

Понятие об обмене веществ и энергии. Основной обмен.

План лекции:

- ▶ Всасывание веществ в различных отделах пищеварительного тракта.
- ▶ Виды и механизм всасывания.
- ▶ Общее понятие об обмене веществ и энергии.
- ▶ Основной обмен. Энергетический «рабочий обмен».
- ▶ Методы изучения обмена энергии. Прямая и непрямая калориметрия.

Общее понятие об обмене веществ и энергии

Обмен веществ и энергии – это совокупность физических, химических и физиологических процессов превращения веществ и энергии в организме человека.

Различают 4 этапа обмена веществ:

1. Гидролиз пищевых веществ в пищеварительном тракте – ферментативное расщепление питательных веществ.
2. Всасывание конечных продуктов гидролиза в кровь и лимфу.
3. Транспорт питательных и O_2 в клетку – внутриклеточный обмен веществ и энергии.
4. Выделение конечных продуктов обмена веществ.

Этапы обмена веществ:

Поступление питательных веществ и энергии
из внешней среды

Преобразование этих веществ и энергии
внутри организма

Использование организмом положительных
компонентов данных преобразований

Выброс из организма ненужных компонентов
преобразований во внешнюю среду

В обмене веществ и энергии выделяют два взаимосвязанных, но разнонаправленных процесса:

-анаболизм (ассимиляцию)

- катаболизм (диссимиляцию)

В процессе обмена веществ происходит превращение энергии: потенциальная энергия сложных органических соединений, поступивших с пищей, превращается в

-тепловую,

-механическую,

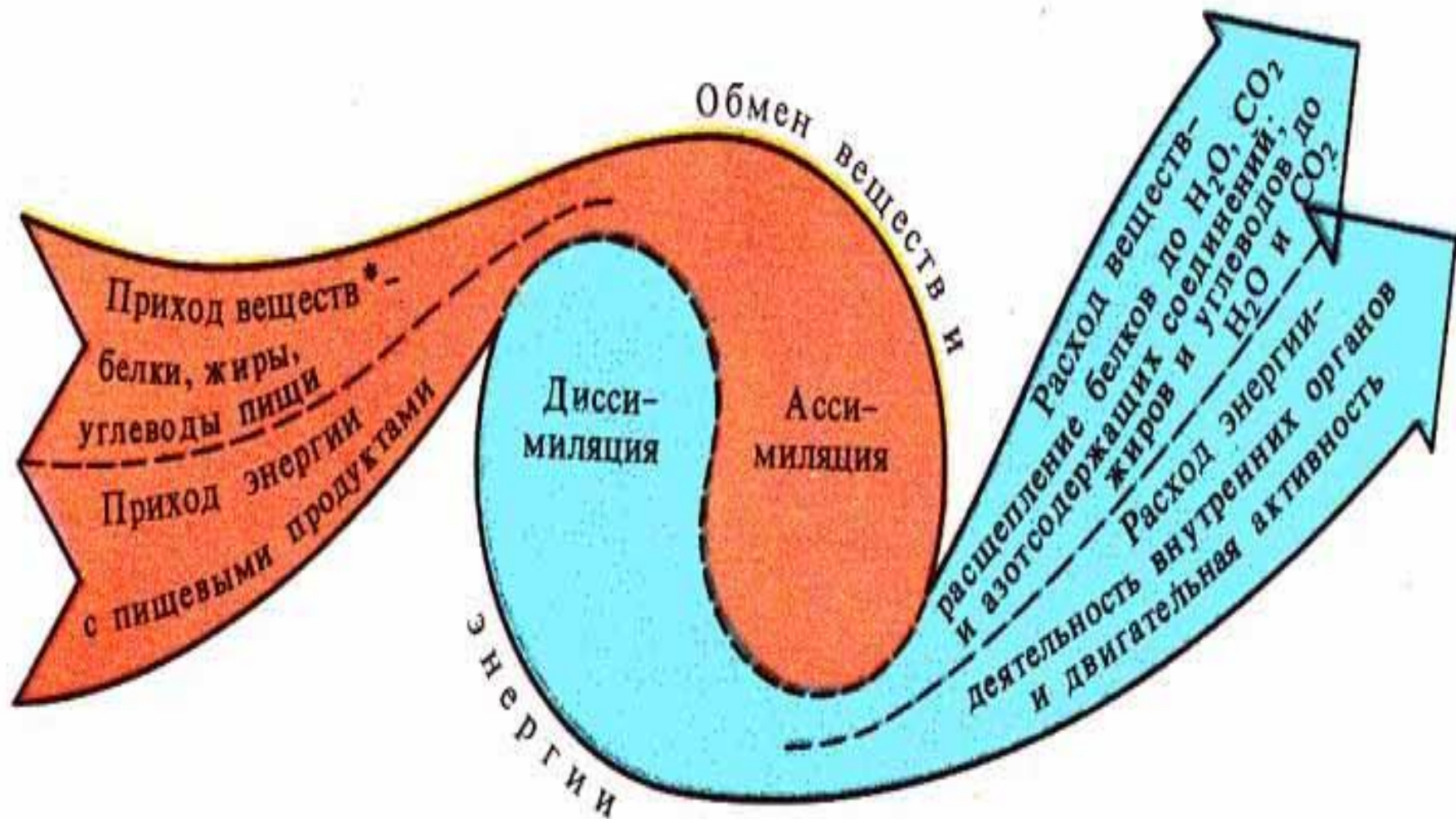
-электрическую.

В здоровом организме сохраняется баланс между энергообразованием и энерготратами (закон сохранения энергии)

В обмене веществ и энергии выделяют два взаимосвязанных, но разнонаправленных процесса: **анаболизм (ассимиляцию) и катаболизм (диссимиляцию).**

Анаболизмом называются обменные (метаболические) процессы, в ходе которых специфические элементы организма синтезируются из поглощенных питательных продуктов.

Катаболизмом называются те метаболические процессы, в ходе которых элементы организма или поглощенные пищевые продукты подвергаются распаду.



Примечание. * За исключением белков, жиров, углеводов, экскрементов.

В процессе обмена веществ происходит превращение энергии: потенциальная энергия сложных органических соединений, поступивших с пищей, превращается в **тепловую, механическую, электрическую.**

В здоровом организме сохраняется баланс между энергообразованием и энерготратами (**закон сохранения энергии**)

Высвобождающаяся в процессе биологического окисления энергия используется для:

1. Синтеза АТФ
2. Механической работы
3. Химического синтеза
4. Транспорта веществ
5. Осмотической и электрической работы
6. Поддержания температуры тела
7. Обеспечения жизнедеятельности, роста и развития организма и др.
8. Возникновение биопотенциалов.
9. Поддержания целостности клеточных структур, их функциональных способностей.
10. Поддержание гомеостаза.

В организме существует **тепловой баланс**. Для его определения необходимо знать:

- ▶ 1. **Приход** - количество энергии, поступающей из вне (пища)
- ▶ 2. **Расход** – количество энергии, выделенной организмом.

Энергия, образовавшаяся в организме, может быть выражена в единицах тепла – **калориях** или **джоулях** (система СИ)

Основной обмен.

Основной обмен – минимальный уровень энергозатрат для поддержания жизнедеятельности организма в условиях относительно полного физического и эмоционального покоя. Определение основного обмена проводят в **стандартных условиях**:

1. утром – натощак через 12-14 часов после приема пищи.
2. в положении лежа – при максимальном расслаблении мышц.
3. в условиях температурного комфорта – 18-22°C

Для взрослого человека **среднее значение**
основного обмена равно
1 ккал/кг/час

Для взрослого мужчины массой 70 кг,
рост 165-170 см, возраст 16-35 лет
величина основного обмена = **1700**
ккал/сут

Для женщин = на 10 % меньше (1500
ккал/сут)

Зависимость величин энерготрат от тяжести нагрузки определяет «рабочий обмен».

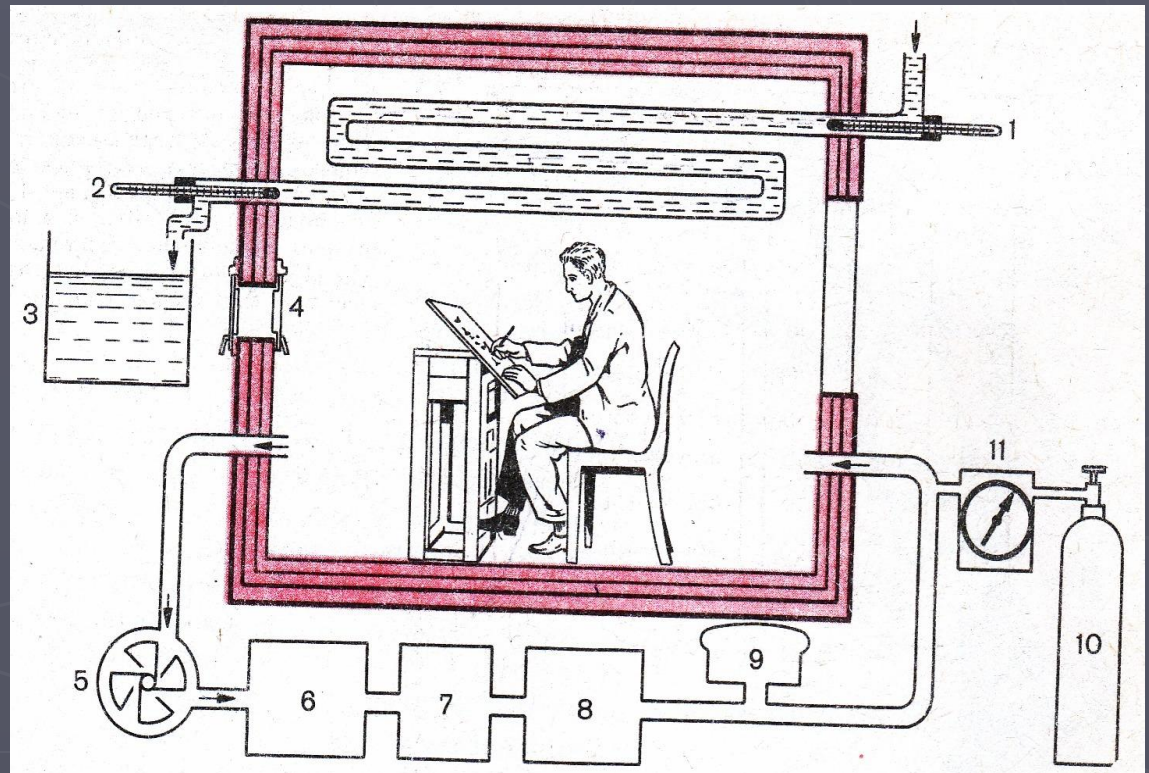
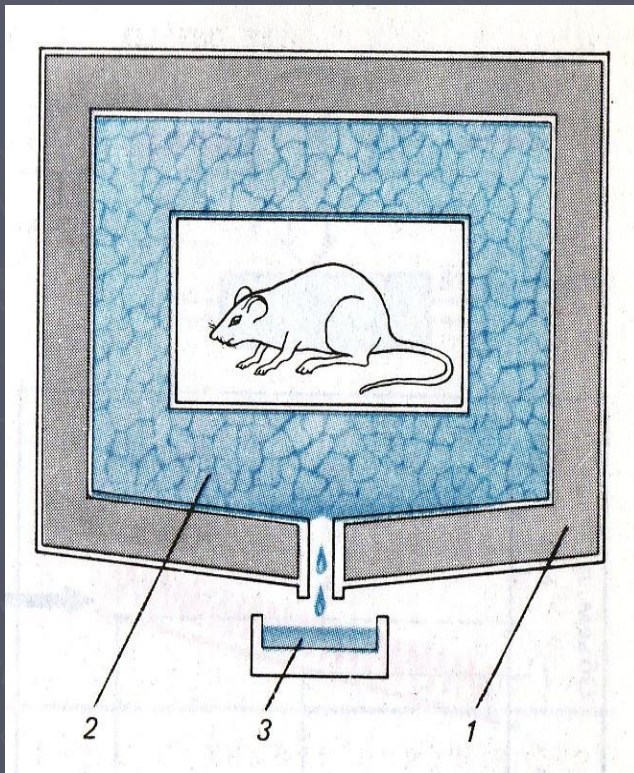
В зависимости от интенсивности труда для взрослого трудоспособного населения составлены рекомендуемые средние величины потребления энергии, питательных веществ в сутки.

Энергетические затраты организма при различной интенсивности физической работы

группа	Вид деятельности	Энерготрата, ккал/сут
1	работники умственного труда , не занятые физическим трудом: руководители предприятий и организаций; инженерно-технические работники; медицинские работники (кроме врачей-хирургов, медсестер, санитарок); педагоги; воспитатели; работники науки и литературы; печати; учета; делопроизводители и т.п.	2200-2800
2	работники, занятые легким физическим трудом : инженерно-технические работники, труд которых связан с некоторыми физическими условиями; работники, занятые на автоматизированных производствах; агрономы; зоотехники; медсестры; санитарки; тренеры и т.п.	2300-3000
3	работники среднего по тяжести труда : станочники, наладчики, врачи-хирурги; текстильщики; работники пищевой промышленности; водители различного вида транспорта; железнодорожники; полиграфисты.	2500-3200
4	работники тяжелого физического труда : строительные рабочие; сельскохозяйственные рабочие и механизаторы; горнорабочие; работники нефтяной и газовой промышленности; деревообработчики; плотники.	2900-3700
5	работники очень тяжелого физического труда : шахтеры; сталевары, вальщики леса, каменщики, бетонщики, землекопы, грузчики.	3900-4300

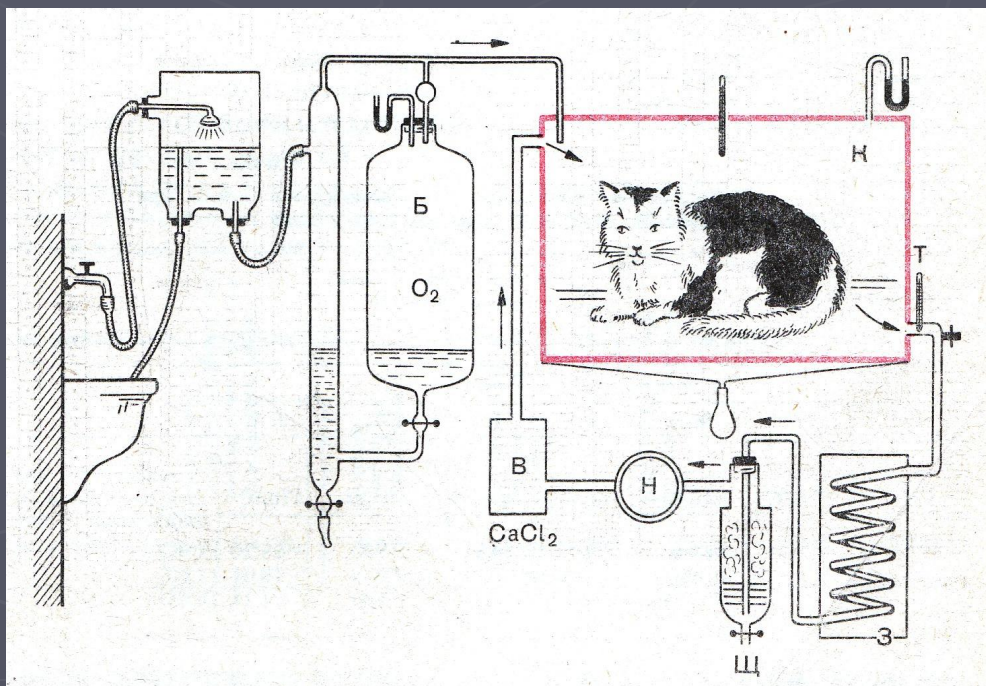
Методы изучения обмена энергии

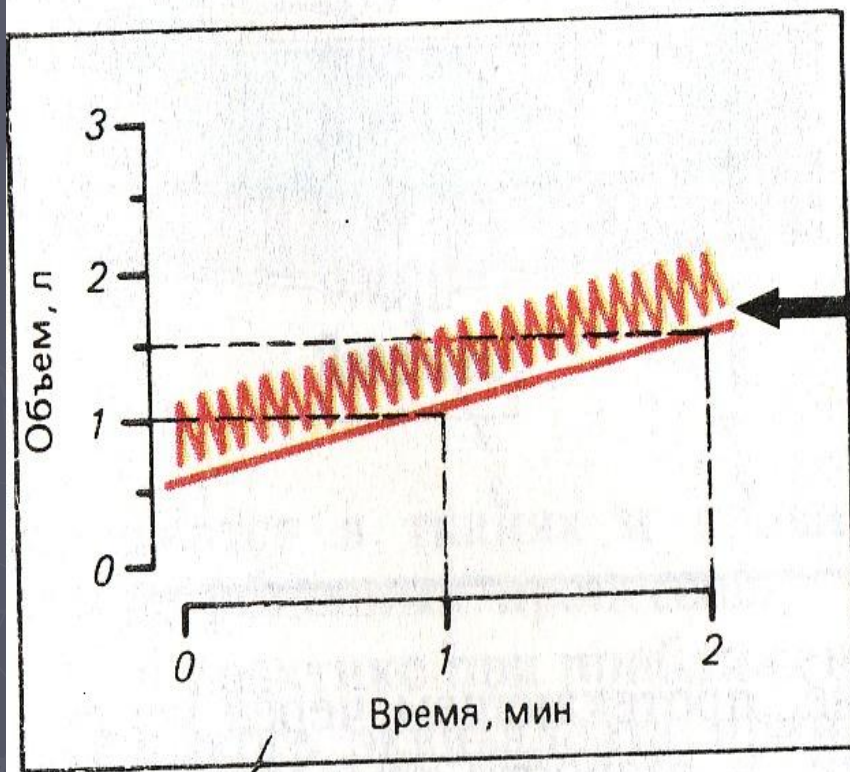
1. **Прямая калориметрия** – непосредственный учет количества тепла, выделяемого организмом в биокалориметрах (камерах Лавуазье- Лапласа и Этуотера-Бенедикта-)



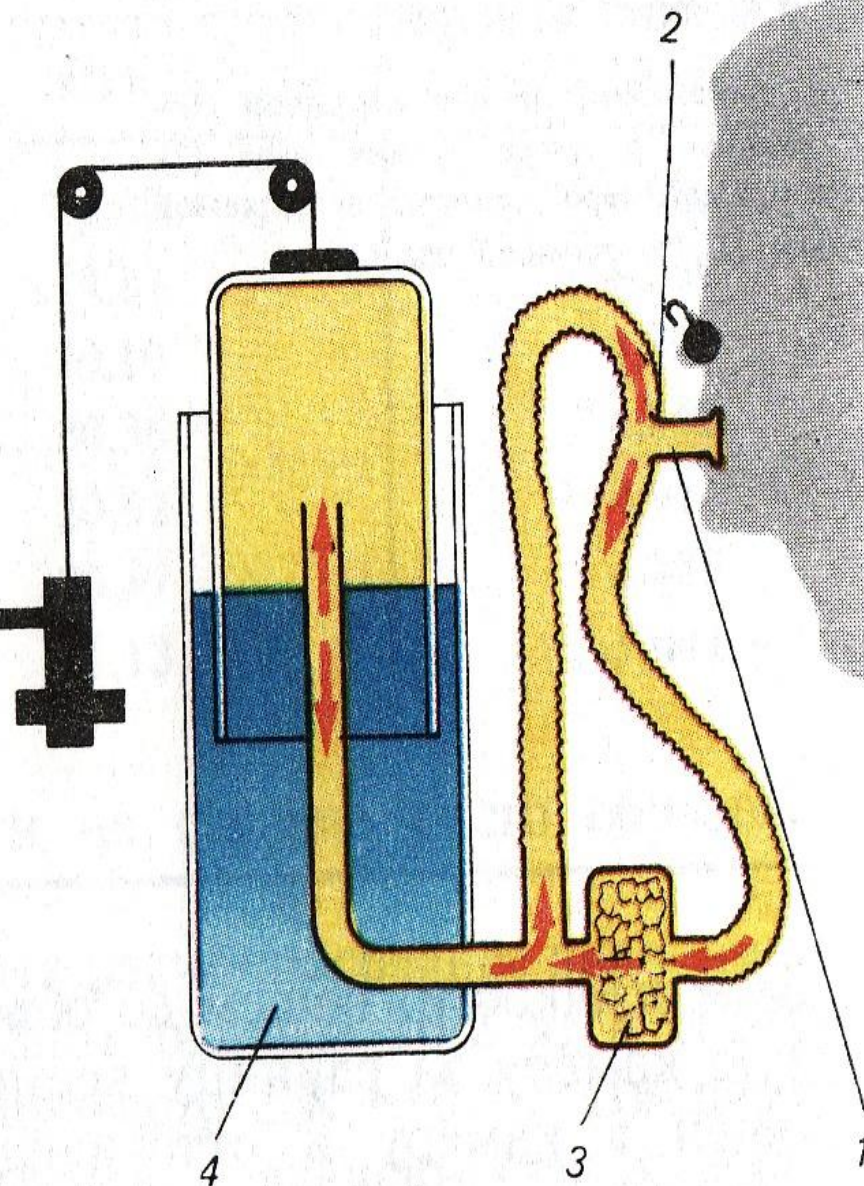
Методы изучения обмена энергии

2. Непрямая калориметрия — определение теплообразования в организме по его газообмену — учет количества потребляемого кислорода и выделяемого углекислого газа с последующим расчетом основного обмена организма (способ Дуглас-Холдена, оксиспирография).





5



На основе данных газообмена, количество поглощенного кислорода и выделенного углекислого газа рассчитывается **дыхательный коэффициент (ДК)**

$$\text{ДК} = \frac{\text{CO}_2 \text{ (объем выделенного)}}{\text{O}_2 \text{ (объем поглощенного)}}$$

ДК зависит от характера пищи

$$\text{ДК}_{\text{для белков}} = 0,8$$

$$\text{ДК}_{\text{для углеводов}} = 1,0$$

$$\text{ДК}_{\text{для жиров}} = 0,7$$

$$\text{ДК}_{\text{при смешанной пище}} = 0,85$$

- 2) **КЭК – калорический эквивалент O_2** – это количество энергии, которое выделяется при употреблении 1 л O_2 . При смешанной пище = 4,865 ккал.
- 3) **Калорический или тепловой коэффициент питательных веществ.** – это количество тепла, освобождающееся при сгорании 1 г питательного вещества (белки, жиры, углеводы)

Тепловую энергию питательных веществ определяют путем сжигания их в калориметрической бомбе Бертло.

Калорический коэффициент питательных веществ при окислении в организме

1 г белка	4,1 ккал	17,17 кДж
1 г жира	9,3 ккал	38,94 кДж
1 г углеводов	4,1 ккал	17,17 кДж

Роль питательных веществ и их физиологические нормы

- ▶ **Питание**- процесс поступления переваривания, всасывания и усвоения в организме пищевых веществ (нутриентов), необходимых для покрытия пластических и энергетических нужд организма, образования физиологически активных веществ.
- ▶ Макронутриенты (белки, углеводы, липиды)- при их окислении высвобождается энергия, необходимая для всех процессов жизнедеятельности организма.

Питание

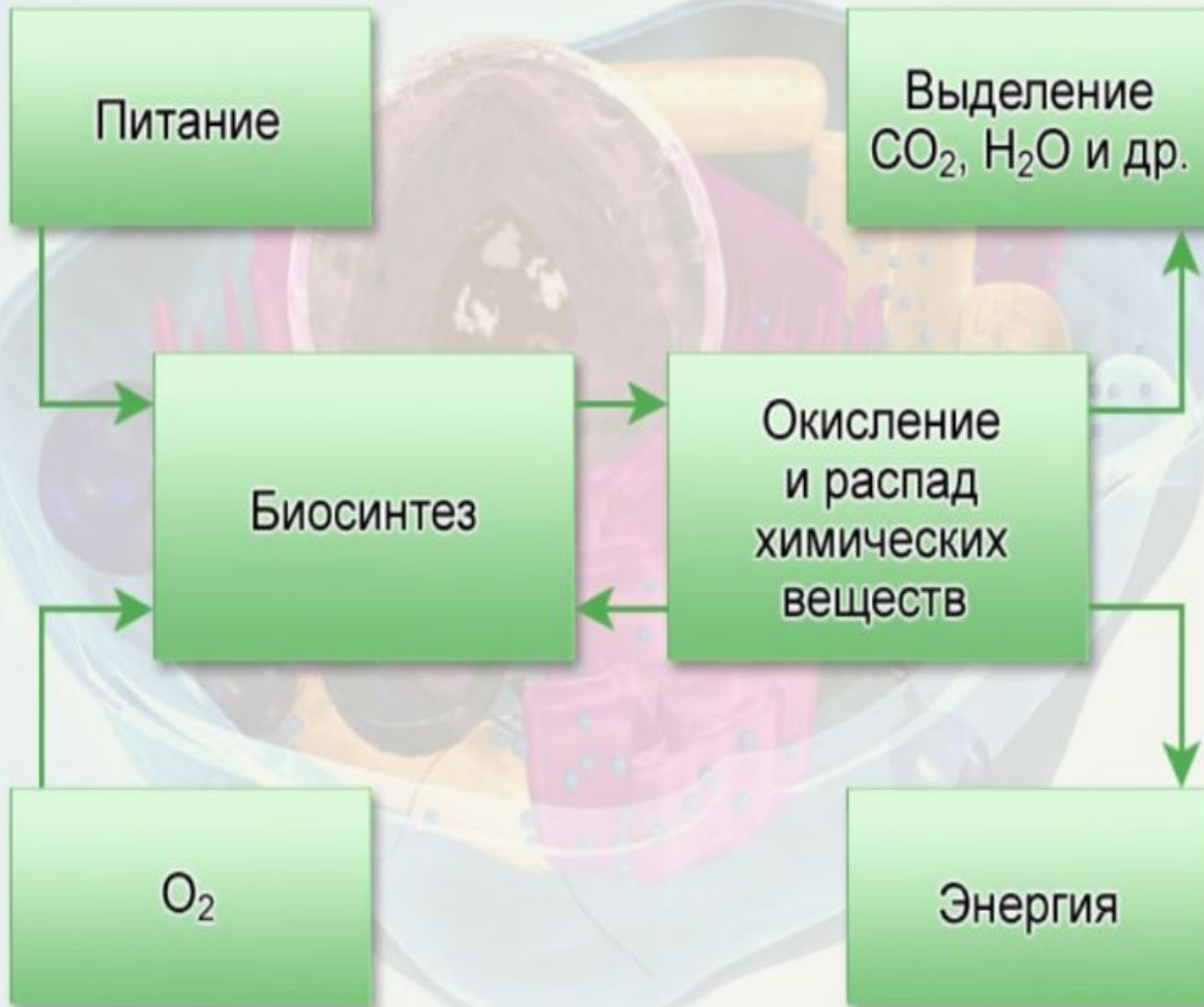
Выделение
 CO_2 , H_2O и др.

Биосинтез

Окисление
и распад
химических
веществ

O_2

Энергия



O_2

+

Сложные
химические
вещества
(пища)

Белки

Жиры

Углеводы

Выделение
энергии

Простые
химические
вещества

Жирные кислоты

Глюкоза

Аминокислоты

Продукты
распада

Азотистые соединения

CO_2

H_2O

▶ Обмен белков

- ▶ Основной источник белка для организма – белок пищи.
- ▶ **Значение белков :**
- ▶ **Пластическая роль** - из белка восполняются или вновь образуются структурные компоненты клетки.
- ▶ **Энергетическая**- использование энергии белка, образующейся при их расщеплении
- ▶ **Двигательная функция** (актин, миозин).
- ▶ **Ферментативная функция** (ферменты-белки, обеспечивающие основные функции организма: дыхание, пищеварение, выделение.

- ▶ **Иммунная защитная роль** - осуществляют иммуноглобулины, интерферон, антитела.
- ▶ **Гуморальная роль** – белково-пептидные гормоны составляют 80% всех гормонов.
- ▶ **Транспортная функция** –перенос с помощью белков билирубина, липидов и др.
- ▶ **Поддержание коллоидно - осмотического давления.**
- ▶ **Участвуют в свертывании крови** (фибриноген).
- ▶ **Образуют сложные соединения** (нуклеопротеиды и хромопротеиды)
- ▶ **Регуляция работы генов** – осуществляют факторы транскрипции.

Физиологическая норма белка: 90-100г в сутки.

- (не менее 1 г белка на 1 кг массы тела) в том числе животных белков-55%
- Потребность в белке возрастает при физической нагрузке, беременности (на 6 г), лактации (на 15 г).
- Белки содержат 20 аминокислот- 12 синтезируются в организме, 8 не синтезируются (незаменимые аминокислоты: метин, лизин, треонин и др).

- ▶ В организме в белках содержится азот.
- ▶ Об обмене белка (т.е. об его поступлении и выведение) можно судить по величине поступившего и выделенного азота.
- ▶ Соотношение количества азота, поступившего с пищей и выделенного с мочой и потом, называется **азотистым балансом**.

У взрослого человека количество введенного в организм азота равно количеству азота, выведенного из организма. - **сохраняется азотистый баланс.**

Положительный азотистый баланс - синтез белка преобладает над распадом (у детей, беременных).

Отрицательный азотистый баланс – выделение азота превышает его поступление (при недостаточным питании- усиленный распад белков в организме).

► Регуляция белкового обмена-

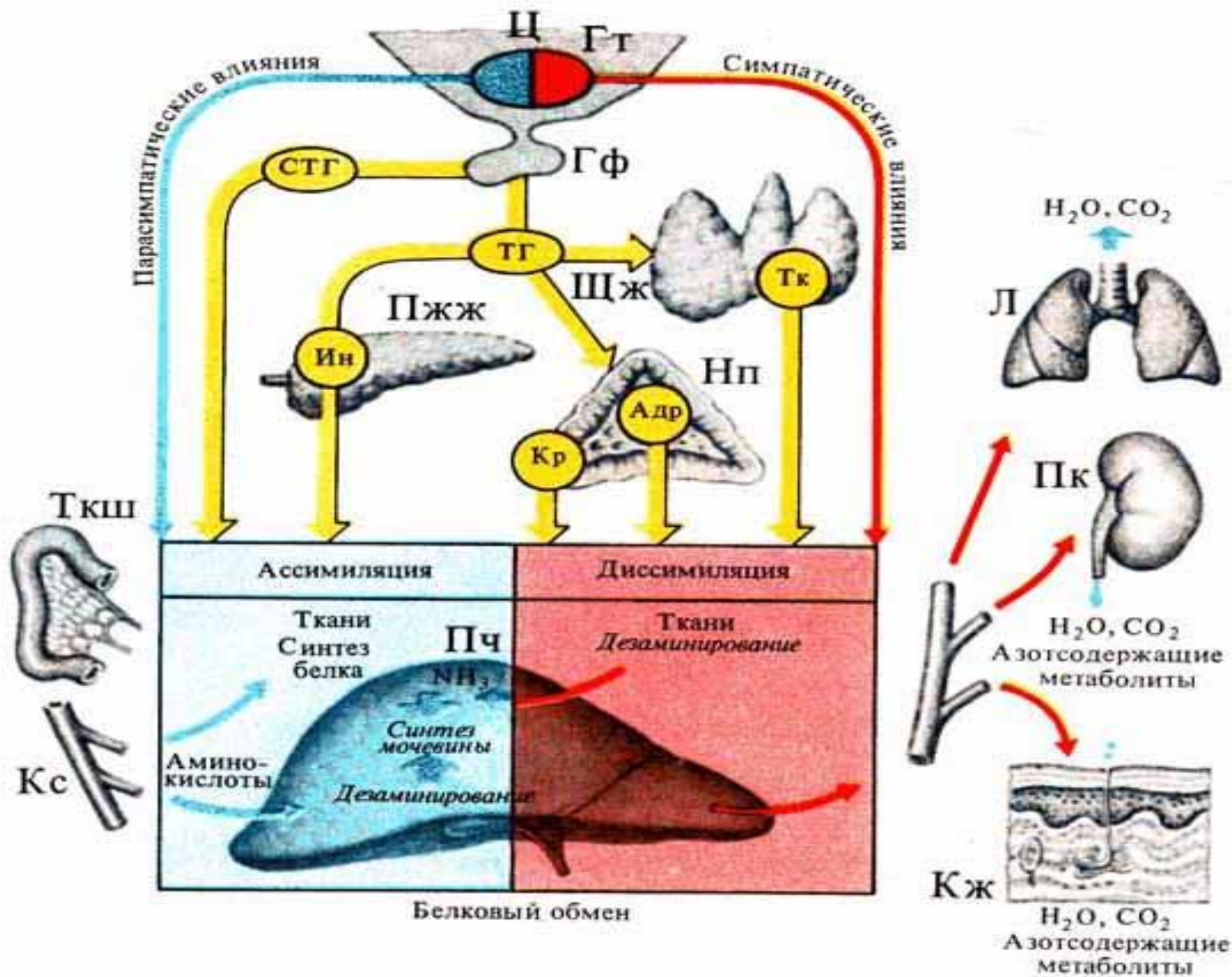
Центры регуляции белкового обмена находятся в **ядрах гипоталамуса**.

Симпатическая нервная система усиливает распад белка (диссимиляцию).

Парасимпатическая - усиливает синтез белки (ассимиляцию).

Усиливают синтез белков гормоны - СТГ, трийодтиронин, тироксин, глюкокортикоиды в печени.

Распад белка увеличивают глюкагон и глюкокортикоиды в мышцах и лимфоидной ткани.



Продукты, богатые белками



Обмен углеводов

Углеводы являются основным источником энергии и выполняют в организме пластическую функцию.

► **Физиологическая норма углеводов**-400-500г в сутки.

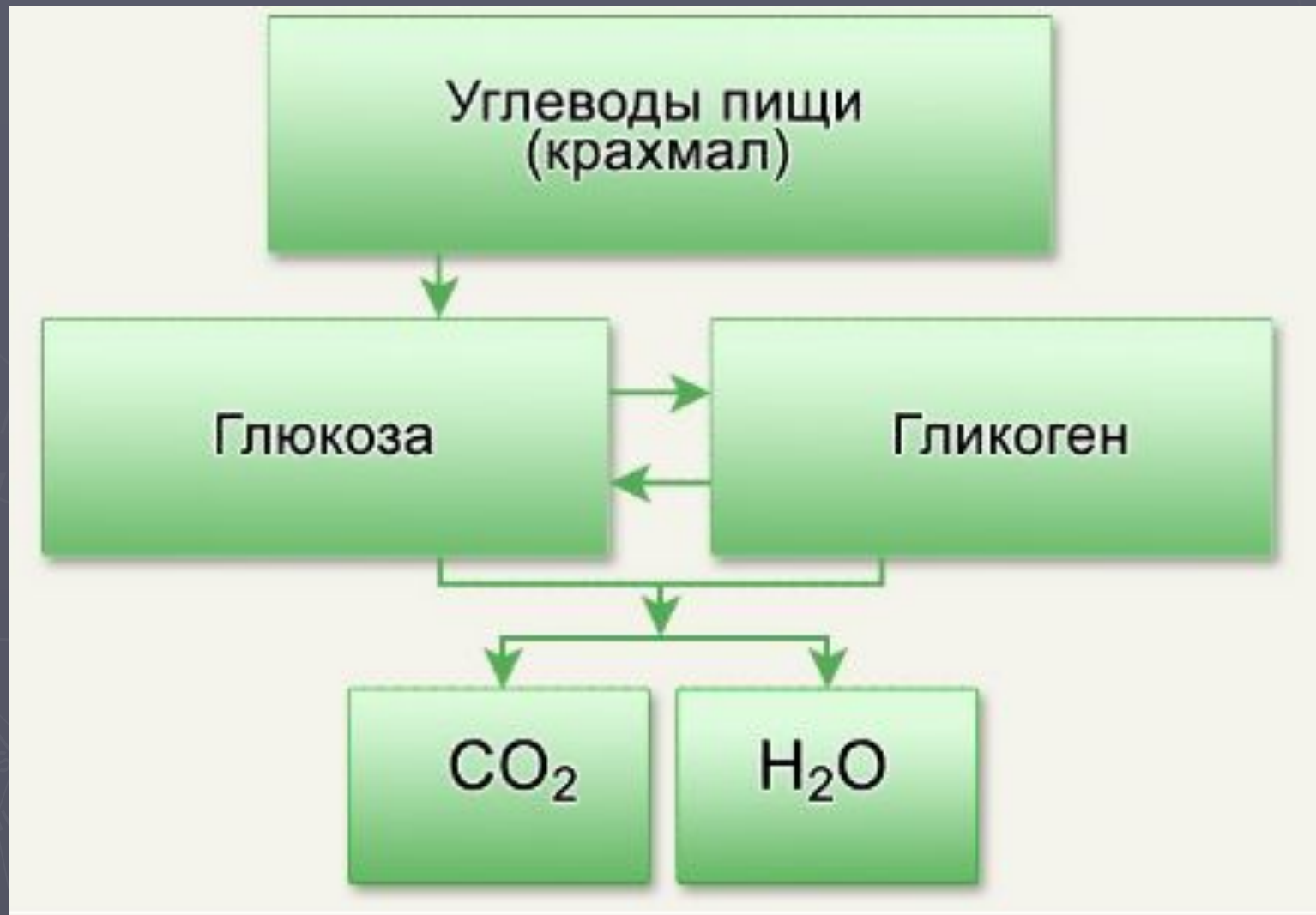
Продукты, богатые углеводами



Функции углеводов

- ▶ Энергетическая – основной источник энергии в организме, обеспечивают 50% суточной потребности.
- ▶ Пластическая – используются для синтеза аминокислот, липидов, полисахаридов.
- ▶ Образование депо -в виде гликогена.

Расщепление углеводов



- ▶ Углеводы поступают в организм в виде ди- и полисахаридов.
- ▶ В ЖКТ расщепляются до моносахаридов.
- ▶ Всасываются в кровь в виде моносахаридов.
- ▶ По воротной вене поступают в печень, где из глюкозы синтезируется гликоген.
- ▶ Гликоген откладывается в печени, мышцах и других органах и используется при функционировании организма.



- ▶ **Гипергликемия**- увеличение уровня глюкозы в крови (более 5,6 ммоль/л)
- ▶ **Глюкозурия**- выделение глюкозы с мочой при гипергликемии.
- ▶ **Гипогликемия**- уменьшение уровня глюкозы в крови (менее 3,3 ммоль/л)

Регуляция обмен углеводов:

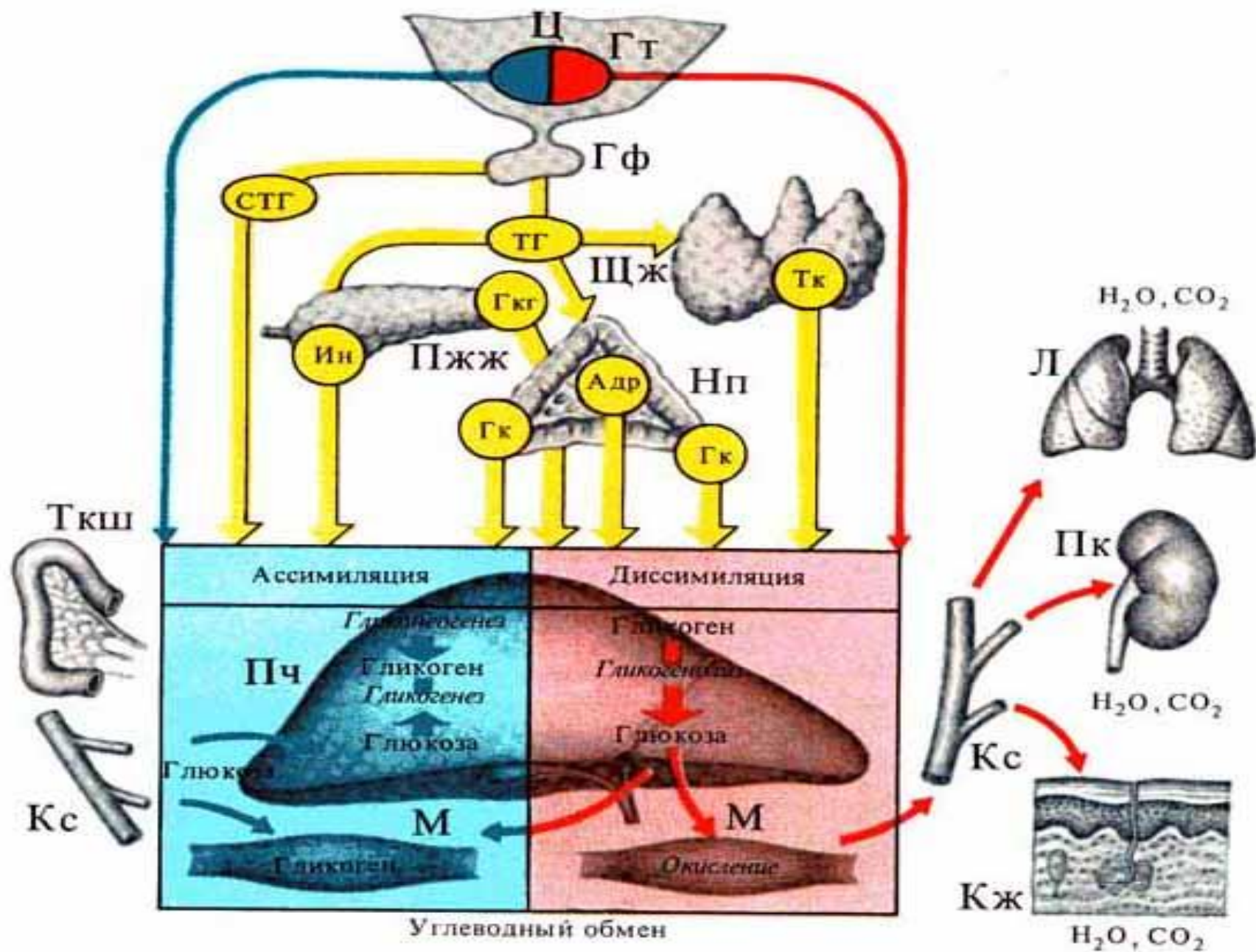
Центры регуляции в ядрах гипоталамуса (раздражение передних ядер приводит к гипогликемии, задних – к гипергликемии).

Симпатическая нервная система усиливает распад гликогена - гликолиз.

Парасимпатическая нервная система усиливает синтез гликогена из глюкозы-гликогенез.

Гуморальная регуляция

- **инсулин** повышает гликогенообразовательную функцию, изменяет проницаемость мембран для глюкозы. В результате глюкоза проникает в клетки, уменьшается ее содержание в крови, наступает гипогликемия.
- **глюкагон, адреналин, глюкокортикоиды, тироксин** – способствуют распаду гликогена и образованию глюкозы. Вызывают гипергликемию.



Обмен жиров (липидов)

Физиологическая норма липидов-80-100г в сутки (50-60% животный жир, 30-40% растительный)



Функции липидов

- ▶ Пластическая –компонент клеточных мембран.
- ▶ Энергетическая – при окислении дают максимальное образование энергии.
- ▶ Являются источником эндогенной воды (при окислении 100 г жира выделяется 107г воды)
- ▶ Механическая –фиксация положения органов, уменьшение травмирования органов.
- ▶ Терморегуляторная –теплоизолирующие свойства подкожной клетчатки, теплопродукция в бурой жировой ткани.
- ▶ Используются для синтеза БАВ (простогландинов, простагликлинов, тромбоксанов, лейкотриенов, стероидных гормонов).

Обмен липидов.

- ▶ Жиры поступают в организм в виде триглицеридов.
- ▶ Расщепляются до глицерина и жирных кислот.
- ▶ Глицерин всасывается в кровь.
- ▶ Жирные кислоты (насыщенные) в основном всасываются в лимфу и поступают через полую вену в сердце и легкие.
- ▶ Жирные кислоты (ненасыщенные) всасываются в кровь.

Незаменимые жирные кислоты

- ▶ Некоторые жирные кислоты, необходимые для жизнедеятельности организма, не синтезируются, а поступают с пищевыми веществами.
- ▶ Арахидоновая, линолевая и линоленовая кислоты.
- ▶ Необходимы для синтеза фосфолипидов и играют важную роль для построения клеточных структур, в частности митохондрий.

Расщепление жиров



Регуляция жирового обмена

Центры регуляции в ядрах гипоталамуса (задние ядра усиливают диссимиляцию, передние - ассимиляцию жира).

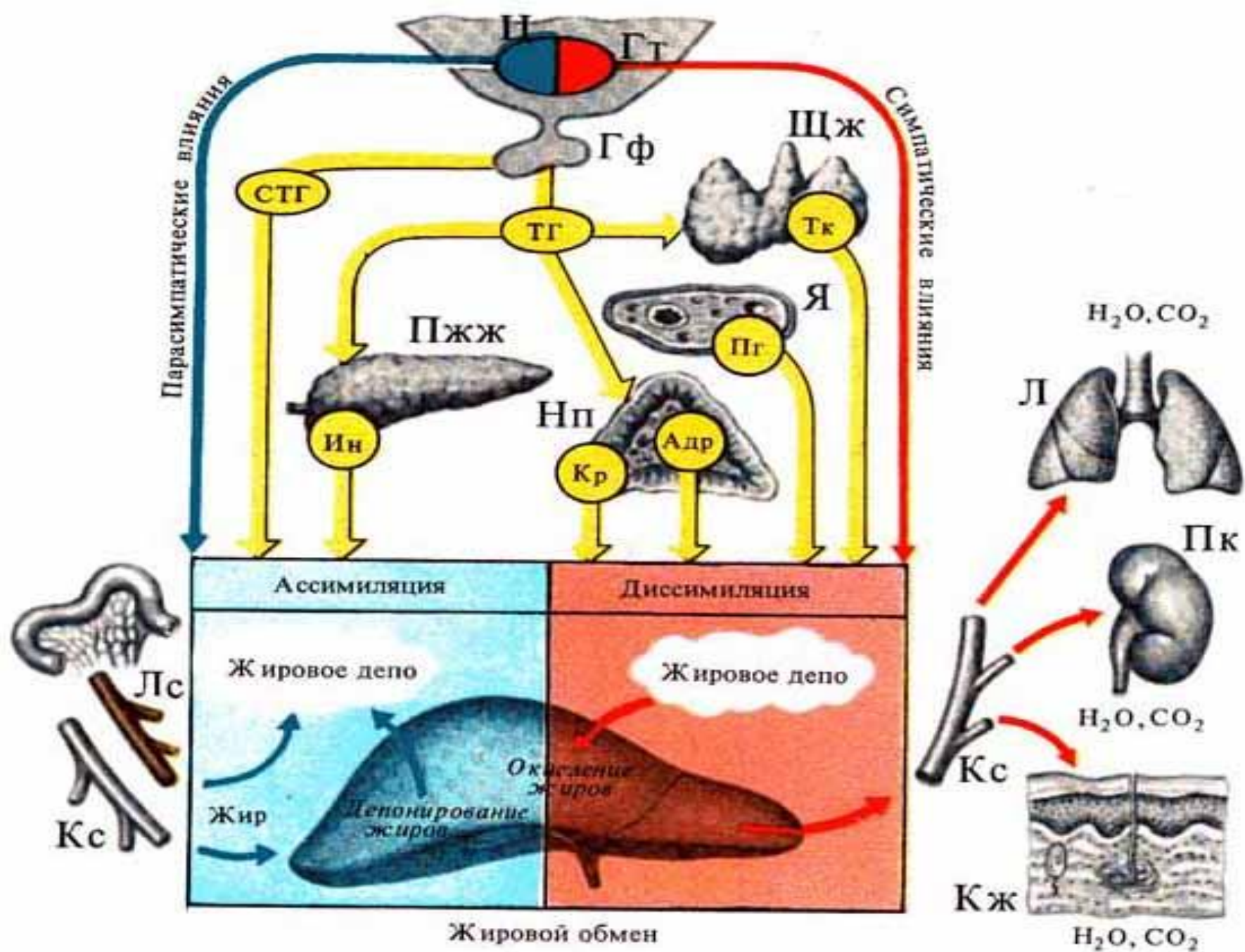
Симпатическая нервная система – усиливает распад жира.

Парасимпатическая нервная система – способствует **отложению** жира.

Гуморальная регуляция жирового обмена

Распад жиров происходит под действием адреналина, норадреналина, СТГ и тироксина, половых гормонов.

Отложение жира происходит под действием инсулина, глюкокортикоидов, половых гормонов, адреналина.



- ▶ **Рациональное питание**- это питание, которое удовлетворяет энергетические, пластические и другие потребности организма и обеспечивает необходимый уровень обмена.

Основные составляющие рационального питания :

- ▶ 1) Сбалансированность
- ▶ 2) Режим питания
- ▶ 3) Энергетический баланс
- ▶ **Соотношение белков, жиров и углеводов :
Б:Ж:У-1:1:4,6**

- ▶ Пища состоит из многих компонентов, белков, жиров, углеводов, макро- и микроэлементов, витаминов, фитонцидов и пищевых волокон.

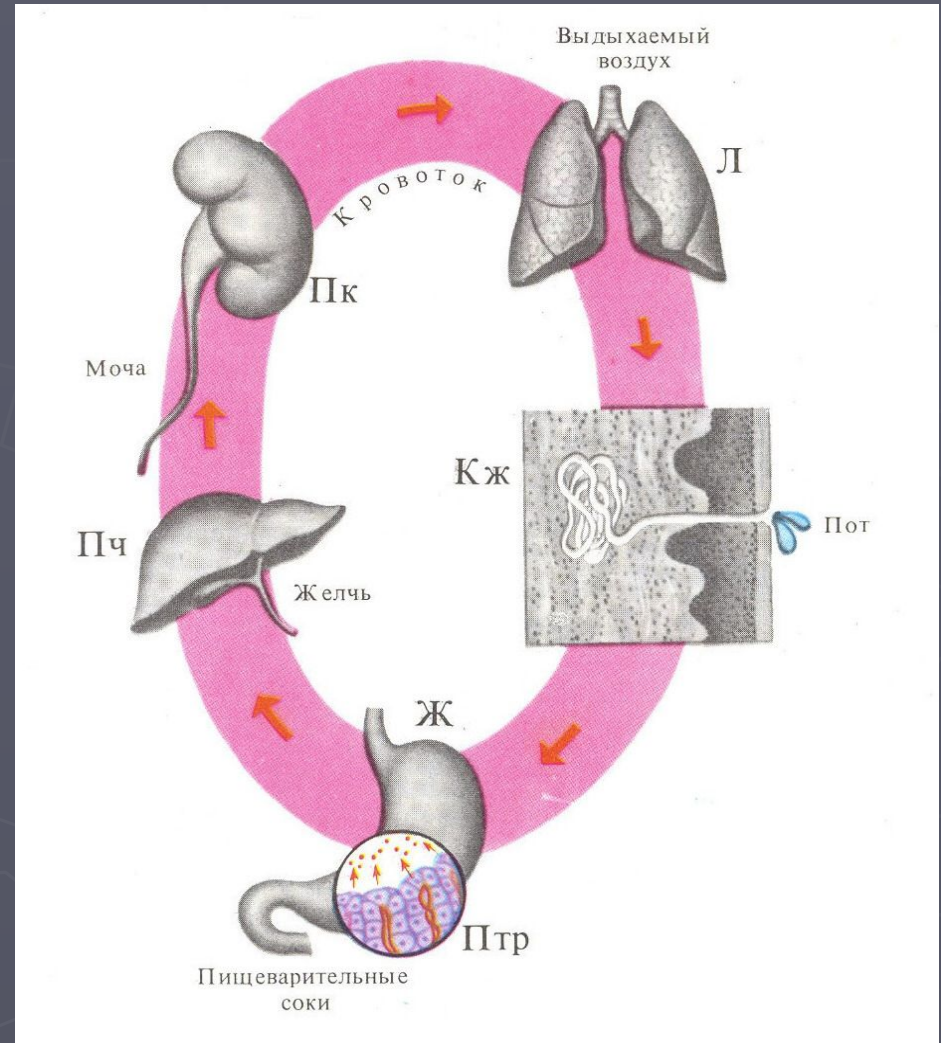


Терморегуляция.

Изотермия –

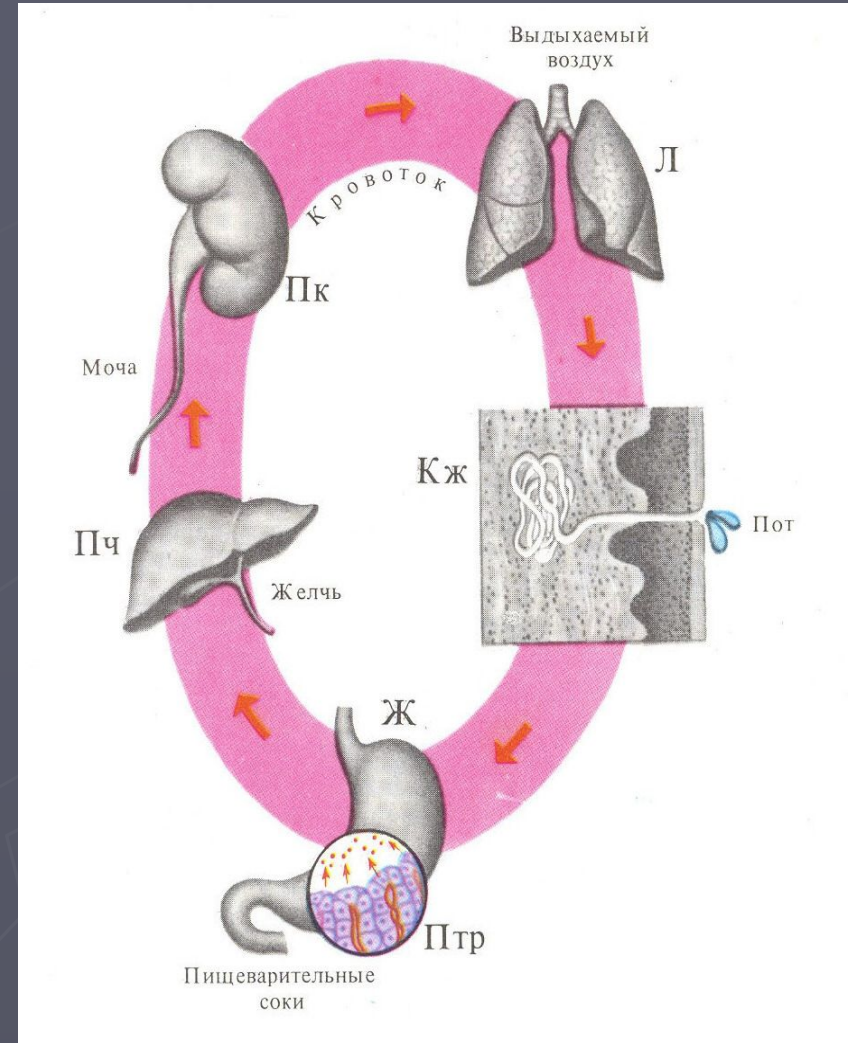
постоянство температуры тела и внутренней среды организма.

Изотермия является одним из важнейших показателей гомеостаза



Постоянство температуры тела

обеспечивается функциональной системой, включающей ряд органов продуцирующих тепло, так и структуры, обеспечивающие теплоотдачу, а также механизмы, регулирующие их деятельность.

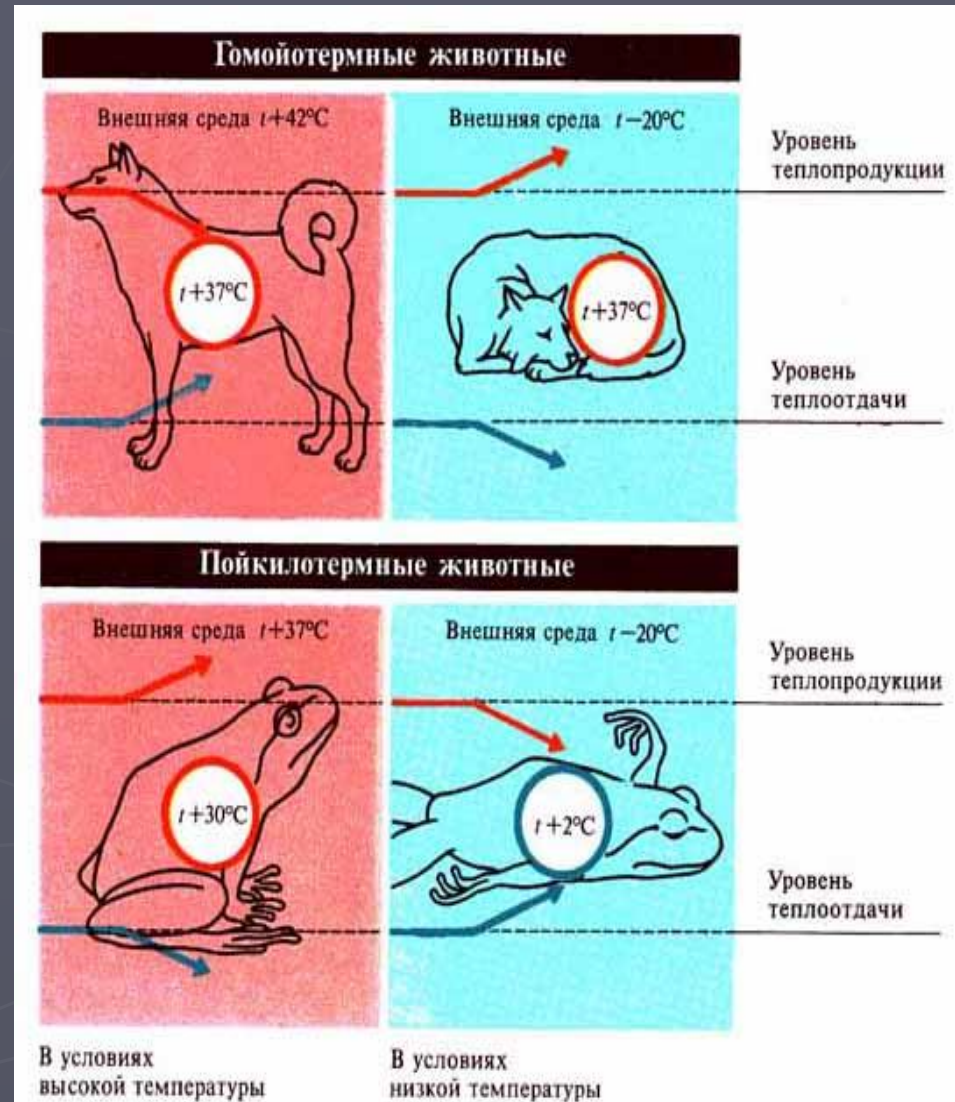


Типы терморегуляции

1. Гомойотермные
(теплокровные
животные и человек)

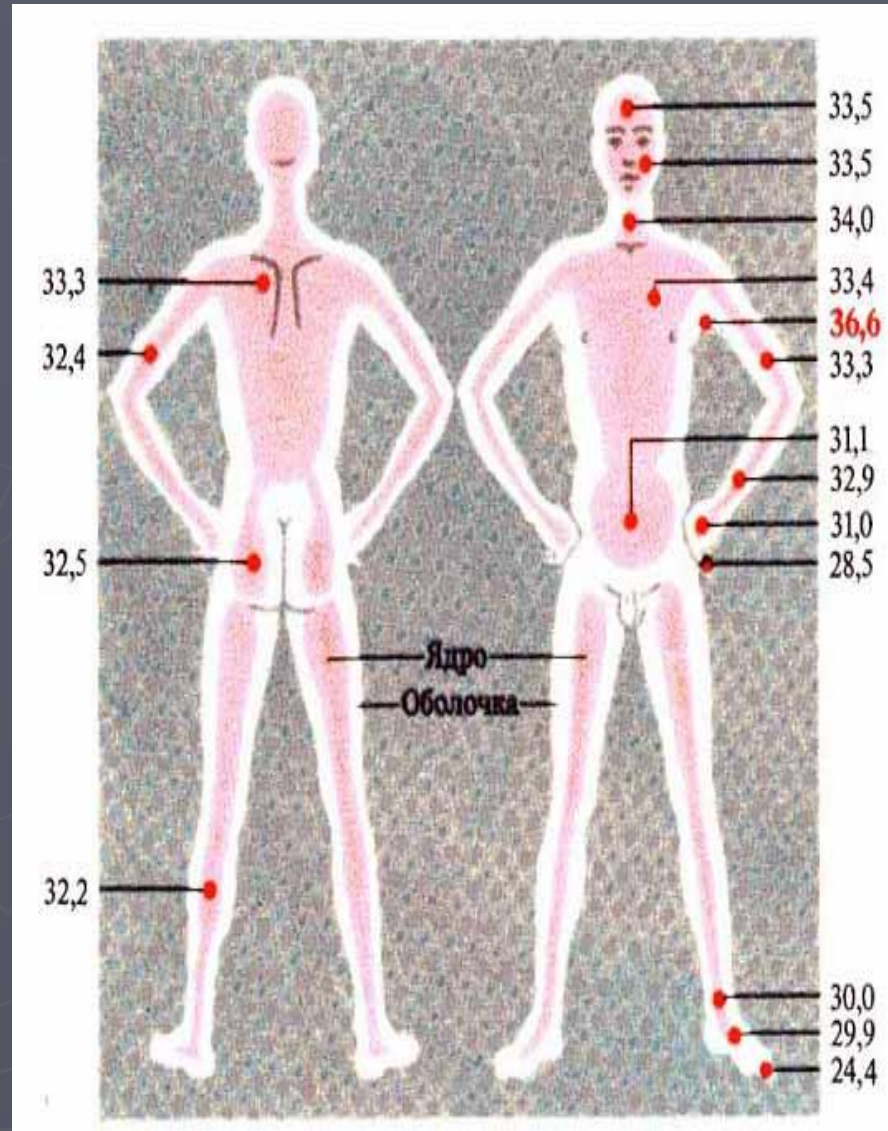
2. Пойкилотермные
(холоднокровные
животные).

3. Гетеротермные
(медведи, суслики и
т.д.)



Температура различных частей тела человека

- в подмышечной впадине – 36° - 37°
- в ротовой полости – $37,2^{\circ}$ - $37,5^{\circ}$
- в прямой кишке – $37,5^{\circ}$ - $37,9^{\circ}$
- во внутренних органах – $37,8^{\circ}$ - 38°
- в печени – $38,5^{\circ}$ - $39,5^{\circ}$
- туловище – 30° - 34°
- на руках – $29,5^{\circ}$ - 33°
- на пальцах ног, кончике носа - 22°



В течение суток температура тела человека колеблется на $0,5-0,9^{\circ}$

Ночью температура снижается, днем - повышается



Механизмы терморегуляции



```
graph TD; A[Механизмы терморегуляции] --> B[Химическая (теплообразование)]; A --> C[Физическая (теплоотдача)];
```

Химическая
(теплообразование)

Физическая
(теплоотдача)

**Постоянство температуры тела сохраняется
при динамическом равновесии процессов
теплообразования и теплоотдачи.**

Физическая и химическая терморегуляция

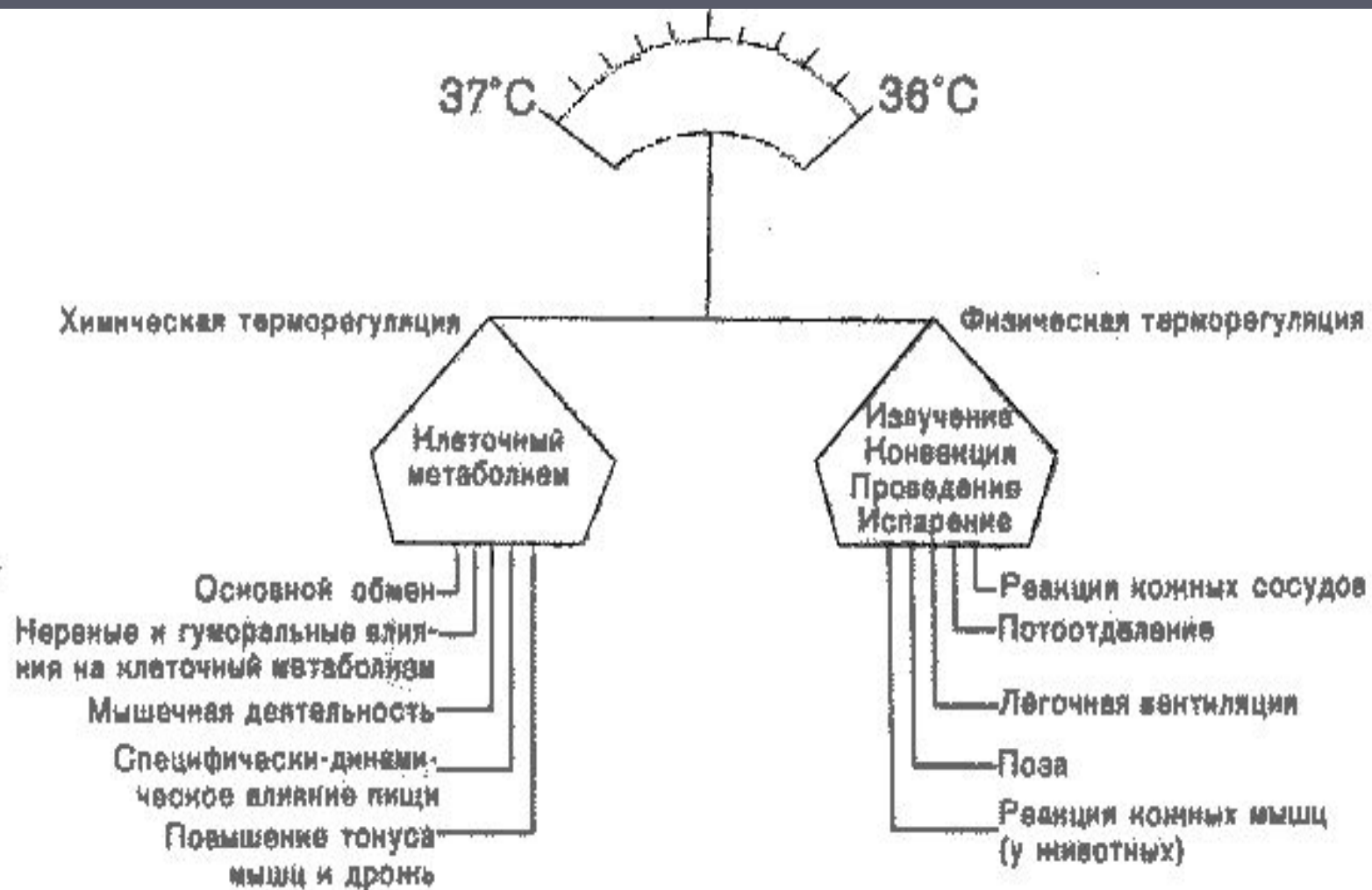


Рис. 197. Соотношение механизмов физической и химической терморегуляции в поддержании температуры тела.

Химическая терморегуляция

Теплообразование связано с обменом веществ, с окислением белков, жиров и углеводов. Это экзотермические реакции.

СОКРАТИТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОГЕНЕЗ: ПРОИЗВОЛЬНАЯ И НЕПРОИЗВОЛЬНАЯ (ДРОЖЬ) МЫШЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ .

НЕСОКРАТИТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОГЕНЕЗ – ТЕПЛООБРАЗОВАНИЕ ЗА СЧЁТ ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ ОКИСЛЕНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В БУРОЙ ЖИРОВОЙ ТКАНИ

Распределение тепла в разных органах:

В мышцах – 60-70%.

В печени, органах ЖКТ – 20-30%.

В почках и других органах – 10-20%.

Физическая терморегуляция (теплоотдача)

Пути теплоотдачи:

1. **Теплопроводение** - происходит при контакте с предметами, температура которых ниже температуры тела. Путем теплопроводения организмом теряется около 3% тепла.
2. **Конвекция** – перенос тепла циркулирующим воздухом, т.е. обеспечивает отдачу тепла прилегающему к телу воздуху или жидкости. В процессе конвекции тепло уносится от поверхности кожи потоком воздуха или жидкости. Путем конвекции организмом отдается около 15% тепла.

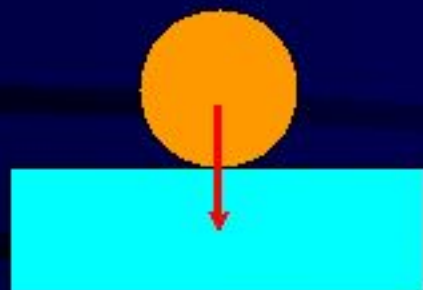
3. Теплоизлучение – обеспечивает отдачу тепла организмом окружающей его среде при помощи инфракрасного излучения с поверхности тела. Путем радиации организм отдает большую часть тепла. В состоянии покоя и в условиях температурного комфорта за счет радиации выделяется более 60% тепла, образующегося в организме.

4. Испарение– со слизистых, через легкие, потоотделение.

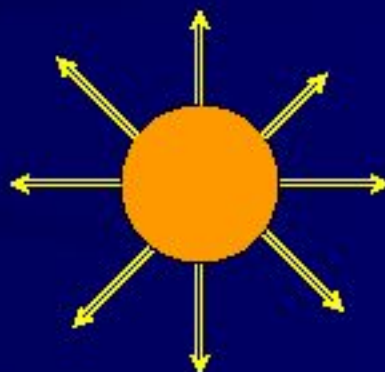
Теплопродукция и теплоотдача

Виды теплоотдачи (теплообмена)

① Проведение



③ Излучение



② Конвекция

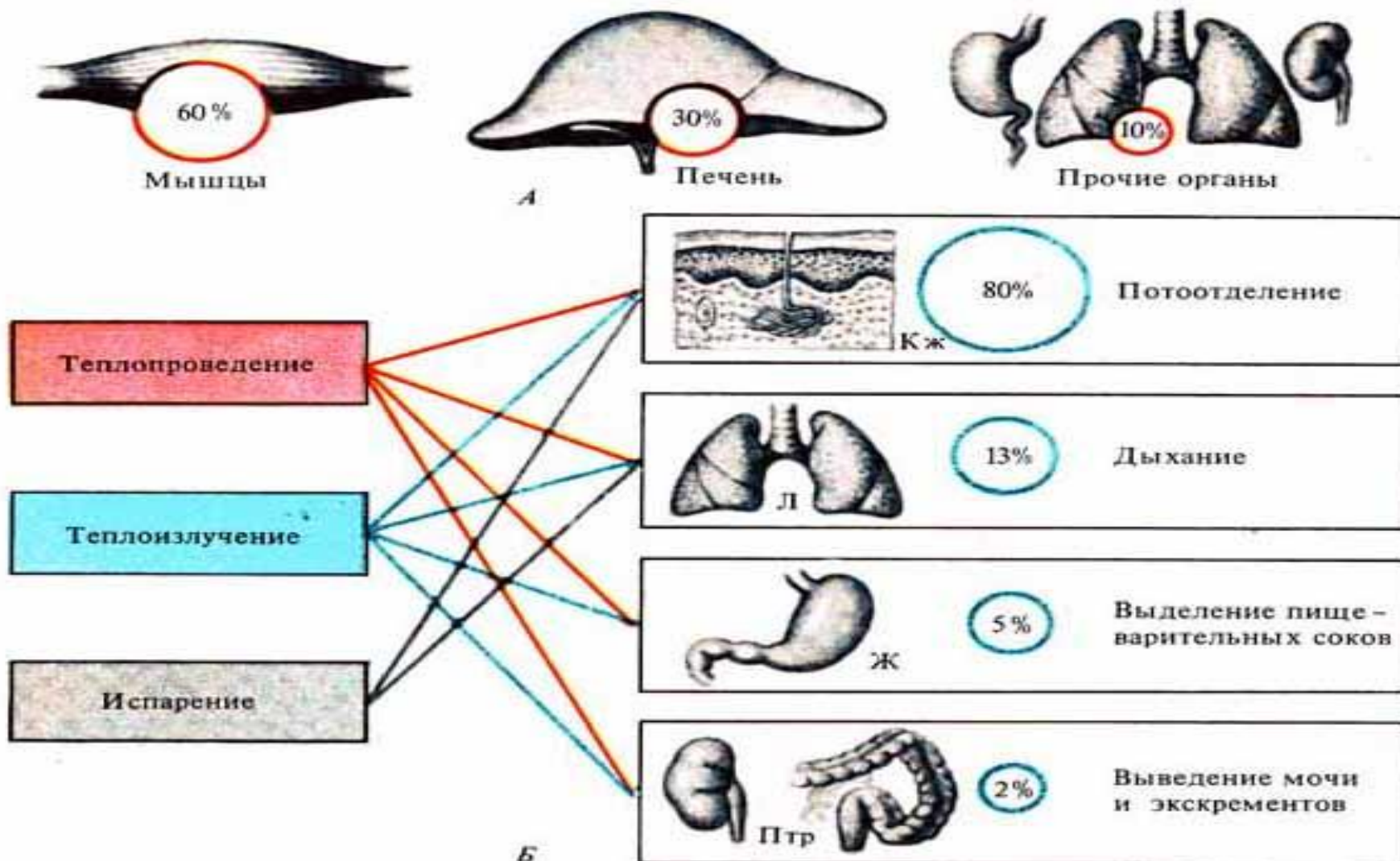


④ Испарение



РОЛЬ ОТДЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ В ТЕПЛОПРОДУКЦИИ И ТЕПЛООТДАЧЕ

Пути теплопродукции (А) и теплоотдачи (Б)



Примечание. Теплопродукция – результат биохимических процессов, теплоотдача – результат физических процессов.

Регуляция изотермии

Терморцепторы:

1. Периферические (кожа, слизистые, органы ЖКТ).
2. Центральные (гипоталамус, средний мозг, кора больших полушарий)
 - холодовые рецепторы (колбочки Краузе)
 - тепловые рецепторы (тельца Руффини)

По афферентным нервным волокнам импульсы от терморецепторов поступают в спинной мозг, по спиноталамическому тракту в таламус, гипоталамус и кору головного мозга.

Передние ядра гипоталамуса контролируют физическую терморегуляцию.

Задние ядра гипоталамуса контролируют химическую терморегуляцию.

Гуморальная регуляция
осуществляется гормонами ЖВС
(щитовидной, гипофиза,
надпочечников, половых желез).

Гормоны: АКТГ, соматотропин,
тироксин, адреналин, норадреналин,
половые гормоны.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЙ И ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОРГАНИЗМ

Кумуляция тепла

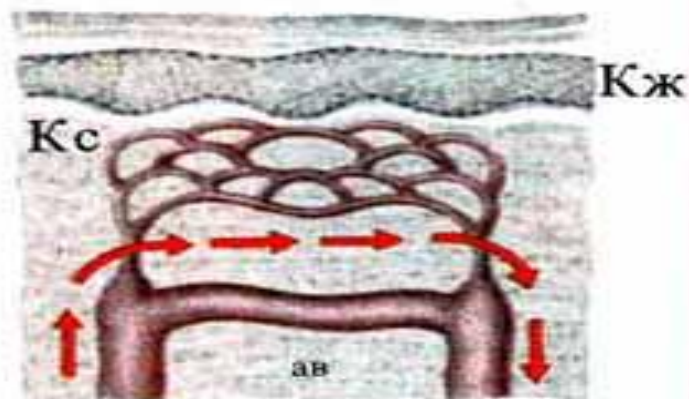


Расход тепла

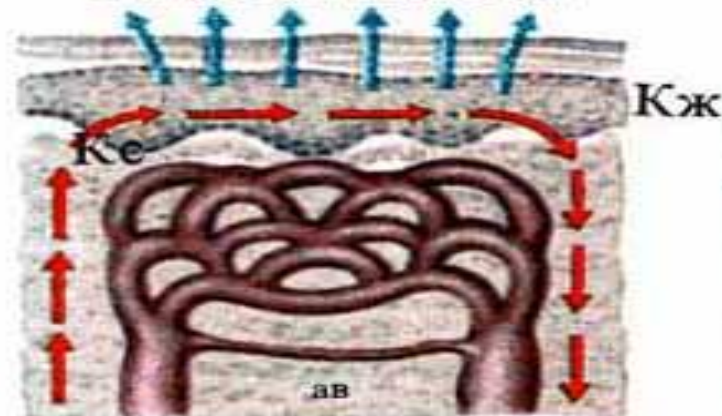


I

Теплоотдача понижена



Теплоотдача повышена



II

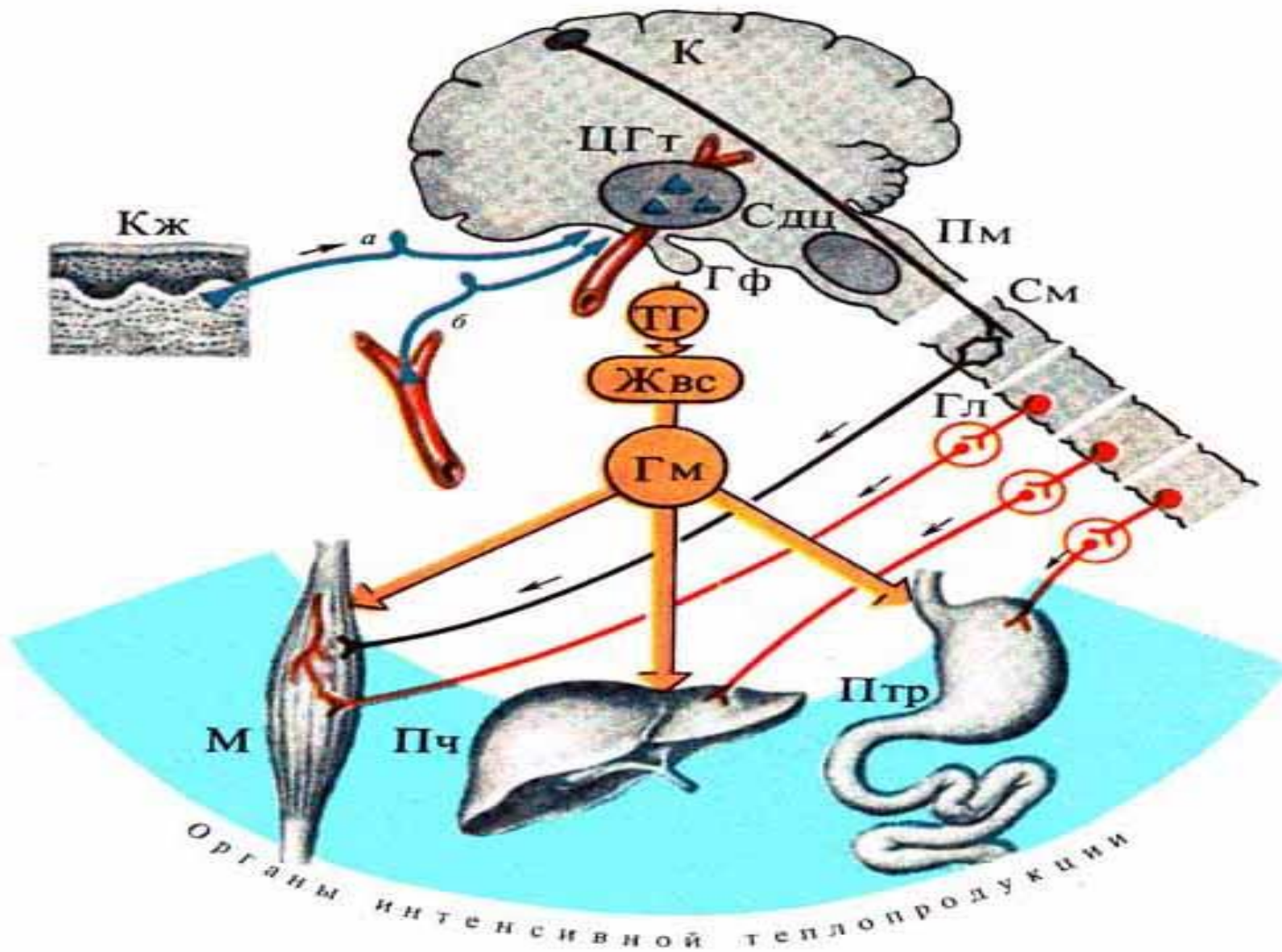
A

Б

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЙ И ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОРГАНИЗМ

- ▶ **Механизмы теплоотдачи организма в условиях**
- ▶ **холода (А);**
- ▶ **тепла (Б);**
- ▶ **I — перераспределение крови между сосудами внутренних органов (св) и сосудами поверхности кожи (ск);**
- ▶ **II — перераспределение крови в сосудах кожи;**
- ▶ **ав — артерио-венозные анастомозы;**
- ▶ **красными стрелками обозначено движение крови,**
- ▶ **синими — пути теплоотдачи**

НЕЙРОГУМОРАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ



НЕЙРОГУМОРАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

- ▶ **Регуляция теплоотдачи:**
- ▶ а — нервы, передающие импульсы от рецепторов кожи,
- ▶ б — нервы, передающие импульсы от рецепторов сосудов;
- ▶ К — моторный центр, а коре,
- ▶ ЦГт — центр терморегуляции с терморецепторами в гипоталамусе,
- ▶ Гм — гормоны;
- ▶ черными линиями обозначены соматические нервы,
- ▶ красными — симпатические,
- ▶ желтыми — гормональные влияния

Потоотделение

Потовые железы расположены в коже (дерме)

- эккриновые (мелкие)
- апокриновые (крупные)

Значение потоотделения

1. Участие в терморегуляции.
2. Экскреторная функция (продукты метаболизма).
3. Участие в поддержании гомеостаза (изоосмия, изогидрия, изоиония и т.д.)

Суточное количество при $t^{\circ} 18-20^{\circ}$ – 500 мл.

pH пота = 3,8-5,6.

Состав пота

Сухой остаток 1-2%

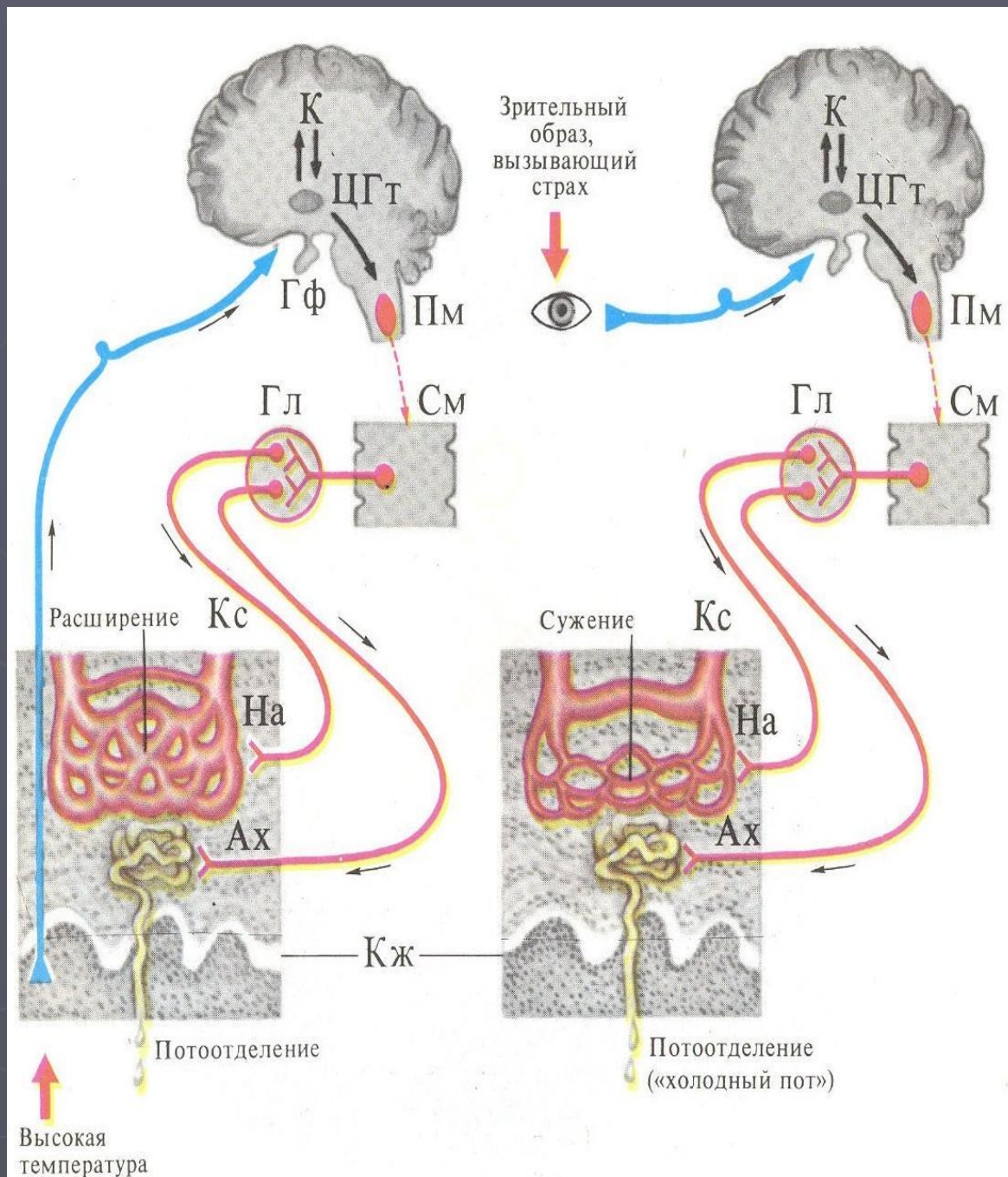
Вода 99-98%

- Мочевина
- Мочевая кислота
- Легко летучие жирные кислоты
- Аммиак
- NaCl
- KCl и др.

Регуляция пототделения

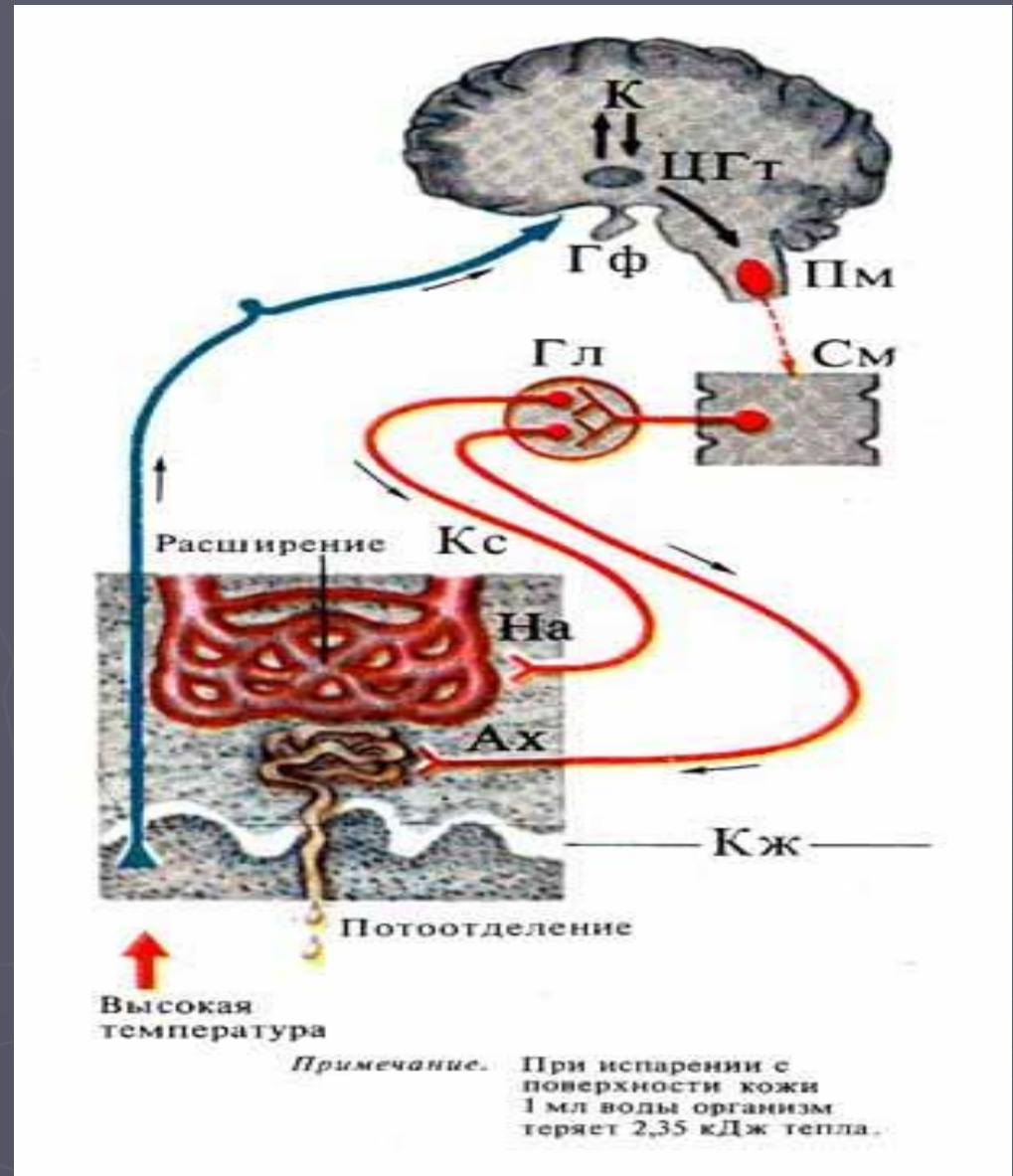
Иннервация потовых желез — симпатическая нервная система, холинэргические нервные окончания.

Нервные центры: в спинном, продолговатом мозге, гипоталамусе, коре головного мозга.



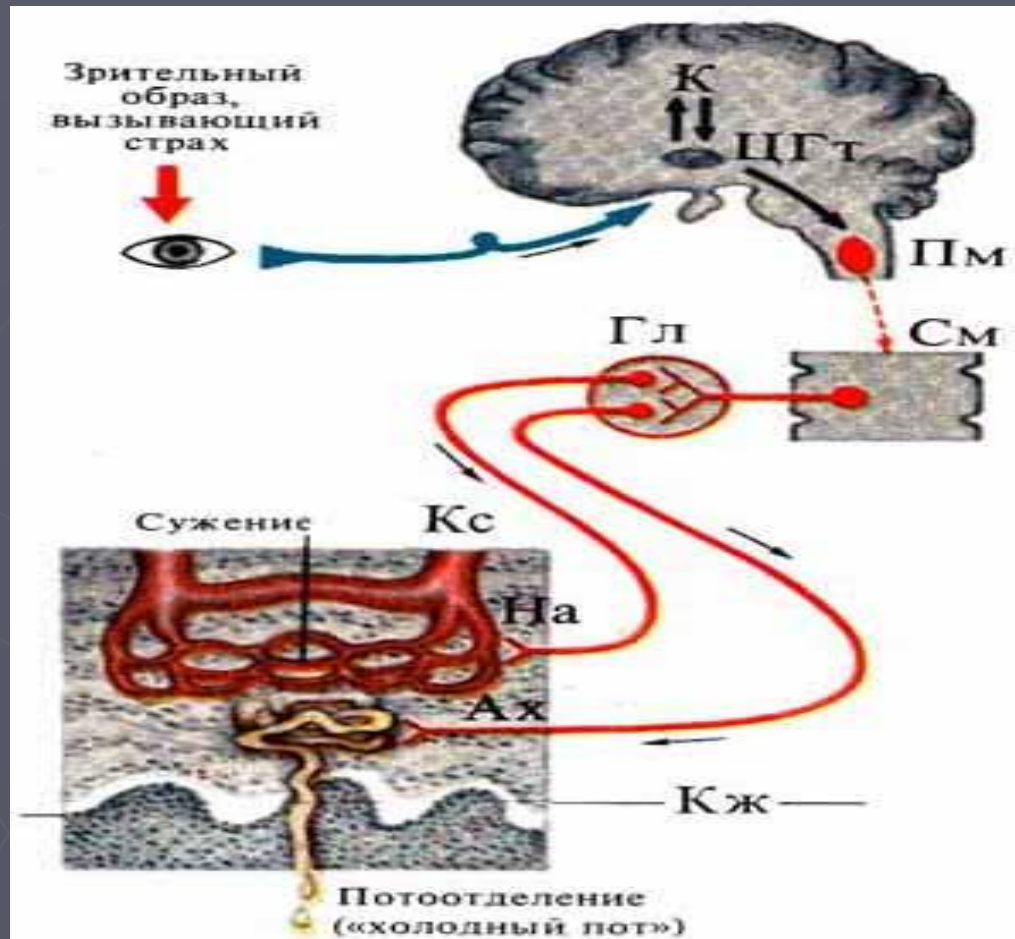
ПОТООТДЕЛЕНИЕ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

- ▶ Регуляция потоотделения при действии высокой температуры:
- ▶ Ах — холинэргические влияния,
- ▶ ЦГТ — центр терморегуляции с терморецепторами в гипоталамусе



«ХОЛОДНЫЙ ПОТ»

- ▶ Регуляция потоотделения при эмоциях (страх):
- ▶ Ах — холинэргические влияния,
- ▶ ЦГТ — центр терморегуляции с терморецепторами в гипоталамусе



Примечание. «Холодный пот» — возможный вегетативный компонент эмоциональной реакции (сопровождается побледнением кожи).