терморегуляционных рефлексов.

Гипоталамический термостат

Информация от центральных и периферических терморецепторов объединяется в терморегуляторном центре — передней и преоптической областях гипоталамуса — «гипоталамическом термостате». Терморегуляторный центр постоянно поддерживает внутреннюю температуру 37,1°C - установочная точка *(set point)*. Получение терморегуляции терморегуляторным центром информации об отклонении от установочной точки температуры формирует сигнал к эффекторным системам, обеспечивающим поддержание внутренней температуры тела. Значение установочной точки у различных теплокровных организмов может отличаться. Так, у птиц она близка к 40-41 °C, у кролика — около 38 °C.



Интерлейкин -1





*Гуморальная регуляция

```
*Гипоталамо-гипофизарная система
```

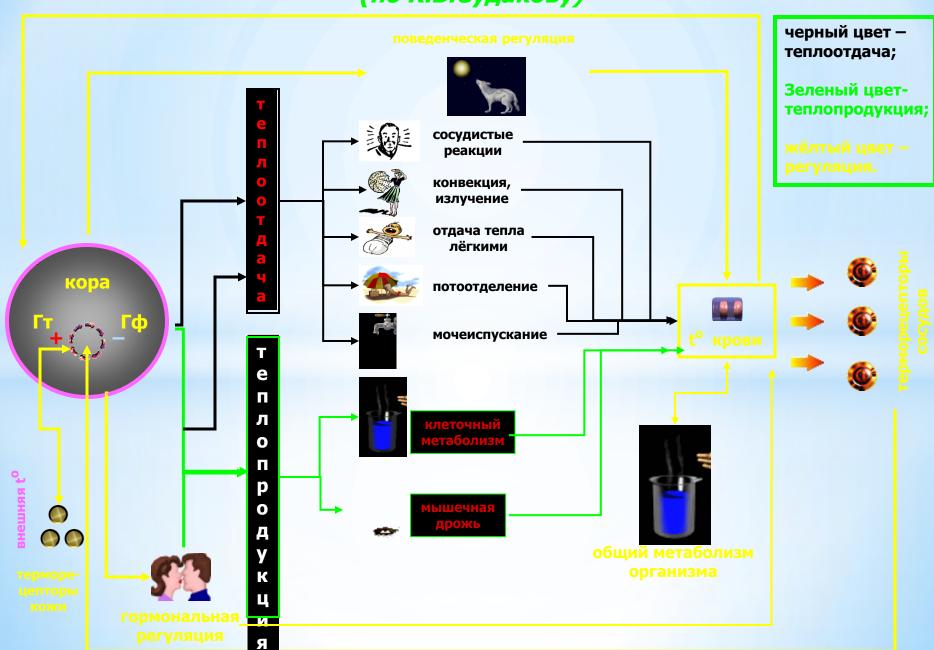
```
1. (тиротропин - релизинг - гормон \rightarrow TTГ \rightarrow T_3 и T_4;
```

- 2. (кортикотропин-релизинг гормон; гонадотропин-релизинг гормон; релизинг фактор гормона роста)
- □ Адреналин, Ацетилхолин, Глюкокортикоиды; Глюкагон; Мелатонин (гормон эпифиза);

Ненасыщенные жирные кислоты

- Функциональная система, обеспечивающая постоянство температуры тела включает следующие звенья (рисунок 2):
- 1 звено полезный приспособительный результат поддержание температуры тела на постоянном уровне;
- 2 звено рецепторы. Терморецепцию осуществляют свободные окончания тонких сенсорных волокон типа A (дельта) и C;
- 3 звено нервный центр;
- 4 звено исполнительные органы.

* Схема функциональной системы, <u>поддерживающей температуру тела</u> (по К.В.Судакову)



<u>Резюме</u>

- 1. Температура тела человека неоднородна. Существует температурный градиент.
- 2. Постоянство температуры тела определяется балансом между теплопродукцией и теплоотдачей.
- 3. Терморегуляция сложная совокупность физиологических и психофизиологических механизмов.

* Типы нарушений терморегуляции

Существуют три типа нарушений теплового баланса организма:

ПЕРЕГРЕВАНИЕ (ГИПЕРТЕРМИЯ)
ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЕ (ГИПОТЕРМИЯ
ЛИХОРАДКА

Эти нарушения протекают по-разному у пойкилотермных и гомойотермных организмов



Гипотермия (ниже 35°C)

собственно гипотермия, управляемая (исскуственная)

Гипертермия (выше 37°)

тепловой удар, солнечный удар, лихорадка, гипертермические реакции



По степени снижения температуры ядра тела различают гипотермию:

- 1) Легкую (35-32 °C)
- 2) Среднюю (32-28 °C) подавляется центр дрожи гипоталамуса, отключается сознание (холодовой наркоз-);ЧСС↓;СО ↓; инактивируются факторы свертывания и инсулин.
- 3)Тяжелую (ниже 28 °C) фибриляция желудочков сердца и остановка

<u>БИОЛОГИЧЕСКИЙ НОЛЬ</u> -18 20 °С- остановка дыхания,

кровообращения-смерть

Гипертермия — состояние, при котором температура тела повышается выше 37°C. Она возникает при повышении температуры окружающей среды. Резкая гипертермия, при которой температура тела достигает 40-41 °C называется тепловым ударом. Он сопровождается тяжелым общим состоянием. Гипертермия может возникнуть и под влиянием эндогенных факторов, усиливая в организме теплообразование (тироксин, жирные кислоты и др.).

*ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

- □ Верхняя граница диапазона граница гипертермии- тепловая смерть 42-43° С
- **Ш Нижняя граница диапазона граница <u>гипотермии</u> <u>холодовая смерть:</u>**

естественная - 26° C

искусственная - 24-23° С

*Термонейтральная зона - без ощутимого потоотделения и регуляторной теплопродукции - 24 - 27° С

MOAKA

Лихорадка - это выработавшаяся в процессе эволюции защитно - приспособительная реакция, развивающаяся в результате воздействия на организм пирогенных агентов и заключающаяся в установлении его теплового баланса на новом, более высоком уровне.

* ЛИХОРАДКА

- **Инфекционная** (бактерии, вирусы)
- **Неинфекционная** (ожоги, травмы, инфаркты, эмоциональный стресс, аллергия)

* Типы температурных кривых при лихорадке

По величине подъёма температуры различают следующие типы лихорадочной реакции:

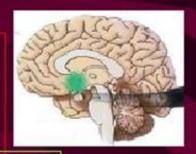
- 1. Субфебрильная лихорадка, при которой температура колеблется в пределах 37.1 38.0°
- 2. Фебрильная лихорадка(умеренная) с подъёмом температуры от 38.1 до 39.5 ° C.
- 3. Пиретическая лихорадка (высокая) характеризующаяся колебаниями температуры в границах 39.6 41.0° С
 - 4. Гиперпиретическая лихорадка: свыше 41.0° С.

Медиаторы лихорадки

Экзогенные пирогены

Эндогенные пирогены

Микрососуды преоптических ядер переднего гипоталамуса



Стимуляция циклооксигеназы-2 (ЦОГ-2) в эндотелиальных клетк х и не тронах

Арахидоновая кислота

Простагландин Е

Центр терморегуля ции

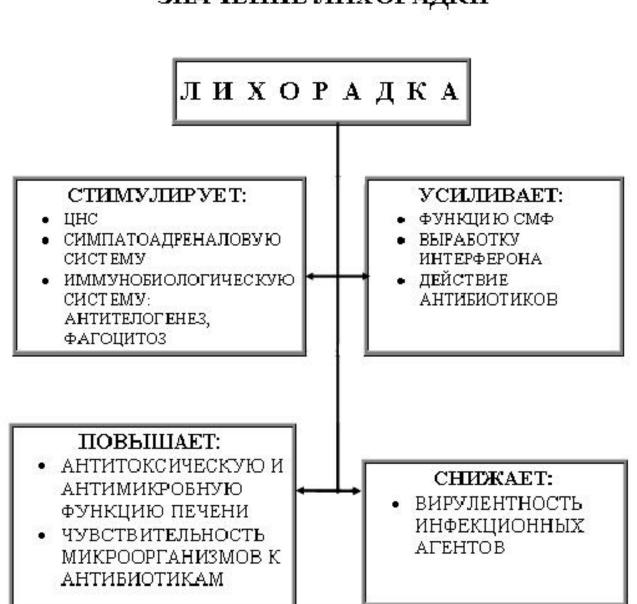
Важнейший медиатор лихорадки

Лихорадка.

-это состояние, при котором центр терморегуляции стимулирует повышение температуры тела



ЗАЩИТНО-ПРИСПОСОБИТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛИХОРАДКИ



Вещества, удерживающие лихорадочную реакцию в определенных границах, получили название эндогенных криогенов или антиперитических веществ.

К ним относится:

- аргининовый вазопрессин;
- $-\alpha$ -меланоцитстимулирующий гормон;
- -катехоламины (адреналин и норадреналин)
- -глюкокортикоиды
- -тиреолиберин
- -бомбезин

