

# Терморегуляция

Постоянную температуру необходимо поддерживать для того, чтобы скорость протекающих реакций была на достаточном уровне (правило Вант-Гоффа) для поддержания гомеостаза

По типу терморегуляции животные подразделяются:

- Гомойотермные (теплокровные)
- Пойкилотермные (холоднокровные)
- Переходная форма
- Гетеротермные

# Постоянство температуры тела поддерживается за счет:

- Теплообразования (химическая терморегуляция)
- Теплоотдачи (физическая терморегуляция)

# Теплообразование

- **Основной обмен** (в сутки печень – 350-500 ккал, сердце 70-90 ккал, почки 70 ккал и другие органы; мышцы, находящиеся в состоянии покоя (тонусе), дают около 40% тепла от общего количества тепла, образующегося при основном обмене)

- **Специфическое динамическое действие пищи**

Тепло, образующееся за счет тонуса, дрожи или сокращений мышц, называют **сократительным термогенезом**. Остальное тепло образуется за счет **несократительного термогенеза** (печень, почки, головной мозг, сердце и др. органы). В спокойном состоянии, учитывая, что тонус мышц дает 40% тепла, соотношение сократительного и несократительного термогенеза 40 на 60%. При дрожи количество вырабатываемого тепла в мышцах увеличивается в 2 раза, поэтому соотношение сократительного и несократительного термогенеза становится уже примерно 60 на 40%. Тяжелая мышечная работа увеличивает количество образуемого тепла в мышцах в 4-5 раза, следовательно, соотношение сократительного и несократительного термогенеза еще больше

# Теплоотдача

## **Физические способы теплоотдачи:**

- Теплопроводение ( около 3% отдаваемого тепла)
- Конвекция (около 15% тепла)
- Теплоизлучение (около 60% тепла)
- Испарение (около 20% тепла)

Стены

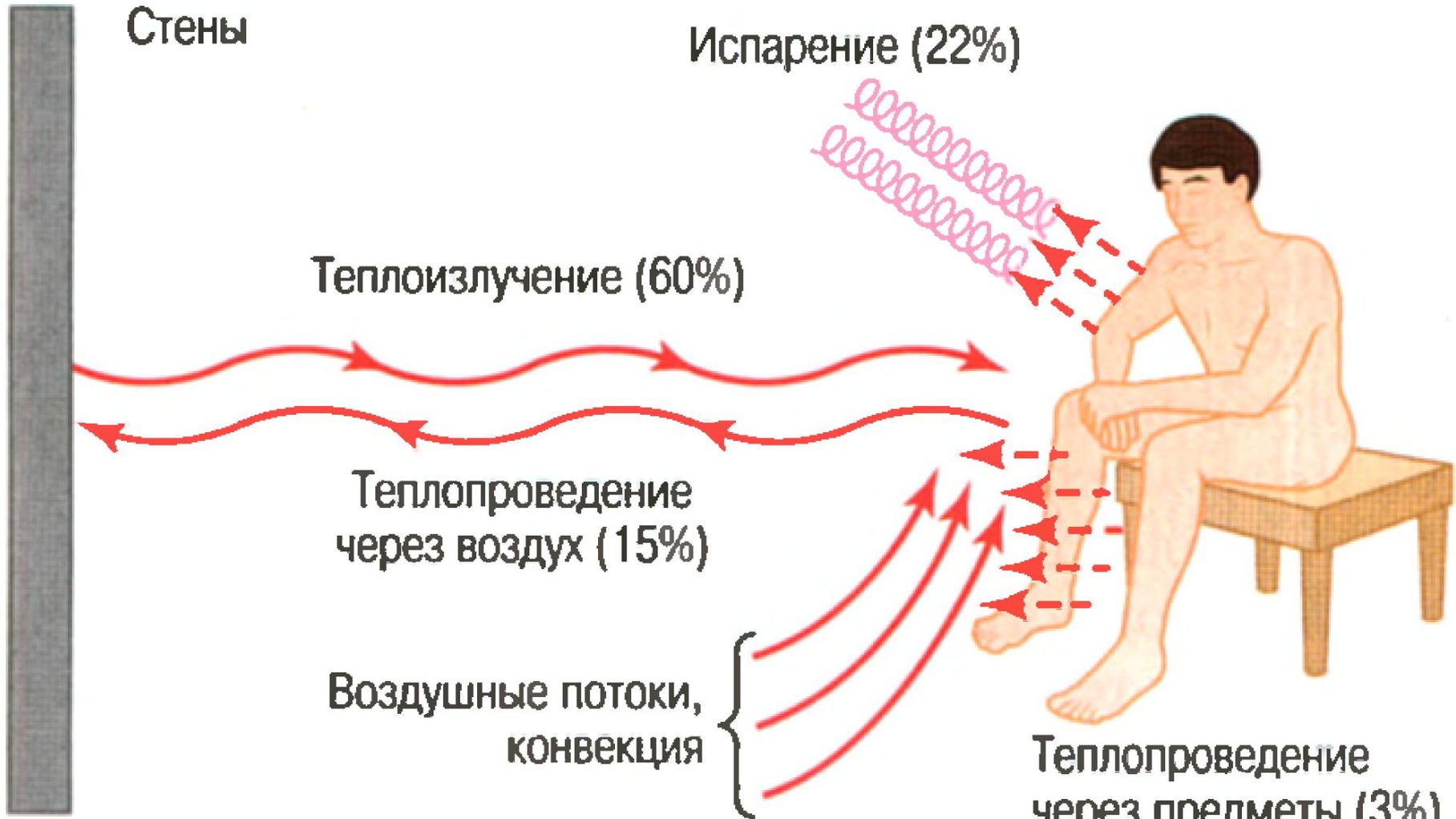
Испарение (22%)

Теплоизлучение (60%)

Теплопроводение  
через воздух (15%)

Воздушные потоки,  
конвекция

Теплопроводение  
через предметы (3%)



# Теплопроводение

отдача тепла предметам путем прямого **контакта**. Несмотря на частый контакт с предметами в течение суток, человек отдает всего около 3% образуемого тепла, так как эти предметы быстро нагреваются при контакте и дальнейшая передача тепла прекращается. Но если контактировать с предметом, который в силу его объема и природы невозможно нагреть, то теплопроводение будет играть ведущую роль в отдаче тепла по сравнению с другими способами (бетонная плита весной, если на нее сесть)

# Конвекция

отдача тепла с помощью движущейся среды (воздуха, воды). Прилегающий слой воздуха нагревается и, как более легкий, поднимается, отнимая определенное количество тепла от тела человека. При этом он замещается более холодным воздухом окружающей среды, и цикл повторяется. Поэтому ветер, который увеличивает скорость смены слоев, увеличивает количество отдаваемого тепла с помощью конвекции (количество отдаваемого тепла становится больше 15%), при этом охлаждающая способность ветра пропорциональна квадратному корню его скорости. Например, охлаждающий эффект ветра, скорость которого 6,5 м/с в 2 раза выше, чем охлаждающий эффект ветра, скорость которого 1,6 м/с

# Теплоизлучение (радиация)

отдача тепла посредством инфракрасного излучения с поверхности тела в

направлении менее нагретых предметов.

Каждый объект (живой и неживой) со своей поверхности во всех направлениях испускает инфракрасные лучи, которые являются переносчиком тепла. Количество испускаемых с поверхности объекта инфракрасных лучей пропорционально температуре этого объекта. Если температура тела выше температуры окружающих предметов, организм отдает большее количество тепла, чем получает. И это количество отдаваемого тепла тем больше, чем ниже температура окружающих предметов.

# Испарение

отдача тепла посредством испаряющейся **ЖИДКОСТИ**. 1г испаряющейся жидкости отнимает 0,58ккал. В сутки, даже если человек не потеет, с поверхности кожи **незаметно** испаряется около 400 мл воды. С поверхности дыхательных путей также **незаметно** испаряется около 400 мл. Выделяющийся на поверхность кожных покровов пот увеличивает количество отдаваемого тепла, если он испаряется.

Как только температура окружающей среды становится выше температуры тела, единственным способом отдачи тепла становится испарение (теплопроводение, конвекция и теплоизлучение нагревают организм в соответствии со 2-м законом термодинамики).



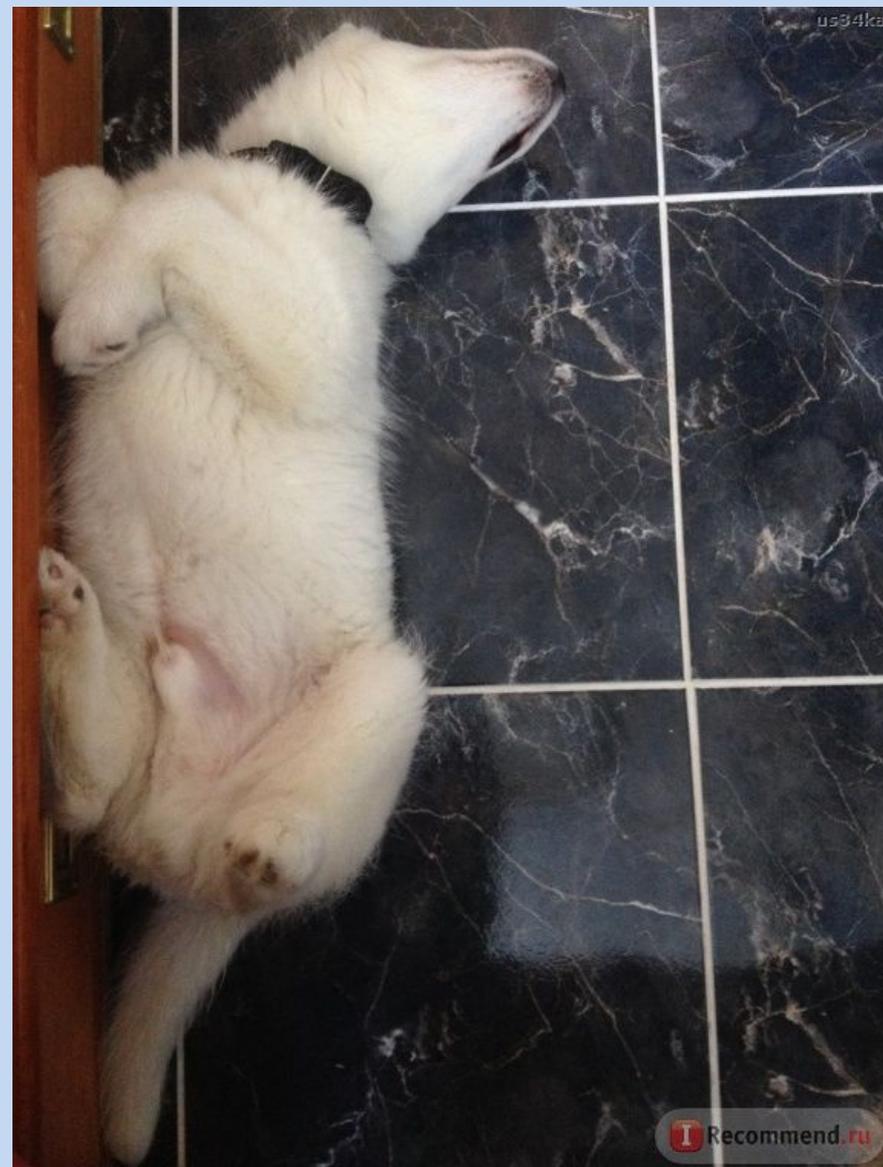
Ватный халат  
жителя Средней  
Азии, который  
уменьшает  
нагревание  
организма (на  
улице 45, а под  
халатом 36,6)

# Физиологические механизмы теплоотдачи

- Поза
- Сосудистые реакции
- Пиломоторные реакции
- Одышка
- Эффективное потоотделение

Если физические способы теплоотдачи характерны для всех объектов природы (и живых, и неживых), то физиологические механизмы характерны только для живых организмов. С помощью этих механизмов живые организмы регулируют количество отдаваемого тепла (либо уменьшают, либо увеличивают).

# Поза



- **Сосудистые реакции** – сужение сосудов кожи при температуре окружающей среды ниже  $15^{\circ}\text{C}$  с целью меньшей теплоотдачи. Выше  $15^{\circ}\text{C}$  сосуды расширяются, а при температуре выше  $35^{\circ}\text{C}$  сосуды вновь суживаются с целью уменьшения количества принимаемого тепла, так как теплопроводение, конвекция и теплоизлучение в данной ситуации не охлаждают организм, а нагревают (2-й закон термодинамики)
- **Пиломоторные реакции** – реакции поднятия волос с целью увеличения толщины воздушной прослойки, при этом также уменьшается расстояние между волосами, что приводит к уменьшению ячеистости шерстяного покрова (это в свою очередь уменьшает скорость обновления воздушной прослойки). Все это снижает конвекцию, следовательно, и теплоотдачу. У человека этот механизм носит рудиментарный характер («бумажная»

- **Одышка** – увеличение частоты дыхательных движений приводит к повышению количества испаряющейся влаги с поверхности дыхательных путей. Для некоторых животных одышка является единственным защитным механизмом от перегрева в жаркую погоду (например, собаки, у которых нет потовых желез)
- **Эффективное потоотделение** – механизм теплоотдачи посредством испаряющегося пота (капля пота, которая скатилась, а не испарилась с поверхности тела, не отнимает тепло – **неэффективное** потоотделение). Поэтому в жаркую погоду необходимо одевать вещи, которые пропускают испаряющуюся жидкость (например, льняную одежду, но не синтетические ткани)

# Центр терморегуляции

- Располагается в гипоталамусе. **Передний отдел** гипоталамуса контролирует теплоотдачу, что доказывается перегреванием животного при высокой температуре окружающей среды при разрушении данного отдела. Способность переносить холод при этом сохраняется. **Задний отдел** контролирует теплообразование, при его разрушении температура животных падает ниже нормальной, животные при этом не способны переносить холод.
- В заднем отделе гипоталамуса располагается **первичный моторный центр дрожи**, который активируется сигналами от холодовых рецепторов. Сигналы от этого центра по нисходящим путям, расположенным в боковых канатиках, направляются к мотонейронам передних рогов.

# Терморепцепторы

- Периферические, подразделяются на тепловые и холодные, которых примерно в 10 раз больше, чем тепловых
- Центральные располагаются в ЦНС, прежде всего в гипоталамусе.

# Механизмы увеличения

## теплопродукции

- В заднем отделе гипоталамуса располагается **первичный моторный центр дрожи**, который активируется сигналами от холодовых рецепторов. Сигналы от этого центра по нисходящим путям, расположенным в боковых канатиках, направляются к мотонейронам передних рогов, вызывая дрожь.
- Возбуждение симпатической нервной системы сопровождается секрецией адреналина и норадреналина, способных разобщать реакции окислительного фосфорилирования, что приводит к повышению количества образуемого тепла. Этот процесс возможен со стороны бурого жира, содержащего большое количество особых митохондрий. У взрослого человека, у которого практически нет бурого жира, увеличение теплопродукции за счет этого процесса может увеличиваться не более чем на 10-15%, а вот у новорожденных, у которых имеется небольшое количество бурого жира в межлопаточной области, теплопродукция за счет этого механизма может

# Механизмы увеличения

## теплопродукции

- Роль тироксина в долговременной регуляции теплопродукции. Охлаждение гипоталамуса приводит к увеличению секреции тиреолиберина, он в свою очередь стимулирует образование ТТГ передней долей гипофиза. ТТГ стимулирует выработку тироксина щитовидной железой, который увеличивает скорость теплообразования. (Щитовидная железа животных увеличивается в размерах на 20-40% при помещении их в условия очень низких температур. Возможно, с этим связана более частая встречаемость токсического зоба у людей, живущих в условиях холодного климата).

# Концепция «заданной величины» температуры

Гипоталамус ориентирован на **«заданную величину» температуры сердцевины** – примерно  $37,1^{\circ}\text{C}$ , которая воспринимается центральными терморецепторами гипоталамуса. Если «заданная величина» резко увеличивается (например, до  $40^{\circ}\text{C}$ ) – это происходит под влиянием различных токсинов белковой и липополисахаридной природы, ИЛ-1 и др., т.н. **пирогенов**, а температура сердцевины равна  $37,1^{\circ}\text{C}$ , то резко включаются механизмы снижения теплоотдачи (поза, сосудистые и пилоmotorные реакции) и повышения теплопродукции – сильнейший озноб. Противоположные изменения происходят при прекращении действия пирогенов – «заданная температура» возвращается к норме ( $37,1^{\circ}\text{C}$ ), а существующая температура сердцевины  $40^{\circ}\text{C}$ : ведущим симптомом будет обильное потоотделение.