

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

**Составитель Звягина Екатерина
Владимировна**

Метаболизм

```
graph TD; A[Метаболизм] --> B[Анаболизм: Пластический обмен Ассимиляция]; A --> C[Катаболизм: Энергетический обмен Диссимиляция]; B --> D[СИНТЕЗ]; C --> E[РАСПАД];
```

Анаболизм:
Пластический обмен
Ассимиляция

СИНТЕЗ

Катаболизм:
Энергетический обмен
Диссимиляция

РАСПАД

Обмен веществ и энергии (метаболизм) — это совокупность физических, химических и физиологических процессов усвоения питательных веществ в организме с высвобождением энергии.

В обмене веществ (метаболизме) выделяют два взаимосвязанных, но разнонаправленных процесса — анаболизм и катаболизм.

Анаболизм — это совокупность процессов биосинтеза органических соединений, компонентов клеток, органов и тканей из поглощенных питательных веществ.

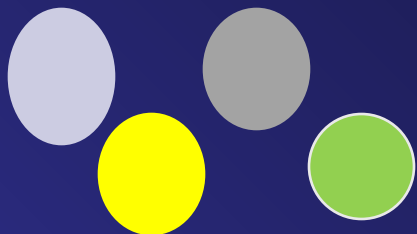
Катаболизм — это процессы расщепления сложных компонентов до простых веществ, обеспечивающих энергетические и пластические потребности организма. Жизнедеятельность организма обеспечивается энергией за счет анаэробного и аэробного катаболизма поступающих с пищей белков, жиров и углеводов.

АНАБОЛИЗМ

– это совокупность химических реакций направленных на образование веществ

Биосинтез сложных веществ

аминокислоты



белок



нуклеотиды

нуклеиновые кислоты

глюкоза

крахмал



Пластический обмен интенсивно проходит в молодом возрасте

У насекомых
синтез хитина



У позвоночных
синтез кератина



У растений
синтез целлюлозы



Пластический обмен (анаболизм, ассимиляция)

- Поступившие в клетку **аминокислоты, простые углеводы, глицерин и жирные кислоты** «строят» новые молекулы **БЖУ**, свойственные данному организму и расходуются:
- **НА** строительство утраченных частей клеток, создание новых клеток
- **НА** рост, деление, развитие клеток и организма в целом

КАТАБОЛИЗМ

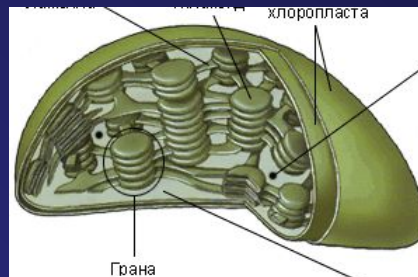
-это совокупность реакций, в которых происходит **распад органических веществ** с высвобождением энергии

Энергия в виде **АТФ**

АТФ - аденозинтрифосфат



митохондрии



пластиды

В
цитоплазме

ЭУКАРИОТЫ **ПРОКАРИОТЫ**

Аденозинтрифосфорная кислота

Строение

Это нуклеотид

Три
остатка
фосфорно

Аденин

Рибоза

-Ф-Ф-Ф

АМФ

АДФ

АТФ

Энергия накапливается в виде АТФ
и расходуется по мере необходимости.

Энергетический обмен



Составные части обмена веществ

```
graph TD; A[Составные части обмена веществ] --- B[ ]; B --- C[Питание]; B --- D[Дыхание]; B --- E[Выделение];
```

Питание

Дыхание

Выделение

Этапы обмена веществ:

Поступление питательных веществ и энергии из внешней среды

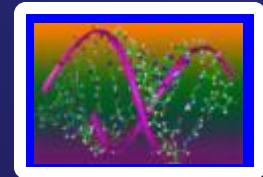
Преобразование этих веществ и энергии внутри организма

Использование организмом положительных компонентов данных преобразований

Выброс из организма ненужных компонентов преобразований во внешнюю среду

Основные формы обмена веществ в организме человека

— Обмен белков



— Обмен жиров



— Обмен углеводов

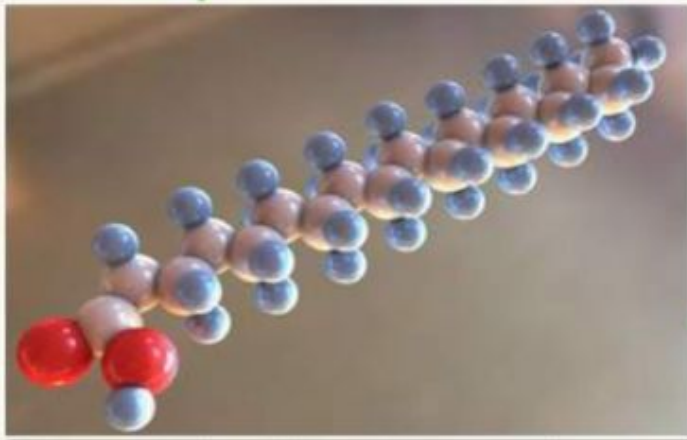


— Водный и минеральный обмен

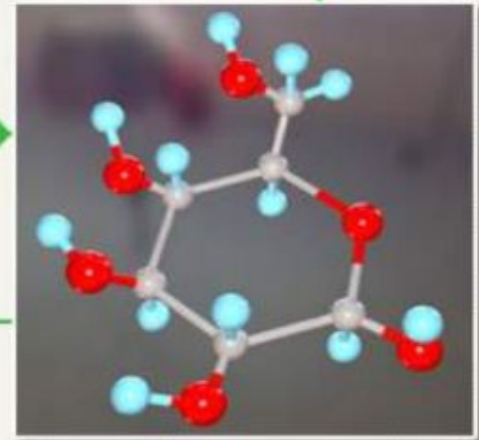
Взаимное превращение веществ в организме



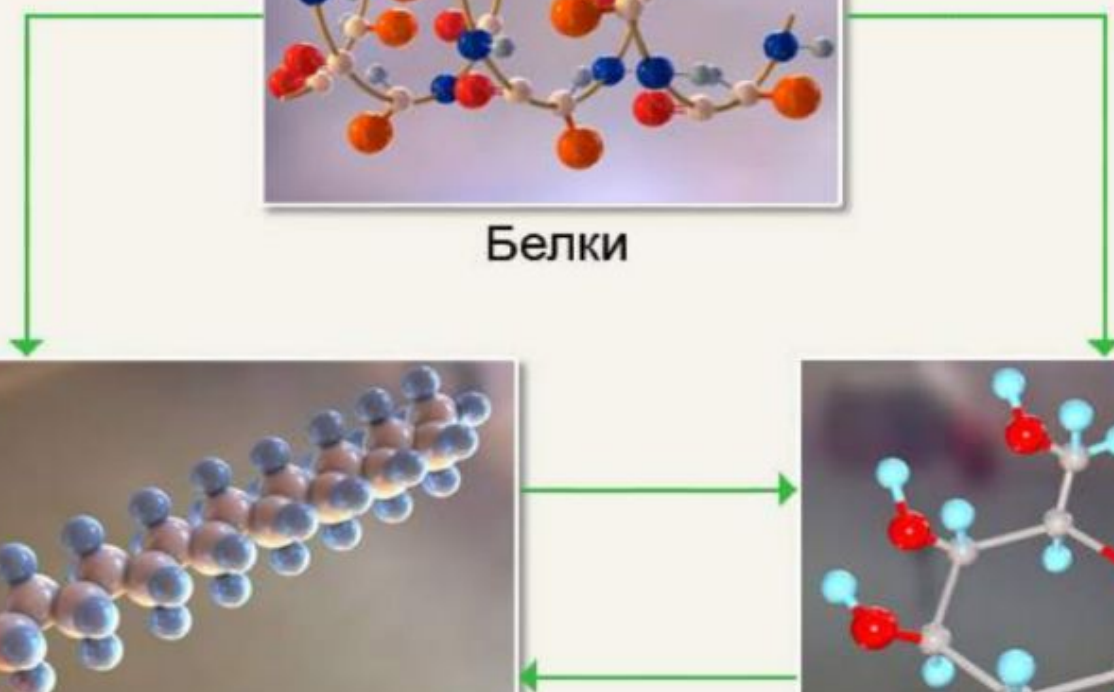
Белки



Жиры



Углеводы



Обмен веществ в клетке



ОБМЕН БЕЛКОВ

Белки это основной пластический материал. С

Составная частью мышц, ферментов, гормонов, гемоглобина, антител и других жизненно важных образований.

На долю белков приходится более 50 % сухой массы клетки. Вся совокупность обмена веществ в организме (дыхание, пищеварение, выделение) обеспечивается деятельностью ферментов, которые являются белками.

Белки - это высокомолекулярные полимерные азотсодержащие вещества, мономерами являются аминокислоты, которые подразделяются на **заменимые и незаменимые**. Заменимые аминокислоты могут синтезироваться в организме, а незаменимые (валин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, триптофан, треонин, фенилаланин, аргинин и гистидин) — поступают только с

Продукты, богатые белками



1. Поступившие **Б.** расщепляются в кишечнике до **а/к** и в таком виде всасываются в кровь и транспортируются в печень.
2. Далее дезаминирование и переамитрование. Эти процессы обеспечивают синтез видоспецифичных **А/К**.
3. Из печени такие **а/к** **поступают в ткани** и используются для синтеза тканеспецифичных белков.
4. При избыточном поступлении белков с пищей, после отщепления от них аминогрупп, они превращаются в организме в углеводы и жиры. Белковых депо в организме человека нет.

Б. могут **играть роль источников энергии.**

При окислении в организме 1 г белка выделяется 4.1 ккал энергии.

Б. выводятся почками и частично потовыми железами.



О состоянии белкового обмена в организме судят по **азотистому балансу**, т. е. по соотношению количества азота, поступившего и выведенного из организма.

Если это количество одинаково, то состояние называется азотистым равновесием.

Состояние, при котором усвоение азота превышает его выведение, называется положительным азотистым балансом (характерно для растущего организма, спортсменов в период их тренировки и лиц после перенесенных заболеваний).

При полном или частичном белковом голодании, а так же во время некоторых заболеваний азота усваивается меньше, чем выделяется. **Такое состояние называется отрицательным азотистым балансом.**

При голодании белки одних органов могут использоваться для поддержания жизнедеятельности других, более важных. При этом расходуются в первую очередь белки печени и скелетных мышц; содержание белков в миокарде и тканях мозга остается почти без изменений.

Нормальная жизнедеятельность организма возможна при азотистом равновесии, или положительном азотистом балансе (если организм получает около 100 г белка в сутки; при больших физических нагрузках потребность в белках возрастает до 120-150 г.)

ВОЗ рекомендует употреблять не менее 0.75 г белка на 1 кг массы тела в сутки.

Белки пищи, содержащие весь необходимый набор аминокислот для нормального синтеза белка организма, называют **полноценными** (животные Б). Наиболее высокая биологическая ценность у белков яиц, мяса, молока, рыбы.

Белки пищи, не содержащие всех необходимых для синтеза белка организма аминокислот, **называют неполноценными** (например, желатин, белок кукурузы, белок пшеницы).

РЕГУЛЯЦИЯ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА

Обмен Б. может испытывать влияния различных структур нервной системы, включая КБП, однако ведущая роль у гуморальных факторов.

Белковый обмен регулируется гормонами эндокринной системы. Воздействие гипоталамуса на обмен белков осуществляется через систему гипоталамус-гипофиз-щитовидная железа. Например, гормон тироксин – его действие заметно, когда организм нуждается в повышении процессов синтеза белка, гипофиз – соматотропный гормон, надпочечники выделяют гидрокортизон и кортикостерон. Гормон роста – стимулирует синтез РНК и белка во всех тканях организма, реализуя свое действие по мере роста организма

Регуляция белкового обмена



Регуляция белкового обмена

СОМАТОТРОПИН

- ✓ активирует анаболизм белков
- ✓ повышается проницаемость мембран для аминокислот;
- ✓ активируется транскрипция;
- ✓ ингибируется синтез катепсинов.

ИНСУЛИН, АНДРОГЕНЫ

- ✓ проявляют аналогичную активность

ТИРОКСИН И ТРИЙОДТИРОНИН

- ✓ в малых дозах - стимулируют синтез белка;
- ✓ в высоких дозах - активируют распад белков в тканях.

ГЛЮКОКОРТИКОИДЫ (гидрокортизон, кортикостерон).

- ✓ усиливают распад белков в тканях в мышечной ткани;
- ✓ стимулируют синтез белка в печени.

Функции белков, жиров и углеводов



ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

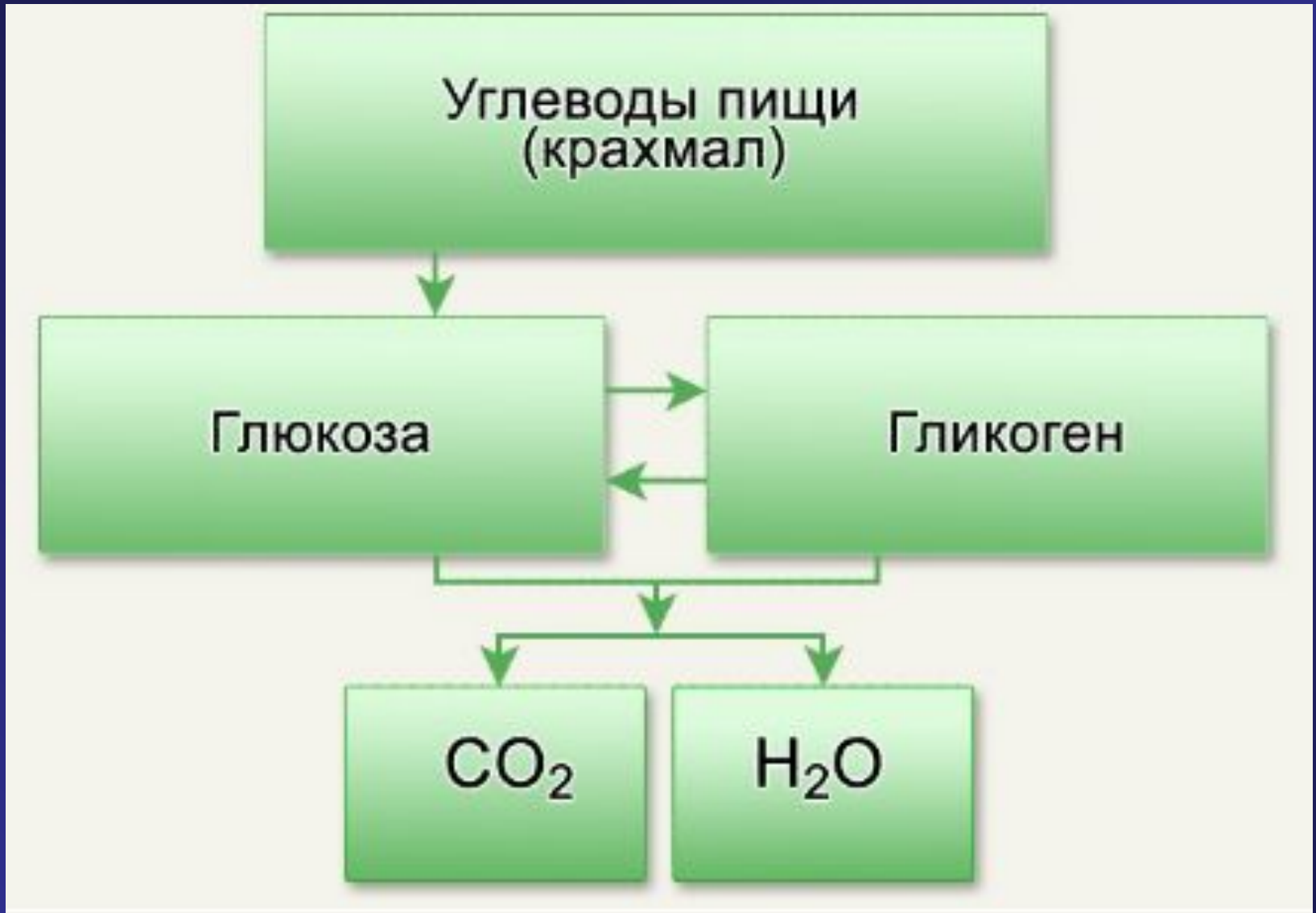
У. поступают в организм человека, в основном, в виде крахмала и гликогена. В процессе пищеварения из них образуются глюкоза, фруктоза, лактоза и галактоза. Глюкоза всасывается в кровь и через воротную вену поступает в печень. Фруктоза и галактоза превращаются в глюкозу в печеночных клетках. Избыток глюкозы в печени фосфорилируется и переходит в гликоген. Его запасы в печени и мышцах у взрослого человека составляют 300-400 г.

У. служат в организме основным источником энергии. При окислении углеводов освобождается 4.1 ккал энергии – 17,6кДж. Для окисления углеводов требуется меньше кислорода, чем при окислении Ж. Это повышает роль У. при мышечной деятельности. При < концентрации глюкозы в крови резко снижается физическая работоспособность,

Глюкоза выполняет в организме и пластические функции (промежуточные продукты ее обмена (пентозы) входят в состав нуклеотидов и НК, некоторых ферментов и а/к, а также служат структурными элементами клеток. Важным производным глюкозы является аскорбиновая кислота (витамин С), которая не синтезируется в организме человека.

При голодании запасы гликогена в печени и концентрация глюкозы в крови уменьшаются. То же происходит при длительной и напряженной физической работе без дополнительного приема углеводов. Снижение содержания глюкозы в крови до 0.06-0.07 % (норма 0.08-0,12%) приводит к развитию гипогликемии (мышечная слабость, падением температуры тела, а в дальнейшем — судорогами и потерей сознания). При гипергликемии (содержание сахара в крови достигает 0.15% и более) избыток глюкозы быстро выводится почками. Такое состояние может возникать при эмоциональном возбуждении, после приема пищи, богатой легкоусвояемыми углеводами, а также при заболеваниях поджелудочной железы. При истощении запасов гликогена усиливается синтез ферментов, обеспечивающих реакцию глюконеогенеза, т.е. синтеза глюкозы из лактата или аминокислот.

Расщепление углеводов



На углеводный обмен гипоталамус воздействует через симпатическую нервную систему. Симпатические влияния усиливают функцию мозгового слоя надпочечников, выделяющего адреналин, который стимулирует мобилизацию гликогена из печени и мышц. Действие «сахарного» укола в дно IV желудочка продолговатого мозга также связано с усилением симпатических влияний.

Главными гуморальными факторами регуляции углеводного обмена являются гормоны коры надпочечников и поджелудочной железы (глюкокортикоиды, инсулин и глюкагон). Глюкокортикоиды (кортизон, гидрокортизон) оказывают ингибирующее (тормозящее) воздействие на глюкокиназную реакцию печени, снижая уровень глюкозы в крови. Инсулин способствует утилизации сахара клетками, а глюкаген усиливает мобилизацию гликогена, его расщепление и увеличение содержания глюкозы в крови.

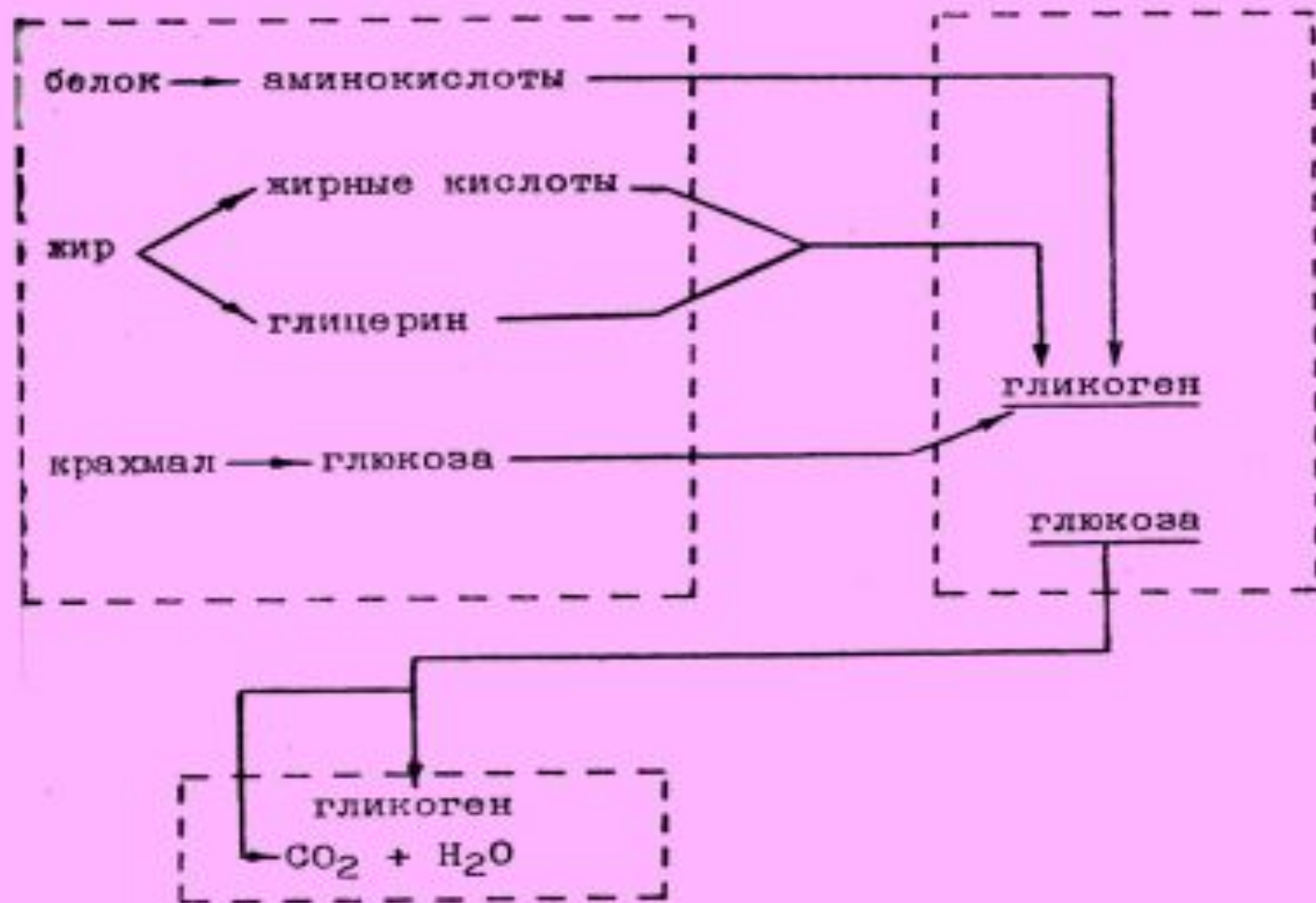
Обмен углеводов в организме



У Г Л Е В О Д Н Ы Й О Б М Е Н
(с х е м а)

Пищеварительный тракт

Печень



Ткани

(По А.Г.Гинецинскому, 1956)

Продукты, богатые углеводами



ОБМЕН ЛИПИДОВ

Физиологическая роль Липидов заключается в том, что они входят в состав клеточных структур (пластическое значение липидов) и являются богатыми источниками энергии (энергетическое значение).

Нейтральные жиры расщепляются в кишечнике до глицерина и жирных кислот. Эти вещества, проходя через кишечник, вновь превращаются в жир, который всасывается в лимфу и в небольшом количестве в кровь. Кровь транспортирует жиры в ткани, где они используются для пластического синтеза и в качестве энергетического материала.

Общее количество жира в организме человека колеблется в широких пределах и составляет 10-20% массы тела, при ожирении оно может достигать 40-50%.

Жировые депо в организме непрерывно обновляются. При обильном углеводном питании и отсутствии жиров в пище синтез жира в организме может происходить из углеводов.

Расщепление жиров



Нейтральные жиры, поступающие в ткани из кишечника и жировых депо, окисляются и используются как источник энергии. При окислении 1 г жира освобождается 9.3 ккал энергии – 38,9 кДж. В молекуле жира содержится относительно мало кислорода, поэтому его требуется для окисления Ж больше, чем при окислении У. Как энергетический материал жиры используются главным образом в состоянии покоя и при выполнении длительной малоинтенсивной физической работы. В начале более напряженной мышечной деятельности используются преимущественно углеводы, которые в дальнейшем в связи с уменьшением их запасов замещаются жирами. При длительной работе до 80% всей энергии расходуется в результате окисления жиров.

Жировая ткань, покрывающая различные органы, предохраняет их от механических воздействий. Скопление жира в брюшной полости обеспечивает фиксацию внутренних органов, а подкожная жировая клетчатка защищает организм от излишних теплопотерь. Секрет сальных желез предохраняет кожу от высыхания и излишнего смачивания водой.

Пищевые продукты, богатые жирами, содержат некоторое количество фосфатидов и стерина. Они также синтезируются в стенке кишечника и в печени из нейтральных жиров, фосфорной кислоты и холина. Фосфатиды входят в состав клеточных мембран, ядра и протоплазмы; они имеют большое значение для функциональной активности нервной ткани и мышц.

Важная физиологическая роль принадлежит стеринам, в частности холестерину. Эти вещества являются источником образования в организме желчных кислот, а также гормонов коры надпочечников и половых желез. При избытке холестерина в организме развивается патологический процесс — атеросклероз. Некоторые стерины пищи, например, , также обладают большой физиологической активностью.

Обмен липидов тесно связан с обменом белков и углеводов. Поступающие в организм в избытке белки и углеводы превращаются в жир. Наоборот, при голодании жиры, расщепляясь, служат источником углеводов.

Недостаток жиров в пище нарушает деятельность центральной нервной системы и органов размножения, снижает выносливость к различным заболеваниям.

С жирами в организм поступают растворимые в них витамины (А, D, Е и др.), имеющие для человека жизненно важное значение. Поступивший с пищей жир в пищеварительном тракте расщепляется на глицерин и жирные кислоты, которые всасываются в основном в лимфу и лишь частично в кровь. Через лимфатическую и кровеносную системы жиры поступают в жировую ткань.

Окончательными продуктами окисления жиров являются диоксид углерода и вода.

В гуморальной регуляции уровня жиров участвуют железы внутренней секреции и их гормоны.

Через мембранные рецепторы
(пептидные гормоны, адреналин)

Через внутриклеточные рецепторы
(стероидные гормоны, тироксин)



Регуляторная роль гипоталамуса в жировом обмене связана с функцией серого бугра. Влияние гипоталамуса на обмен жиров опосредовано изменением гормональной функции гипофиза, щитовидной и половых желез.

Недостаточность гормональной функции желез ведет к ожирению. Более сложные расстройства жирового обмена наблюдаются при изменении функций поджелудочной железы. В этом случае они оказываются связанными с нарушениями углеводного обмена.

Истощение запасов гликогена при инсулиновой недостаточности приводит к компенсаторному усилению процессов глюконеогенеза. Вследствие этого в крови увеличивается содержание кетоновых тел (бета — оксимасляной, ацетоуксусной кислот и ацетона). Нарушение фосфолипидного обмена приводит к жировой инфильтрации печени. Лецитины и кефалины при этом легко отдают жирные кислоты, идущие на синтез холестерина, что в последующем обуславливает изменения, связанные с гиперхолестеринемией.

Обмен веществ и его регуляция

• Превращения веществ идут на ферментных системах клеток печени

Взаимное превращение веществ в организме



Регуляция обмена веществ

Нервная

Гипоталамус

Регуляция обмена белков, жиров, углеводов, воды, солей, обмена тепла и потребление пищи

Гуморальная

Эндокринные железы

Гормоны участвуют в регуляции ОВ и Е, влияя на проницаемость мембран, активируя ферментные системы организма

ОБМЕН ВОДЫ И МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ

Вода является составной частью всех клеток и тканей и в организме находится в виде солевых растворов.

Тело взрослого человека на 50-65% состоит из воды, у детей — на 80% и более. В разных органах и тканях содержание воды на единицу массы неодинаково.

- 1. В костях (20%)**
- 2. В жировой ткани (30%)**
- 3. В мышцах воды содержится 70%**
- 4. во внутренних органах — 75-85%**
- 5. в крови (92%).**

Лишение организма воды и минеральных солей вызывает тяжелые нарушения и смерть. Полное голодание, но при приеме воды переносится человеком в течение 40-45 суток, без воды — лишь 5-7 дней. При минеральном голодании, несмотря на недостаточное поступление в организм других питательных веществ и воды, у животных наблюдались потеря аппетита, отказ от еды, исхудание и смерть.

При обычной температуре и влажности внешней среды суточный водный баланс взрослого человека составляет 2.2-2.8 л (1.5 л жидкости поступает в виде выпитой воды, 600-900 мл — в пищевых продуктах, 300-400 мл образуется в результате окислительных реакций). Организм теряет в сутки примерно 1.5 л с мочой, 400-600 мл с потом, 350-400 мл с выдыхаемым воздухом и 100-150 мл с испражнениями.

Обмен минеральных солей. Составляют до 0.9% общей массы тела. Нормальное функционирование тканей обеспечивается наличием солей в строго определенном количественном соотношении.

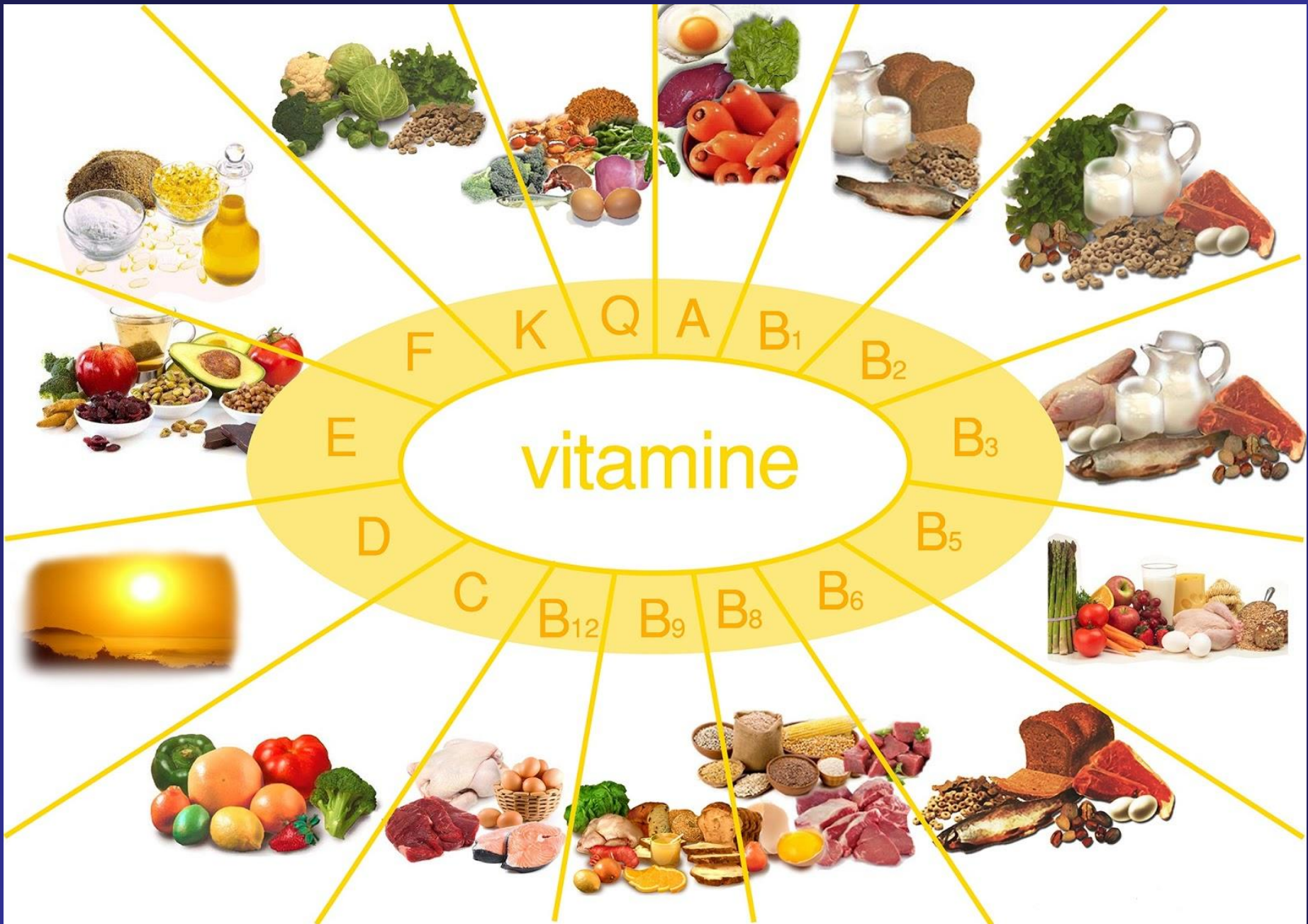
При избыточном поступлении минеральных солей в организм они могут откладываться в виде запасов. Натрий и хлор депонируются в подкожной клетчатке, калий — в скелетных мышцах, кальций и фосфор — в костях.

Физиологическое значение мин.солей:

1. **составляют основную массу костной ткани,**
2. **определяют уровень осмотического давления,**
3. **участвуют в образовании буферных систем,**
4. **вливают на обмен веществ**
5. **в возникновении ПД в клетках,**
6. **в свертывании крови и переносе ею кислорода.**

Значение витаминов, которые не выполняют энергетическую или пластическую функцию, являясь, составными компонентами ферментных систем, играют роль катализаторов в обменных процессах. Они представляют собой вещества химической природы, необходимые для нормального обмена веществ, роста, развития организма, поддержания высокой работоспособности и здоровья.

Кальций	Укрепляет кости и зубы, придает упругость мышцам, влияет на свертываемость крови	Боли в костях и мышцах, судороги, остеопороз, тусклость волос, ломкость ногтей, воспаление десен	Капуста, орехи, отруби
Фосфор	Строит клетки, участвует в обменных процессах, образует гормоны, влияет на работу мозга	Хроническая усталость, мышечные спазмы, снижение внимания, рахит, остеопороз	Капуста, финики, горох, арахис, бобы, морепродукты
Магний	Контролирует углеводный обмен, поддерживает тонус организма, выводит холестерин	Раздражительность, перепады давления, онемение рук, головные боли, а также боли в шее и спине	Бананы, зерновые, крупы, фасоль, чернослив, орехи, темно-зеленые овощи
Натрий	Регулирует кислотно-щелочное равновесие, поддерживает тонус	Нарушение кислотно-щелочного баланса	Зелень, кукуруза, маслины
Хлор	Участвует в водном обмене, вырабатывает соляную кислоту в желудке	Гастриты, пониженная кислотность	Бананы, капуста, петрушка, ржаной хлеб
Сера	Вырабатывает энергию, влияет на свертываемость крови, синтезирует коллаген	Боль в суставах, тахикардия, повышенное давление, выпадение волос, запоры	Крыжовник, капуста, яблоки, горох, лук



Витамин	Функции	Проявление гипо- или авитаминоза
A	Необходим для нормального роста и развития эпителиальной ткани. Входит в зрительный пигмент родопсин.	Куриная слепота - нарушение сумеречного зрения. Кожа становится сухой.
D	Участвует в кальциевом и фосфорном обмене. Необходим для образования костей и зубов.	Рахит - деформация костей, нарушения нервной системы, раздражительность, слабость, потливость.
C	Участие в обменных процессах, образовании здоровой кожи, укреплении сосудов.	Цинга - набухают и кровоточат десны, выпадают зубы. Слабость, вялость, утомляемость, головокружение, потеря сопротивляемости организма к простудным заболеваниям.
B₁	Регуляция углеводного обмена веществ, участие в тканевом дыхании и передаче возбуждения нервной системе.	Бери-бери - поражение нервной системы, отставание в росте, слабость и паралич конечностей и дыхательных мышц.
B₂	Оказывает влияние на ЦНС, обмен белков, жиров и углеводов. Обеспечивает световое и цветовое зрение.	Слабость, снижение аппетита, шелушение кожи, воспаление слизистых оболочек, нарушение функций зрения.
B₆	Участие в обмене аминокислот, жиров.	Анемия, дерматит, судороги, расстройство пищеварения.
B₁₂	Участие в синтезе РНК, обеспечивает кроветворную функцию организма.	Злокачественная анемия и дегенеративные изменения нервной ткани.
PP	Участие в белковом обмене и реакциях клеточного дыхания.	Пеллагра - поражение кожи, дерматит, диарея, бессонница, депрессия.

Витамины делят на водорастворимые (группа В, С, Р и др.) и жирорастворимые (А, Д, Е, К).

Достаточное поступление витаминов в организм зависит от правильного рациона питания и нормальной функции процессов пищеварения; некоторые витамины (К, В12) синтезируются бактериями в кишечнике.

Недостаточное поступление витаминов в организм (гиповитаминоз) или полное их отсутствие (авитаминоз) приводят к нарушению многих функций.

В гипоталамусе расположены нервные центры, регулирующие водно-солевой обмен, а также осморцепторы, которые влияют на обмен, обеспечивая гомеостаз.

В регуляции водно-солевого обмена участвуют антидиуретический гормон гипофиза и гормоны коры надпочечников (минералкортикоиды). Гормон гипофиза стимулирует обратное всасывание воды в почках и уменьшает этим мочеобразование.

Минералкортикоиды (альдостерон) действуют на эпителий почечных канальцев и повышают обратное всасывание в кровь натрия.

Регулирующее воздействие на обмен воды и солей оказывают также гормоны щитовидной и паращитовидной желез. Первый увеличивает мочеобразование, второй способствует выведению из организма солей кальция и фосфора.

ОБМЕН ЭНЕРГИИ

Живые организмы получают энергию в виде ее потенциальных запасов, аккумулированных в химических связях молекул углеводов, жиров и белков. В процессе биологического окисления эта энергия высвобождается и используется прежде всего для синтеза АТФ.

Запасы АТФ в клетках невелики, поэтому они должны постоянно восстанавливаться. Этот процесс осуществляется путем окисления питательных веществ. Запас энергии в пище выражается ее калорийностью, т. е. способностью освободить при окислении то или иное количество энергии.

Расход энергии зависит от возраста и пола, характера и количества выполняемой работы, времени года, состояния здоровья и других факторов.

Интенсивность энергетического обмена в организме определяется при помощи калориметрии. Определение энергообмена можно производить методами прямой и

Прямая калориметрия основана на измерении тепла, выделяемого организмом и проводится с помощью специальных камер (калориметров). Тепло определяет величину израсходованной энергии. Это наиболее точный метод, но он требует длительных наблюдений, громоздкого специального оборудования и неприемлем во многих видах профессиональной и спортивной деятельности.

Значительно проще определять расходы энергии методами **непрямой калориметрии**. Один из них (непрямая респираторная калориметрия) основан на изучении газообмена, т. е. на определении количества потребляемого организмом кислорода и выдыхаемого за это время углекислого газа. С этой целью используются различные газоанализаторы.

Количество энергии, освобождаемое при использовании 1 л кислорода, называется его **калорическим эквивалентом**. При окислении углеводов калорический эквивалент равен 5.05 ккал, при окислении жиров — 4.7 ккал и белков — 4.85

О величине калорического эквивалента O_2 узнают по уровню **дыхательного коэффициента (ДК)** — относительного объема выдыхаемой углекислоты к объему поглощаемого кислорода (CO_2/O_2). Величина ДК зависит от состава окисляемых веществ. При окислении углеводов он равен 1.0, при окислении жиров — 0.7 и белков — 0.8.

При втором методе **непрямой калориметрии (алиментарная калориметрия)** учитывают калорийность принимаемой пищи и ведут наблюдения за массой тела. Постоянство массы тела свидетельствует о балансе между поступлением и расходом энергетических ресурсов (возможны существенные ошибки; кроме того, он не позволяет определить энерготраты за короткие промежутки времени).

В зависимости от активности организма и воздействий на него факторов внешней среды различают три уровня энергетического обмена: **основной обмен, энерготраты в состоянии покоя и энерготраты при различных видах труда.**

Основным обменом называется количество энергии, которое тратит организм при полном мышечном покое, через 12-14 часов после приема пищи и при окружающей температуре 20-22°C.

У взрослого человека он в среднем равен 1 ккал на 1 кг массы тела в 1 час. У людей при массе тела в 70 кг основной обмен в среднем равен около 1700 ккал. Нормальные его колебания составляют! 10%. У женщин основной обмен несколько ниже, чем у мужчин; у детей он выше, чем у взрослых.

Энерготраты в состоянии относительного покоя превышают величину основного обмена. Это обусловлено влиянием на энергообмен процессов пищеварения, терморегуляцией вне зоны комфорта и тратами энергии на поддержание позы тела человека.

Суточный расход энергии в таких случаях включает величину основного обмена и энергию, необходимую для выполнения конкретного вида труда. По характеру производственной деятельности и величине энерготрат взрослое население может быть разделено на 4 группы:

- 1) **люди умственного труда, их суточный расход энергии составляет 2200-3000 ккал;**
- 2) **люди, выполняющие механизированную работу и расходующие за сутки 2300-3200 ккал;**
- 3) **люди частично механизированного труда с суточным расходом энергии 2500-3400 ккал;**
- 4) **люди немеханизированного тяжелого физического труда, энерготраты которых достигают 3500-4000 ккал. При спортивной деятельности расход энергии может составлять 4500-5000 ккал и более. Это обстоятельство следует учитывать при составлении пищевого рациона спортсменов, который должен обеспечивать восполнение расходуемой энергии.**

На механическую работу тратится не вся освобождающаяся энергия. Большая ее часть превращается в тепло. **То количество энергии, которое идет на выполнение работы, называется коэффициентом полезного действия (КПД).**

У человека КПД не превышает 20-25 %. КПД при мышечной деятельности зависит

- от мощности,
- структуры и темпа движений,
- от количества вовлекаемых в работу мышц и
- степени тренированности человека.

РЕГУЛЯЦИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Центральной структурой регуляции обмена веществ и энергии является гипоталамус. В гипоталамусе локализованы ядра и центры регуляции голода и насыщения, осморегуляции и энергообмена. В ядрах гипоталамуса осуществляется анализ состояния внутренней среды организма и формируются управляющие сигналы, которые посредством эфферентных систем приспособливают ход метаболизма потребностям организма. Эфферентными звеньями системы регуляции обмена являются симпатический и парасимпатический отделы вегетативной нервной системы и эндокринная

Энергетический обмен в организме регулируется нервной и эндокринной системами.

Уровень энергообмена даже в состоянии относительного покоя может изменяться под влиянием условно рефлекторных раздражителей. Например, у спортсменов расход энергии повышается в предстартовом состоянии. Существенное влияние на уровень энергообмена оказывают гормоны гипофиза и щитовидной железы. При усилении функции этих желез величина его повышается, при ослаблении — понижается.

ТЕПЛОВОЙ ОБМЕН

Способность организма человека сохранять постоянную температуру обусловлена сложными биологическими и физико-химическими процессами терморегуляции (гомойотерные и пойкилотерные животные).

Поддержание теплового баланса осуществляется благодаря строгой соразмерности в образовании тепла и в ее отдаче.

Величина теплообразования зависит от интенсивности химических реакций, характеризующих уровень обмена веществ. Теплоотдача регулируется преимущественно физическими процессами (теплоизлучение, теплопроводение, испарение).

ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА И ИЗОТЕРМИЯ

Постоянство температуры тела носит название изотермии. Изотермия в процессе онтогенеза развивается постепенно.

У новорожденных детей она не совершенна и устойчивый характер приобретает с возрастом.

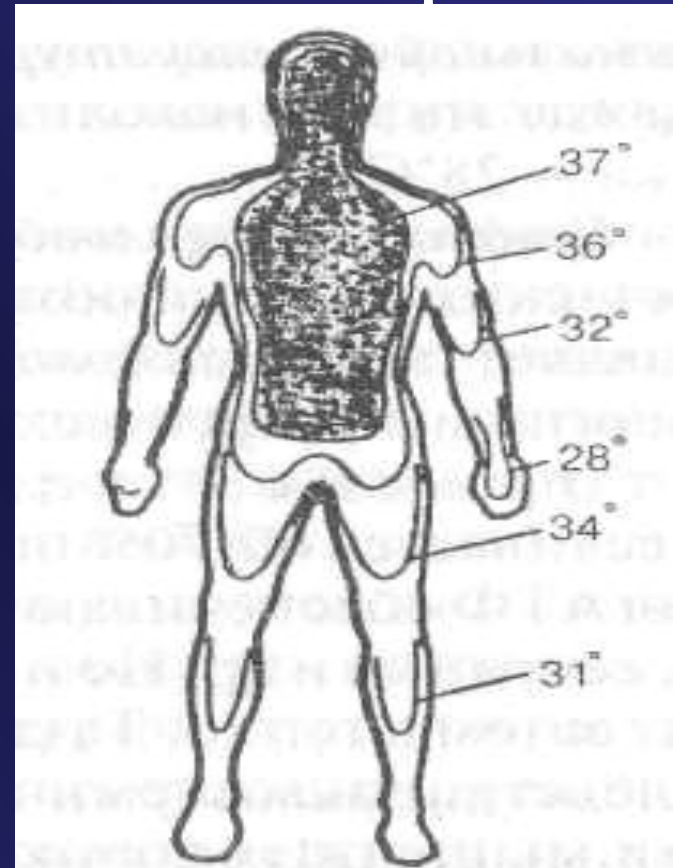
Перераспределение тепла между тканями осуществляется кровью. Кровь, обладая высокой теплоемкостью, переносит тепло от тканей с высоким уровнем теплообразования к тканям, где тепло образуется в небольших количествах. В результате выравнивается уровень температуры в различных частях тела.

Температура поверхностных тканей («оболочки»), как правило, ниже температуры глубоких тканей («ядра»). Т. поверхности тела неравномерна и зависит от интенсивности переноса к ней тепла кровью из глубоких частей тела, а также от охлаждающего или согревающего действия Т. внешней среды. Так, Т. кожи на покрытых одеждой участках колеблется от 29° до 34°; колебания Т. кожи на открытых частях тела в существенной мере зависят

Т. глубоких тканей более равномерна и составляет 37-37.5°. Т. печени, мозга, почек несколько выше, чем других внутренних органов.

Рис. Температурные ядро (серым цветом) и

оболочка



О t тела человека судят на основании ее измерения в подмышечной впадине. У здорового человека t 36.5-37°. t тела ниже 24° и выше 43° не совместима с жизнью человека.

Изотермия имеет большое значение для метаболизма. Ферменты и гормоны обладают наибольшей активностью при t 35-40°. t тела колеблется в течение суток в пределах 0.5-0.8°. Максимальная температура тела наблюдается в 16-18 часов, а минимальная — в 3-4 часа ночи.

Постоянство t тела у человека сохраняется при условии равенства теплообразования и теплопотери. Это достигается физиологическими механизмами терморегуляции (химическую и физическую).

Способность человека противостоять температурам имеет пределы. При чрезмерно t_{min} или t_{max} среды защитные терморегуляционные механизмы оказываются недостаточными, и температура тела начинает резко $<$ - гипотермия, или $>$ — гипертермии.

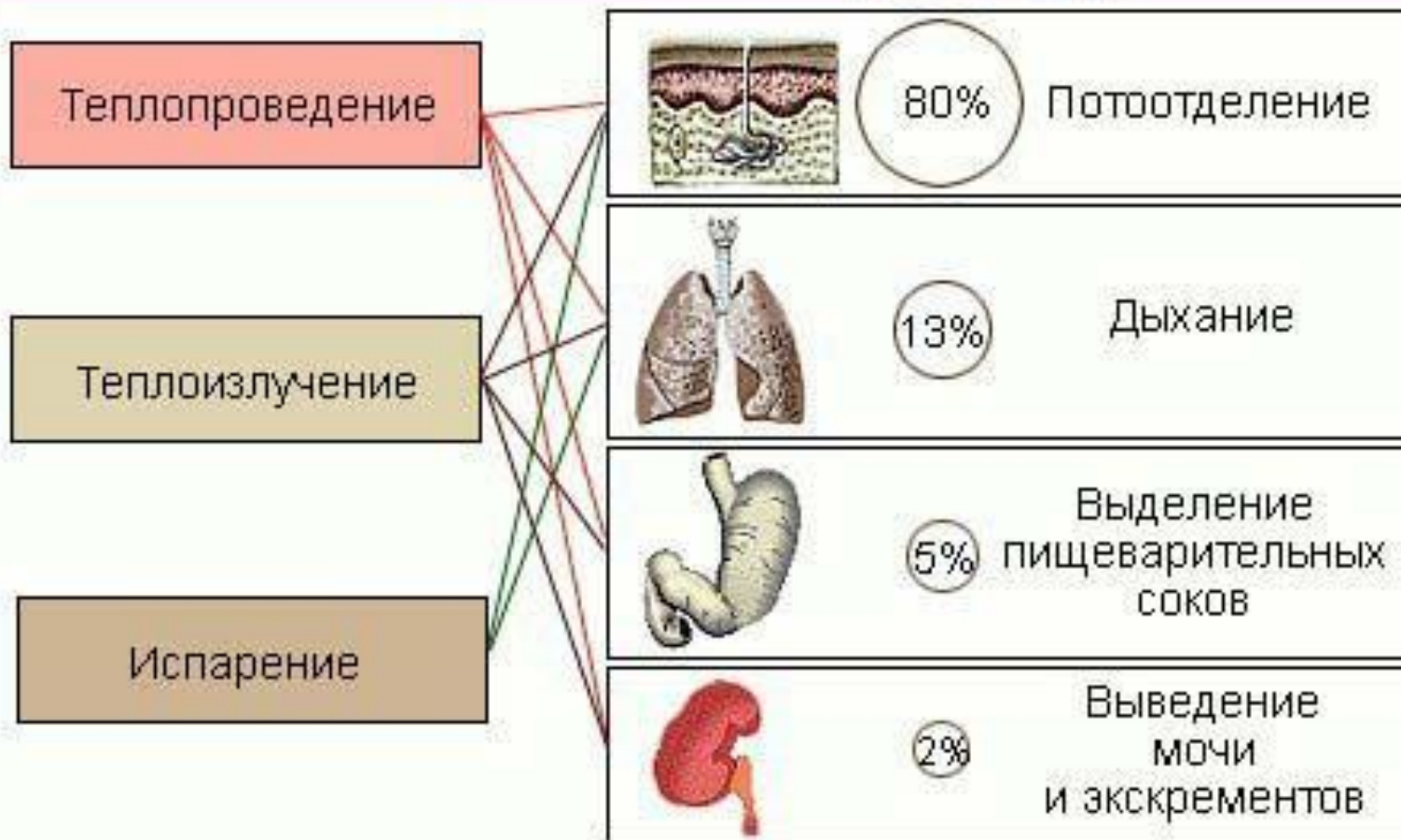
Образование тепла в организме происходит в результате химических реакций обмена веществ. При окислении пищевых компонентов и других реакций тканевого метаболизма образуется тепло. Величина теплообразования находится в тесной связи с уровнем метаболической активности организма. Поэтому теплопродукцию называют также химической терморегуляцией.

Химическая терморегуляция имеет важное значение для поддержания постоянства T . тела в условиях охлаждения. При $< T$. окружающей среды происходит **$>$ интенсивности обмена веществ** и, следовательно, теплообразования. У человека усиление теплообразования отмечается в том случае, когда T . окружающей среды становится ниже оптимальной T . или зоны комфорта. В обычной легкой одежде эта зона находится в пределах $18-20^{\circ}$, а для обнаженного человека — 28°C .

Суммарное теплообразование в организме происходит входе химических реакций обмена веществ (окисление, гликолиз), что составляет так называемое **первичное тепло** и при расходовании энергии макроэргических соединений (АТФ) на выполнение работы (**вторичное тепло**).

В виде первичного тепла в тканях рассеивается 60-70% энергии. Остальные 30-40% после расщепления АТФ обеспечивают работу мышц, различные процессы синтеза, секреции и др. Но и при этом та или иная часть энергии переходит затем в тепло.

Таким образом, и вторичное тепло образуется вследствие экзотермических химических реакций, а при сокращении мышечных волокон — в результате их трения. В конечном итоге переходит в тепло или вся энергия, или подавляющая ее часть.



б

Наиболее интенсивное теплообразование в организме происходит в мышцах при их сокращении. Относительно небольшая двигательная активность ведет к увеличению теплообразования в 2 раза, а тяжелая работа — в 4-5 раз и более, но возрастают потери тепла с поверхности тела.

При продолжительном охлаждении организма возникают произвольные периодические сокращения скелетной мускулатуры (холодовая дрожь). При этом почти вся метаболическая энергия в мышце освобождается в виде тепла. Активация в условиях холода симпатической нервной системы стимулирует липолиз в жировой ткани. В кровоток выделяются и в последующем окисляются с образованием большого количества тепла свободные жирные кислоты.

> теплопродукции связано с усилением функций надпочечников и щитовидной железы (гормоны усиливают обмен веществ, вызывая повышенное теплообразование)

МЕХАНИЗМЫ ТЕПЛООТДАЧИ

Отдача тепла организмом (физическая терморегуляция) осуществляется путем **излучения** (теряется примерно 50-55% тепла в окр. среду лучеиспусканием за счет инфракрасной части спектра), теплопроводения и испарения. Количество тепла, рассеиваемого организмом, пропорционально площади поверхности частей тела, которые соприкасаются с воздухом, и разности средних значений T . кожи и окружающей среды (при выравнивании этих T . отдача излучением прекращается).

Теплопроводение может происходить путем: **Кондукцией тепло** теряется при непосредственном контакте участков тела человека с другими физическими средами. При этом количество теряемого тепла пропорционально разнице средних температур контактирующих поверхностей и времени теплового контакта.

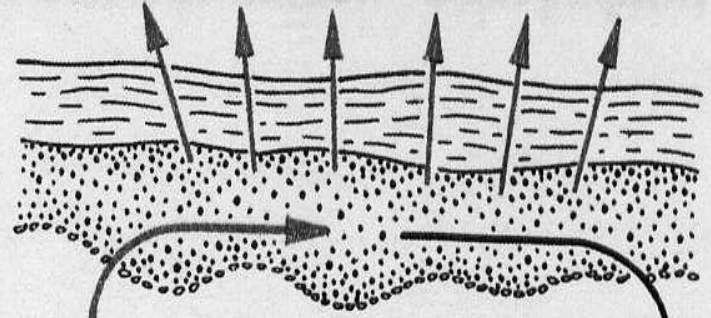
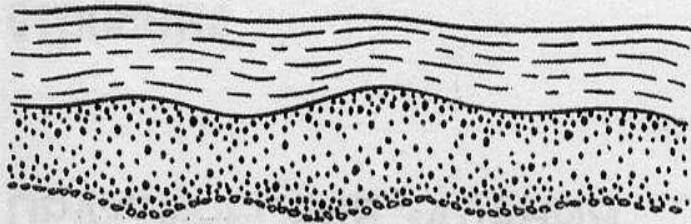
МЕХАНИЗМЫ ТЕПЛООТДАЧИ

Конвекция — способ теплоотдачи организма, осуществляемый путем переноса тепла движущимися частицами воздуха. Конвекцией тепло рассеивается при обтекании поверхности тела потоком воздуха с более низкой температурой, чем t кожи. Движение воздушных потоков (ветер, вентиляция) увеличивают количество отдаваемого тепла. Путем теплопроводения организм теряет 15-20% тепла, при этом конвекция представляет более мощный механизм теплоотдачи, чем кондукция.

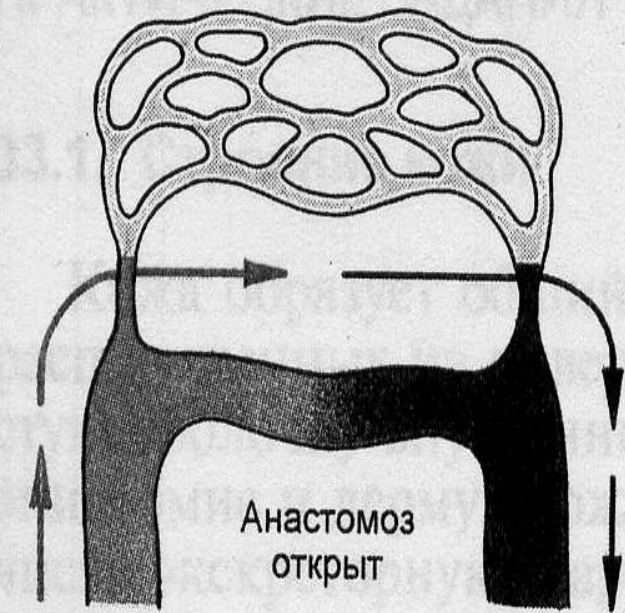
Испарения — это способ рассеивания организмом тепла (около 30%) в окр. среду за счет его затраты на испарение пота или влаги с поверхности кожи и слизистых дых. путей. При t внешней среды 20° испарение влаги у человека составляет 600-800 г в сутки (с 1 г воды организм теряет 0.58 ккал тепла). Если внешняя t выше средней t кожи, то организм не отдает во внешнюю среду тепло, а наоборот, поглощает тепло извне. Испарение жидкости с поверхности тела происходит при

Теплоотдача снижена

Теплоотдача повышена



Кожа



Анастомоз
открыт

Анастомоз
закрыт

Артериола

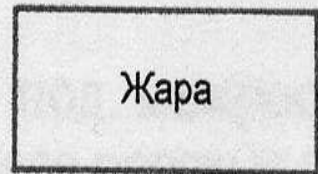
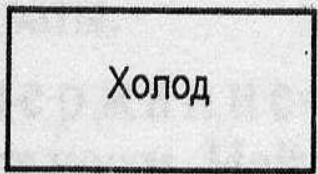
Венула

Артериола

Венула

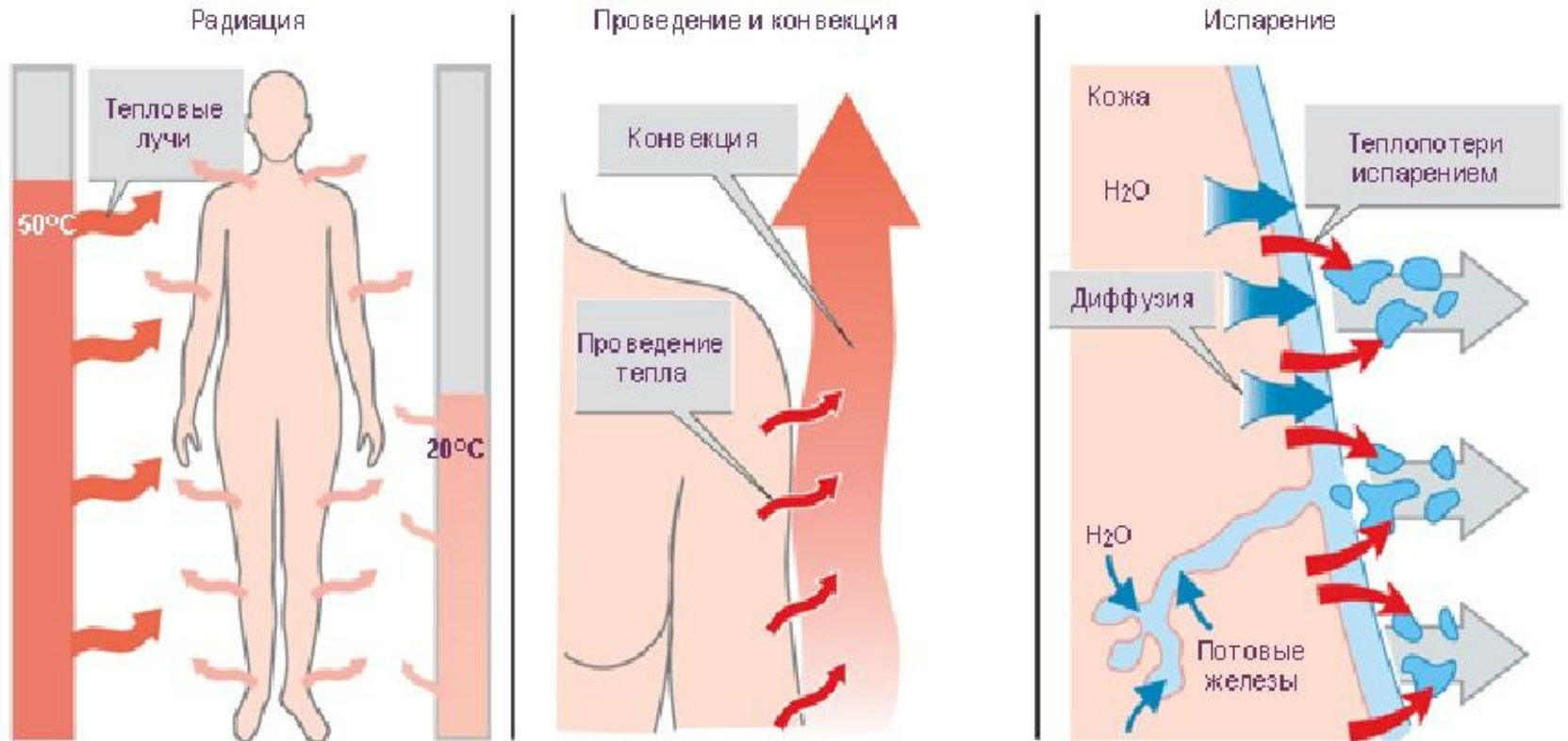
Холод

Жара



Механизмы теплопередачи человека

МЕХАНИЗМЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ



РЕГУЛЯЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА

Регуляция теплообмена обеспечивает баланс между количеством продуцируемого в единицу времени тепла и количеством тепла, рассеиваемого организмом за то же время в окр. среду.

Восприятие и анализ t окр. среды осуществляется с помощью **терморецепторов** (в коже, мышцах, сосудах, во внутренних органах, дыхательных путях, спинном и среднем мозге). Одни из них реагируют на холод (холодовые рецепторы, насчитывается около 250.000), другие — на тепло (тепловые рецепторы - 30.000). Разветвленная сеть терморецепторов обеспечивает подробную информацию о температурных сдвигах во внешней и внутренней среде организма, которая поступает в высшие центры теплообмена.

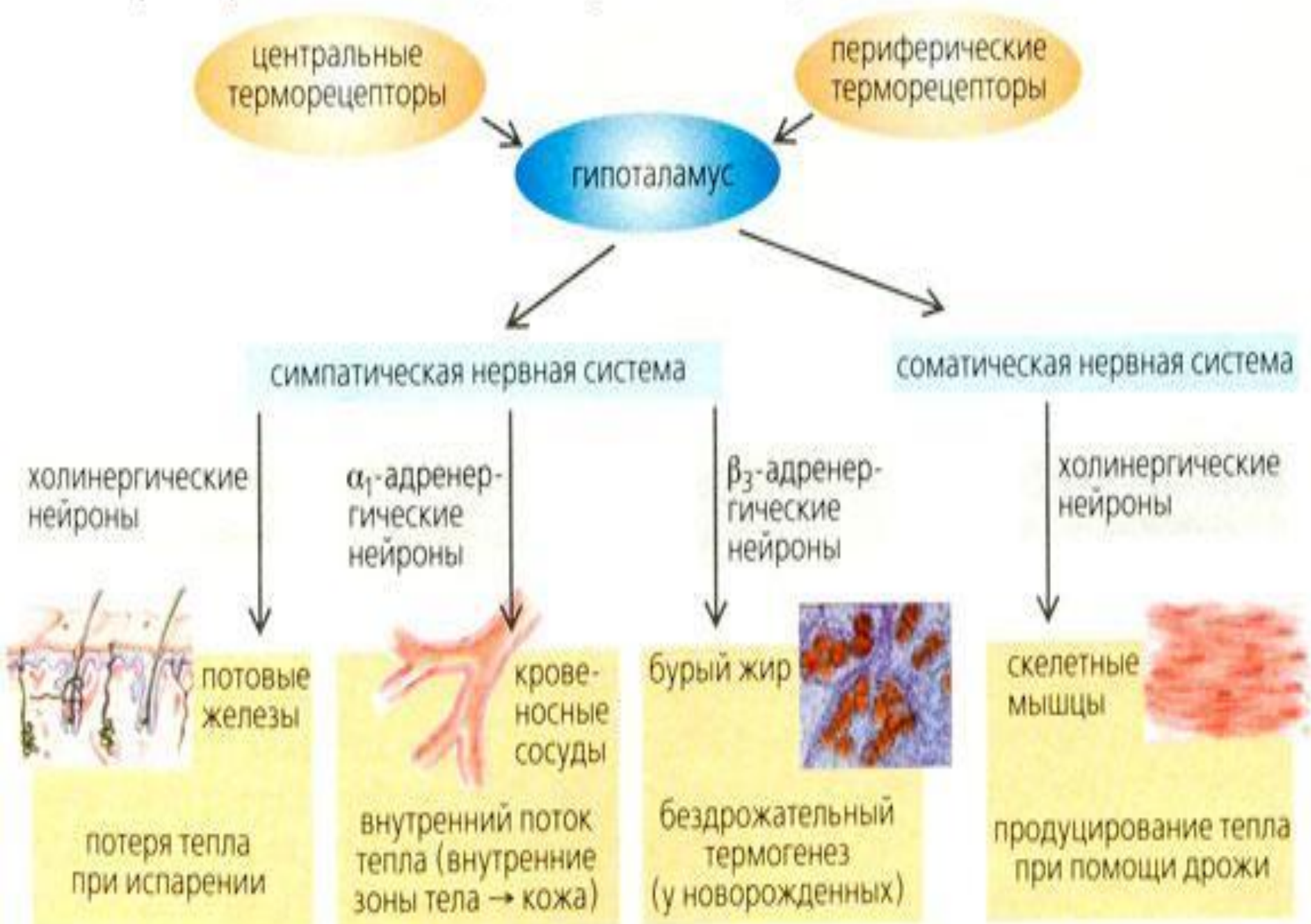
Центральный аппарат терморегуляции находится в передней и задней части гипоталамуса, а также в ретикулярной формации среднего мозга. Центр терморегуляции содержит различные по функциям группы нервных клеток. Термочувствительные нейроны переднего гипоталамуса поддерживают базальный уровень («установочную точку») T . тела в организме. Эффекторные нейроны заднего гипоталамуса и среднего мозга управляют процессами теплопродукции и теплоотдачи.

Важная роль в терморегуляции принадлежит высшим отделам ЦНС — коре и ближайшим подкорковым центрам. Эмоциональное возбуждение, изменения в психическом состоянии оказывают существенное влияние на уровень теплообразования и теплоотдачи. Отчетливые изменения температуры тела наблюдаются у спортсменов при стартовом возбуждении (предстартовая лихорадка). При длительной мышечной работе температура тела может повышаться до 39-40° и более.

В осуществлении гуморальной регуляции теплообмена участвуют железы внутренней секреции, главным образом щитовидная и надпочечники. Участие щитовидной железы в терморегуляции обусловлено тем, что влияние пониженной температуры приводит к усиленному выделению ее гормонов, повышающих обмен веществ, и, следовательно, теплообразование.

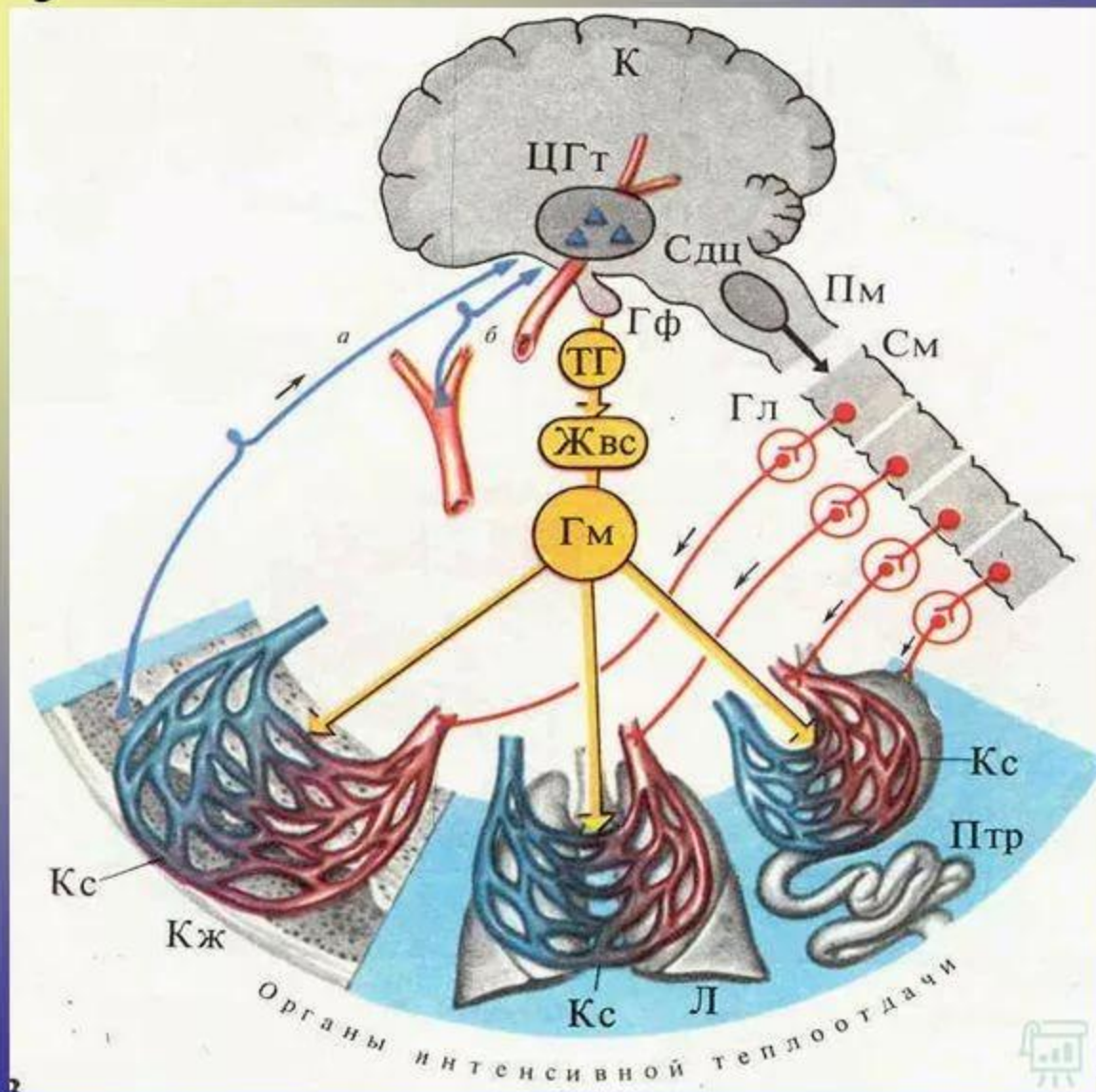
Роль надпочечников связана с выделением ими в кровь катехоламинов, которые, усиливая окислительные процессы в тканях, в частности в мышцах, увеличивают теплопродукцию и суживают кожные сосуды, уменьшая теплоотдачу.

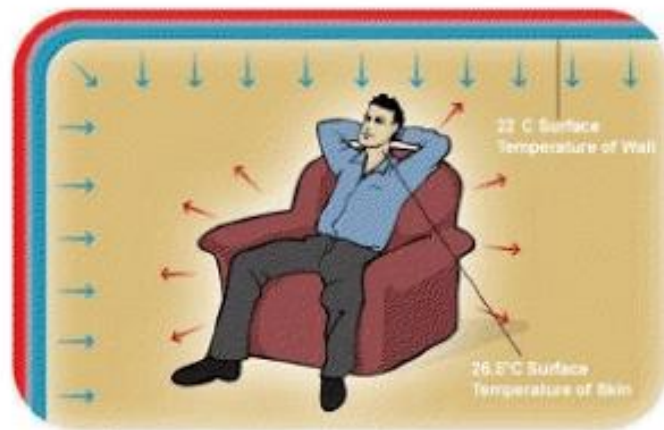
Г. Факторы нервной системы, действующие на терморегуляцию



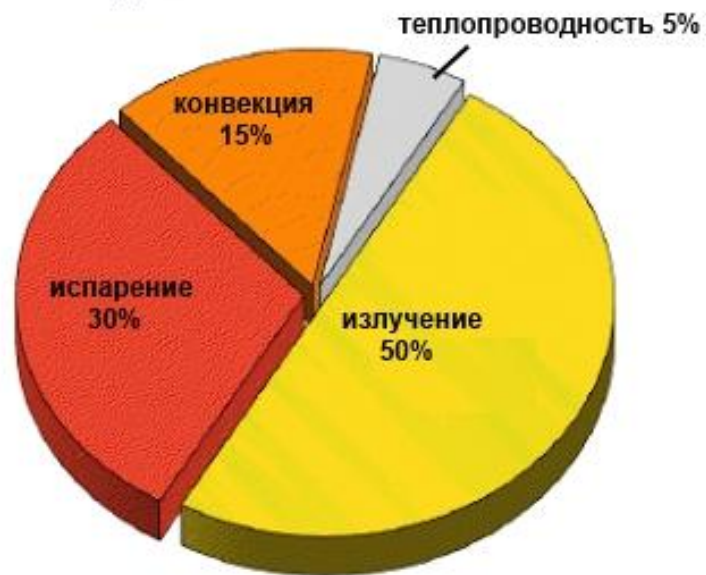


Регуляция теплоотдачи





Идеальный теплообмен



Теплообмен с лучистой системой отопления/охлаждения



Эндогенная терморегуляция



