

ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ

**Професор Р. П. Борисова
2015**



План лекции = экзаменационные вопросы

- **Понятие гомойотермии.**
- **Температура тела человека и ее изменения.**
- **Механизмы теплопродукции и теплоотдачи.**
- **Функциональная система терморегуляции.**
- **Гипо- и гипертермия. Лихорадка.**

**Пойкилотермные
животные
«холоднокровные»**



**Гомойотермные
животные
«теплокровные»**



**Постоянство t внутренней среды – основа
«свободной, независимой жизни» К. Бернар**

Человек, как все млекопитающие, обладает гомойотермией.

Гомойотермия – постоянство температуры тела вне зависимости от изменений температуры окружающей среды.



- 1. Стабильный уровень жизнедеятельности в оптимальных условиях существования**
- 2. Возможность приспособления к меняющимся условиям среды, включая экстремальные.**

Гомойотермия человека не абсолютна.

«ядро»

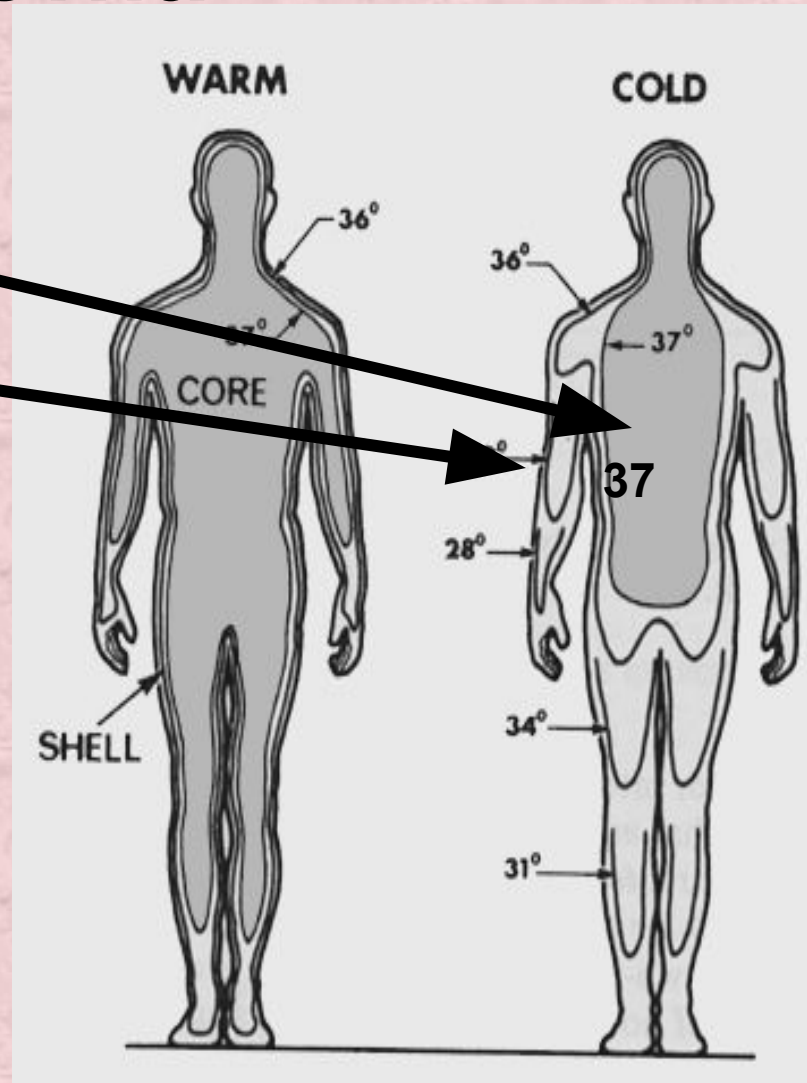
«оболочка»

t кожи $\uparrow \downarrow$ в зависимости
от t от окружающей
среды,

Но

t внутренних органов
(**ЯДРО**) не зависит от t
окружающей среды.

$= 37^{\circ}\text{C}$



Температура ядра – 37*С

– жесткая константа:

- При ее изменениях меняется скорость биохимических реакций
- Предельные отклонения, совместимые с жизнью, составляют:

25 *С - 43*С

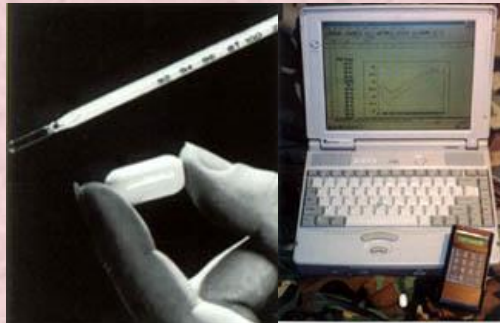
- Медицинская гипотермия – целенаправленное снижение температуры ядра и, следовательно, окислительных процессов.

Измерение температуры

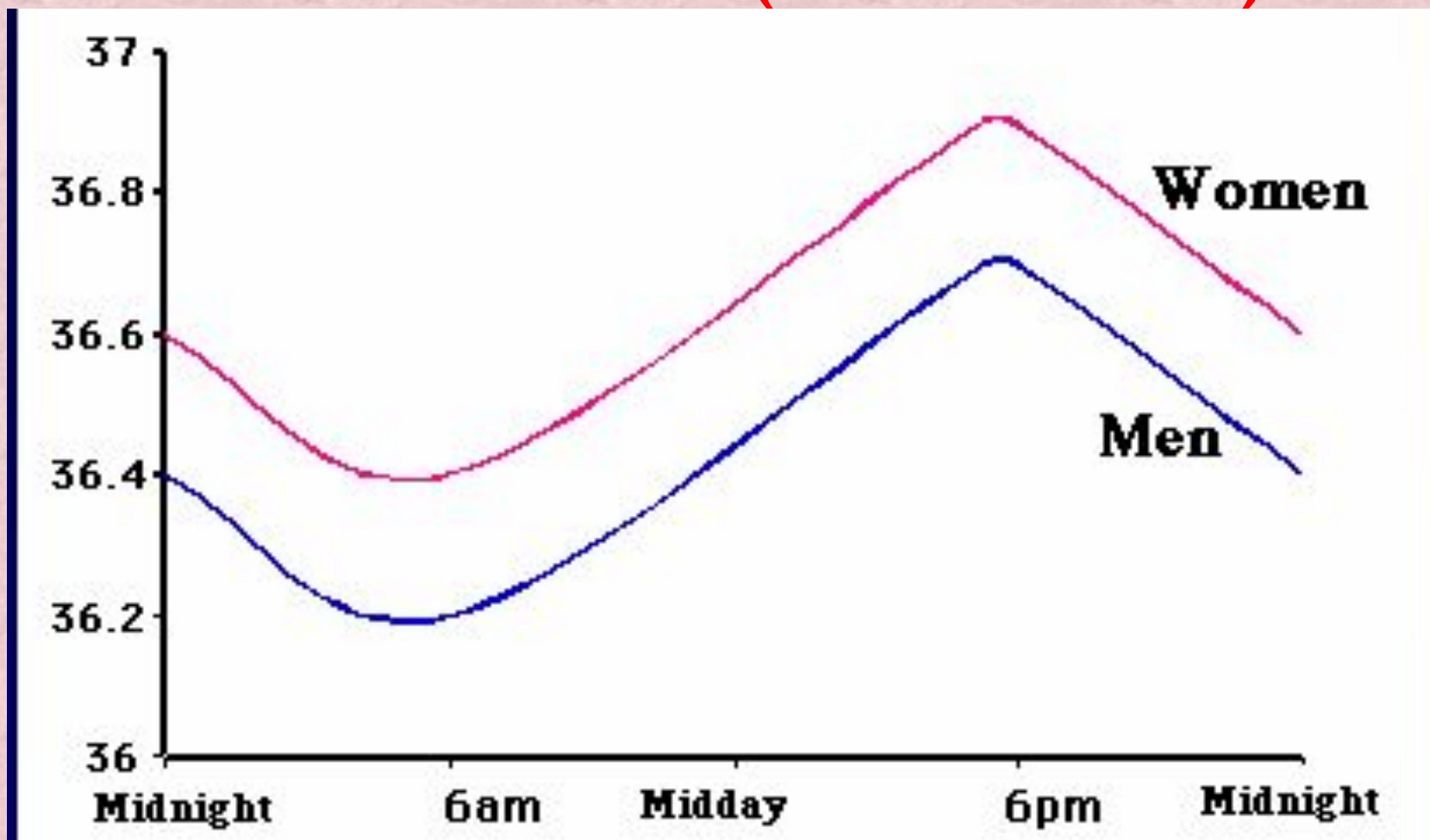
- **Аксиллярная** **36.5 -36.9**
- **Ректальная** **37.5**
- **Оральная** **37**

Отражает t ядра и
изменяется незначительно

Влияют многие внешние
факторы



Циркадианные (суточные) изменения ($0.5^* - 0.7^* \text{ C}$)



Месячный цикл: t во время
овуляции

Терморегуляция -

сбалансированность процессов

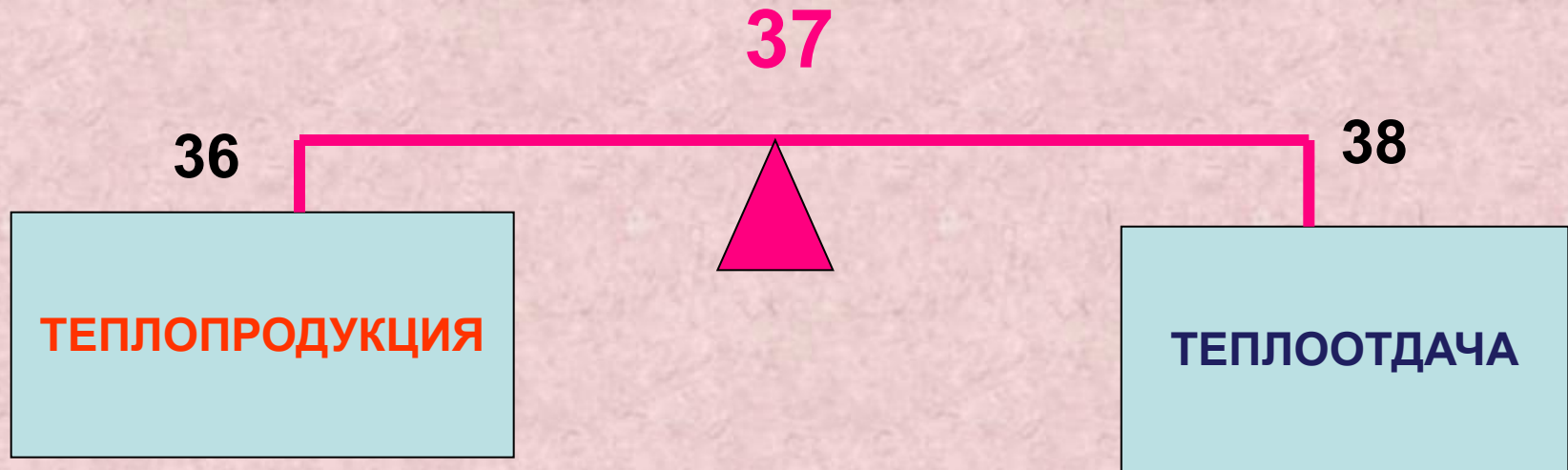
телопродукции

и теплоотдачи,

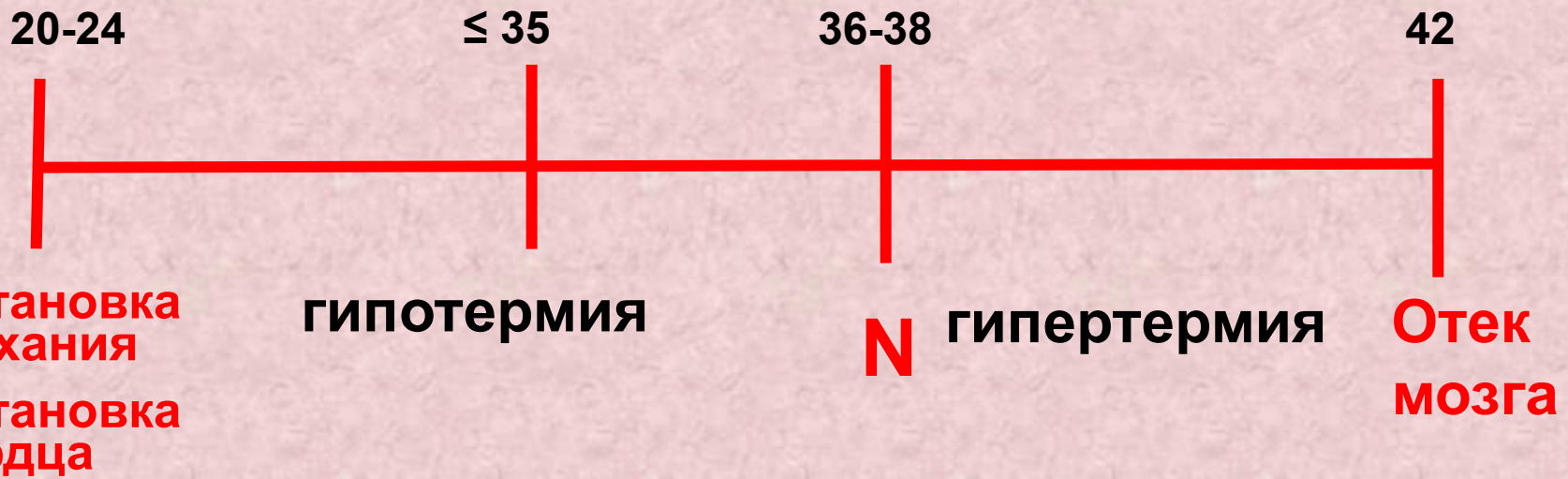
обеспечивающая константу -

– температуру ядра – 37°C .

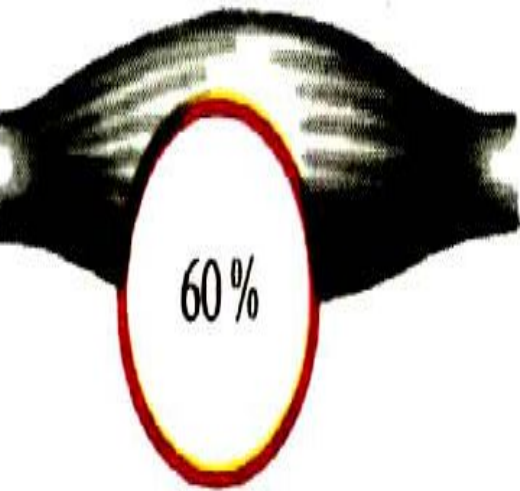
ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС



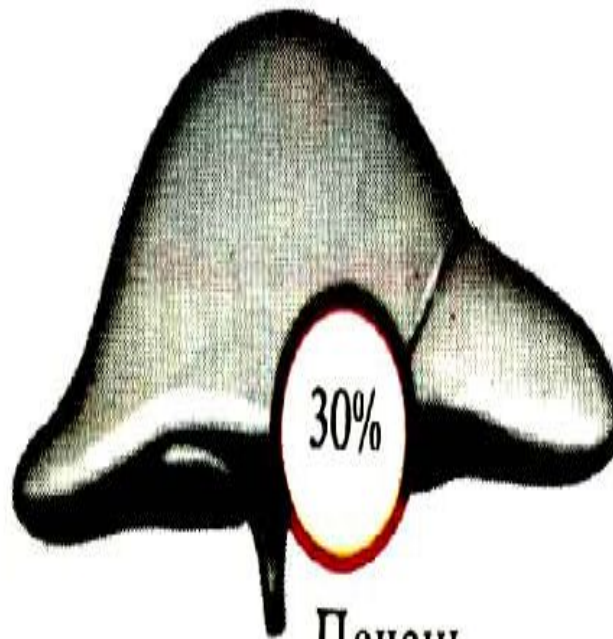
Достигается с помощью физиологических механизмов терморегуляции



ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ (ТЕПЛООБРАЗОВАНИЕ, термогенез)



Мышцы



Печень



Прочие органы

***Теплопродукция =
химическая терморегуляция***

**изменение интенсивности
метаболических процессов, в
результате которых образуется**



тепло



в 3-5 раз

Теплопродукция = термогенез :

**СОКРАТИТЕЛЬНЫЙ
ТЕРМОГЕНЕЗ:**

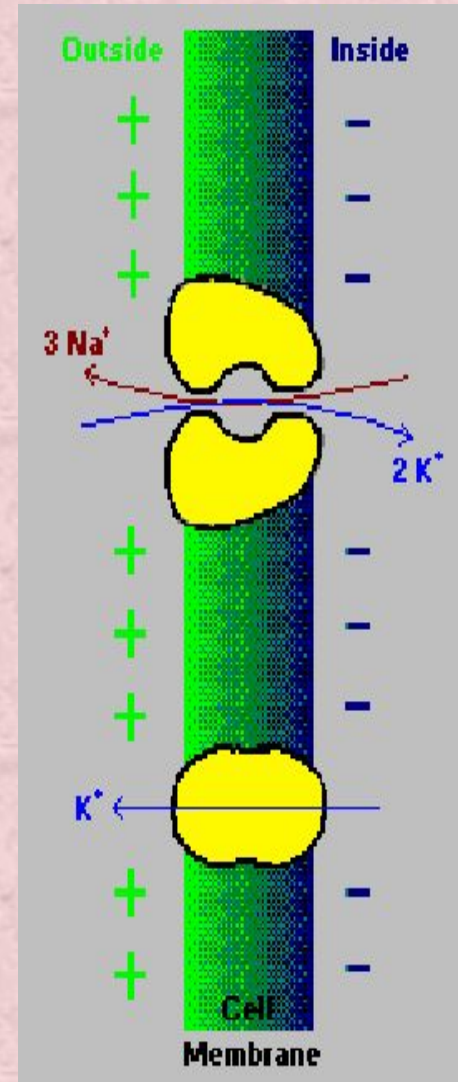
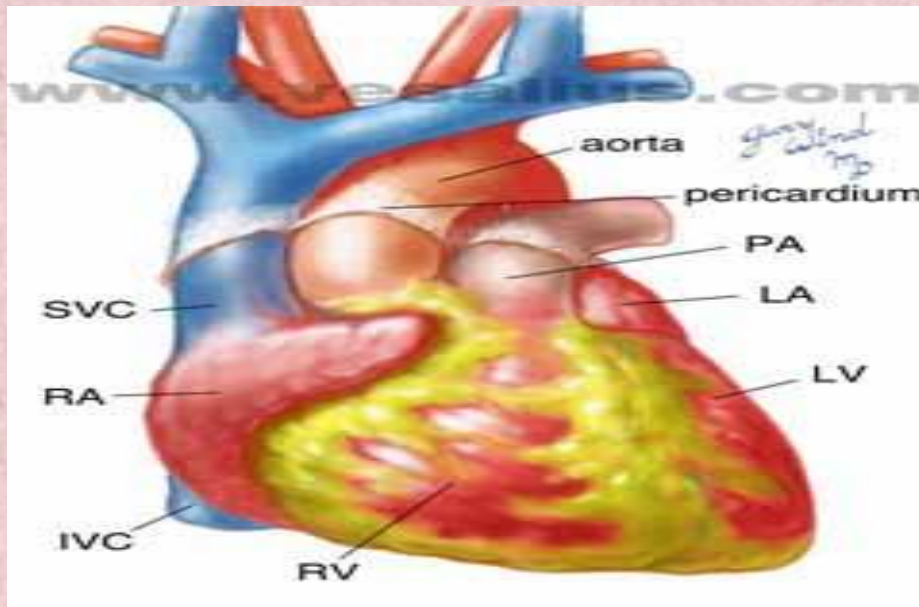
**ПРОДУКЦИЯ ТЕПЛА
В РЕЗУЛЬТАТЕ
СОКРАЩЕНИЯ
СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ**

**НЕСОКРАТИТЕЛЬНЫЙ
ТЕРМОГЕНЕЗ:**

**УСКОРЕНИЕ ОБМЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ, НЕ СВЯЗАННЫХ
С СОКРАЩЕНИЕМ МЫШЦ**

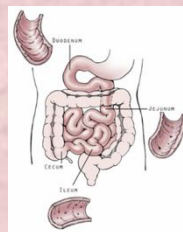
Вторичная теплота освобождается при выполнении работы

- Механическая
- Поддержание электрохимических градиентов



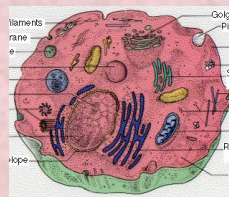
КАТАБОЛИЗМ

I. Гидролиз



Освобождает
до 1%
всей энергии субстратов

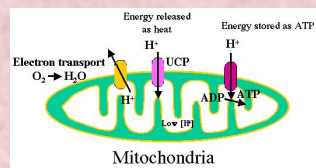
II. Анаэробный гликолиз



Освобождает
до 30%
всей энергии субстратов

III. Аэробный гликолиз

(окислительное фосфорилирование)

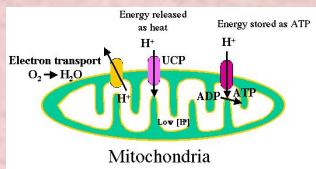


Освобождает
≥70%
всей энергии субстратов

НЕСОКРАТИТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОГЕНЕЗ

III. Аэробный гликолиз

(окислительное фосфорилирование)

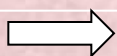


Освобождает
≥70%
всей энергии субстратов

±50

Регулируемая степень
сопряжения O и Ф

Разобщение **O и Ф.**



свободного первичного рассеивания тепла.

Фарм.дозы гормонов щитовидной железы -
Инсулин и эндогенные опиоиды (β-эндорфин) -

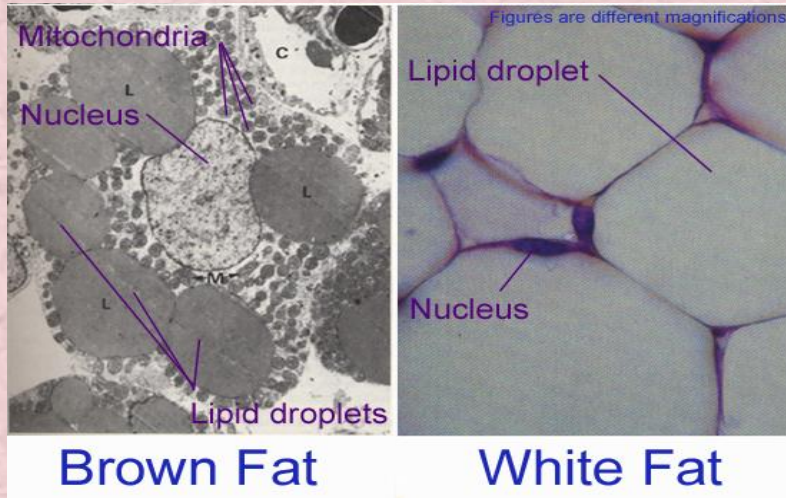
интенсивности **окисления** - t тела
эффективность **фосфорилирования** - t

ПОВЫШЕНИЕ ОСНОВНОГО ОБМЕНА:

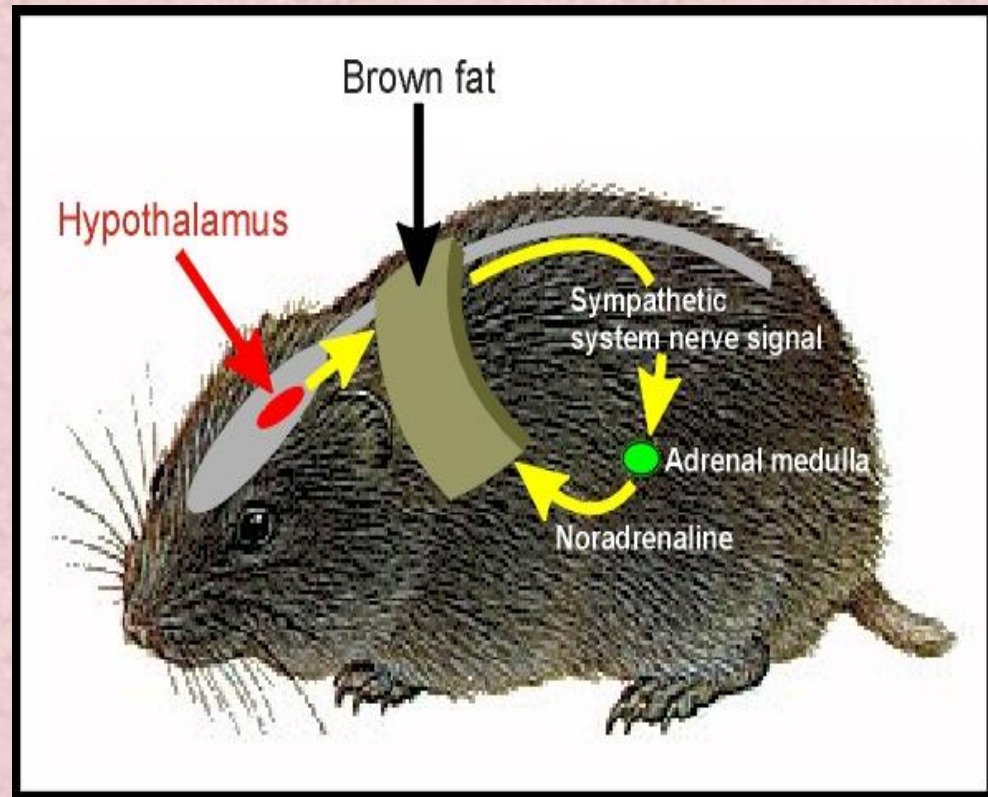
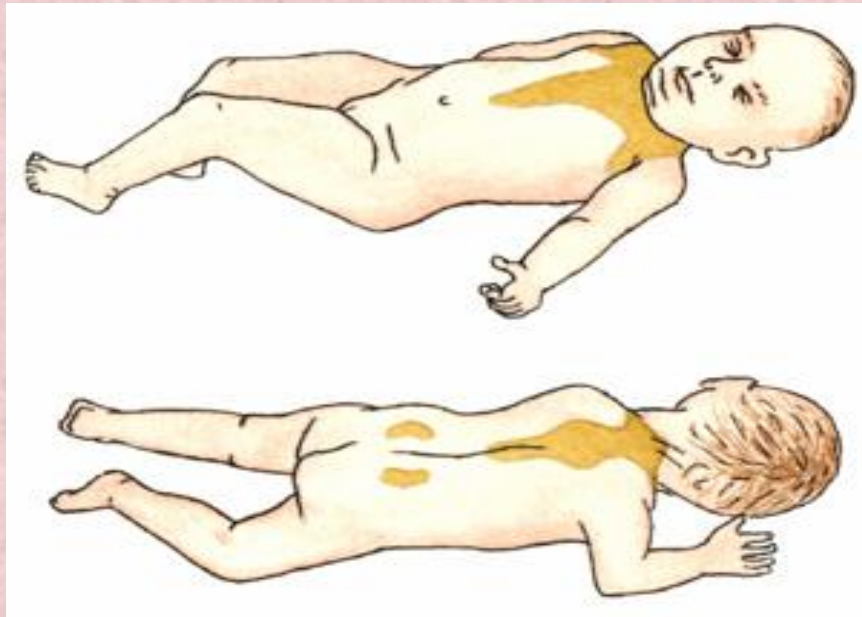
СИМПАТИЧЕСКАЯ Н.С.
КАТЕХОЛАМИНЫ

T3, T4 ,
Соматотропин,
глюкагон, тестостерон
ГЛЮКОКОРТИКОИДЫ

НЕСОКРАТИТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОГЕНЕЗ

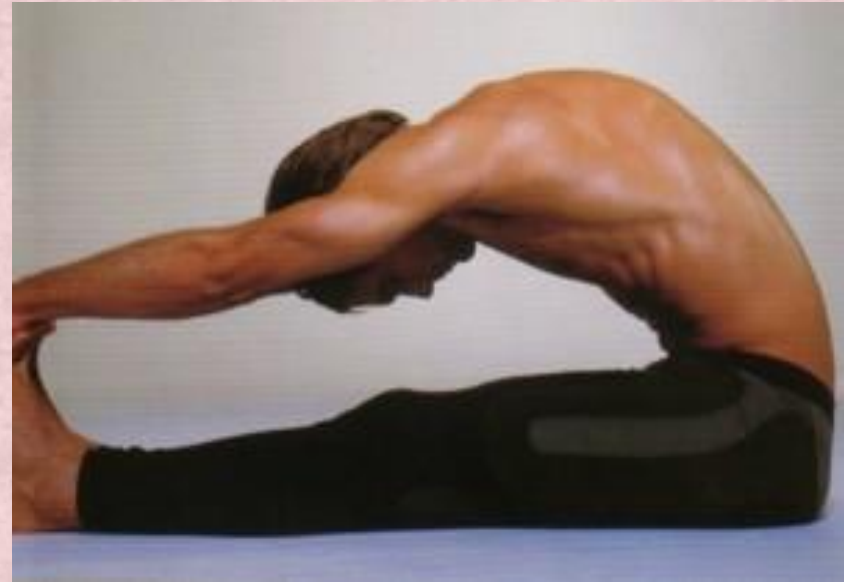


Бурая жировая ткань



СОКРАТИТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОГЕНЕЗ:

- За счет произвольной активности локомоторного аппарата
- За счет непроизвольной тонической мышечной активности
- За счет непроизвольной ритмической мышечной активности (дрожь)



Небольшая двигательная активность

↑ на 50-80%

Тяжелая физ. работа

↑ на 400-500%

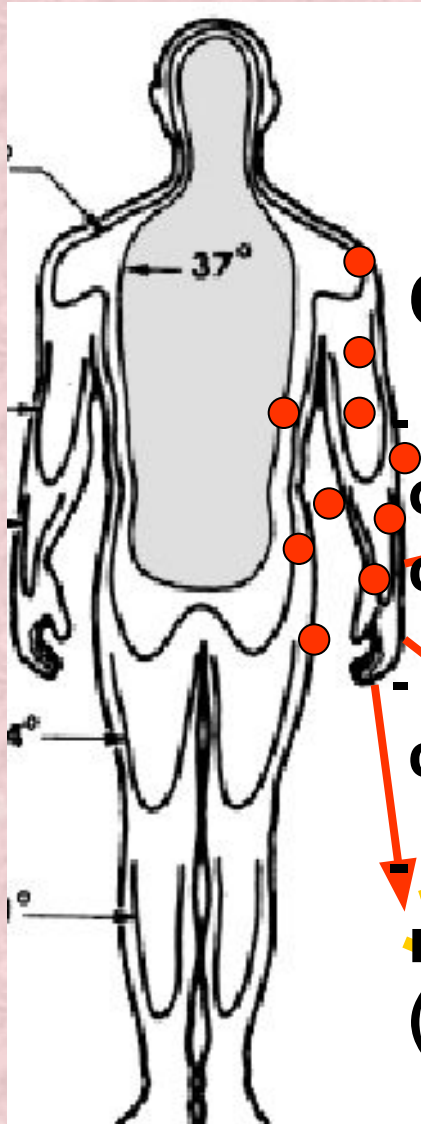
ТЕПЛООТДАЧА

Физическая терморегуляция =

потери тепла через

термооболочку : **кожу.**

жировая оболочка – изолятор!



Скорость теплоотдачи зависит от:

- скорости **проведения** тепла от мест его образования (ядро) через изолятор с **кровотоком**)

- скорости **отдачи** его в окружающую среду.

- Отдача зависит от градиента температур, влажности и скорости движения воздуха (или воды).

ВНУТРЕННИЙ ПОТОК ТЕПЛА

Проведение через ткани
Конвекция с кровотоком

При физической
нагрузке интенсивность
кровотока возрастает,
особенно:

**в мышцах (ядро) и
в коже (оболочка)**

Может
значительно
меняться и
регулироваться
!



Кровоток к коже от «ядра» обеспечивает перенос тепла и регулируется **симпатической системой**:

- он составляет от **0%** до **30%** от общего сердечного выброса. При этом увеличение проведения тепла возрастает в **8 раз**.

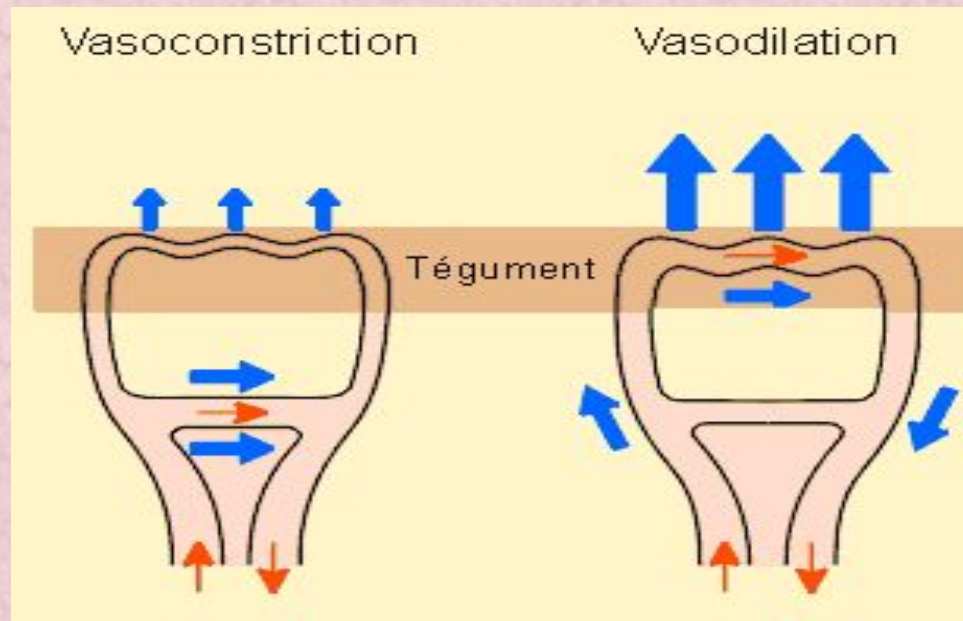
Кровоснабжение кожи - гиперемия:

вазодилатация,

закрытие артериоло-
венулярных анастомозов,

кровенаполнение всех
капилляров:

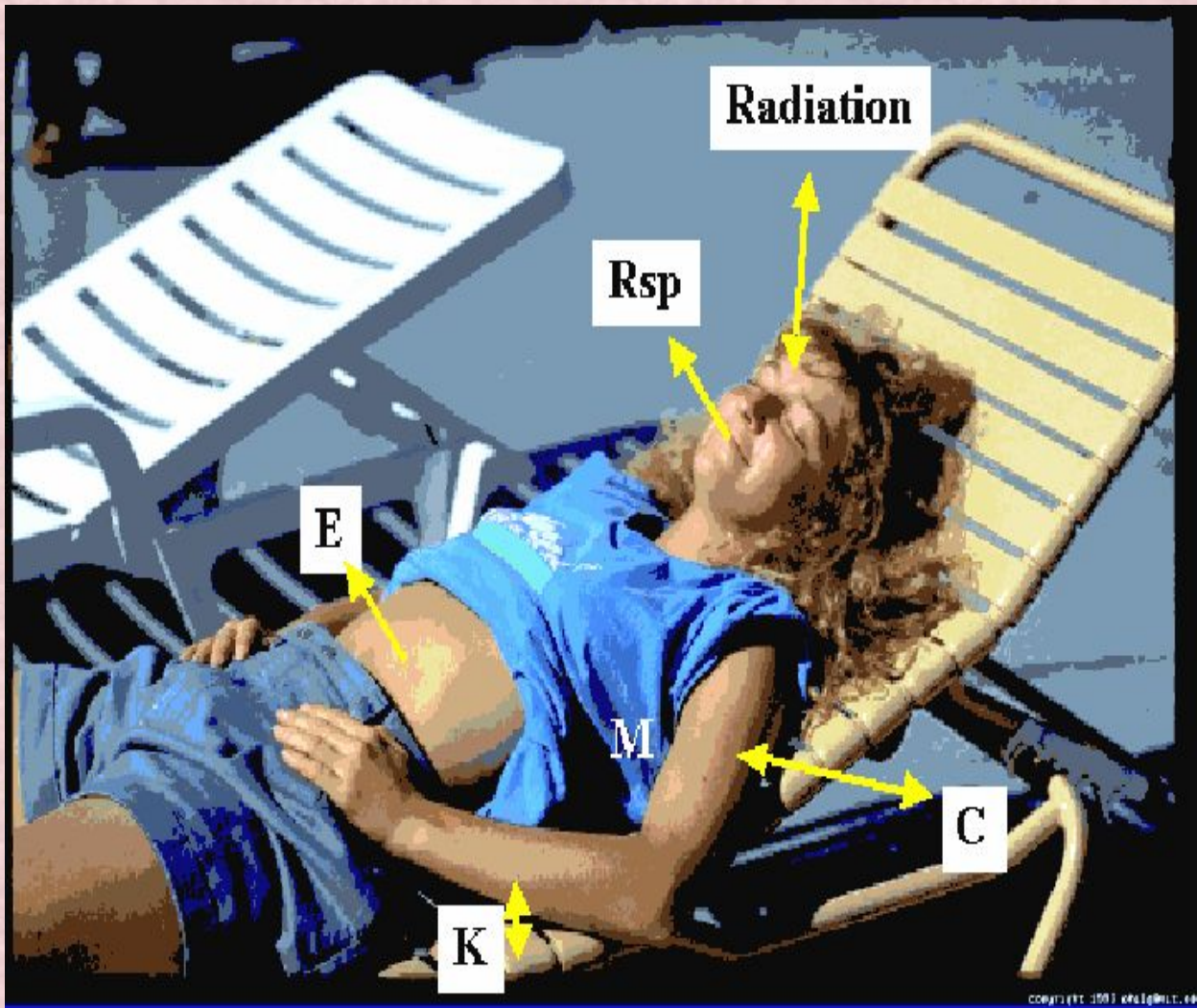
повышение t^* кожи



Неиспарительная теплоотдача:

излучение, проведение, конвекция.

Испарение



**НЕОБХОДИМ
ГРАДИЕНТ
ТЕМПЕРАТУР!**

t^* кожи
 t^* окружающей
среды

ИЗЛУЧЕНИЕ
60%

ПРОВЕДЕНИЕ
3%

ИСПАРЕНИЕ
22%

КОНВЕКЦИЯ
15%



При температуре комфорта

ТЕПЛОИЗЛУЧЕНИЕ

отдача тепла в виде длинноволнового **инфракрасного** излучения

Уравнение Стефана-Больцмана

$$R = \delta (T_1 - T_2)$$



ТЕПЛОПРОВЕДЕНИЕ

КОНТАКТНАЯ передача тепла предметам, с которыми тело человека соприкасается непосредственно.

Направление и эффективность зависят от:

~ t^ и теплопроводности предмета*

~ площади соприкосновения



КОНВЕКЦИЯ

потеря тепла путем переноса движущимися частицами воздуха или жидкости

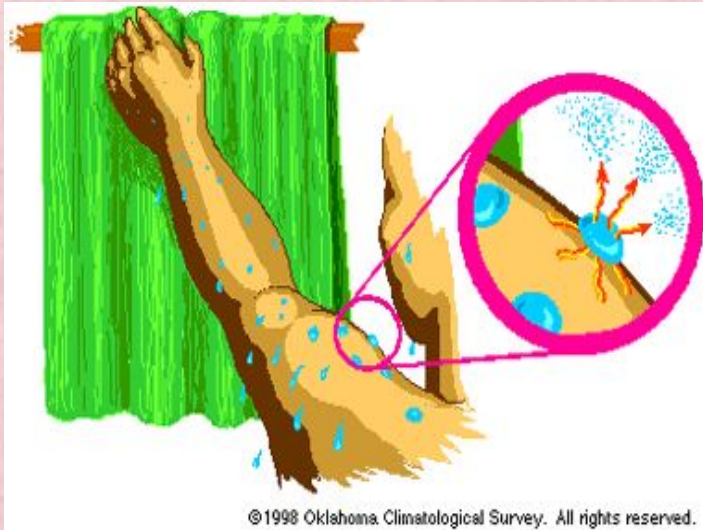


Эффективность зависит от:
теплопроводности,
скорости движения,
площади контакта
с телом,
градиента температур

ИСПАРЕНИЕ

жидкости (гл.обр., пота) с поверхности тела

1г воды – 580 кал



**Скорость испарения
зависит от**

- Градиента давления водяного пара, на коже и в окружающей среде
- Поверхности испарения
- Влажности воздуха
- Скорости обдувающего ветра.

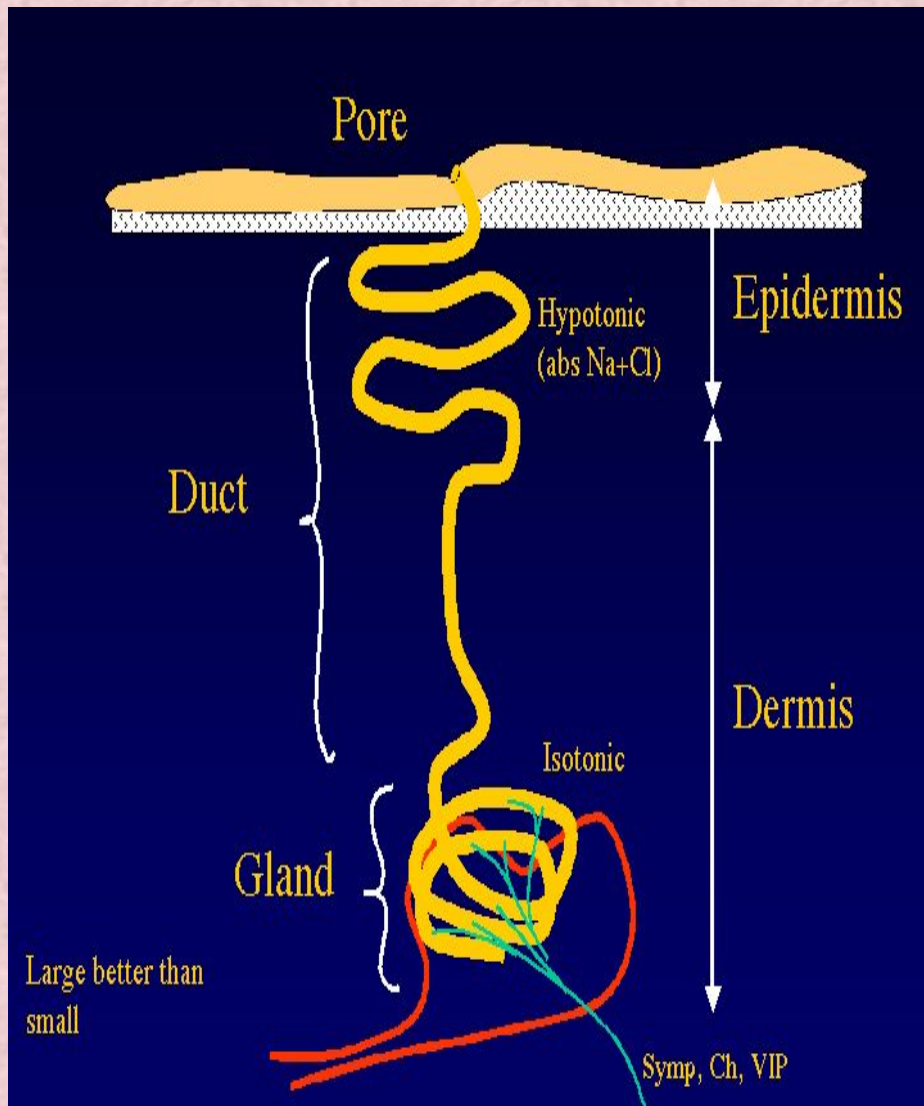
**Необходимый и единственный
механизм отдачи
тепла при высоких t^* .**

Неощутимая потеря воды

за счет диффузии ее через кожу и
слизистые оболочки - **700 мл /сут.**

- Потеря воды за счет выделения пота
 - в покое – **30 - 40 мл/час**
 - при нагрузке и высокой температуре среды – **2000 – 3000 мл /час.**
- При этом теплоотдача увеличивается в **10 раз!**

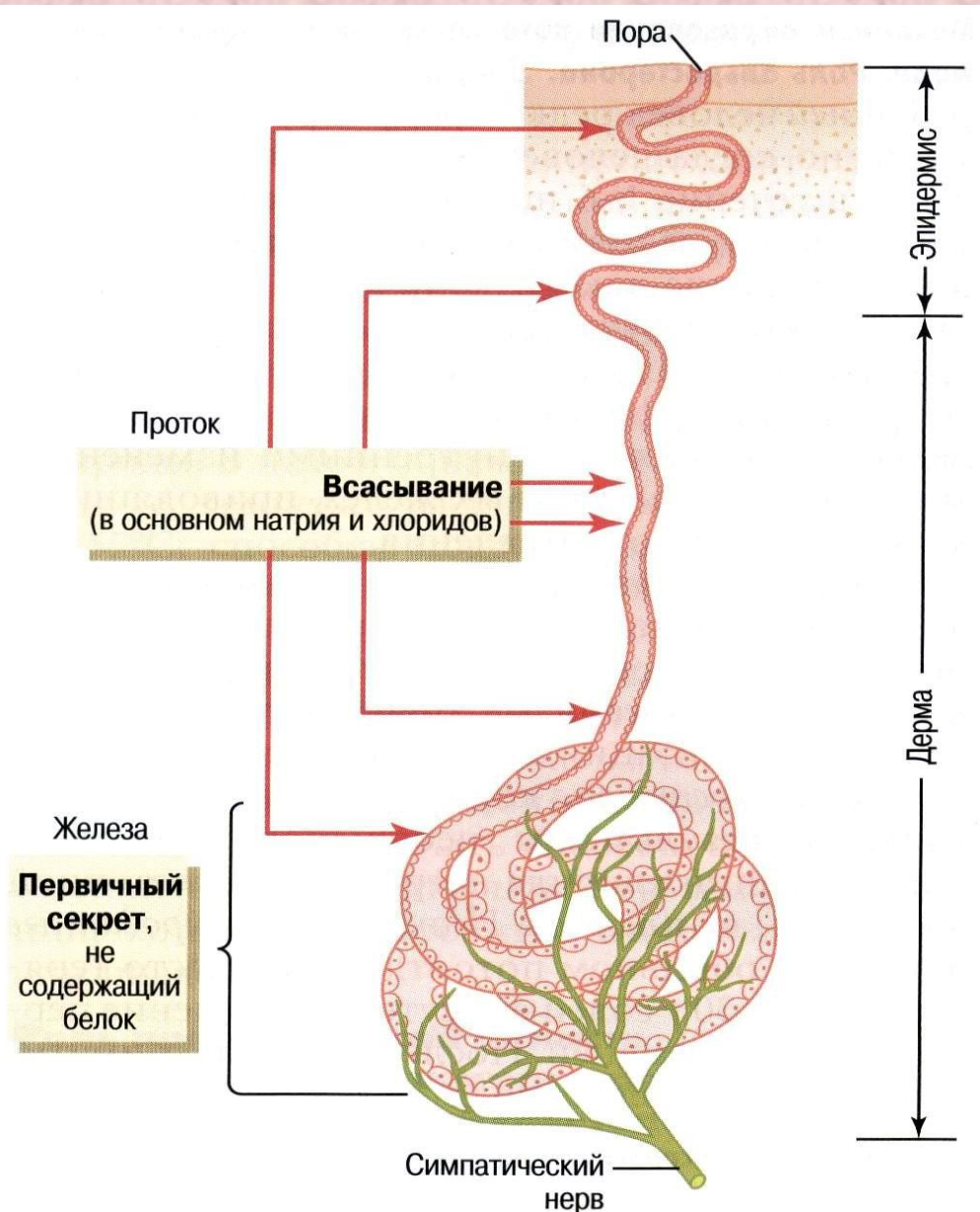
ПОТООТДЕЛЕНИЕ



- Потовые железы
распределены по всему
телу **> 2млн.**
> 400 на кв.см



Образование пота



**Реабсорбция
натрия,
хлора, воды.**

**Концентрация
мочевины,
молочной
кислоты и др.,**

Потова железа:

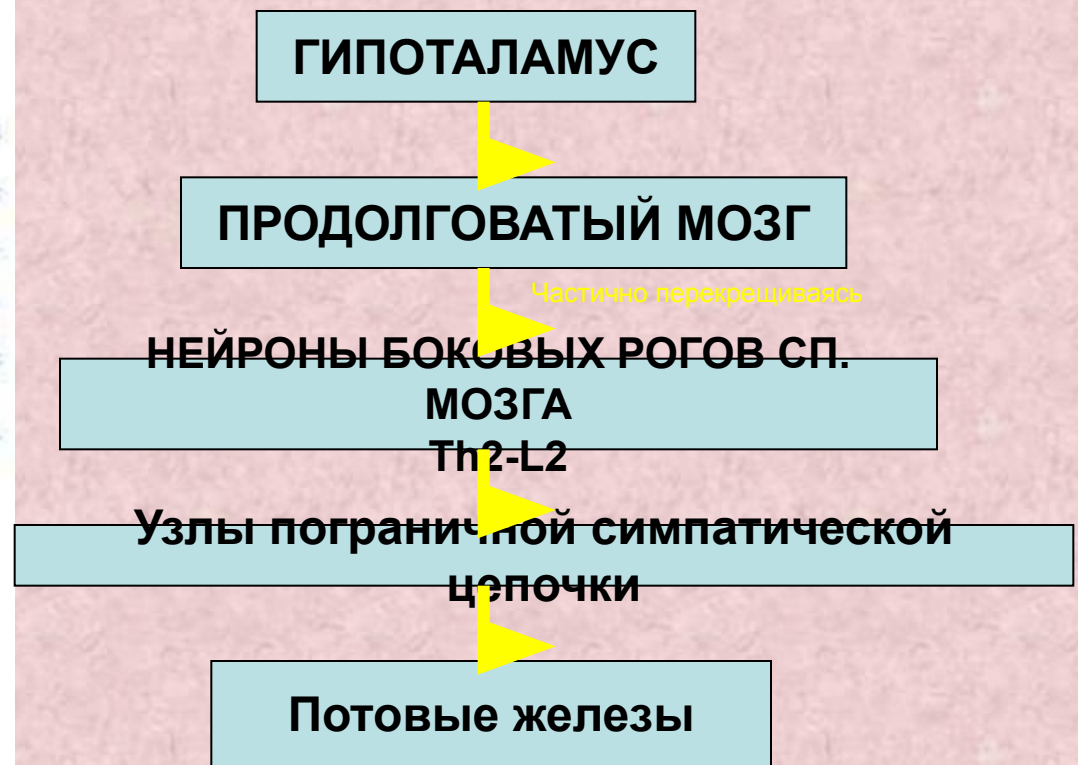
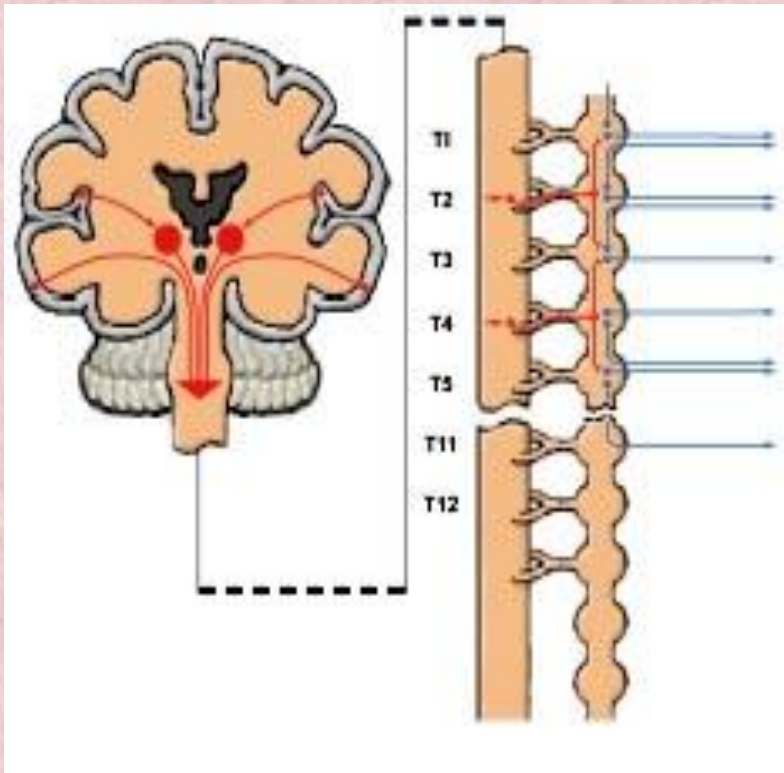
- **Секретирует** первичный секрет , близкий по составу плазме крови, но без белков.
- **Реабсорбирует** натрий и хлор – полностью при малом потообразовании или на 50% при максимальном.

Процесс стимулируется **альдостероном**.

- **Потоотделение:**
- **потери воды (1-3л/сут.) и солей (15-30г/сут)**
- **инициирует** компенсаторные реакции многих физиологических систем организма, т.к. изменяют константы:
- **Снижается ОЦК,**
- **Снижается АД и мозговой кровоток**
- **Повышается вязкость крови**
- **Повышается осмотическое давление**

ИННЕРВАЦИЯ ПОТОВЫХ ЖЕЛЕЗ

(эфферентная часть потовыделительного рефлекса)

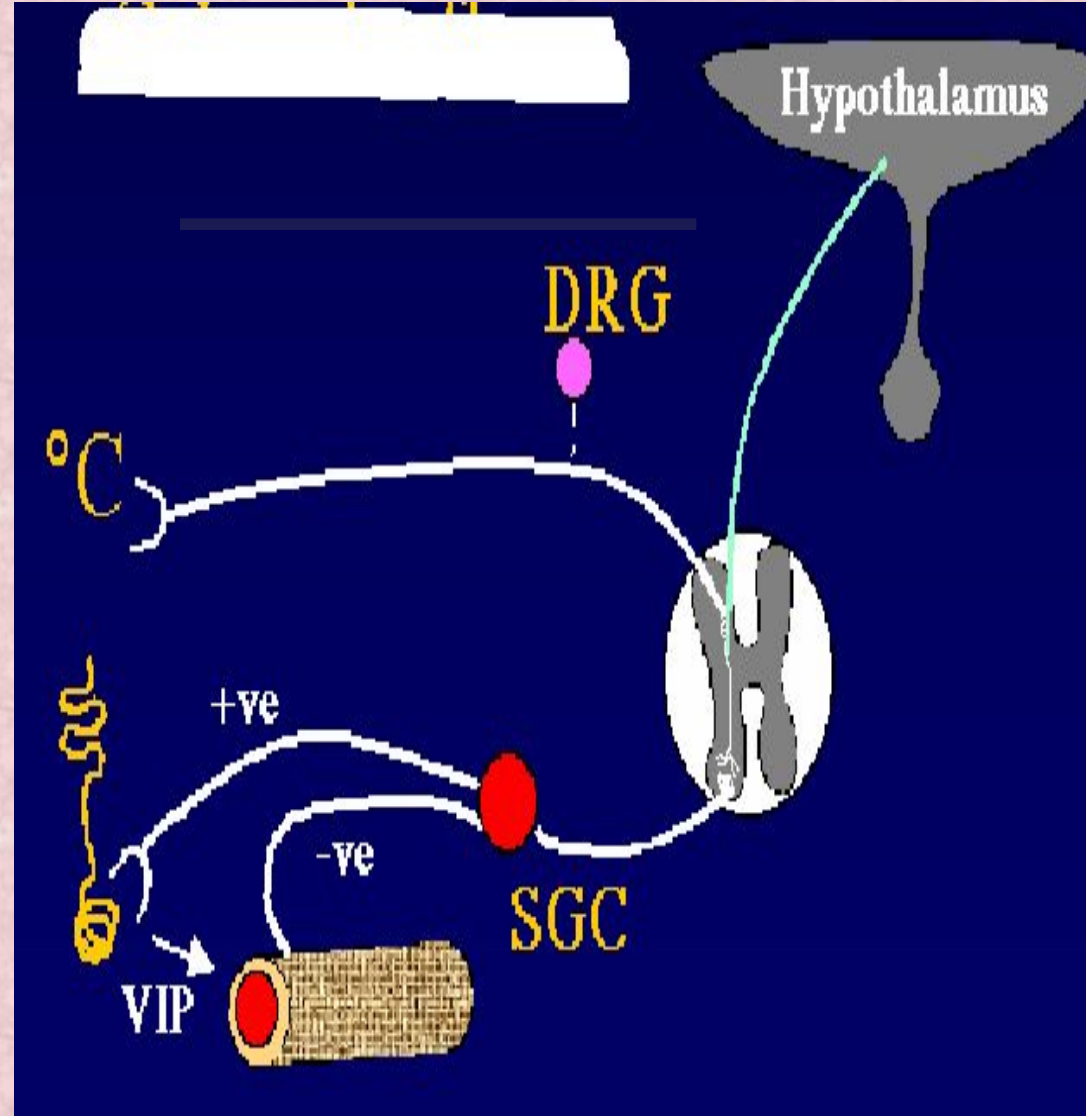


Афферентная часть - терморецепторы

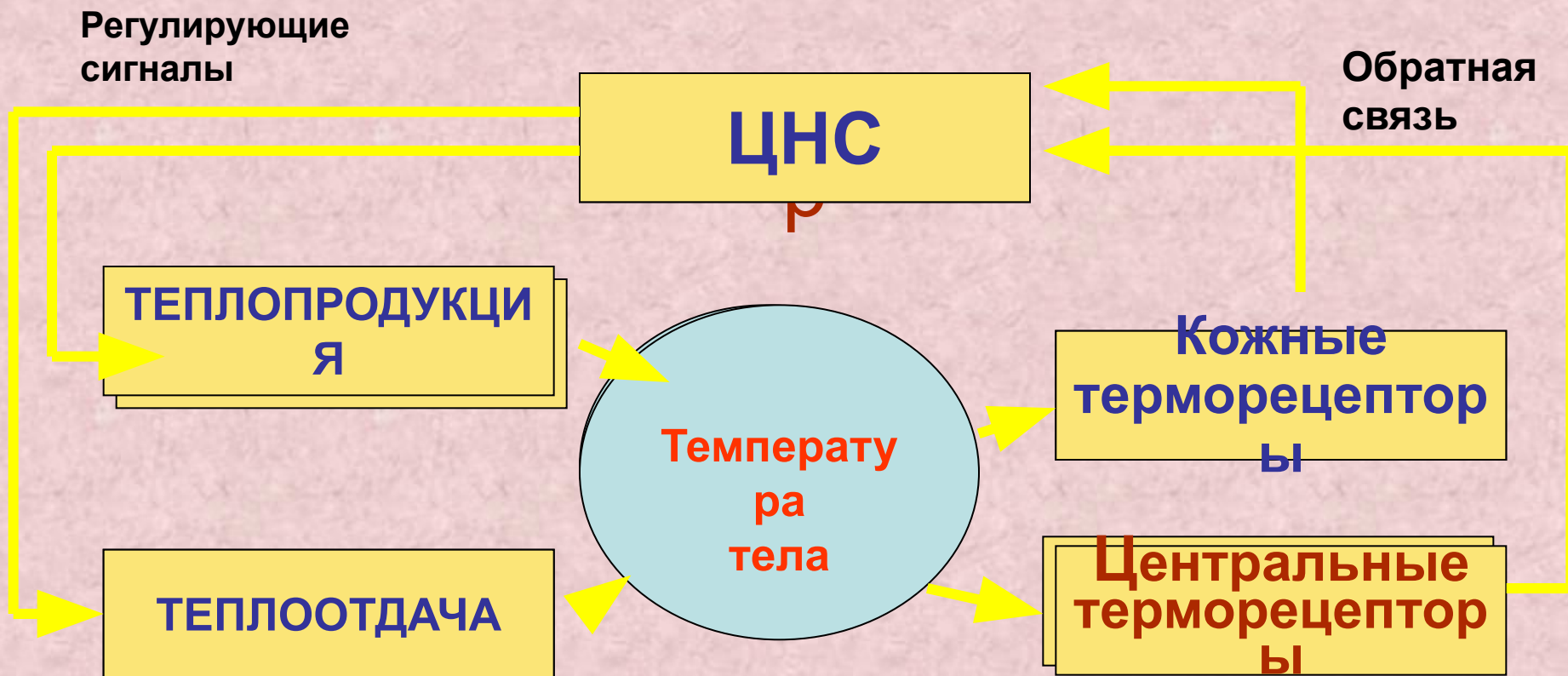
Центр – **центр терморегуляции** в гипоталамусе

ЛОКАЛЬНАЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ - при местном воздействии на терморецепторы

- Реакция гмк сосудов
- Спинальные рефлексы:
- центры в боковых рогах спинного мозга



СИСТЕМА ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

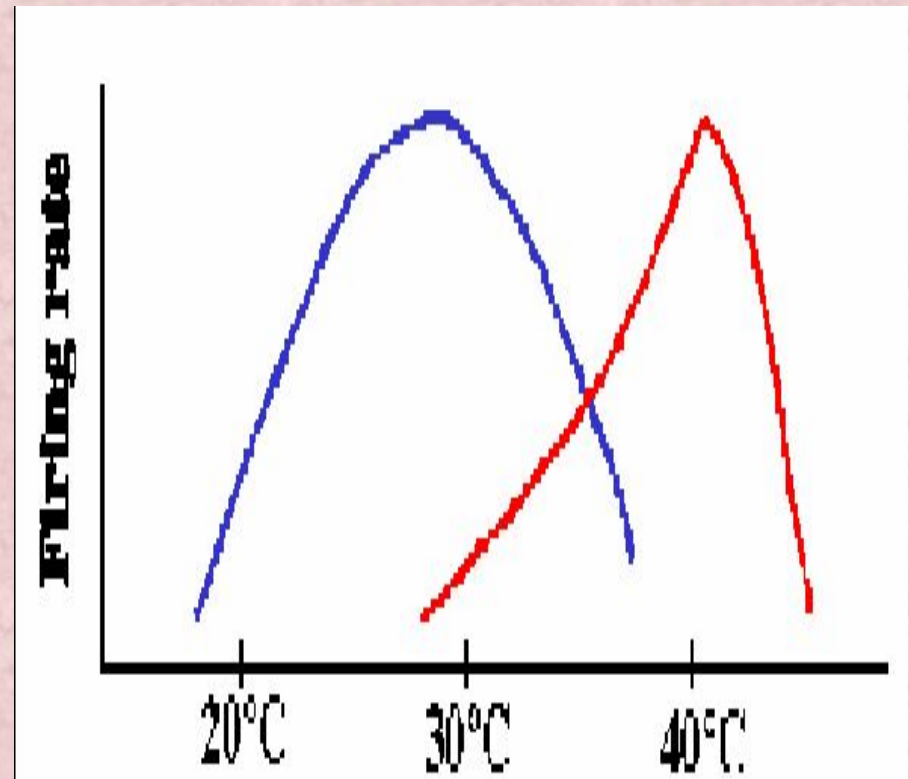


ТЕРМОРЕЦЕПТОРЫ

«ХОЛОДОВЫЕ»

«ТЕПЛОВЫЕ»

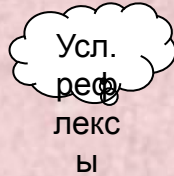
- Кожные терморецепторы
- Термосенсоры «ядра» (вне ЦНС)
- Термосенсоры = нейроны ЦНС: преоптическая область гипоталамуса, средний, спинной мозг.



Формирование t^*
ощущений, адекватного
поведения, условных
рефлексов

ЦЕНТР ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

Кора б.п.



Лимбическая
система,
гипоталамус

Таламус

- Преоптическая область **переднего гипоталамуса термосенсоры**, интеграция периферических и центральных импульсов от терморцепторов.
- **Задний гипоталамус** – управление процессами теплопродукции и теплоотдачи

В 1860-х г.г. Libermeister –

“set point”» = заданная T^* величина

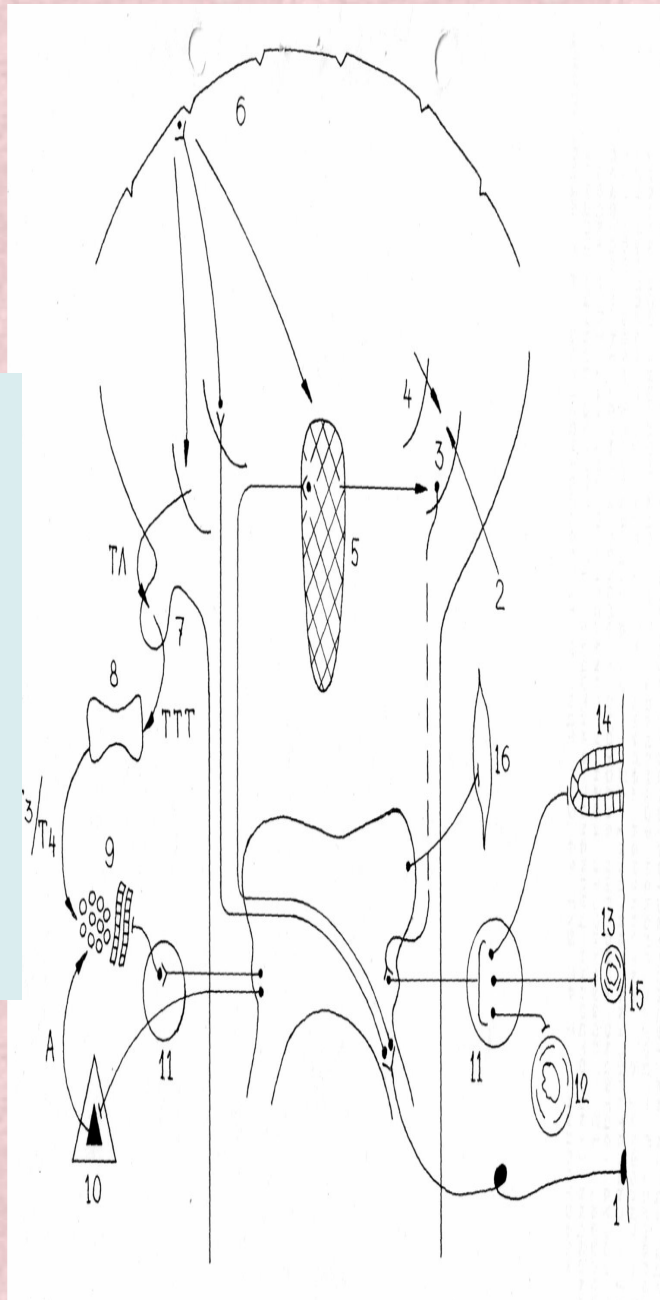
Регуляция по отклонению - при снижении T^* внутри, в ядре

Регуляция по опережению – при охлаждении кожи

СИСТЕМА ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

Гипоталамус
Тиреолиберин
Аденогипофиз
Тиреотропин
Щитовидная железа
тироксин

Адреналин



Кора больших полушарий

Гипоталамус

Потовые железы

Сосуды кожи

Терморецепторы.

Контроль ЦНС

соматическая н. с.

**сокращение
скелетных
мышц**

вегетативная н. с. симпатическая

гликогенолиз

липолиз бурого жира

потоотделение

вазоконстрикция

При перегревании:

**Уменьшение
теплопродукции**

Увеличение

теплоотдачи:

**- расширение сосудов
кожи.**

- потоотделение

**Поведенческие
реакции**



При охлаждении:

Уменьшение теплоотдачи:

- спазм сосудов кожи, -
- перераспределение крови в «ядро»
- пилоэрекция,

Увеличение теплопродукции

- симпатическая система, -
- тироксин.
- Мышечная дрожь.

Поведенческие реакции.-



МЕХАНИЗМЫ, АКТИВИРОВАННЫЕ

ХОЛОДОМ

ТЕПЛОМ

ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ

ПОНИЖЕНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ

мышечная активность



Поведенческие реакции

МЕХАНИЗМЫ, АКТИВИРОВАННЫЕ

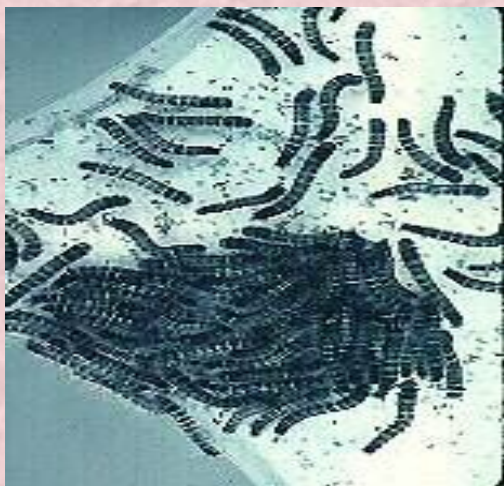
ХОЛОДОМ

ТЕПЛОМ

ПОНИЖЕНИЕ

ТЕПЛОТДАЧА

ПОВЫШЕНИЕ



Поведенческие реакции

МЕХАНИЗМЫ, АКТИВИРОВАННЫЕ

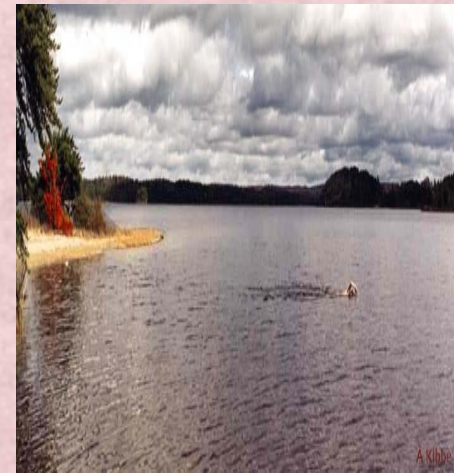
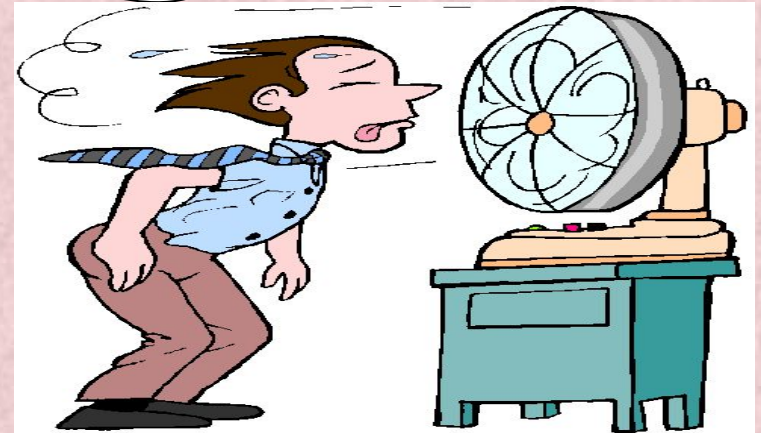
ХОЛОДОМ

ТЕПЛОМ

ПОНИЖЕНИЕ

ТЕПЛОТ
ДАЧА

ПОВЫШЕНИЕ



ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОМФОРТ

ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ:

- t воздуха
- влажность
- t излучения
- V движения воздуха

«температурный комфорт» (термoneйтральная зона)

Условие: чтобы организм не нуждался в работе механизмов терморегуляции и кровотока в периферических органах мог сохранять промежуточную скорость.

Комфортная температура (при влажности 50%)

Для легко одетого – **25-26**

Для обнаженного - **28**

T (средняя) кожи ± 34



Последовательность активации механизмов терморегуляции:

- **Поведенческие реакции:** опережающий характер, чтобы не допустить изменения t^* тела.
- **Нервные механизмы** (при умеренных колебаниях): изменение тонуса симпатических сосудодвигательных нервов,
 - при снижении t^* - активация центра дрожи, выброс адреналина, липолиз,
 - при повышении t^* – стимуляция потоотделения.
- **Эндокринные механизмы** (при длительных изменениях): изменение уровня тиреоидных гормонов – **температурная акклиматизация**

Гипотермия - снижение температуры тела, вызванное переохлаждением.

- При $t^* 34,8^*$ снижается способность гипоталамуса к терморегуляции
- При $t^* 29, 8^*$ она полностью утрачивается
- При $t^* 25.5^*$ наступает смерть от остановки сердца.

Искусственная (медицинская) гипотермия:

- охлаждение путем увеличения теплоотдачи,
- подавление гипоталамуса седативными препаратами, применение миорелаксантов.
- При температуре ниже **32.4*** потребление кислорода снижается, сердце может быть остановлено. Клетки организма могут оставаться живыми 30 - 60 мин .

ГИПЕРТЕРМИЯ

(ПЕРЕГРЕВАНИЕ, тепловой удар) -

- **повышение t тела (ядра)** вследствие декомпенсации или нарушения механизмов терморегуляции:

стойкая недостаточность теплоотдачи по отношению к теплопродукции.

- *Высокая t^* окружающей среды с высокой влажностью и отсутствием конвекции.*
- *Лихорадка*
- *Разобщители О.-Ф. в митохондриях.*
- *Повреждение гипоталамуса -*

Лихорадка

- Повышение температуры, тела вызванное:
- Повреждением мозга (гипоталамуса),
 - При воспалении - воздействием **пирогенов** (ИЛ-1, простагландина E₂.и др.)
 - Происходит повышение значения «заданной величины» гипоталамуса, включение механизмов повышения температуры тела.
 - **Антипиретики** – препараты, блокирующие образование **пирогенов**.

Влияние изменения «заданной величины» переднего гипоталамуса пирогенами при лихорадке

- Сильная жара –

Что нужно знать:

- 1. Носить воздухонепроницаемую (плотную, толстую) одежду и головной убор.
- 2. Находясь под прямым воздействием солнечных лучей, закрывать как можно большую поверхность кожи.
- 3. При выполнении работ не следует торопиться, начинать их с небольшой скоростью и постепенно увеличивать до достижения нормального ритма. При работе необходимо-регулярно отдыхать.
- 4. Периодически употреблять воду для возмещения потери жидкости, выделяемой потом, принимая ее небольшими дозами (80-100мл), подолгу задерживая во рту.
- 5. Алкогольные напитки не употреблять, так как они вызывают обезвоживание организма.

- Солнечный удар - результат действия прямых солнечных лучей на голову (общая разбитость, головная боль, тошнота, рвота, потливость, сердцебиение)
- .В тяжелых случаях нарушается дыхание, наступает помутнение сознания, вплоть до развития комы и остановки дыхания
- .Первая помощь: Устранить перегревание, для чего:
 - поместить больного в тень или прохладное помещение; раздеть, обернуть влажной
 - холодной простыней, напоить холодной водой;
 - В случае остановки дыхания провести искусственное дыхание "рот в рот";
 - В тяжелых случаях необходима госпитализация в реанимационное отделение

МЕХАНИЗМЫ, АКТИВИРОВАННЫЕ

ХОЛОДОМ

ТЕПЛОМ

ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ

```
graph TD; A[ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ] --> B[ХОЛОДОМ]; A --> C[ТЕПЛОМ]; B --> D[ПОВЫШЕНИЕ]; B --> E[Мышечная дрожь]; C --> F[ПОНИЖЕНИЕ]; C --> G[Апатия, снижение тонуса]; D --> H[↑ секреции А. и НА]; D --> I[↑ секреции тироксина];
```

• ПОВЫШЕНИЕ

Мышечная дрожь

Апатия, снижение тонуса

↑ секреции А. и НА

↑ секреции тироксина

МЕХАНИЗМЫ, АКТИВИРОВАННЫЕ

ХОЛОДОМ

ТЕПЛОМ

ТЕПЛООТДАЧА

```
graph TD; A[ТЕПЛООТДАЧА] --> B[ХОЛОДОМ]; A --> C[ТЕПЛОМ]; B --> D[ПОНИЖЕНИЕ кровотока в коже]; C --> E[ПОВЫШЕНИЕ кровотока в коже];
```

ПОНИЖЕНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ

кровотока в коже

кровотока в коже

МЕХАНИЗМЫ, АКТИВИРОВАННЫЕ

ХОЛОДОМ

ТЕПЛОМ

ТЕПЛООТДАЧА

ПОНИЖЕНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ



Поведенческие реакции

Теплопродукция

ПОВЫШЕНИЕ

ПОНИЖЕНИЕ



аппетит

