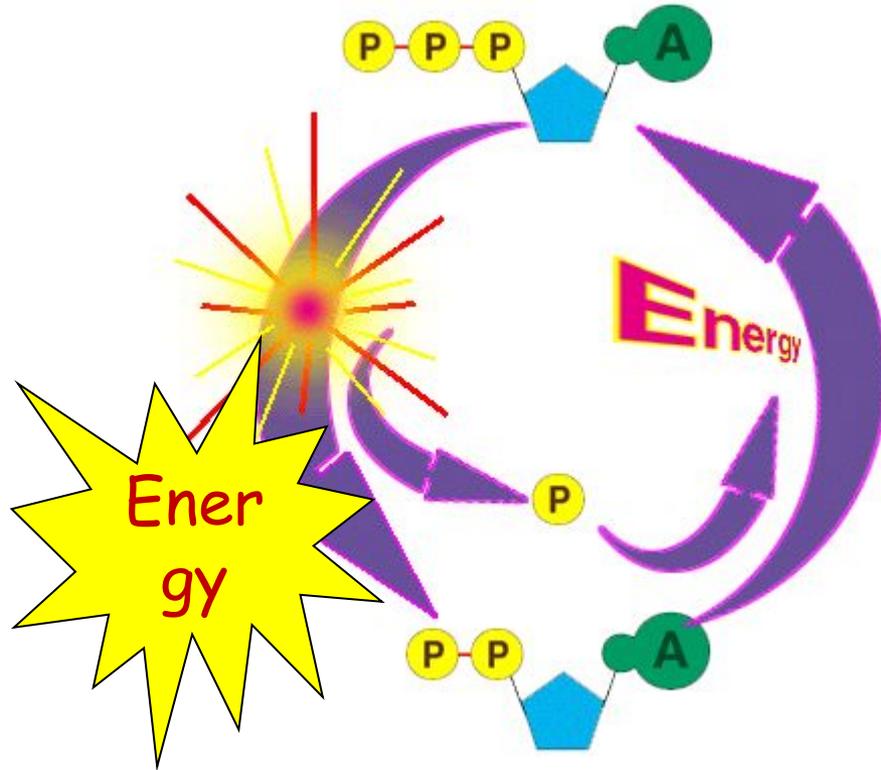
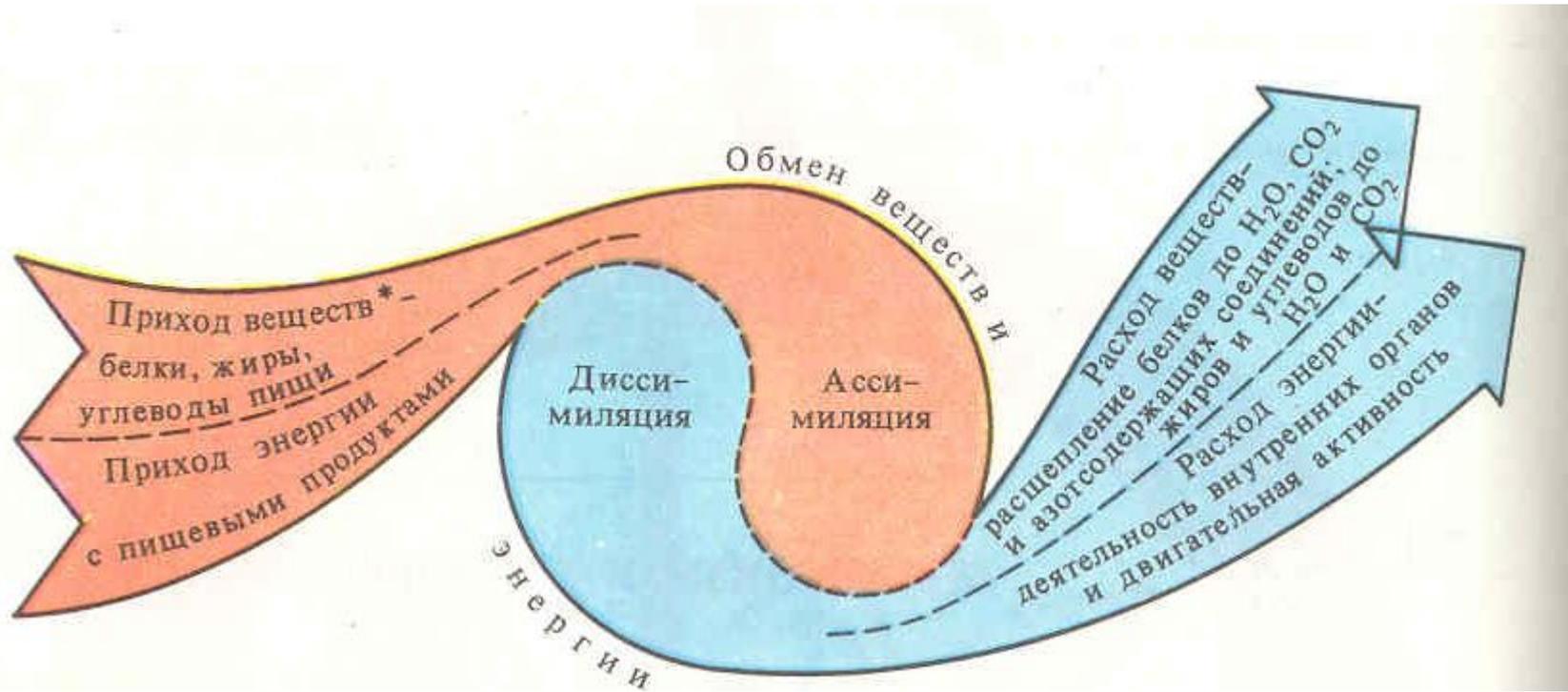


# Физиология обмена веществ

## ЭНЕРГИИ



# Общее представление об обмене веществ и энергии



---

**Обмен веществ и энергии** – это совокупность физических, химических и физиологических процессов, происходящих в организме с пищевыми веществами, поступающими из внешней среды.

Питательные вещества являются источником *пластических и энергетических* ресурсов для организма. За свою жизнь человек съедает около 40 тонн

---



---

В результате процессов **ассимиляции** происходит синтез необходимых организму веществ.

Энергообеспечение процессов ассимиляции происходит за счет **диссимиляции**, - т.е. распада веществ с выделением энергии, которая аккумулируется в виде связей макроэргических соединений.



- **Мощность солнечного излучения -  $10^{26}$  Вт**
- На Землю падает его миллиардная часть -  $10^{17}$  Вт
- В этом излучении: 10% - УФИ; 45% - видимый свет, 45% – инфракрасное излучение
- Зеленые растения поглощают  $4 \cdot 10^{13}$  Вт (0,02% мощности излучения, достигшего Земли) и за счет этого ежегодно создают примерно  $10^{17}$  тонн органических веществ и выделяют в атмосферу  $3,36 \cdot 10^{11}$  тонн молекулярного кислорода

---

Вся свободная энергия которая высвобождается при окислении питательных веществ, превращается в тепловую энергию. Поэтому замер количества тепловой энергии, которая выделяется организмом, является методом определения энерготрат организма.

Всего за сутки образуется ~ 70-75 кг АТФ. Большая часть ее используется на покрытие нужд транспортных процессов.

---



# Баланс энергии

---

В организме насчитывается 5 форм энергии:

1. химическая,
2. механическая,
3. осмотическая,
4. электрическая,
5. тепловая.



В соответствии с первым законом термодинамики энергия не может возникать из ничего и исчезать бесследно

Уравнение энергетического баланса:

$$E = A + H + S,$$

где  $E$  — общее количество энергии, получаемой организмом с пищей;

$A$  — внешняя (полезная) работа;

$H$  — теплоотдача;

$S$  — запасенная

- ▣ **1-й закон термодинамики: «Если теплота превращается в работу, то количество работы, произведенной системой, эквивалентно количеству поглощенного тепла »**
- ▣ **Закон Гесса: «Тепловой эффект процесса, развивающегося через ряд последовательных стадий, зависит от теплосодержания начальных и конечных продуктов химической реакции, но не зависит от путей их химических превращений»**



# Методы измерения энергии

---

1. Физическая калориметрия
2. Физиологическая калориметрия



# Физическая калориметрия

---

позволяет определить энергетическую ценность вещества или калорический коэффициент вещества.

Калорический коэффициент - количество тепла, образуемого при сгорании 1 г вещества в атмосфере чистого кислорода:

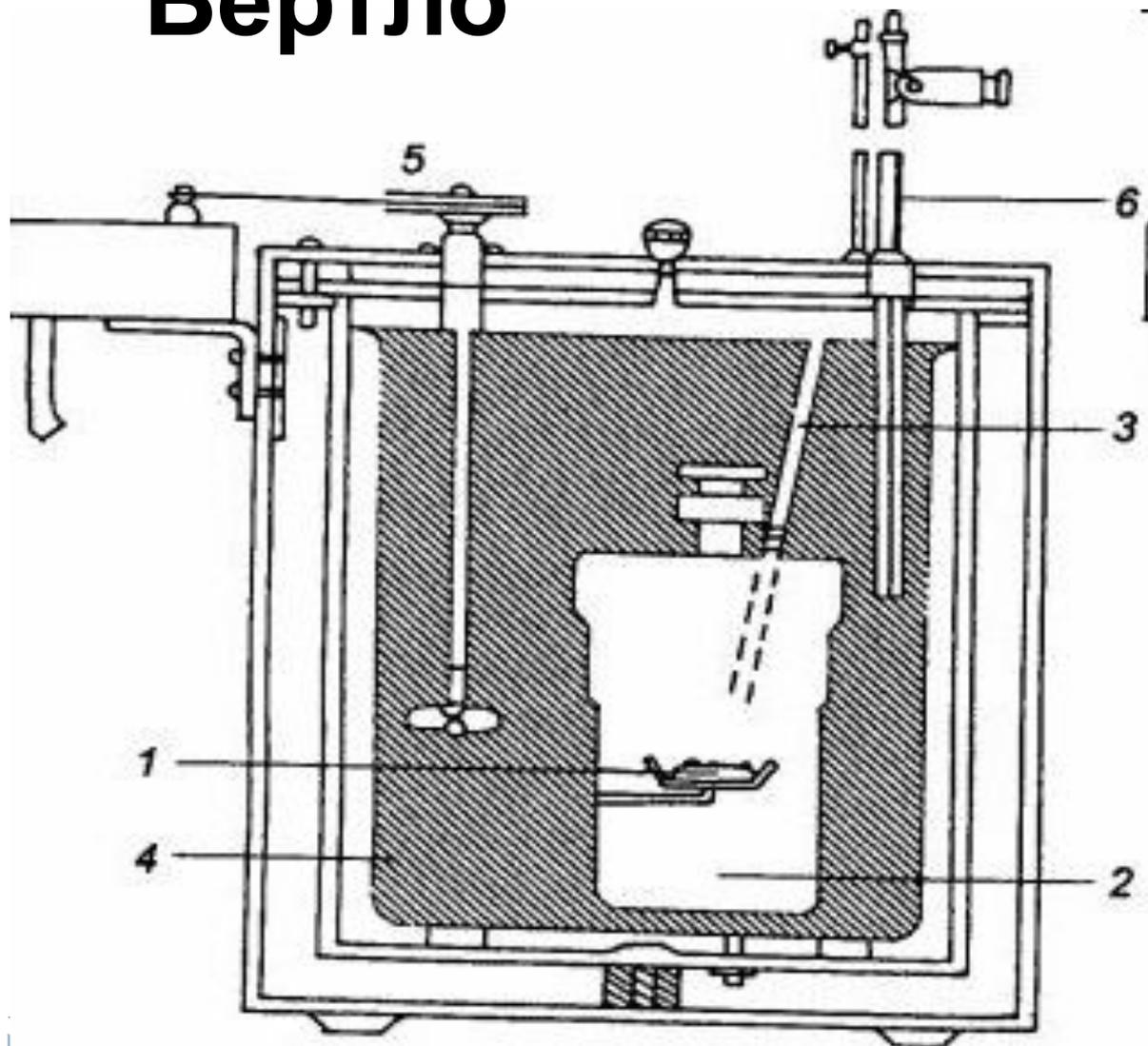
ЖИРЫ - 9,3 ккал;

БЕЛКИ – 5,3 ккал,

УГЛЕВОДЫ - 4,1 ккал



# Калориметр («бомба») Бертло



- 1 — проба пищи;
- 2 — камера, заполненная  $O_2$ ;
- 3 - запал;
- 4 — вода;
- 5 — мешалка;
- 6 - термометр

**Удельное теплообразование**  
**(ккал/г)**  
**ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПИЩИ**

<b>Компоненты пищи</b>	<b>В калориметре</b>	<b>В организме</b>
<b>Углеводы</b>	<b>4,3</b>	<b>4,1</b>
<b>Жиры</b>	<b>9,5</b>	<b>9,3</b>
<b>Белки</b>	<b>5,3</b>	<b>4,1</b>



# Физиологическая калориметрия

Прямая  
калориметрия

Непрямая  
калориметрия

Методы полного  
газового анализа

Методы неполного  
газового анализа



# Прямая калориметрия

---

- непосредственное измерение тепла, выделяемого за определённый промежуток времени живыми организмами.

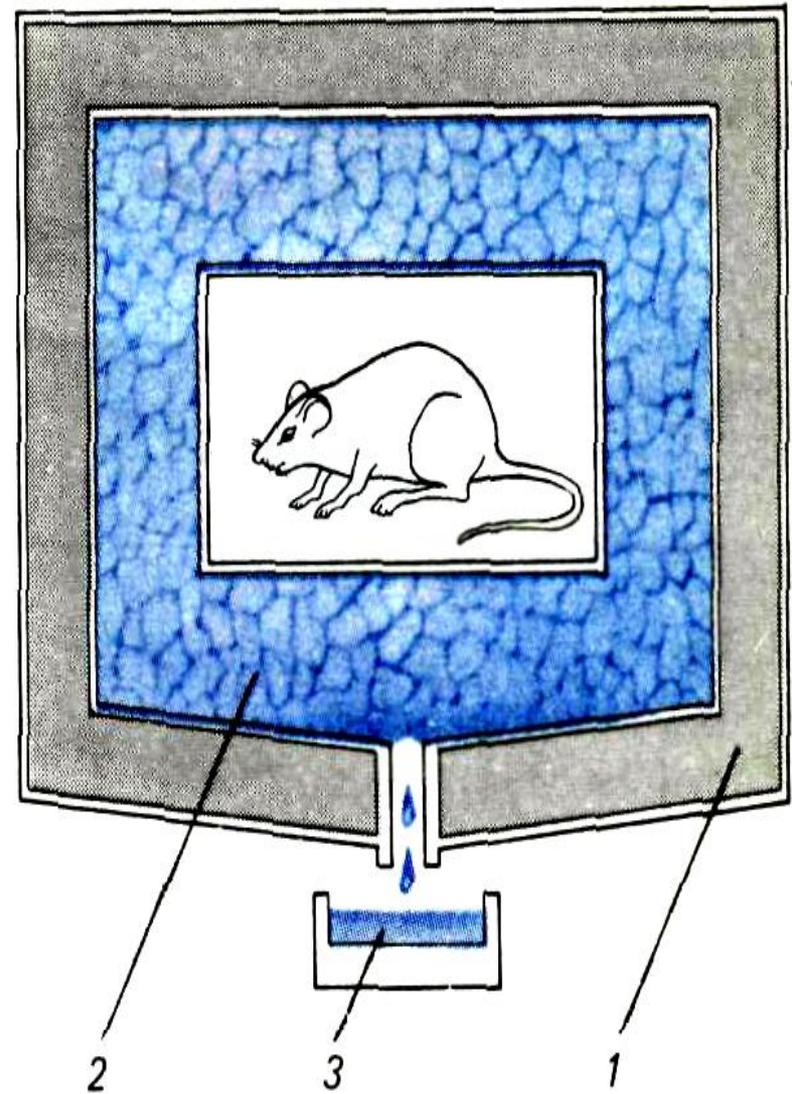
В организме при окислении углеводов и жиров образуется такое же количество энергии, как и при сжигании в калориметрической бомбе (4,1 и 9,3 ккал/г).

При окислении белков образуется не 5,3 ккал/г, а только 4,1 ккал/г, так как в организме белки окисляются лишь частично.

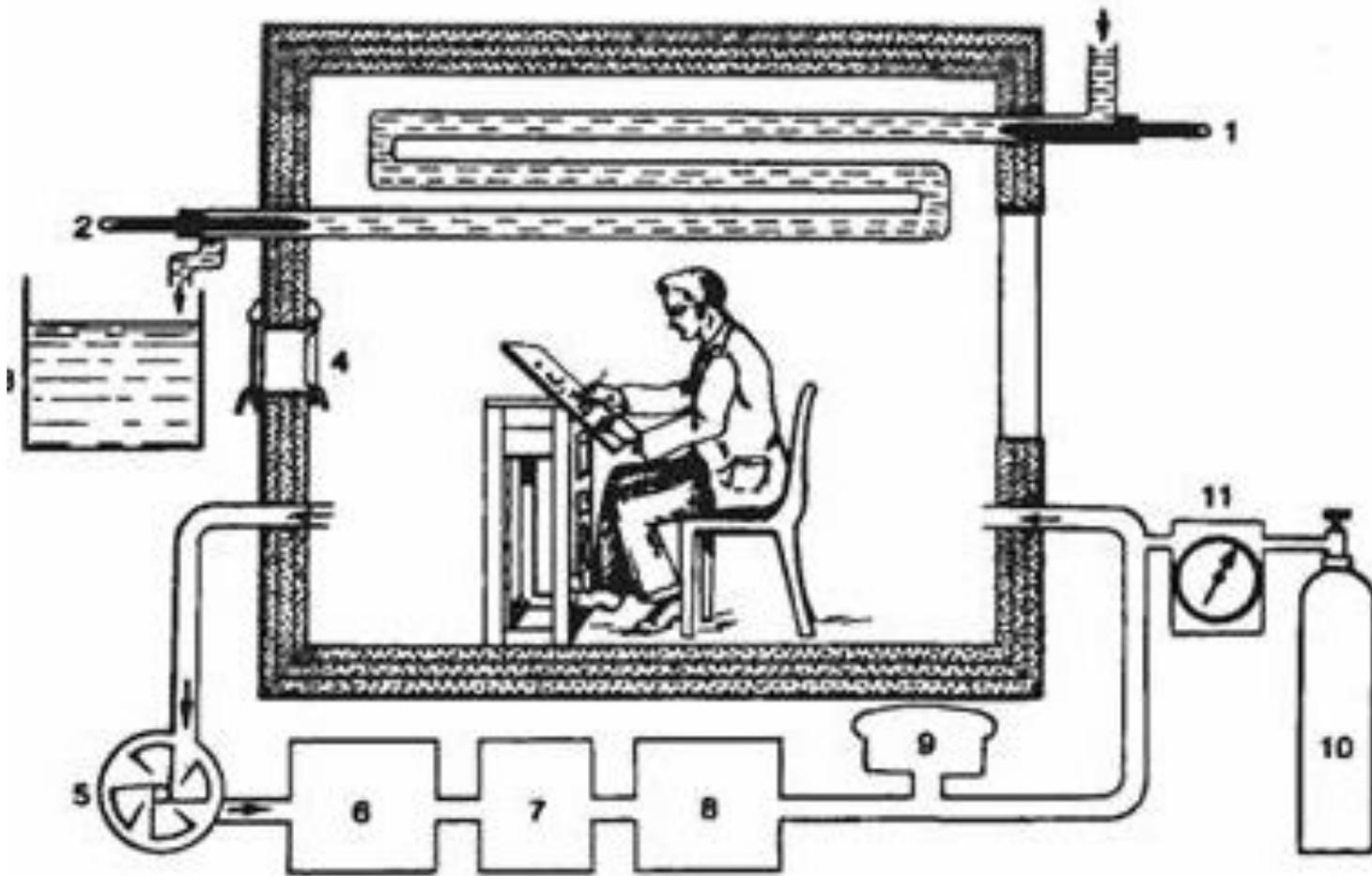


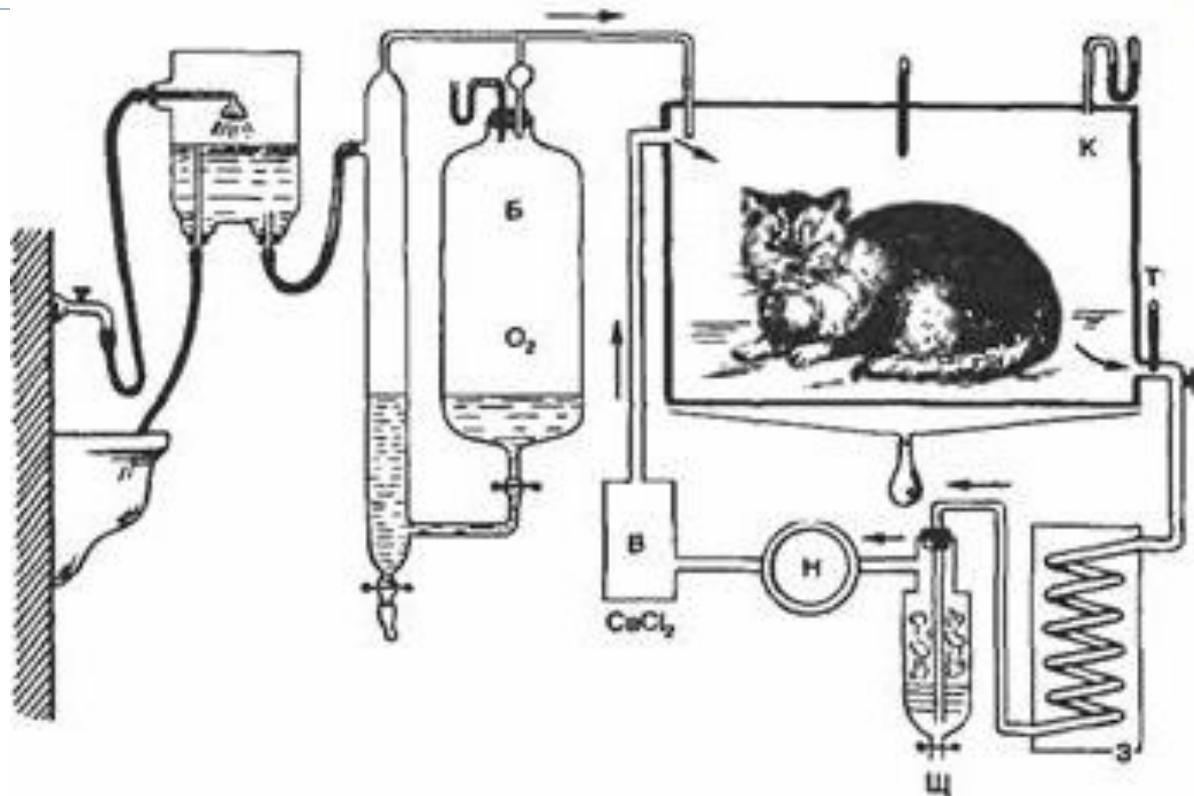
Рис. 10.4. Основной эксперимент, разработанный А. Лавуазье для определения интенсивности обмена веществ у мелких животных

Вода (3), вытекающая из-под наружной оболочки камеры по мере таяния льда (2), является прямой мерой теплоты, выделяемой животным (1 — термоизоляция)



# Биокалориметр Этуотера – Бенедикта





### Респираторный аппарат Шатерникова.

К— камера; Б — баллон с  $O_2$ ; Н — мотор, выкачивающий воздух из камеры; З — змеевик для охлаждения воздуха; Щ — сосуд, наполненный раствором щелочи для поглощения  $CO_2$ ; В — баллон для поглощения водяных паров хлоридом кальция; Т — термометры. Слева устройство для автоматической подачи  $O_2$  в камеру и поддержания постоянства давления в ней

При методе **полного газового анализа** для выяснения субстрата, используемого для окисления - определяется количества поглощенного  $O_2$  и выделившегося  $CO_2$

В расчетах используют величину дыхательного коэффициента:

$$ДК = CO_2 \text{ выд.} / O_2 \text{ погл.}$$

ДК для углеводов = 1,0

ДК для белков = 0,8

ДК для жиров = 0,7

Вместе с тем, если в течение нескольких недель кормить человека исключительно жирами, ДК не снизится до 0,70.

Точно так же, если человек будет питаться чистой глюкозой, ДК (в покое) поднимется только до 0,87, но не до 1,00.

Причина в том, что в норме, при окислении используются и углеводы, и жиры, и белки.

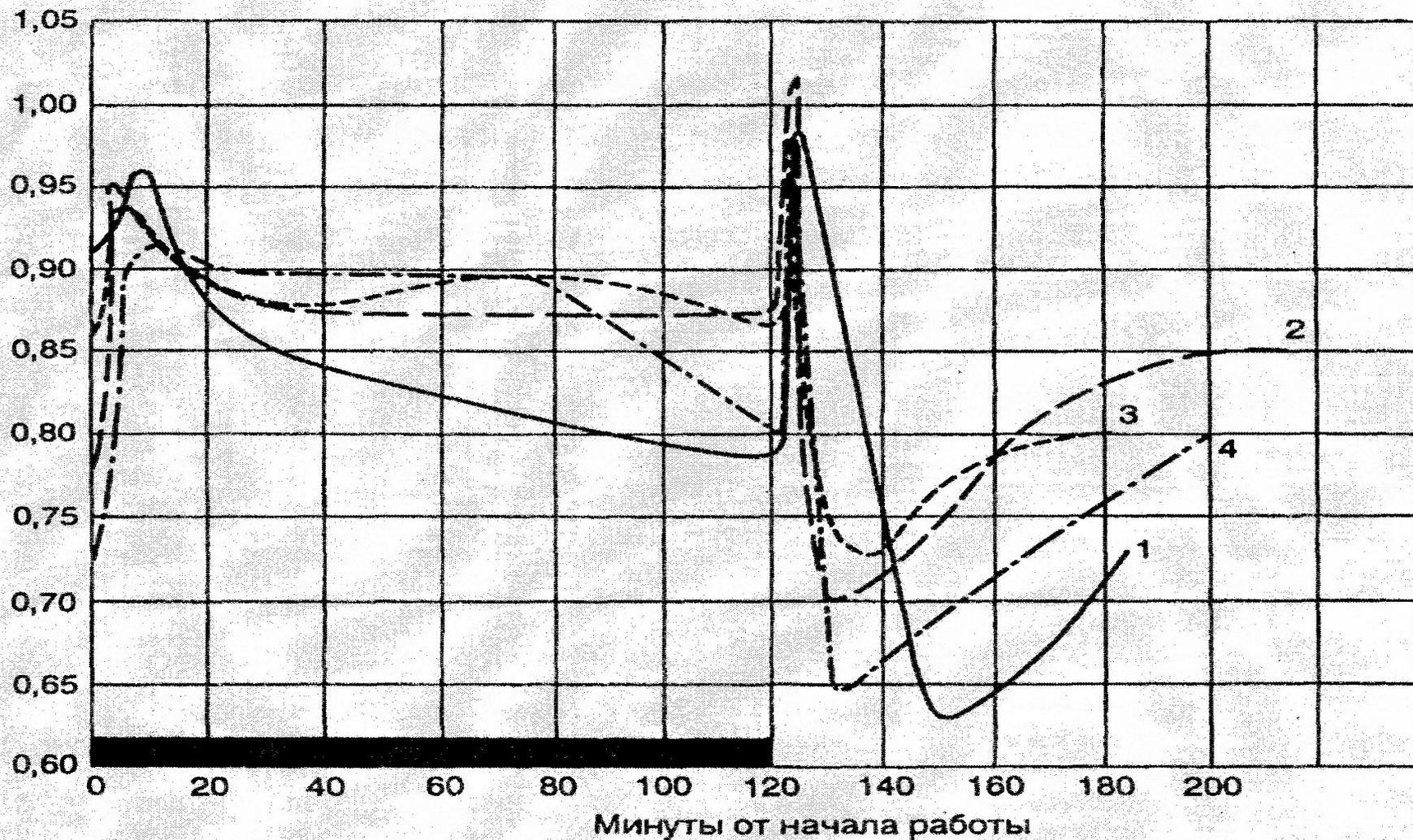
- ДК зависит от выполняемой физической работы
- При выполнении тяжелой физической работы выделение  $\text{CO}_2$  нарастает быстрее, чем поглощение  $\text{O}_2$ .

ДК постепенно приближается к 1, а затем и превышает это значение. ДК = 1,12 говорит о значительном ацидозе и о том, что вскоре человек будет вынужден прекратить работу.

После прекращения работы часть образующегося  $\text{CO}_2$  остается в организме в виде  $\text{HCO}_3^-$ . В результате выделение  $\text{CO}_2$  падает быстрее, чем потребление  $\text{O}_2$ , и ДК снижается.



# Кривые четырех наблюдений (1 – 4) изменения дыхательного коэффициента во время и после двухчасовой интенсивной работы



**Выход энергии при окислении глюкозы**  
описывается уравнением



**В данной реакции 2826 кДж – это полная энергия (энтальпия), выделяемая при окислении 1 моль глюкозы; только часть этой энергии (свободная энтальпия) может быть использована для обеспечения клеточных функций.**



# Неполный газовый анализ

---

Использует калорический эквивалент кислорода – количество тепла, освобождающегося в организме от сгорания 1 г вещества при потреблении 1 литра кислорода:

ЖИРЫ - 4,69 ккал/л;

БЕЛКИ - 4,46 ккал/л;

УГЛЕВОДЫ - 5,05 ккал/л.

ДК, условно принимают равным 0,85.  
Остальные расчёты проводят, как при полном газовом анализе.



**Формула расчета энерготрат  
методом непрямой биокалориметрии:**

---

$$Q = KЭO_2 \cdot VO_{2\text{погл}}$$

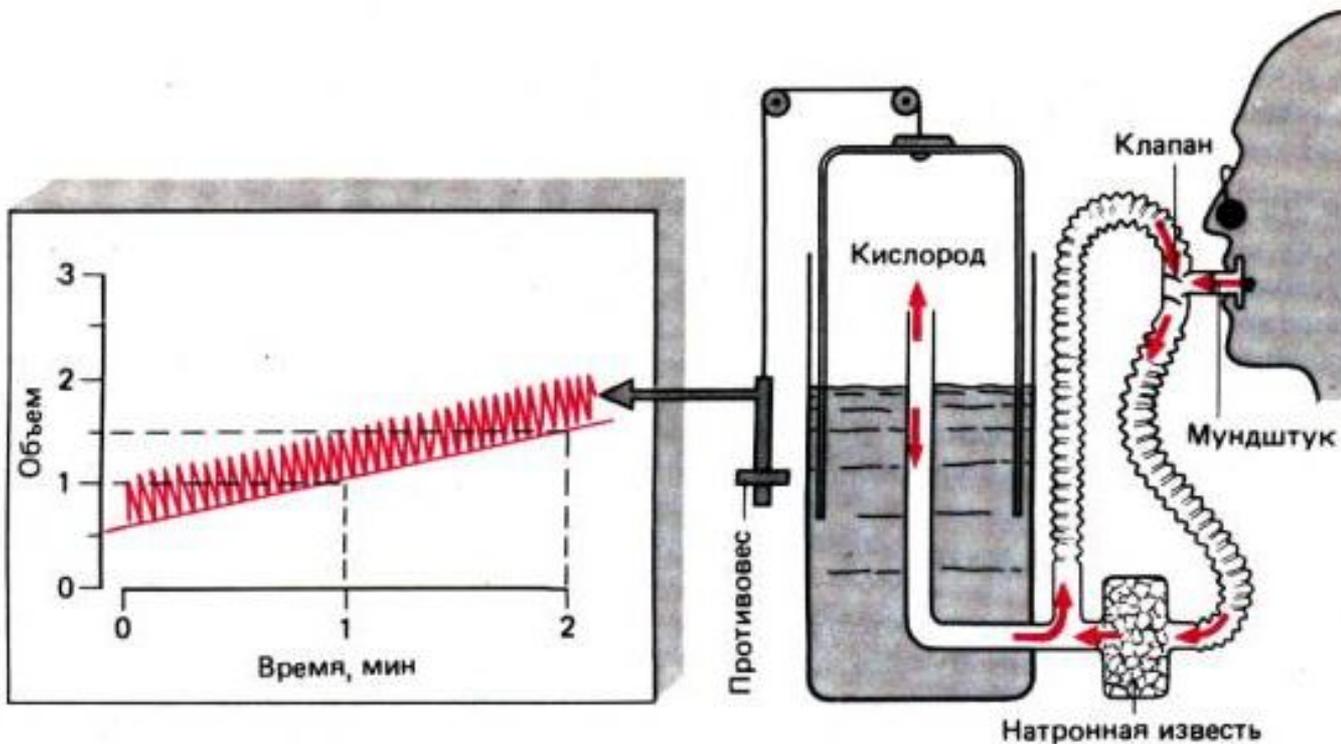


# Соотношения дыхательного коэффициента и калорического эквивалента 1 л кислорода

Дыхательный коэффициент		0,70	0,75	0,8	0,85	0,90	0,95	1,0
Калорический эквивалент кислорода	в кДж	19,619	19,881	20,101	20,356	20,616	20,871	21,173
	в ккал	4,686	4,739	4,801	4,862	4,924	4,985	5,057



# Принцип закрытой системы для измерения поглощения кислорода.



Испытуемый вдыхает кислород из колоколообразного газометра:  $\text{CO}_2$  поглощается натронной известью и удаляется из выдыхаемого воздуха до возвращения в газометр. Проведя линию через нижние точки колебательной кривой и определив угол наклона этой линии, можно найти значение скорости поглощения кислорода (в данном случае 0,5 л/мин)



**Определение легочной  
вентиляции с  
помощью мешка  
Дугласа**



# Различают два уровня энерготрат:

---

1. основной обмен,
2. рабочий обмен



# ОСНОВНОЙ ОБМЕН

---

*минимальный (базисный)*

*уровень энерготрат, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма в условиях физического и эмоционального покоя*

- Условия основного обмена: утро, положение лежа, состояние бодрствования, мышцы расслаблены, натощак, отсутствие сторонних раздражителей температура среды около 18-20<sup>0</sup> С.
- Условные нормы основного обмена:
  - у мужчин среднего возраста - 1 ккал/кг/час
  - у женщин среднего возраста - 0,9 ккал/кг/час
  - у детей 7 лет - 1,8 ккал/кг/час; 12 лет - 1,3 ккал/кг/ч
  - у стариков - 0,7 ккал/кг/час

## **Вклад в основной обмен физиологических процессов:**

---

- синтез АТФ – **50 %**,
- синтез биополимеров – **23%**,
- поддержание градиентов на клеточных мембранах – **13%**,
- механическая работа сердца и дыхательных мышц – **14%**



- Основной обмен повышается при ряде эндокринных заболеваний. Прежде всего при гиперфункции щитовидной железы.
- Кроме того, это удобный ориентир для расчета величины физической нагрузки при производственной, спортивной и бытовой деятельности.



Величина основного обмена во многом зависит от **пола, возраста и массы** тела.

---

Так, величина ОО у мужчин на 10-15% выше, чем у женщин. Известно, что величина ОО в размере на массу тела максимальна у новорожденных и грудных детей, а в последующем величина ОО постепенно снижается, особенно после 20-25 лет.

Энерготраты в условиях физиологического покоя тесно связаны с величиной поверхности тела.

### **Закон Рубнера:**

**Чем выше величина поверхности тела, тем выше энерготраты.**



# Должный основной обмен

---

Для того, чтобы сравнить реальную величину ОО с нормой, рассчитывается ДОО.

Нормативы учитывают пол, возраст, рост и массу тела.

В нашей стране расчет ДОО проводится по таблицам Гаррисона-Бенедикта. Существует два варианта этих таблиц – для мужчин и женщин.



## **Специфически-динамическое действие пищи.**

---

Спустя 1-3 часа после приема пищи происходит увеличение уровней энерготрат :

для белков - на 30%;

для углеводов и жиров - на 15%

Возбуждение симпатки усиливает метаболизм (через высвобождение адреналина и непосредственным действием симпатических нервов на термопродукцию).



# РАБОЧИЙ ОБМЕН

---

Рабочий обмен - величина энергетического обмена, характерная для определенного вида трудовой деятельности

Рабочая прибавка - разница между рабочим и основным обменом



# В организме основной потребитель энергии - это мышцы:

- сидя энергозатраты увеличиваются на 40%,
- стоя - на 70%,
- легкая (канцелярская) работа - вдвое,
- ходьба в среднем темпе — втрое,
- бег трусцой — в 8 раз.

# Общий обмен

---

**Это основной обмен + рабочая прибавка –  
специфически-динамическое действие пищи.**

То есть – это энерготраты организма в реальной  
жизни



# ГРУППЫ РАБОТНИКОВ ПО ЭНЕРГОТРАТАМ

---

1. Работники, преимущественно умственного труда: - 2500-2800 ккал/сут
2. Работники легкого физического труда: - 2800-3000 ккал/сут
3. Работники труда средней тяжести: - 3000 - 3200 ккал/сут
4. Работники тяжелого физического труда: - 3400 - 3700 ккал/сут
5. Работники особого тяжелого труда: **шахтеры, сталевары, вальщики леса, землекопы, грузчики** - 3900 - 4500 ккал/сут



# Правило изодинамии

---

**С энергетической точки зрения питательные вещества могут замещаться в соответствии ценностью.**

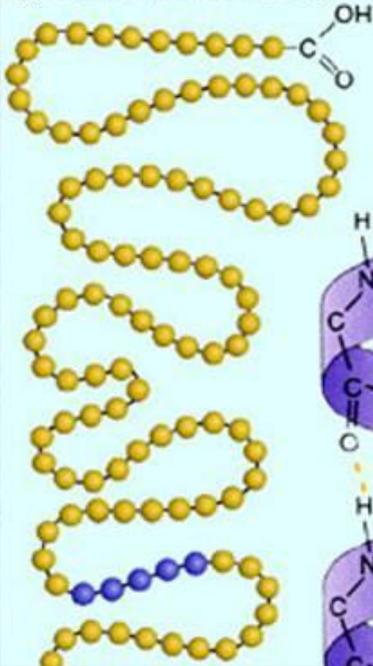
- Однако, все они выполняют не только энергетическую, но и пластическую функцию. В связи с чем, пищевой рацион должен быть сбалансирован.



# Обмен белков

## Структура белка.

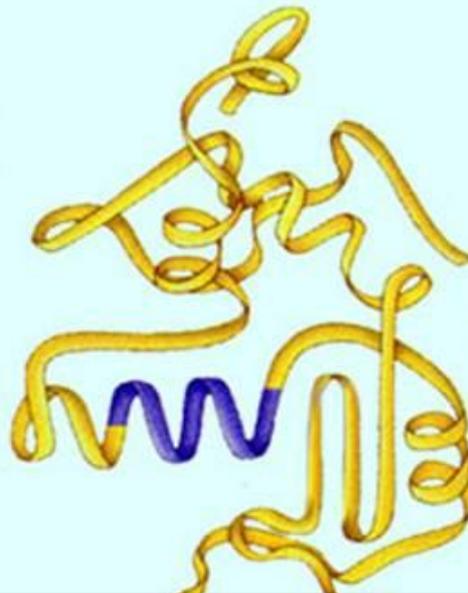
Первичная структура  
(цепочка аминокислот)



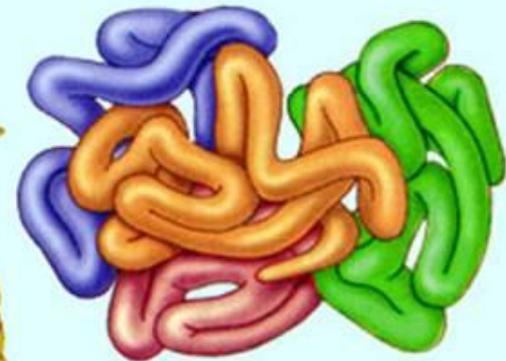
Вторичная структура  
( $\alpha$ -спираль)



Третичная структура



Четвертичная структура  
(клубок белков)



# Правило изодинамии

---

**могут замещаться в соответствии с их калорической ценностью.**

- Белки не депонируются
- Пептиды крови – клетка – синтез белка (азот)
- Азотистый баланс: кол-во азота с пищей/кол-во азота с потом и мочой



---

## Поступление и расход белков.

- Распад белков при отсутствии их в пище, но нормальном питании – это минимальные траты, связанные с основными процессами жизнедеятельности
- Пептиды крови – клетка – синтез белка (азот)
- Азотистый баланс: кол-во азота с пищей/кол-во азота с потом и мочой



При условии, что все энергетические расходы возобновляются за счет углеводов и жиров, то есть при безбелковой диете, за сутки разрушается приблизительно 331 мг белка на 1 кг массы тела.

Для человека массой 70 кг это составляет 23,2 г.

Эту величину М. Рубнер назвал

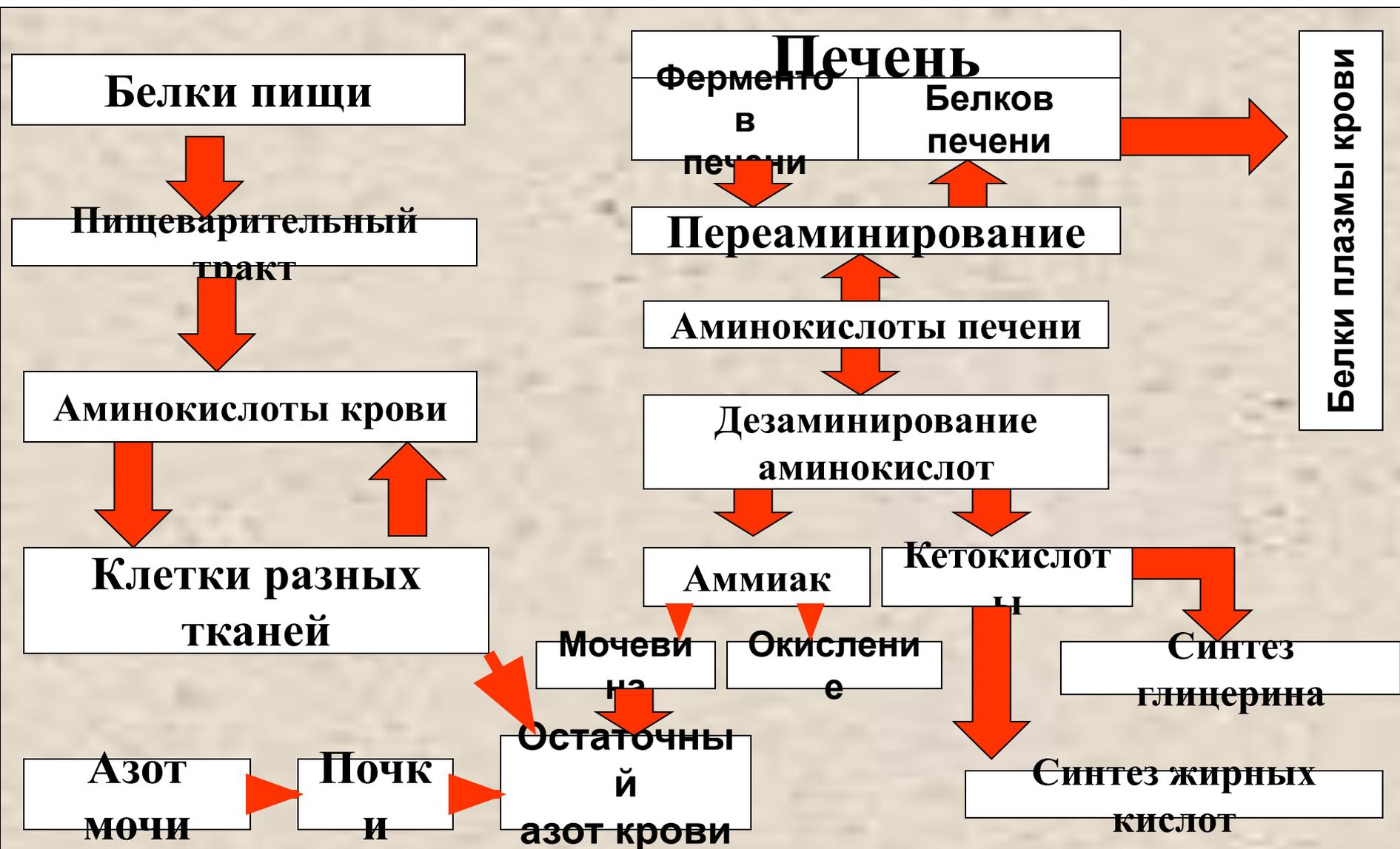
***коэффициентом изнашивания***



# Функции белков

Функция белка	Сущность	Примеры
Каталитическая (ферментативная)	Ускорение химических реакций в организме	Пепсин, трипсин, каталаза, цитохромоксидаза
Транспортная	Транспорт (перенос) химических соединений в организме	Гемоглобин, альбумин, трансферрин
Структурная (пластическая)	Обеспечение прочности и эластичности тканей	Коллаген, эластин, кератин
Сократительная	Укорочение саркомеров мышцы (сокращение)	Актин, миозин
Регуляторная (гормональная)	Регуляция обмена веществ в клетках и тканях	инсулин, соматотропин, глюкагон, кортикотропин
Защитная	Защита организма от повреждающих факторов	Интерфероны, иммуноглобулины, фибриноген, тромбин
Энергетическая	Высвобождение энергии за счёт распада аминокислот	Белки пищи и тканей

# Превращение белков в организме



# АЗОТИСТЫЙ БАЛАНС

---

- Белковый коэффициент - это то количество белка, при расщеплении которого образуется 1 грамм азота. Он равен 6,25 г.
- Позитивный азотистый баланс - когда белков поступает больше чем выводится.
- Негативный азотистый баланс - когда белков поступает меньше чем выводится.
- Азотистое равновесие - когда азота с белками поступает столько же, сколько и выводится.



При условии, что все энергетические расходы возобновляются за счет углеводов и жиров, то есть при безбелковой диете, за сутки разрушается приблизительно 331 мг белка на 1 кг массы тела.

Для человека массой 70 кг это составляет 23,2 г.

Эту величину М. Рубнер назвал  
***коэффициентом изнашивания***

*Белковый минимум 50 г белка в  
сутки*

*Оптимум – 90 г белка в сутки*



## РЕГУЛЯЦИЯ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА

**1. Гормоны:** Увеличивают – СТГ, Т3, Т4 ,  
СТГ в присутствии углеводов и инсулина  
увеличивает синтез белков и РНК в клетке,  
снижает уровень аминокислот в крови, тироксин  
увеличивает дезаминирование аминокислот

# 20 аминокислот

жизненно необходимыми для человека

## *Незаменимые аминокислоты*

- Валин
- Лейцин
- Изолейцин
- Лизин
- Метионин
- Треонин
- Фенилаланин
- Триптофан

## *Заменимые аминокислоты*

- Гликокол
- Аланин
- Цитруллин
- Серин
- Цистин
- Аспарагиновая кислота
- Глютаминовая кислота
- Тирозин
- Пролин
- Оксипролин
- Аргинин
- Гистидин

# Необходимое количество незаменимых аминокислот в сутки

Аминокислота	В граммах	В животных продуктах	В растительных продуктах
Триптофан	1	130 г сыра	2 кг моркови, 500 г фасоли
Лейцин	5	250 г говядины	1,2 кг гречки, 400 г гороха
Изолейцин	3,5	120 г курицы	1,4 кг ржаного хлеба, 450 г гороха
Валин	3,5	300 г говядины	800 г макаронных изделий, 400 г гороха
Треонин	2,5	350 г трески	3 кг картофеля, 400 г фасоли
Лизин	4	200 г говядины	1,5 кг овсяной крупы, 400 г гороха
Метионин	3	300 г курицы	1,3 кг риса, 1,8 кг гороха
Фенилаланин	3	300 г курицы	1 кг перловой крупы, 400 г гороха
Аргинин	4	250 г курицы	600 г риса, 250 г гороха
Гистидин	4	250 г тунца, лосося	300 г арахиса и чечевицы

# Регуляция обмена белков

---

Обеспечивается гипоталамусом через эффекторные гормоны периферических желез и гормон роста гипофиза.

**Соматотропный гормон** – повышает проницаемость клеточных мембран для аминокислот, синтез и-РНК, снижает активность катепсинов (тканевых протеаз).

**Тироксин** – увеличивает синтез белка.

**Андрогены** – анаболики. Эстрогены вызывают катаболический эффект.

**Глюкокортикоиды** – катаболический эффект по отношению ко всем тканям, кроме печени.



# Регуляция белкового

## обмена

Центральные механизмы регуляции

Гипоталамус

Гипофиз

Щитовидная железа

Надпочечники

Поджелудочная железа

Глюкокортикоиды

В печени

Мышцы, лимфоидная ткань

Парасимпатические влияния

Соматотропный гормон

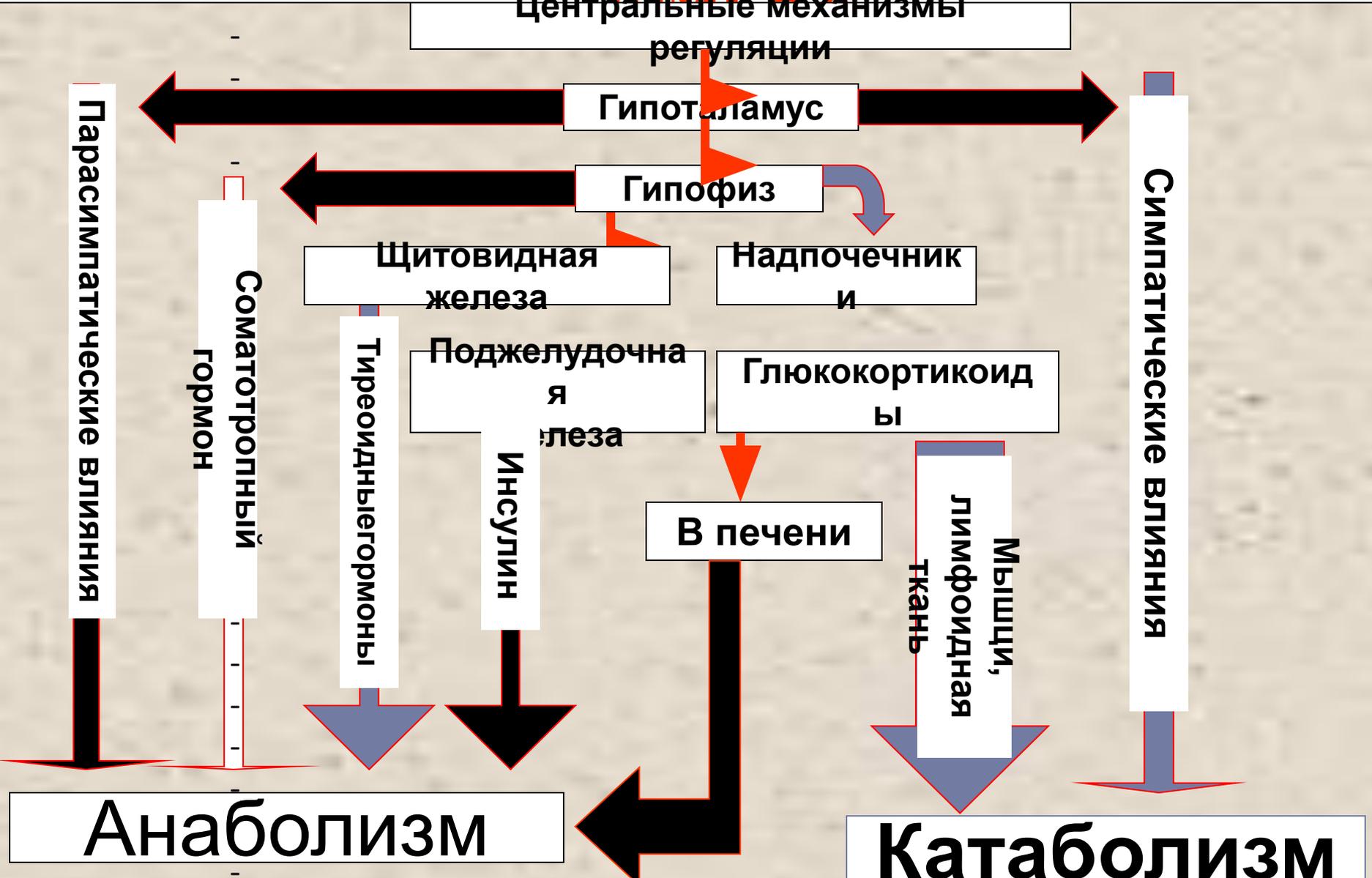
Тиреоидные гормоны

Инсулин

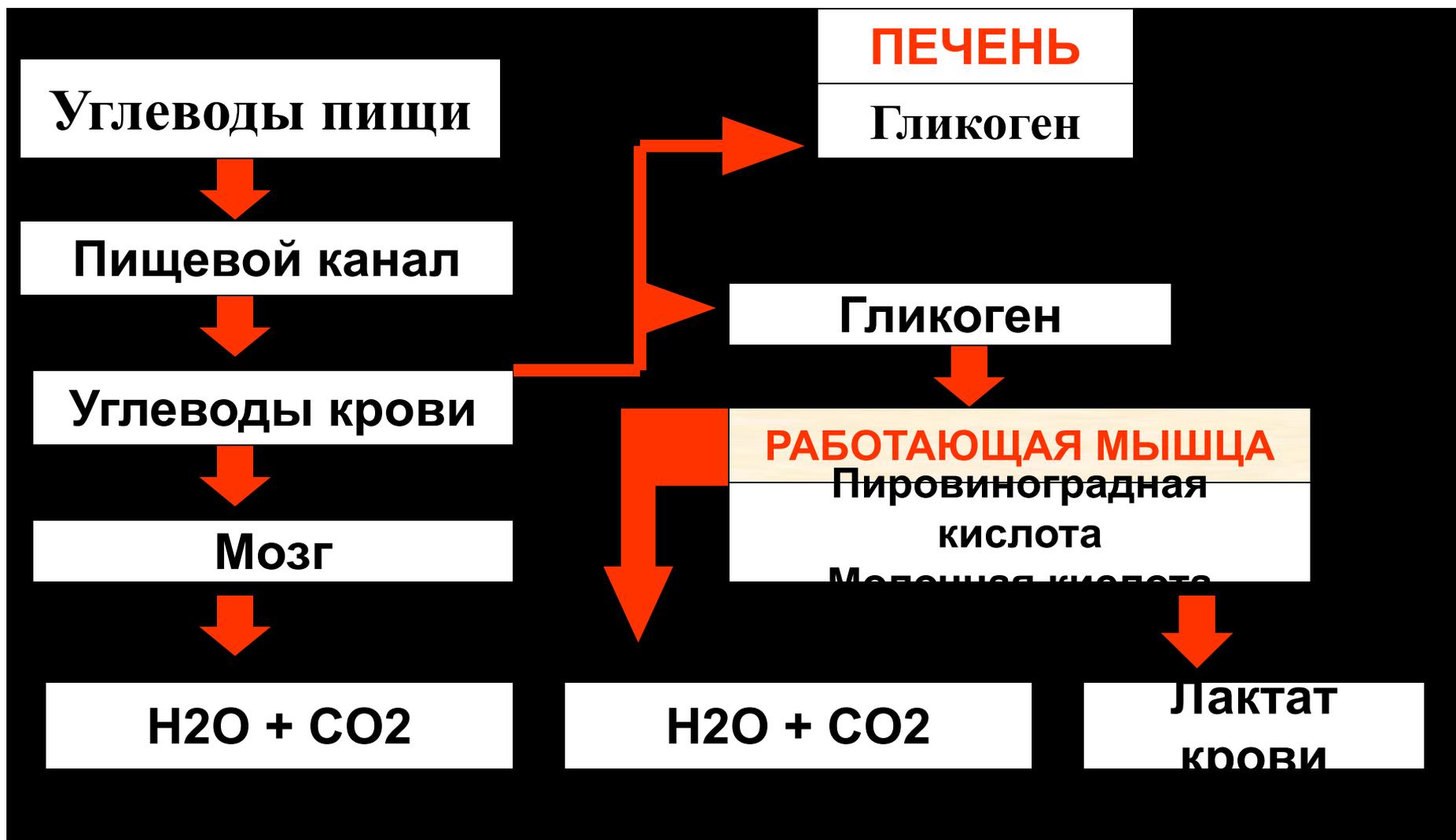
Симпатические влияния

Анаболизм

Катаболизм



# Обмен углеводов в организме



# обмен углеводов



Обмен углеводов - совокупность процессов превращения углеводов в организме. Углеводы являются источниками энергии для непосредственного использования (глюкоза) или образуют депо энергии (гликоген), являются компонентами сложных соединений (нуклеопротеиды, глико-протеиды), используемых для построения клеточных

# Обмен углеводов

- Углеводы выполняют в организме **энергетическую и пластическую роль**.
  - В ходе окисления глюкозы образуются промежуточные продукты - пентозы, которые входят в состав нуклеотидов и нуклеиновых кислот.
  - Глюкоза необходима для синтеза некоторых аминокислот, синтеза и окисления липидов, полисахаридов.
- Организм человека получает углеводы главным образом в виде растительного полисахарида *крахмала* и в небольшом количестве в виде животного полисахарида *гликогена*
  - В среднем за сутки человек потребляет 400-500 г углеводов, из которых обычно 350 - 400 г составляет крахмал, а 50 - 100 г - моно- и дисахариды. Избыток углеводов депонируется в виде жира.

# Регуляция обмена углеводов

---

## **Нервная регуляция.**

В 1849 г. Клод Бернар при уколе дна 4-го желудочка продолговатого мозга, обнаружил повышение уровня сахара в крови.

В регуляции сахара крови участвует гипоталамус.

Симпатическая нервная система повышает уровень глюкозы в крови.

## **Гуморальная регуляция.**

Инсулин - единственный гормон, понижающий уровень сахара крови.

Увеличивают: глюкагон, адреналин, глюкокортикоиды, тироксин, соматотропный гормон.

---



# Регуляция уровня глюкозы в крови



# Обмен жиров



# Функции жиров

- Строительная (входят в состав клеточных мембран)
- Энергетическая (1 г жира при окислении дает 9 ккал энергии)
- Защитная (теплорегуляция, механическая защита органов)
- Запасная (запас энергии и воды)
- Регулирующая (обмен веществ в организме)

# Превращение жиров в организме

**Жир пищи (триглицериды)**

**ПИЩЕВОЙ КАНАЛ**

**Жирные кислоты**

**с короткой**

**цепочкой**

**Глицерин**

**Жирные кислоты**

**с длинной**

**цепочкой**

**КРОВЬ**

**ПЕЧЕНЬ**

**СЕРДЦЕ**

**и**

**мышцы**

**липопротеины**

**хиломикронов**

**Триглицериды в виде**

**Незаменимыми жирными кислотами (НЖК) являются те, которые не могут синтезироваться человеческим организмом.**

- ***Диетические источники НЖК***
- *Линоленовая кислота*
- **Подсолнечное масло, кукурузное масло, соевое масло, арахисовое масло, горчичное масло, пальмовое масло, кокосовое масло**
- *Арахидоновая кислота*
- **Мясо, яйца, молоко**
- *Линоленовая кислота*
- **Соя, листовая зелень**

## Эссенциальные (незаменимые) жирные кислоты (ПНЖК) – линолевая и линоленовая.

### **Функции:**

- **Строительный материал :**
- клеточных мембран,
- соединительной ткани,
- миелиновых оболочек нервных волокон,
- **Входят в состав нуклеиновых кислот.**
- **Повышают выведение из организма холестерина.**
- **Повышают эластичность сосудов.**
- **Защищают от радиации.**
- **Участвуют в формировании иммунитета.**
- **Образуют простагландины (регуляторы различных процессов жизнедеятельности).**

### **Недостаток ПНЖК:**

- отложение холестерина в стенках сосудов,
- повышенное тромбообразование,
- развитие злокачественных опухолей.

**Фосфолипиды** - оптимизируют расщепление и всасывание триглицеридов в ПЖК

# Регуляция обмена жиров

---

## **Нервная регуляция.**

Осуществляется гипоталамусом через вегетативную нервную систему.

**ПСНС** – стимулирует отложение жира.

**СНС** – мобилизует. Односторонняя денервация жирового депо снижает мобилизацию из него жира.

## **Гуморальная регуляция.**

Усиливают мобилизацию жира: **адреналин, тироксин, СТГ.**

Вызывают отложение жира – **инсулин, глюкокортикоиды.**



- Энергетическая ценность или калорический коэффициент вещества - количество тепла, образуемого при сгорании 1 г вещества в атмосфере чистого кислорода:

ЖИРЫ - 9,3 ккал;

БЕЛКИ и УГЛЕВОДЫ – 5,3 и 4,3

ккал

- Калорический эквивалент кислорода - количество тепла, освобождающегося в организме от окисления 1 г вещества при потреблении 1 литра кислорода:

ЖИРЫ - 4,69;

БЕЛКИ - 4,46;

УГЛЕВОДЫ - 5,05 ккал



# Стандартная единица энергии

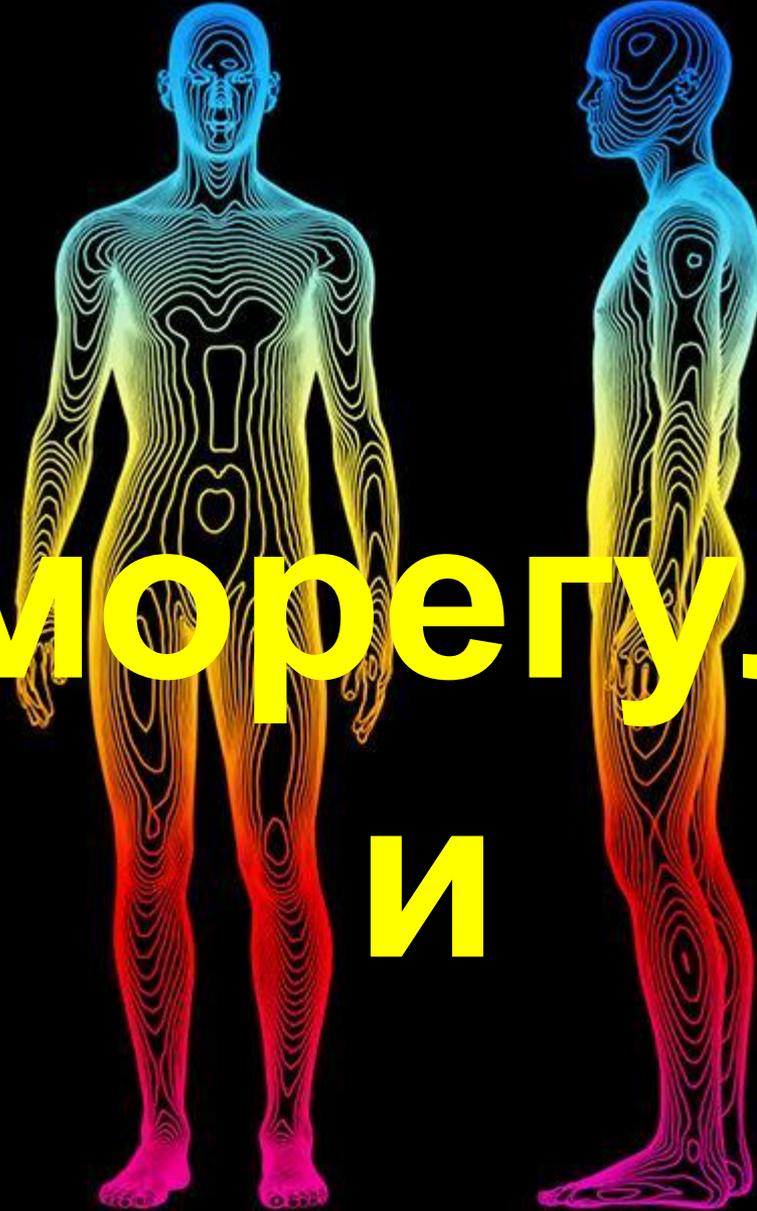
---

1. в международной системе единиц (СИ) — джоуль (Дж)
2. не входящая в СИ единица тепловой энергии — калория (кал).

Калорию определяют как количество тепла, необходимое для нагрева 1 г воды на 1 градус Цельсия (1 калория = 4,187 Дж).



# Физиология



# терморегуляци

# и



# ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГОМЕОСТАЗИС

ПОЙКИЛОТЕРМИЯ

ГОМОЙОТЕРМИЯ

**ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ**

ХИМИЧЕСКАЯ

ФИЗИЧЕСКАЯ

ТЕРМОИЗОЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ТКАНЕЙ



# терморегуация

---

1. ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ
2. ТЕПЛООТДАЧА



---

1. **ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ:**

**А. Химическая** (за счет изменения обмена веществ) (печень, почки, эндокринные и пищеварительные железы, скелетная мускулатура)

**Б. Физическая** (сокращение мышц; мышечная дрожь)



# Температурный градиент

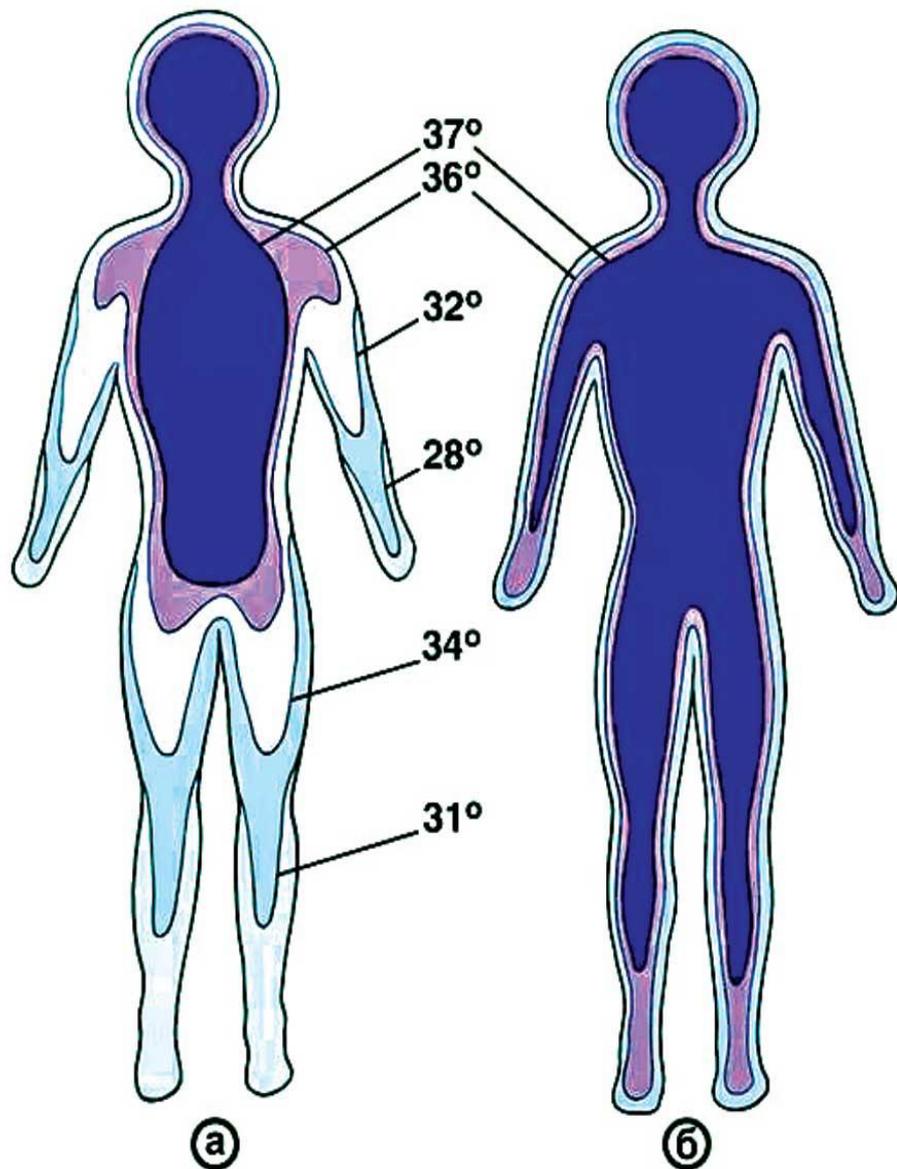
---

**Кожно-температурный коэффициент** – это градиент  $t^{\circ}\text{C}$ , который несет информацию о разности температур между подвздошной (или подмышечной) артерией, IV пальце кисти и I пальцем стопы.

В норме ее величина составляет  $3,8-4,0^{\circ}\text{C}$  для верхних конечностей и  $4,9-5,2^{\circ}\text{C}$  для нижних конечностей.

В случае патологии, например при ухудшении кровотока конечности – он возрастает





## Температура различных областей тела человека :

А - при низкой внешней температуре

Б - высокой внешней температуре

Область «ядра» - темно-синее поле ;

«оболочка» - окрашена цветами убывающей интенсивности по мере снижения температуры .

# Средняя температура по формуле Вите:

$\underline{T}_{\text{ср}} = 0,07T \text{ стопы} + 0,32T \text{ ноги} + 0,18T \text{ груди} + 0,17T \text{ спины} + 0,14T \text{ плеча} + 0,05T \text{ кисти} + 0,71T \text{ лба}$

В среднем составляет 33-34 градуса



# Сократительный термогенез

---

- При сокращении мышц возрастает гидролиз АТФ, поэтому растёт поток вторичной теплоты, идущий на согревание тела.
- Сократительная теплопродукция связана: с произвольными и непроизвольными сокращениями.



# Произвольные сокращения (мышечная работа)

Физическая нагрузка ведет к увеличению теплопродукции в зависимости от ее мощности:

умеренная – до 300 ккал/час

интенсивная – до 600-900 ккал/час

в условиях покоя - 60-85 ккал/час

При этом выполнение работы в течение первых 15-30 мин ведет к довольно быстрому повышению температуры ядра тела до некоторого стационарного уровня, а затем сохраняется на этом уровне или продолжает медленно возрастать – так называемая **рабочая гипертермия**.

# терморегуляционный мышечный тонус

Относится к непроизвольной теплопродукции, вызываемой тоническими сокращениями мышц шеи и спины.

С точки зрения механики сокращения терморегуляционный тонус представляет собой микровибрацию.

- При его появлении теплопродукция возрастает на 20-45%.
- При более значимом переохлаждении он переходит в дрожь.
- Терморегуляционный тонус экономичнее, чем дрожь.



# ДРОЖЬ

---

Непроизвольная ритмическая активность поверхностно расположенных мышц, в результате чего теплопродукция возрастает в 2-3 раза. Считается, что эффективность теплопродукции при дрожи в 2,5 раза выше, чем при произвольных мышечных сокращениях.



# Несократительный термогенез

Специфическим субстратом такой теплопродукции считается **бурая жировая ткань.**

Масса этой ткани обычно составляет 1-2 % массы тела, но при адаптации к холоду – может возрасти до 5%.

Уровень энергообмена в ней - втрое превышает энергетический уровень



---

## ФАКТОРЫ ТЕПЛОПРОДУКЦИИ:

1. Индивидуальные особенности организма
2. Температура окр. среды
3. Интенсивность мышечной работы
4. Характер питания
5. Эмоции
6. Обеспечение кислородом
7. УФ излучение
8. Интенсивность видимого света



## ТЕПЛООТДАЧА:

1. Теплопроводение (нагретое тело отдает тепло, до 30 % потеря тепла, сильнее в воде, влажном воздухе)
2. Теплоизлучение (инфракрасное излучение нагретого тела)
3. Конвекция (нет потери тепла если  $T_{\text{тела}} = T_{\text{окр. среды}}$ )
4. Испарение (пот)



1. Испарение:
2. 500 мл влаги (тело) 400 мл влаги (дыхательные пути) ,т.е. около 40 мл воды на 1 кг массы тела.
3. Наибольшее кол-во потовых желез : Лоб, живот, тыльная сторона стопы ( за сутки около 5 л воды, в горячих цехах – до 12 л)
4. 1 мл пота = 0, 58 ккал тепла



Потовые железы расположены в коже почти всех областей тела, их  $\approx 2$  млн. (хотя есть люди, у которых они почти полностью отсутствуют).

Больше всего потовых желез на **ладонях** и **подошвах** (свыше 400 на  $1 \text{ см}^2$ ) в коже **лба** (около  $300/\text{см}^2$ ).

Так как пот – гипотоничен плазме крови, то при усиленном потоотделении больше теряется воды, чем солей. При этом может происходить повышение осмотического давления и нарушение водно-солевого обмена.

**Потовые железы** – иннервируются симпатическими холинергическими волокнами (медиатор АЦХ) – повышение продукции пота.

При необходимости, возникает активация нейронов: коры, лимбической системы и гипоталамуса →

→ к нейронам спинного мозга (боковые столбы спинного мозга от T<sub>2</sub> до L<sub>2</sub>);

→ к постганглионарным нейронам **симпатического ствола**

→ потовые железы: лицо, лоб, шея, а затем туловище и конечности.

# **Нарушения потоотделения:**

**Ангидроз** – полное отсутствие выделения пота.

**Гипогидроз** – частичное снижение.

**Гипергидроз** – чрезмерное образование пота

# ГИПОТЕРМИЯ:

- 
1. мышечная деятельность, дрожь, усиление клеточного метаболизма)
  2. увеличение секреции ТТГ и тироксина ЩЖ
  3. Адреналин (усиление окисления , перераспределение крови в организме, сужение периферических сосудов, расширение сосудов внутренних органов)
  - 4.
  - 5.



# ГИПЕРТЕРМИЯ:

- 
1. Периферические сосуды расширяются, внутренних органов – сужаются
- 1 стадия – компенсация за счет потоотделения
- 2 стадия – профузное потоотделение
- 3 стадия – Тепловой удар (гиперемия, головная боль, снижение ЧСС, дыхания, тошнота, рвота, потеря сознания)



# 1. Факторы индивидуальной температурной схемы тела:

---

а) генетические факторы

б) Индивидуальное воспитание и привычки (закаленность, тренированность)

в) одежда

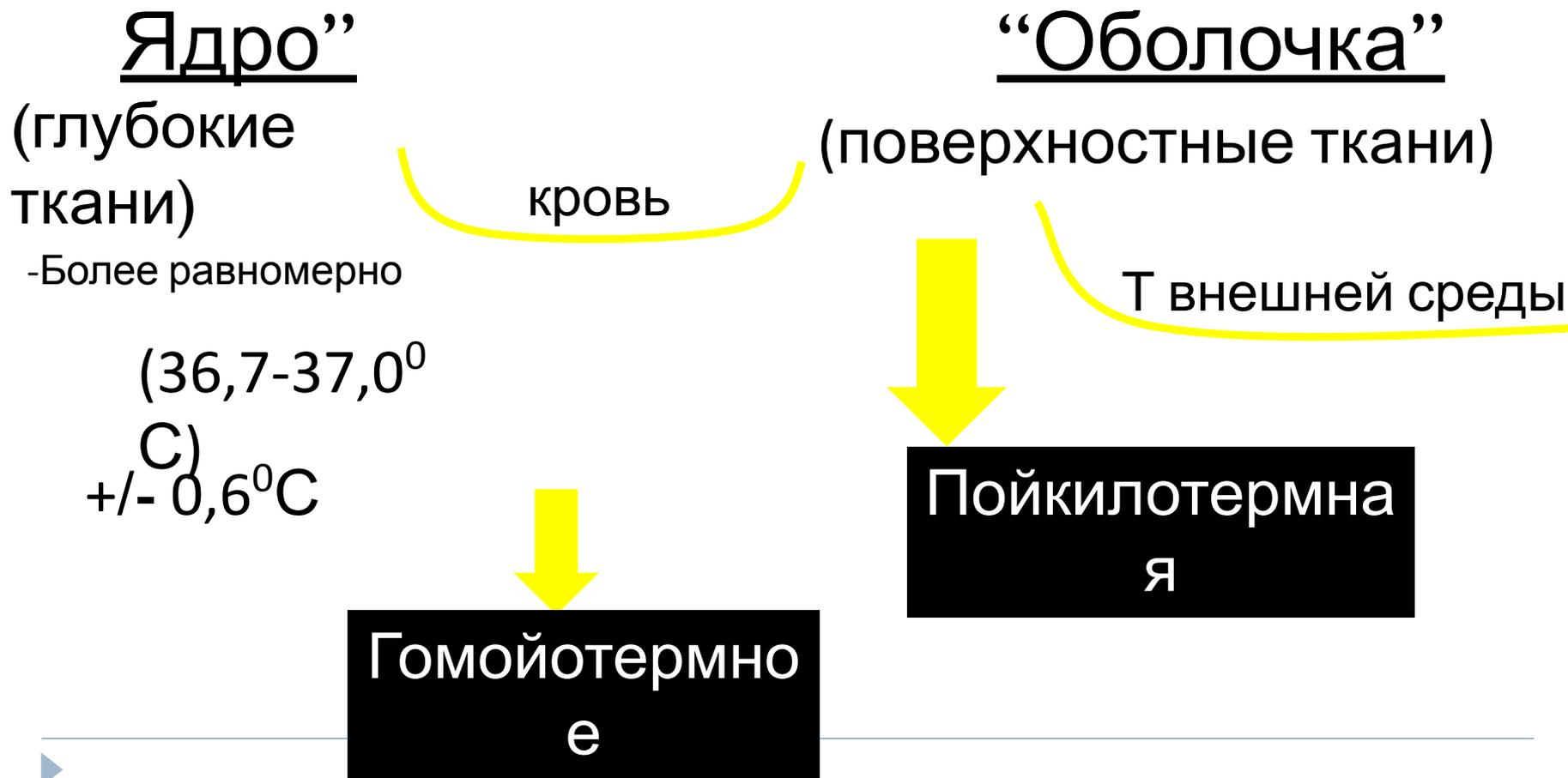
$T$  тела – пластичная константа, определяется температурой внутренних органов туловища, головы, т. н. «ядра» тела

Температурой поверхности тела (оболочки)

---



# Температура тела человека.



# Регуляция механизма термопродукции

Нейроны центра теплопродукции активируют **симпатическую** систему, что ведет к повышению интенсивности липолиза, гликогенолиза, окислительного фосфорилирования.

Одновременно повышается продукция гормонов мозгового слоя коры надпочечников – адреналина и норадреналина, которые повышают продукцию тепла в печени, скелетных мышцах, буром жире.

# Центральные механизмы терморегуляции

Центры терморегуляции находятся в различных отделах ЦНС в том числе – в коре больших полушарий, лимбической системе, таламусе,

Каждый отдел выполняет свои задачи:

**кора, лимбическая система и таламус** -  
обеспечивают контроль за деятельностью;

обеспечивают адекватное поведение человека

Однако, основную роль играет **Гипоталамус**, где различают скопления нейронов регулирующих **теплоотдачу** (центр теплоотдачи) и **теплопродукцию** (центры теплопродукции).

Впервые существование таких центров в гипоталамусе показал К. Бернар, посредством «теплого укола», после чего повышалась температура

## гипоталамус, СМ, ствол мозга, КБП

---

в переднем гипоталамуса (центр теплоотдачи)  
**находятся первые афферентные нейроны**  
**(истинные терморецепторы (реагируют на**  
**изменение T крови))**

Их раздражение- одышка, расширение сосудов  
кожи, потоотделение

Нагревание: увеличение потоотд-ия, и дыхания

Охлаждение : поза (клубок), дрожь

Раздражение – дрожь, сужение сосудов



Информация от сенсорных нейронов поступает на **интегрирующие нейроны**, на которых происходит суммация всей информации о состоянии температуры ядра и оболочки тела. Эти нейроны вычисляют **среднюю температуру** тела.

Затем информация поступает на **командные нейроны**, которые сличают текущую температуру с заданным уровнем, так называемую «установочную точку» терморегуляции.

В результате сличения выявляется отклонение от заданного уровня и далее информация идет либо в центр теплоотдачи, либо – в центр теплопродукции.

От терморцепторов афферентная информация поступает через задние корешки СМ к вставочным нейронам задних рогов, а затем:

главным образом по **спиноталамическому** пути достигает **передних ядер** Таламуса и после переключения в **соматосенсорную зону коры больших полушарий** обеспечивая **возникновение и топическую локализацию** субъективных температурных ощущений – типа: холодно, прохладно, тепло, температурный комфорт и т.д. На их основе формируются **терморегуляторные реакции**.

Часть афферентной импульсации от периферических терморцепторов и внутренних органов идёт по **спиноталамическому** и **спиноретикулярному** трактам в ретикулярную формацию, неспецифические ядра таламуса, в ассоциативные зоны коры больших полушарий и **медиальную преоптическую область гипоталамуса**.

---

# Термочувствительные нейроны гипоталамуса

1. Тип 1 – обладают темпер. чувств. и импульсной активностью, возбуждают нейроны типа 2, тормозят нейроны типа 4.
2. Тип 2 - не обладают (теплорассеивание)
3. Тип 3 – обладают, тормозят нейроны типа 2 и возбуждают нейроны типа 4.
4. Тип 4 (повышение теплопродукции)  
Т тела минимальна в предутренние часы – 3-4 часа.  
Максимальна в дневное время 16-18 ч.



# Кожные терморцепторы делятся

Холодовые

Тепловые

## Холодовые:

**Собственно холодные** (специфические) – реагируют на изменение температуры.

**Тактильно-холодовые** (неспецифические) – реагируют и на изменение температуры и на давление.

Расположены на глубине 0,17 мм от поверхности кожи – всего 250 тыс.

Реагируют частотой повышения ПД в пределах от 41°C

Среди **холодовых и тепловых рецепторов** имеются разные по чувствительности популяции рецепторов:

1. **высокочувствительные**, реагируют на изменение  $t^{\circ} \approx 0,1^{\circ}\text{C}$ .
2. **средней чувствительности**, реагируют на изменение  $t^{\circ} \approx 1^{\circ}\text{C}$ .
3. **низкой чувствительности**, реагируют на изменение  $t^{\circ} \approx 10^{\circ}\text{C}$ .

**Информация** от кожных терморепцепторов идет в ЦНС по **афферентным** волокнам группы **A $\Delta$**  и **C**.



# Термочувствительные рецепторы

---

1. **R гипоталамуса** (тепл R: холод R = 6:1)
2. **R внутренних органов** (желудка, кишечника, дыхательных путей, мочевого пузыря, матки)
3. **R кровеносных сосудов** (дуга аорты, каротидный синус) и R вен (реагируют на изменение T крови, отекающей от работающих мышц)
4. R кожи и слизистых ( больше холодových R – 250 000 чем тепловых – 30 000)



# Термочувствительные рецепторы

---

**Холодовые и тепловые R** реагируют только на резкое изменение T:

На быстрое охлаждение - увеличение кол-ва ПД

На быстрое согревание – снижение или отсутствие ПД.

Для одиночных R устойчивая импульсация (тоническая активность) – 2-5 имп/сек (для холодowych при T 15-34 C, для тепловых при T 34- 43C. За пределами этих температур частота ПД снижается или прекращается (при T 5-7 C для холодowych и при T 30 градусов – для тепловых R)

Термочувствительные рецепторы – обладают **функциональной мобильностью** (Снякин)

---

1. **Фрей** (тепл R – тельца Руффини: холод R – колбы Краузе )
2. R - свободные терминали тонких волокон типа A или типа C + механорецепторы кожи, проприорецепторы, терморецепторы кожи
3. **R внутренних органов** (желудка, кишечника, дыхательных путей, мочевого пузыря, матки)
4. **R – спиноталамический тракт – центры терморегуляции головного мозга**



# Система терморегуляции работает в разных режимах:

В режиме **рассогласования** – изменилась температура крови и изменяется деятельность объектов управления.

В режиме **регуляции по возмущению** – улавливается изменение температуры среды, и не дожидаясь, когда она отразится на температуре крови, в системе возникают команды, меняющие работу объектов управления, таким образом, что температура крови сохраняется постоянной.

В режиме **управления по прогнозированию досрочного управления** (это условные рефлексy) - человек только собирается выйти на зимнюю улицу, а у него уже возникает продукция тепла, необходимого для компенсации теплопотерь

- Верхняя граница диапазона - граница гипертермии

---

- -тепловая смерть : 42-43<sup>0</sup> С
- Нижняя граница диапазона - граница гипотермии
- - холодовая смерть:
- естественная - 26<sup>0</sup> С
- искусственная - 24-23<sup>0</sup> С
- Термонеутральная зона - без ощутимого потоотделения и регуляторной теплопродукции - 24 - 27<sup>0</sup> С



# Суточные колебания температуры

---

Существуют **циркадные** – околосуточные колебания  $t^{\circ}\text{C}$  тела – амплитуда колебания достигает  $1^{\circ}\text{C}$ .

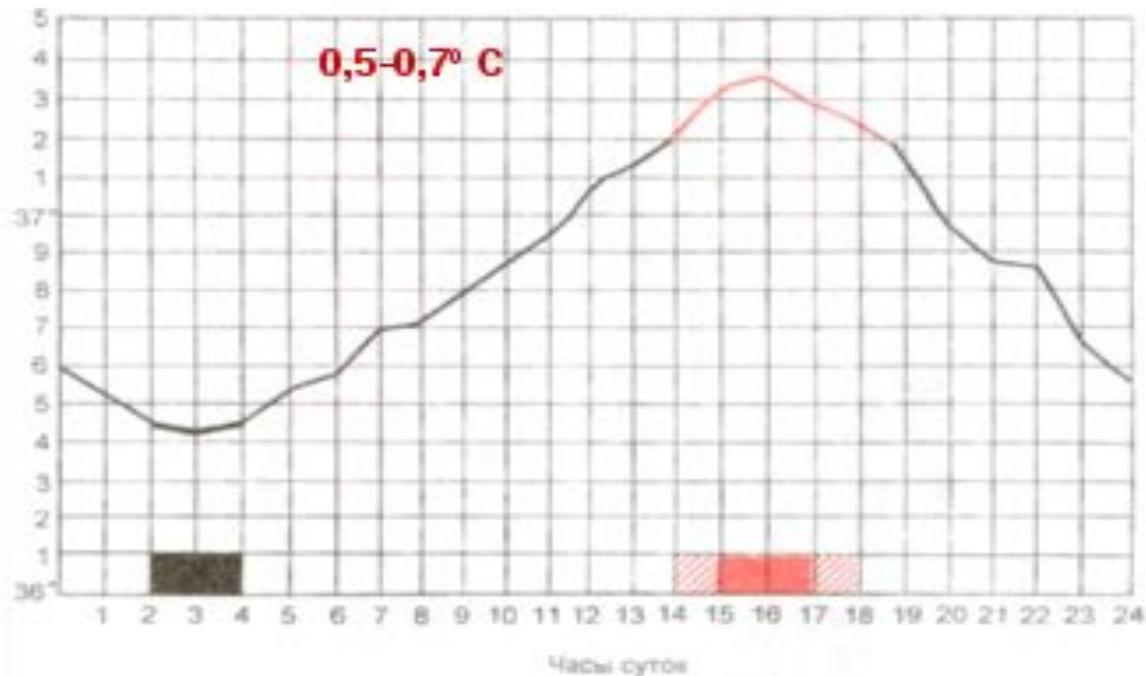
Минимальна в предутренние часы – 3-4 часа.  
Максимальна в дневное время 16-18

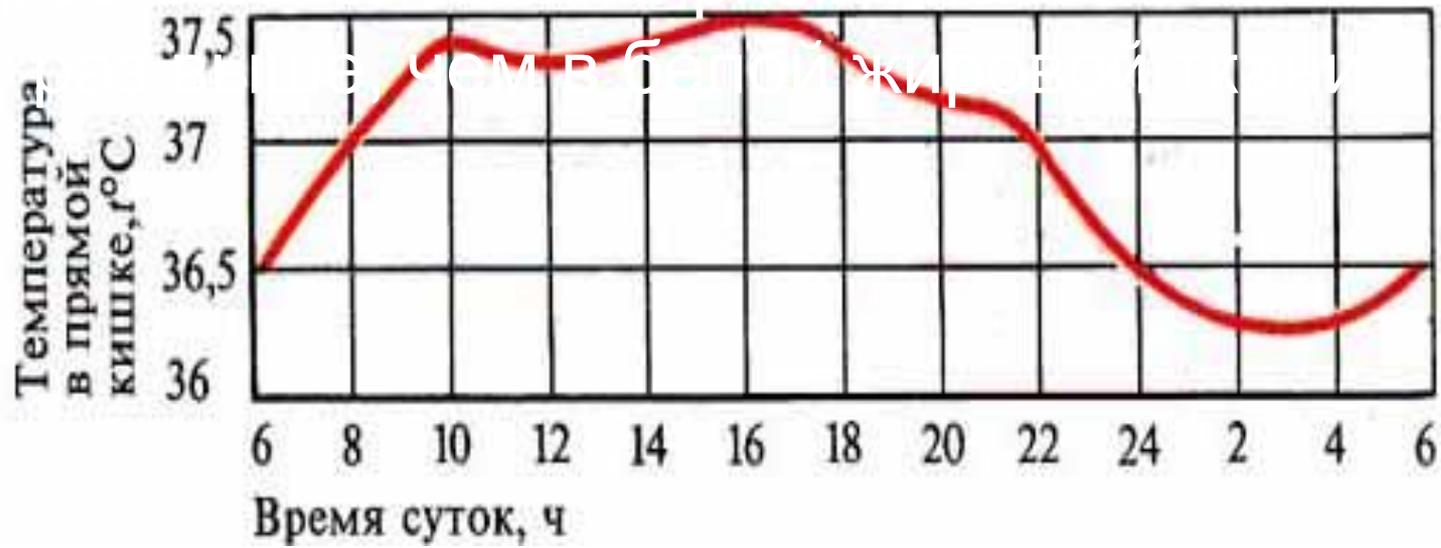


## Суточные колебания температуры тела человека

минимум - в утренние часы (3 – 4 ч утра)

максимум - в вечерние часы (16 - 18 часов вечера)





## Разобщение дыхания и окислительного фосфорилирования

1. На разобщении дыхания и фосфорилирования основана терморегуляторная функция тканевого дыхания. Тканевое дыхание, протекающее в митохондриях и не сопровождающееся образованием макроэргов, называют *свободным* или *нефосфорилирующим окислением*.
  2. Природным разобщающим агентом является **термогенин**, протонный канал в митохондриях бурых жировых клеток. Бурый жир обнаружен у новорожденных и животных, впадающих в зимнюю спячку, и служит для теплообразования.
- $t^0 \downarrow \rightarrow$  норадреналин  $\uparrow \rightarrow$  липаза  $\uparrow \rightarrow$  свободные жирные кислоты  $\uparrow \rightarrow$   $\beta$ -окисление  $\uparrow \rightarrow$  открытие протонного канала термогенина  $\rightarrow Q \uparrow$

# Центры регуляции теплопродукции

Разрушение задних отделов гипоталамуса приводит к тому, что животные плохо переносят холод.

Электростимуляция этой области вызывает повышение температуры тела, мышечную дрожь, увеличение липолиза, гликогенолиза.

Считается, что нейроны сосредоточены в основном в вентромедиальных и дорсомедиальных ядрах.

# Функциональная система поддержания температуры тела

