

# **Лекция №5**

## **Терморегуляция Обмен веществ**

**Лектор: доц. кафедры нормальной физиологии, к.м.н.  
Шерстенникова Александра Константиновна**

**Цель лекции:** познакомиться с основными закономерностями теплопродукции и теплоотдачи, обменом веществ, механизмами их регуляции

**План лекции:**

- Температура тела и изотермия.
- Химическая терморегуляция.
- Физическая терморегуляция.
- Регуляция изотермии.
- Обмен веществ
- Основной обмен
- Общий обмен
- Калориметрия

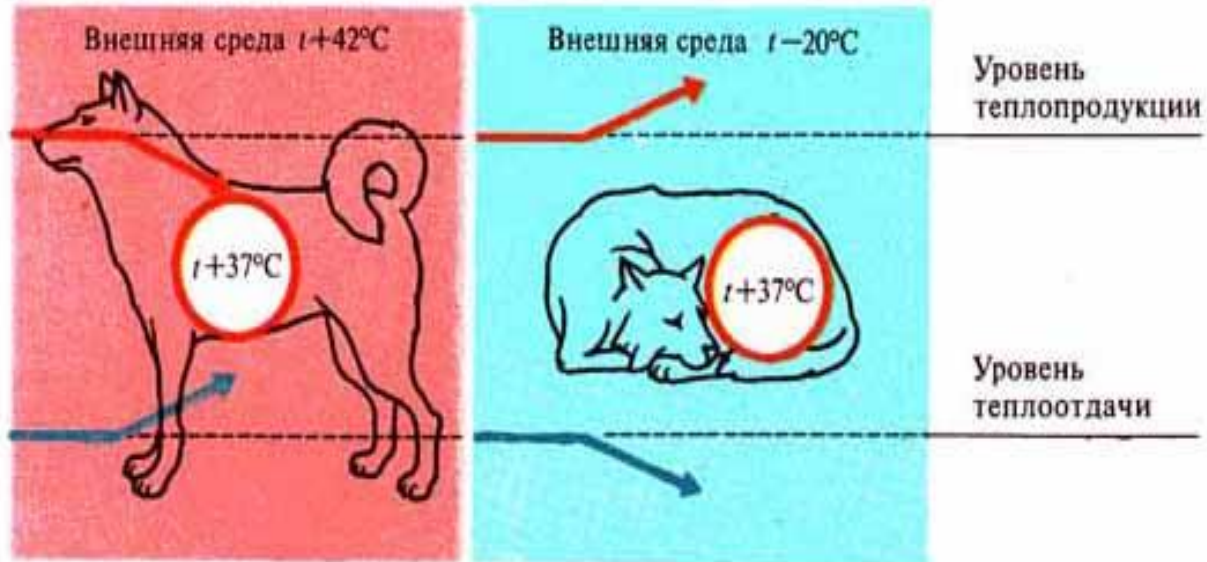


- Температура тела человека и высших животных поддерживается на относительно постоянном уровне, несмотря на колебания  $t$  окружающей среды.
- Это постоянство  $t$  тела носит название **изотермии**.

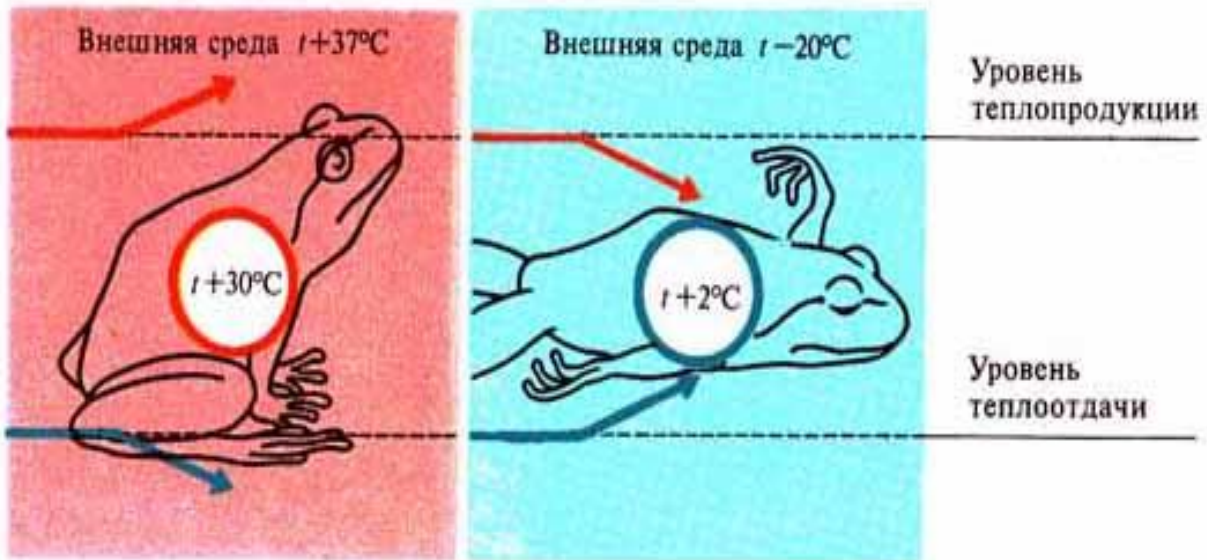
# Классификация организмов по способу поддержания $t$ тела

- 1. Гомойотермные** (теплокровные) – человек, высшие позвоночные животные, птицы – способны к изотермии (имеют мощные внутренние источники тепла и более хорошую теплоизоляцию тела).
- 2. Пойкилотермные** (холоднокровные) – это животные и насекомые,  $t$  тела колеблется в такт с  $t$  окружающей среды. (Для повышения  $t$  они используют внешние источники тепла, имеют высокую теплопроводность тела)

## Гомойотермные животные



## Пойкилотермные животные



В условиях  
высокой температуры

В условиях  
низкой температуры

Изотермия в процессе онтогенеза развивается постепенно.

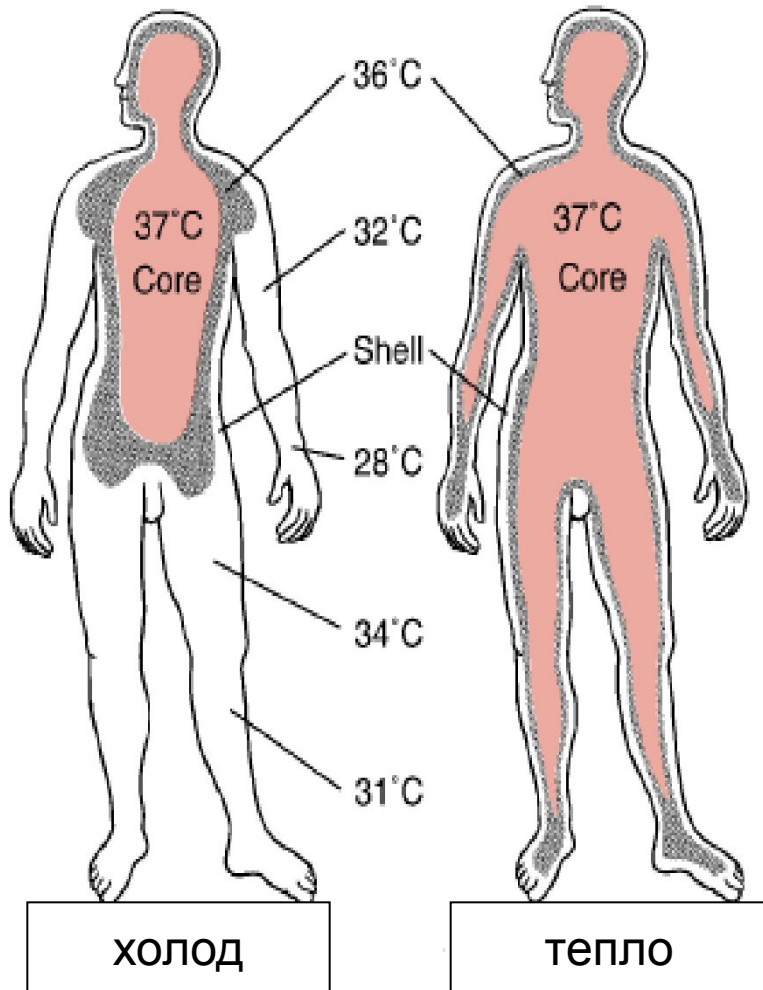


- У новорожденного ребенка способность поддерживать постоянство  $t$  тела далеко не совершенна.
- Вследствие этого может наступать охлаждение (гипотермия) или перегревание (гипертермия) организма при таких температурах окружающей среды, которые не оказывают влияния на взрослого человека.
- Даже небольшая мышечная работа, связанная с длительным криком ребенка, может привести к повышению температуры тела.

# Преимущества теплокровия:

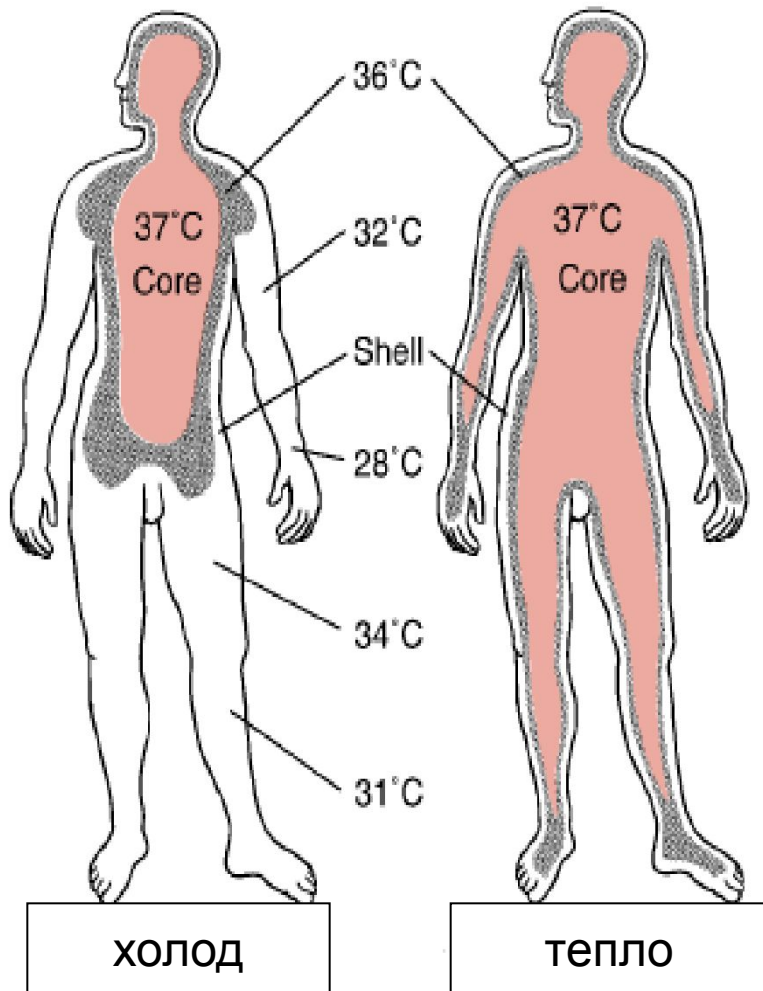
- Высокая интенсивность обмена веществ делает организм более свободным в выборе места обитания
- У теплокровных организмов в 2-3 раза выше скорость деятельности ЦНС, мышечной и других систем
- **Цена теплокровия:**
  - Теплокровным требуется больше пищи
  - Теплокровные виды имеют меньшую численность
  - При тех же размерах уровень обмена веществ в 3 раза выше, чем у холоднокровных

# Температурные характеристики разных участков тела человека



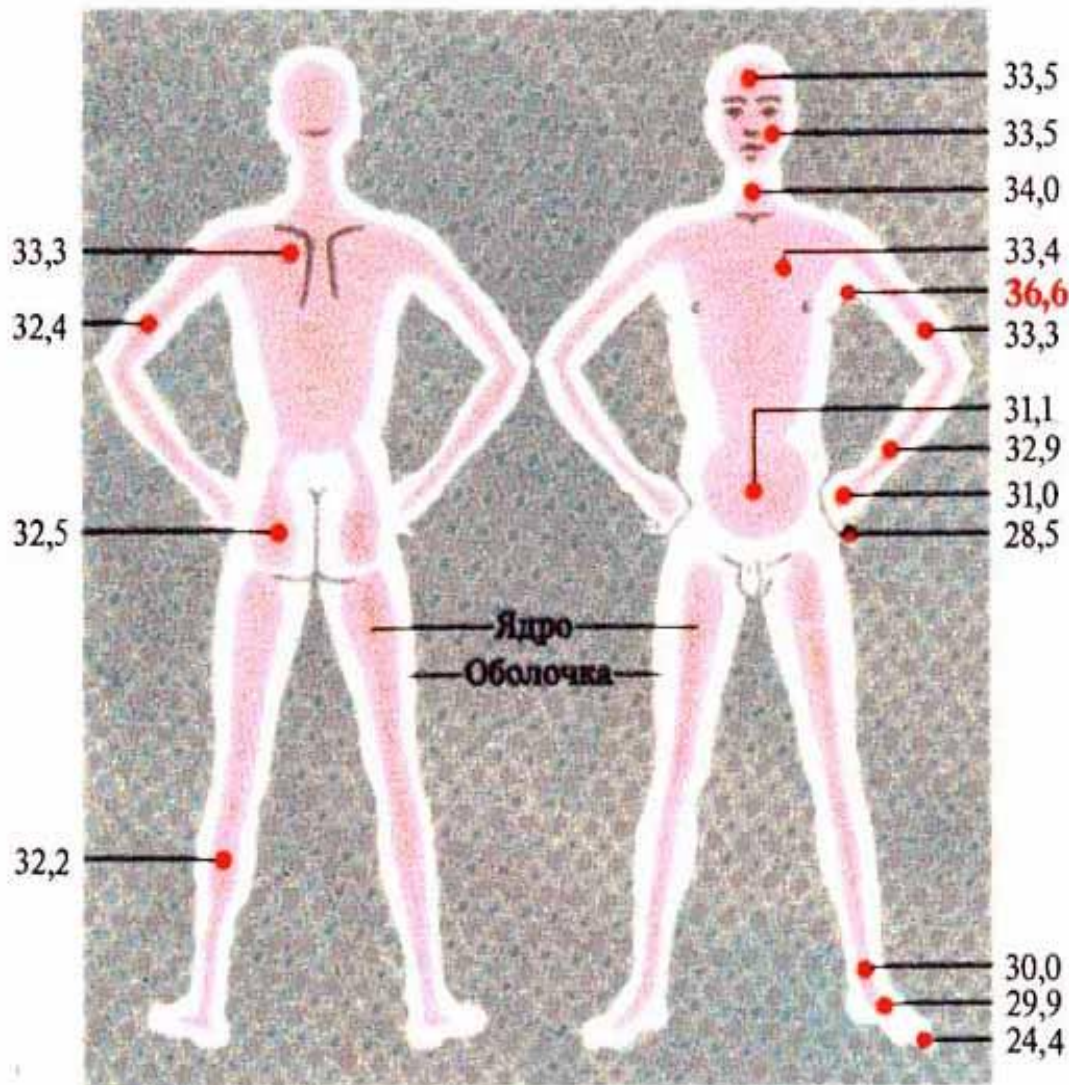
- В теле человека принято различать «ядро»,  $t$  которого сохраняется достаточно постоянной, и «оболочку»,  $t$  которой существенно колеблется в зависимости от  $t$  внешней среды.





- Область «ядра» сильно уменьшается при низкой внешней  $t$  и, наоборот, увеличивается при высокой  $t$ .
- Поэтому справедливо говорить, что изотермия присуща «ядру» -внутренним органам и головному мозгу.

# Различные участки поверхности кожи имеют неодинаковую температуру.



Относительно выше  $t$  кожи туловища и головы (33—34 °C). В конечностях существует продольный (осевой) градиент, поэтому температура конечностей наиболее низкая - в дистальных отделах (24,4).

# Места измерения $t$ тела

- Подмышечная впадина (часто используется. значение **36,5—36,9 °C**).
- В клинике часто (особенно у грудных детей) измеряют температуру в прямой кишке (ректальная), где она выше, чем в подмышечной впадине, и равна у здорового человека в среднем **37,2—37,5°C**.

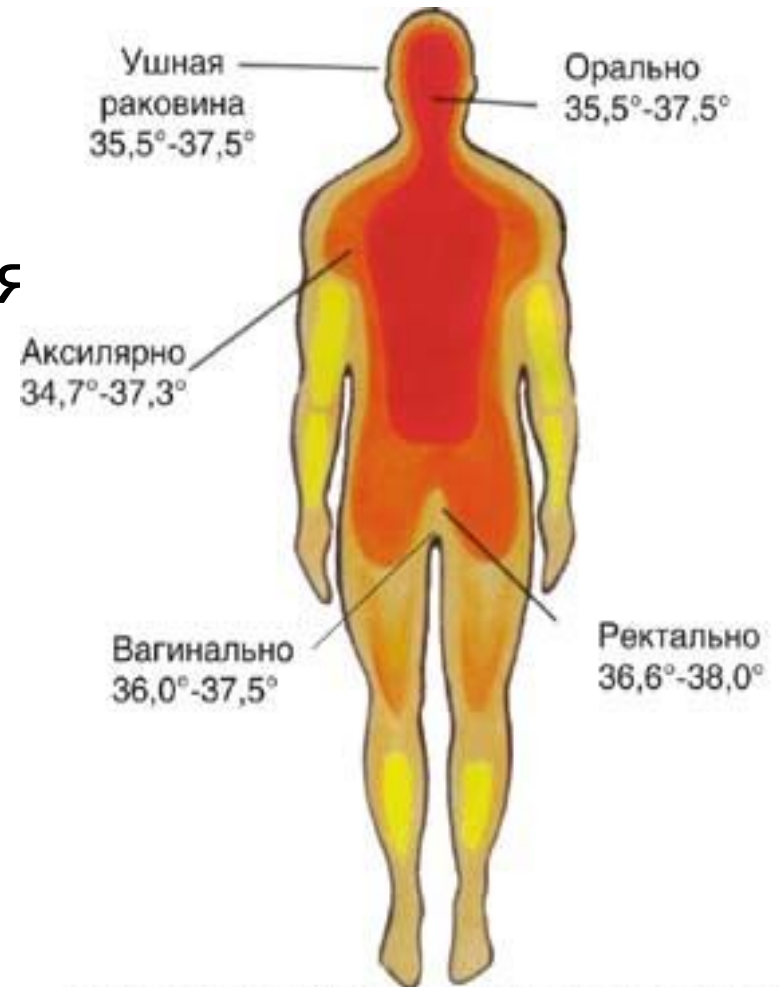


# Места измерения $t$ тела

## Рот

- наиболее часто в Европе и США.  $t$   $35.8 - 37.3^{\circ}\text{C}$ .
- Причины ошибок измерения
  - ротовое дыхание
  - прием теплой или холодной воды перед измерением

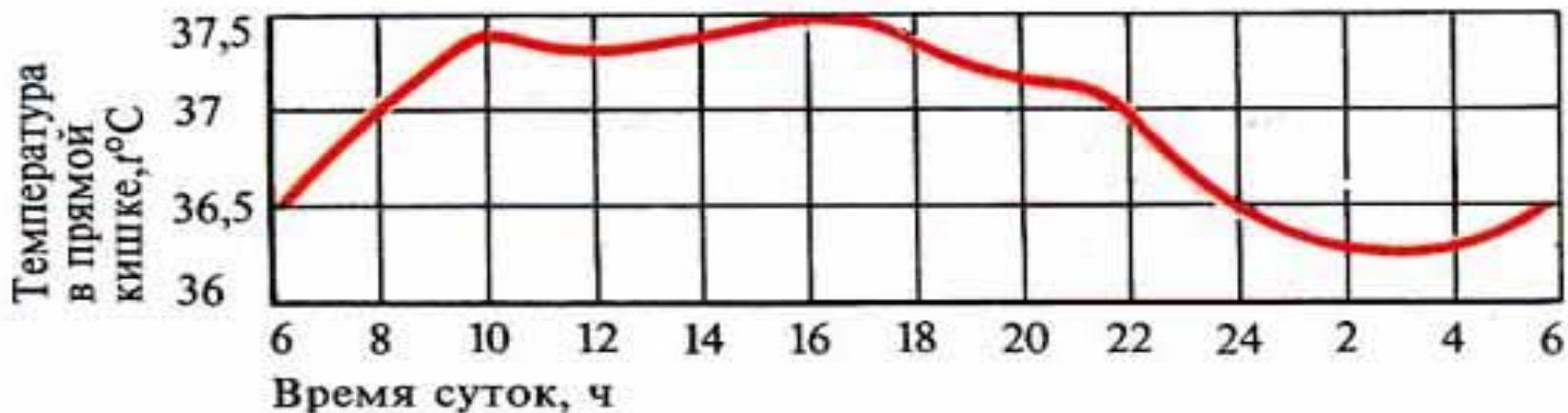
**Ушная раковина** лучшее место при исследованиях  $t$   $35,5-37,5^{\circ}\text{C}$



Нормальный диапазон температуры

# Зависимость $t$ тела от различных факторов

- Температура тела колеблется в течение суток в пределах  $0,5—0,7$  °С, что называется циркадианным суточным ритмом.
- Покой и сон понижают, мышечная деятельность повышает температуру тела.
- Максимальная температура наблюдается в 16—18 ч вечера, минимальная — в 3—4 ч утра.



- Эмоциональное возбуждение вызывает повышение  $t$  тела на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Фаза менструального цикла – перед овуляцией наблюдается повышение на  $0,5\text{—}0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $t^{\circ}$  выше у детей и ниже у стариков и новорожденных
- У рабочих, длительно работающих в ночных сменах, колебания  $t$  могут быть обратными.

- Интенсивная мышечная работа повышает  $t$  тела до  $39^{\circ}$  (у спортсменов)
- В условиях пересечения меридианов требуется 1-2 недели для того, чтобы температурный ритм синхронизировался с новым временем.



## Нормальные значения температуры

Место измерения	Среднее значение	Время измерения	
		06.00	16.00-18.00
Подм. область	36.6.	35.6-36.1	36.9.-37.2.
Полость рта	37.3	37.1	37.7
Прямая кишка	37.9	37.7	38.3
Моча	37.9	37.7	38.3



## «Человек в печи»

Английский врач Чарльз Благден (1748–1820) показал явления гомеостаза задолго до Кеннона

В 1775 он провел 45 минут в камере с температурой  $127^{\circ}\text{C}$  вместе с собакой, бифштексом и несколькими коллегами-исследователями.

Собака выжила благодаря испарению при глубоком и частом дыхании, человек — благодаря потоотделению.

Бифштекс, погиб, будучи неспособен поддерживать

гомеостаз



# Температурный гомеостаз

Постоянство температуры тела происходит за счет равенства теплообразования и теплопотери.

Терморегуляцию принято разделять на:

- **химическую** (теплообразование)
- **физическую** (теплоотдача)

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

- У человека усиление теплообразования отмечается, когда  $t$  окружающей среды становится ниже *оптимальной  $t$* , или *зоны комфорта*.
- Для человека в обычной одежде эта  $t$  комфорта находится в пределах 18—20 °С, в легкой одежде 25 °С, а для обнаженного равна 28 °С, при относительной влажности воздуха 50%; в воде 31-35 °С.
- Химическая терморегуляция подразделяется на сократительный и несократительный.

Химическая терморегуляция  
подразделяется на:  
сократительный и  
несократительный термогенез.



# **1. Сократительный термогенез:**

Связан с сокращением скелетных мышц.

Наиболее интенсивное  
теплообразование в организме  
происходит в мышцах.

- а) Произвольные мышечные сокращения**
- б) Непроизвольные мышечные сокращения (дрожь).**

# **а) Произвольные мышечные сокращения осуществляются:**

- **Тонусом мышц, формирующих позу** (например, сидячая поза увеличивает теплопродукцию на 40%, а стоячая на 70% по сравнению с лежащей). Даже если человек лежит неподвижно, но с напряженной мускулатурой теплообразование повышается на 10 %.
- **При физической работе до 90%** образующегося тепла приходится на скелетные мышцы, а при тяжелой мышечной работе—до 400 - 500 %.

## **б) Непроизвольные мышечные сокращения (дрожь).**

В условиях холода теплообразование в мышцах увеличивается, даже если человек находится в неподвижном состоянии.

Дрожь обусловлена тем, что при охлаждении поверхности тела, раздражаются холодовые рецепторы, которые рефлексорно возбуждают беспорядочные произвольные сокращения мышц антагонистов (раньше начинается с жевательных мышц)

При этом усиливаются обменные процессы организма, что и влечет за собой повышение теплообразования.

Даже произвольная имитация дрожи увеличивает теплообразование на 200 %.

## 2. Несократительный термогенез:

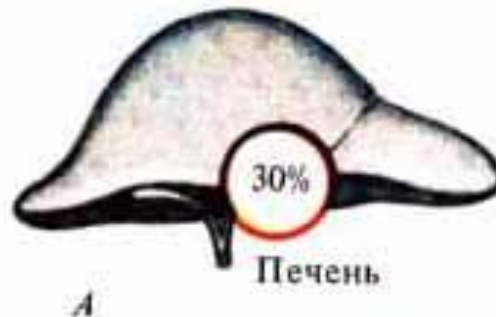
обмен веществ – источник тепла

- - ускорение обменных процессов (активация гликолиза, гликогенолиза и липолиза), не связанных с сокращением мышц (недрожательный термогенез).
- Важную роль играет бурый жир, характеризующийся избытком митохондрий, количество которого больше у новорожденных.
- Продукция тепла в нем может быть в 3 раза выше, чем в работающей мышце. У взрослого бурый жир расположен в области шеи, между лопатками, в средостении около аорты, полых вен и симпатической цепочки.



# Роль разных органов в теплопродукции:

- Печень 34%
- Мозг – 16%
- Сердце 11%
- Почки 8%



# Нервная регуляция

- **Соматическая нервная система** – обеспечивает сократительный термогенез
- **Симпатическая нервная система** – мобилизация энергетических резервов: усиление гликогенолиза, липолиза, активация окислительных реакций в буром жире

# Эндокринная регуляция

- Тиреоидные гормоны и адреналин – усиливаю окислительные процессы, увеличивая теплопродукцию
- Глюкокортикоиды на холоде усиливают действие адреналина,



«Моржи»

# ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ

- Теплоотдача осуществляется путем:



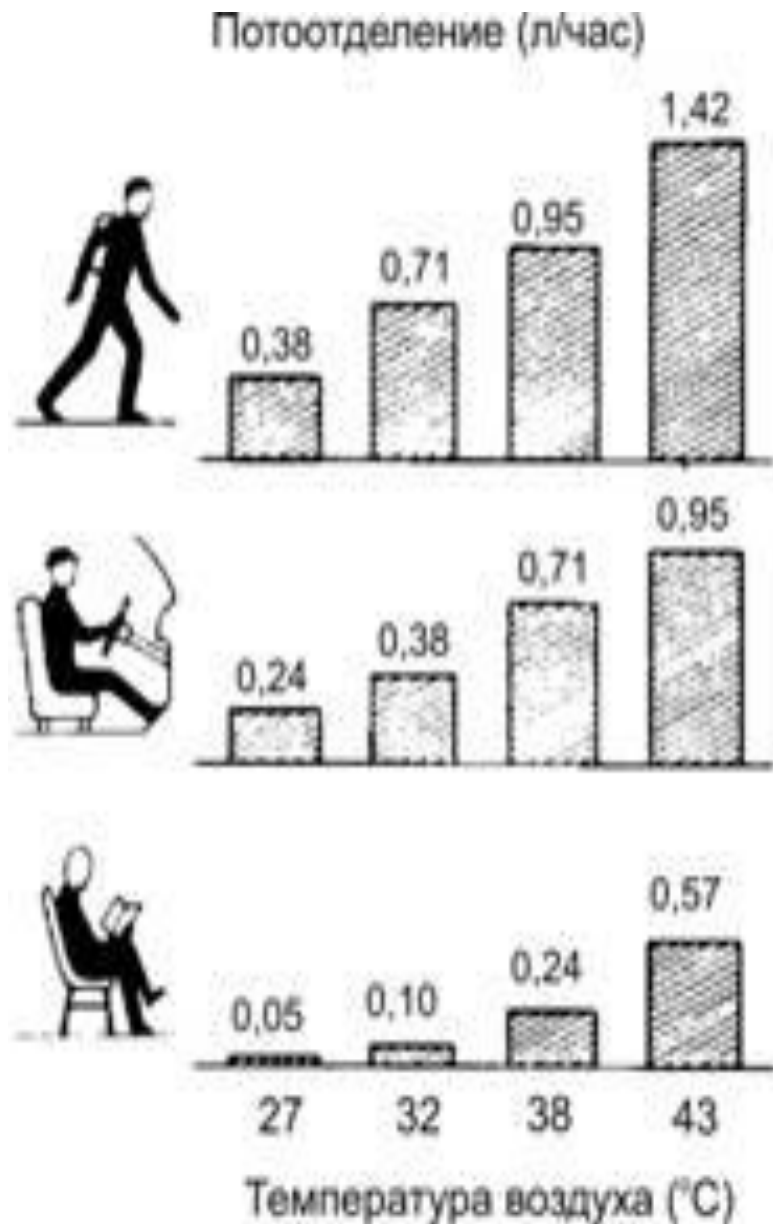
- 1. Теплоизлучение** (радиация) обеспечивает отдачу тепла с помощью инфракрасного излучения; тело человека излучает инфракрасные волны от 5 до 20 мкм; основные участки теплоотдачи – лицо, голова, кисти рук
- 2. Конвекция** обеспечивает отдачу тепла прилегающему к телу воздуху или жидкости;
- 3. Теплопроводение** (кондукция) – происходит при контакте с предметами, температура которых ниже температуры тела.
- 4. Испарение** воды в процессе дыхания, с поверхности кожи, слизистых оболочек;

# Неощутимое испарение

- С кожи вне потовых желез в сутки испаряется до 700 мл воды
- Со слизистых воздухоносных путей в сутки испаряется 400 мл воды

- **Ощутимое испарение  
(потоотделение)**

- Начинается при  $t$  внешней среды  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- При температуре выше  $33\text{ }^{\circ}\text{C}$  является единственным путем отдачи тепла



- Особенно интенсивно потоотделение происходит при высокой окружающей температуре и во время мышечной работы.
- При очень тяжелой работе выделение пота у рабочих горячих цехов может составить 12 л за день.

Испарение воды зависит от относительной влажности воздуха.

- В насыщенном водяными парами воздухе (100%) вода испаряться может только при условии, пока температура кожи выше температуры окружающей среды





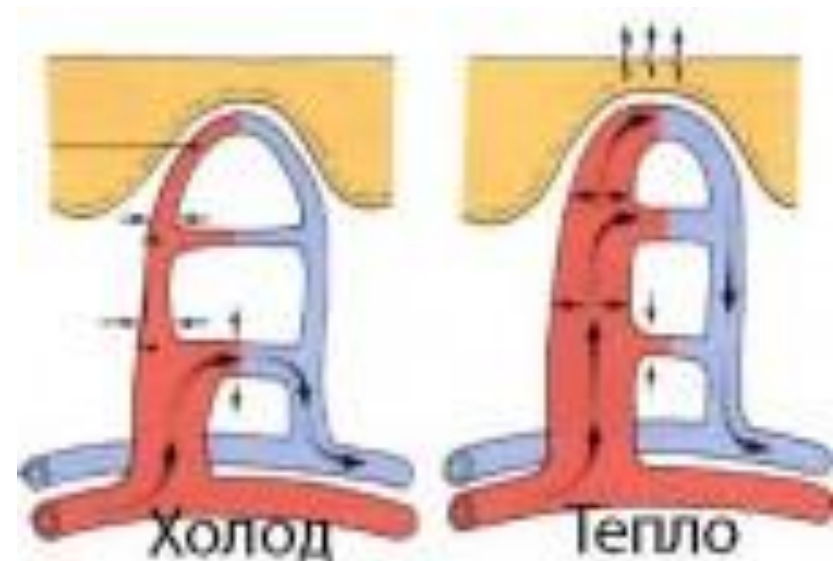
# ВОПРОС:

- Где человек может перегреться до летального исхода: в русской бане или в финской сауне?



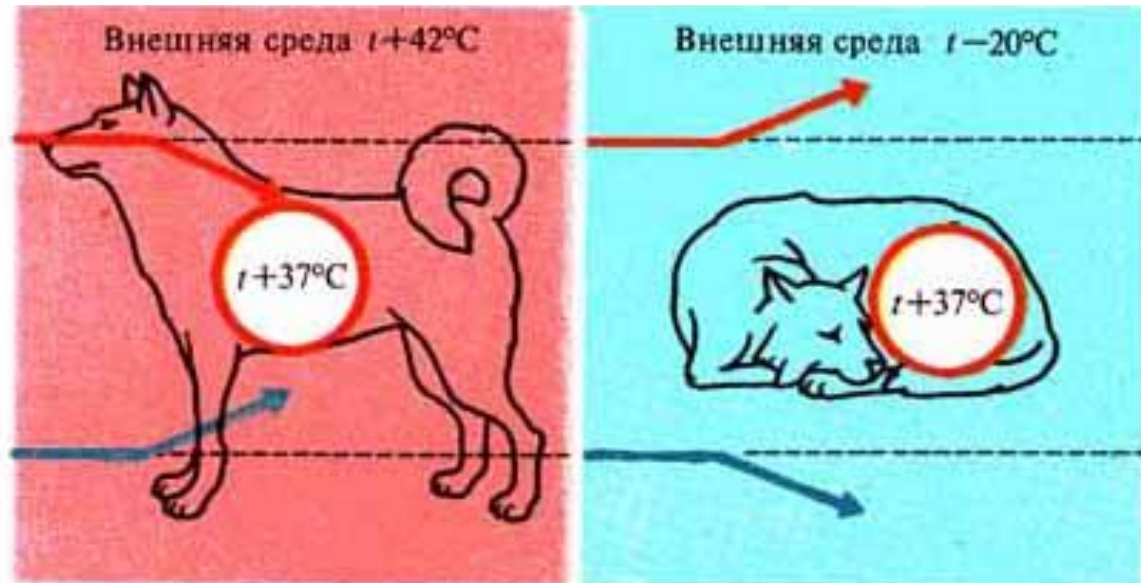
# Регуляция теплоотдачи

- Теплоотдача меняется в результате перераспределения крови в сосудах и при изменении объема циркулирующей крови.
- На холоде сосуды суживаются — уменьшение количества крови, циркулирующей через поверхностные сосуды, что способствует сохранению тепла во внутренних органах.



# Поведенческая терморегуляция

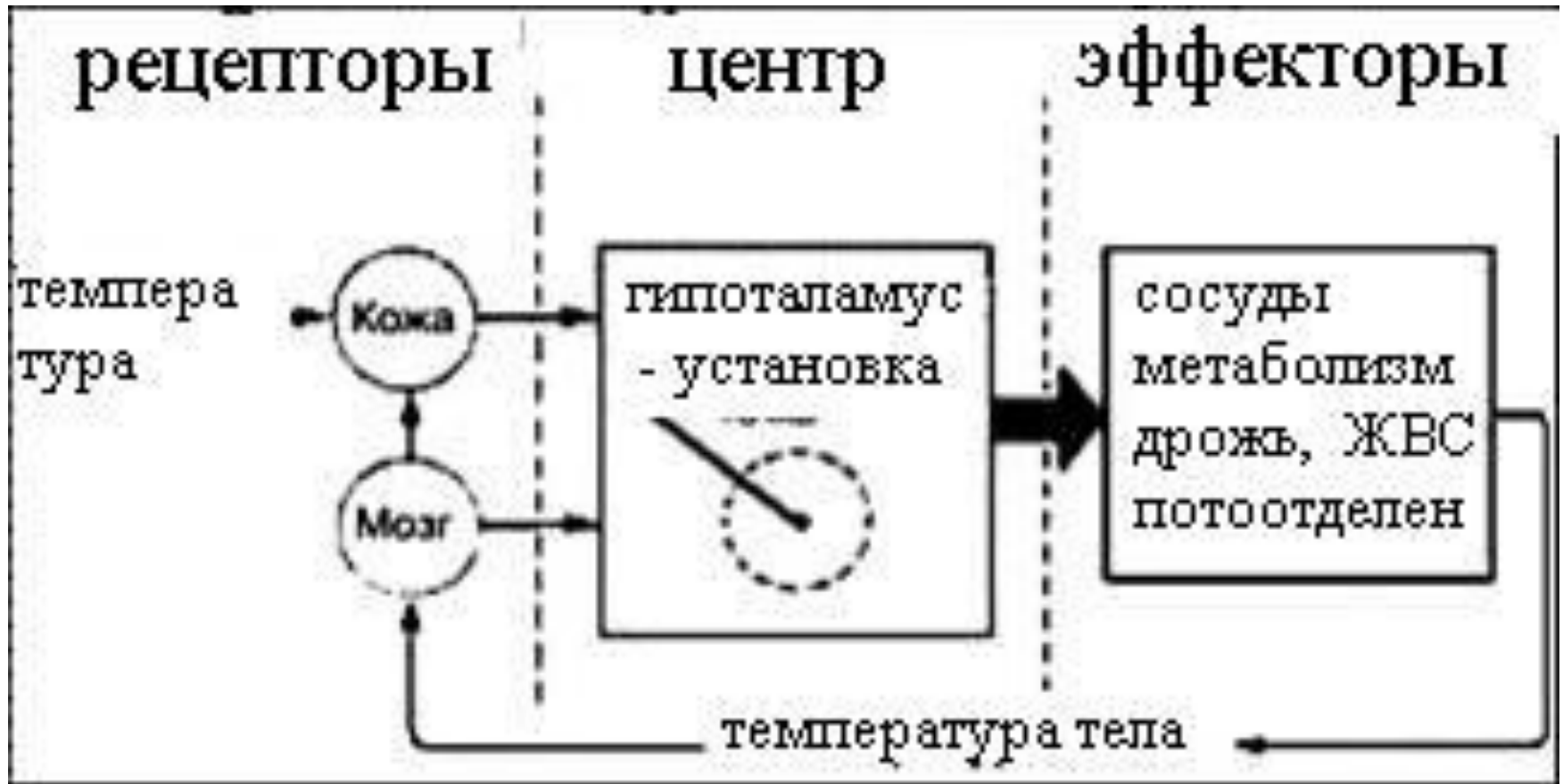
- Изменение положения тела: когда собаке холодно, она сворачивается в клубок, уменьшая тем самым поверхность теплоотдачи; когда жарко, наоборот, принимает положение, при котором поверхность теплоотдачи максимально возрастает.



# Симпатическая регуляция

- суживает сосуды
- Регулирует потовые железы
- **Эндокринная регуляция**
- **Адреналин** активирует симпатический отдел, потоотделение при стрессе, страхе

# РЕГУЛЯЦИЯ ИЗОТЕРМИИ

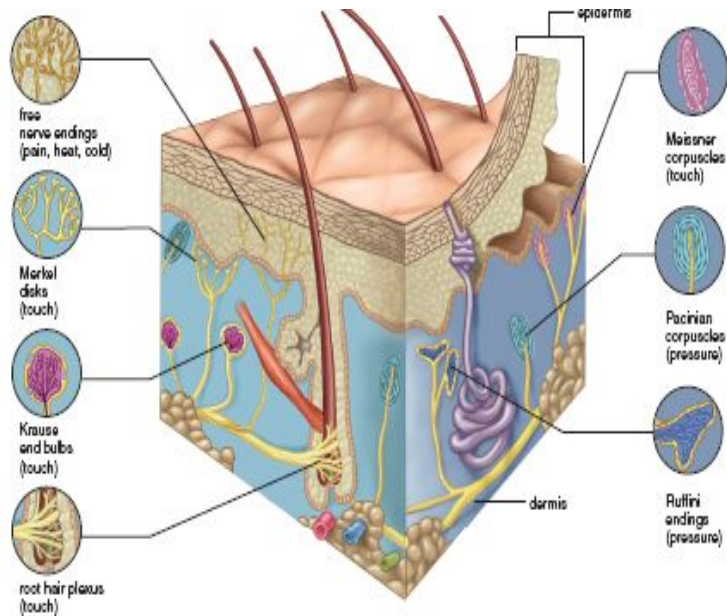


- Блок-схема регуляции изотермии

# Рецепторный отдел – - холододовые (в 8 раз больше) рецепторы и тепловые

Локализация:

- Периферические -  
кожные,
- Центральные  
(гипоталамус) и  
внутриорганные  
рецепторы.
- Максимальная плотность  
рецепторов на лице,  
голове, шее,  
минимальная – кожа  
нижних конечностей

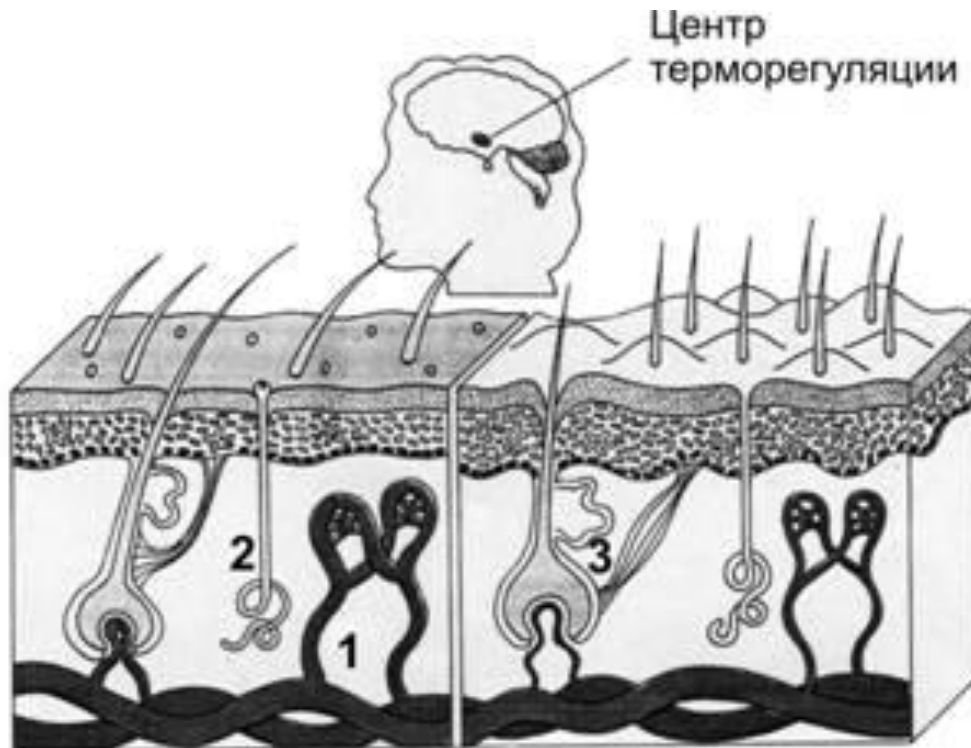


# Проводниковый отдел

- От холодных рецепторов идет передача импульсов по волокнам Аδ и С, от тепловых по волокнам С.
- Поступают в задние рога спинного мозга, образуют перекрест и 2 главных пути:
- 1. Боковой спино-таламический – идет: ретикулярную формация - в таламус, далее в кору (обеспечивает сознание дискомфорта или комфорта; условно-рефлекторную реакцию – постцентральная извилина)
- 2. Спино-ретикулярный путь – ретикулярная формация- таламус – **гипоталамус** (интегратор терморегуляции)

# Центр терморегуляции - гипоталамус

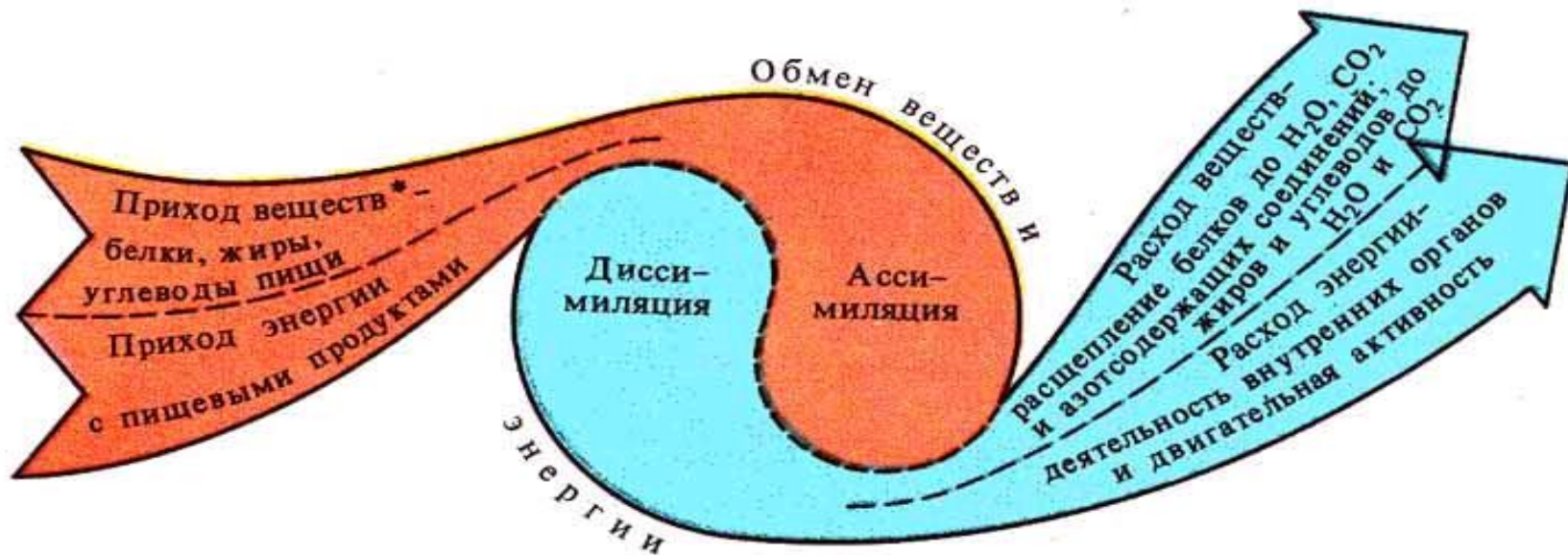
- Центр теплопродукции – задний отдел
- Центр теплоотдачи – передний отдел





# «Обмен веществ» и энергии

- - это совокупность химических и физических превращений, происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность во взаимосвязи с внешней средой.
- Обмен веществ - свойство живого организма.



- Прекращение обмена веществ - биологическая смерть, - необратимое состояние.
- Клиническая смерть - обратимое состояние умирания (прекращение дыхания, работы сердца). Однако, в этом периоде в течение еще 5-6 минут, еще продолжается обмен веществ, что делает возможным успешное применение лечебных мероприятий.

# Выделяют 2 процесса ОВ:

- **Анаболизм** - совокупность реакций, ведущих к построению тканей, основан на ассимиляции - процессе синтеза сложных органических веществ.
- **Катаболизм** - совокупность реакций, приводящих к распаду веществ в живом организме, основан на диссимиляции - процесса разрушения органических веществ.

**Основной обмен (ОО)- это энергзатраты организма в условиях физиологического покоя.**

- **физиологический покой** означает, что человек находится в положении лежа, в условиях температуры комфорта 18-20С, в условиях эмоционального покоя, а так же спустя 12 часов после последнего приема пищи, т.е. натощак.

# При физиологическом покое

- организм расходует энергию на
- 1) постоянно совершающиеся химические процессы...
- 2) механическую работу органов: сердце, кровеносные сосуды, почки, дыхательные мышцы и т.д.
- По расходу энергии в состоянии покоя более активно расходуют энергию внутренние органы: печень 27%, мозг 19%, мышцы 18%, почки 10%, сердце 7%, прочие органы 19%. В прочие органы входит также теплоотдача.

# Основной обмен зависит от

- возраста, роста, массы тела, пола.
- У мужчин  $\approx 1700$  ккал в сутки, у женщин на 10% меньше. Самый интенсивный основной обмен в расчете на 1 кг массы тела отмечается у детей, т.к. преобладают процессы анаболизма.
- проживание в холодной климатической зоне  $\uparrow$  ОО, длительное вегетарианское питание – уменьшает.

# ОО определяют по таблицам, по формулам

- учитывают пол, возраст, рост и массу тела. В докладе экспертов ВОЗ (1987) приводятся формулы для расчета должной величины ОО.

# Таблица определения ОО

Возраст, года	Ккал/сутки	
	Мужчины	Женщины
0—3	60,9 МТ – 54	61,0 МТ – 51
3—10	22,7 МТ + 495	22,5 МТ + 499
10—18	17,5 МТ + 651	12,2 МТ + 746
18—30	15,3 МТ + 679	14,7 МТ + 496
30—60	11,6 МТ + 879	8,7 МТ + 829
более 60	13,5 МТ + 487	10,5 МТ + 596

где МТ — масса тела.



# Для каких целей определяется ОО?

- Для оценки лишнего веса.
- Кроме того, величина ОО — это удобный ориентир для расчета величины физической нагрузки спортивной и бытовой деятельности.

# Общий обмен =

**= основной обмен + рабочая прибавка  
+ специфико-динамическое действие  
пищи.**

Т.о:

- ↑ расход энергии организма:  
физическая и умственная нагрузка,  
эмоциональное напряжение, изменение  
t окр. ср., пища

# Специфико-динамическое действие пищи –

- это усиление интенсивности обмена веществ, под влиянием приема пищи.
- 
- ↑ обмена веществ начинается через час, достигает максимума через 3 ч после приема пищи и сохраняется в течение нескольких часов. При белковой пище оно наиболее велико 30 %, жиры и углеводы - 14—15%.

# Рабочая прибавка –

- это разница между энергозатратами организма на выполнение различных видов работ и основным обменом.
- Взрослое население по энергетическим затратам делится на 5 группы в зависимости от особенностей профессии

- **1-я группа** – работники умственного труда
- **2-я гр.** – работники легкого физического труда
- **3-я гр.** – работники средней тяжести физического труда
- **4-я гр.** – работники тяжелого физического труда
- **5-я гр.** – работники особо тяжелого физического труда

# Расход энергии в зависимости от вида труда и возраста

Группа интенсивности труда	Возраст, лет	Потребность в энергии			
		Мужчины		Женщины	
		кДж	ккал	кДж	ккал
1	18-29	1175	2800	10042	2409
	30-39	11297	2700	9623	2300
	40-59	10669	2500	9205	2200
2	18-29	12552	3000	10669	2550
	30-39	12133	2900	10950	2450
	40-59	11506	2750	9832	2350
3	18-29	13388	3200	11296	2700
	30-39	12970	3100	10878	2600
	40-59	12342	2950	10460	2500
4	18-29	15480	3700	13179	3150
	30-39	15062	3600	12761	3050
	40-59	14434	3450	12133	2900
5	18-29	17991	4300	—	
	30-39	16154	4100		
	40-59	16317	3900		

# Методы исследования энергетических затрат организма

- Единицах тепла – калория - количество энергии, необходимое для повышения температуры 1г воды на 1°C.
- в Международной системе единиц (СИ), используется джоуль: 1 ккал = 4,19 кДж.

Энергетическая ценность питательных веществ:

- 1г белков освобождает 4 ккал
- 1г углевода освобождает 4 ккал
- 1г жира - 9 ккал

# Калориметрия- метод энергозатрат

```
graph TD; A[Калориметрия- метод энергозатрат] --> B[Прямая калориметрия]; A --> C[Непрямая калориметрия]; C --> D[Методы полного газового анализа (учет поглощения O2 и выделения CO2)]; C --> E[Методы неполного газового анализа (учет поглощения O2)];
```

Прямая калориметрия

Непрямая калориметрия

Методы полного газового анализа (учет поглощения  $O_2$  и выделения  $CO_2$ )

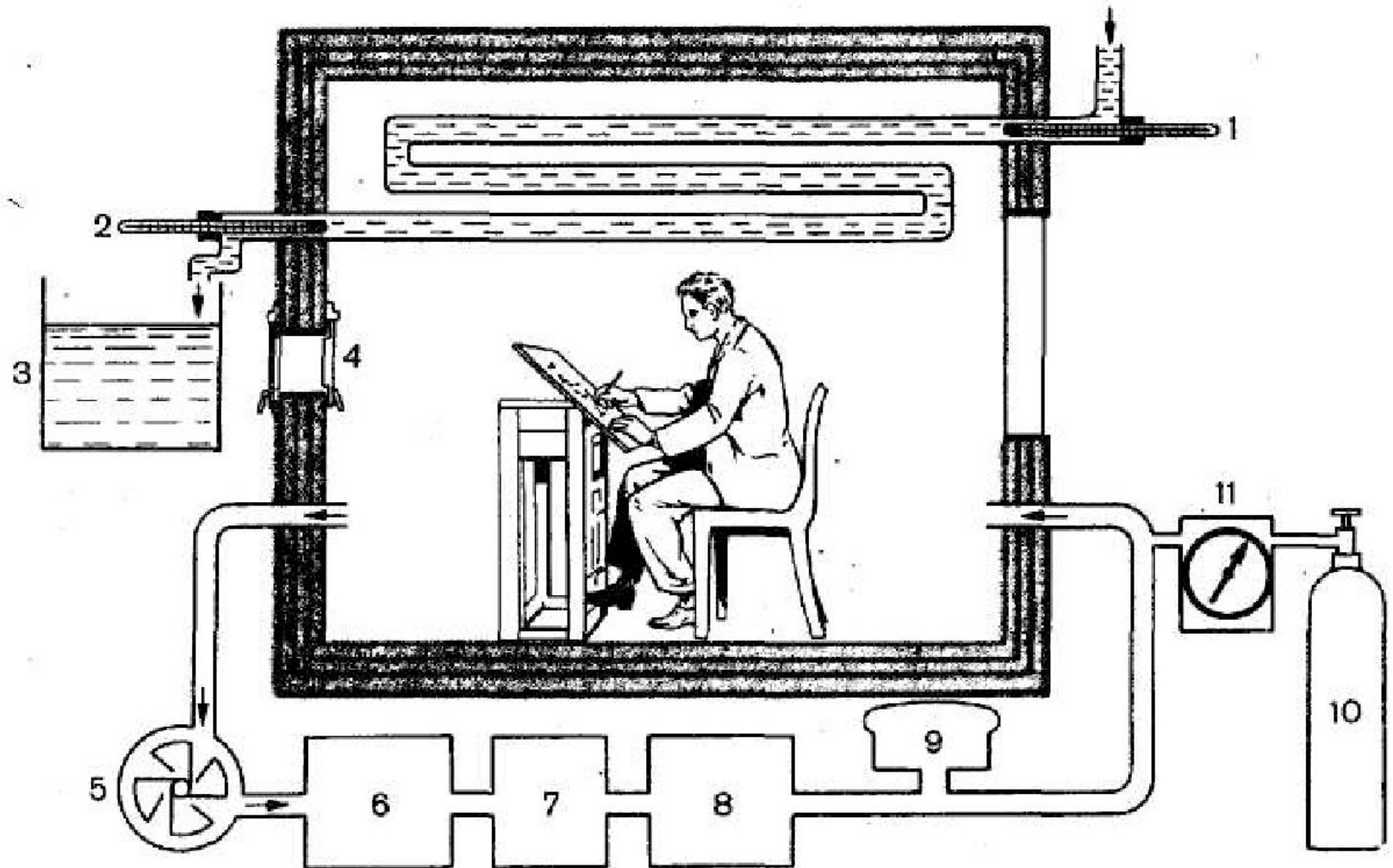
Методы неполного газового анализа (учет поглощения  $O_2$ )



# Прямая калориметрия -

- метод определения энергозатрат организма по количеству выделенного им тепла.
- Используют - биокалориметры, где по трубам циркулирует вода, которая нагревается теплом организма, находящимся в камере. Количество выделенного организмом тепла рассчитывают по величине нагрева воды. Данный метод является очень точным, но неудобен в эксплуатации.

# Прямая калориметрия



# Непрямая калориметрия

- основан на определении количества потребленного кислорода и выделенного углекислого газа



Рис. Определение легочной вентиляции с помощью мешка Дугласа. В горизонтальной трубке, соединенной с загубником, находятся клапаны, позволяющие вдыхать атмосферный воздух и производить выдох в мешок Дугласа. На носу — зажим, препятствующий носовому дыханию.

# Рассчитывают дыхательный коэффициент (ДК)

$$\text{ДК} = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$$

ДК при окислении:

**белков = 0,8**

**жиров = 0,7**

**углеводов = 1,0**

Т.о, по величине ДК судят какие вещества преимущественно окисляются в организме. При питании смешанной пищей ДК = 0,85-0,9.