

ФИЗИОЛОГИЯ

**Обмен веществ и энергии.
Терморегуляция.**

Характеристика обмена веществ и энергии

Обмен веществ и энергии - это основная функция организма


Обмен веществ и энергии - ЭТО
совокупность физических, химических и физиологических процессов превращения веществ и энергии в живых организмах, а также обмен веществами и энергией между организмом и окружающей средой

ФАЗЫ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

- поступление в организм нужных веществ, превращение и всасывание их в пищеварительном аппарате;
- распределение, превращение и использование всосавшихся веществ;
- выделение конечных продуктов превращения и использования веществ.

Превращение энергии в процессе обмена веществ

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ
СЛОЖНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ



МЕХАНИЧЕСКАЯ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ, ТЕПЛОВАЯ
ЭНЕРГИЯ



температура тела, рост, развитие
и жизнедеятельность организма

Механизмы обмена веществ

Обмен веществ представляет собой единство двух процессов: ассимиляции и диссимиляции.

- **Ассимиляция (анаболизм)** - это совокупность процессов биосинтеза органических веществ, компонентов клетки и других структур органов и тканей.

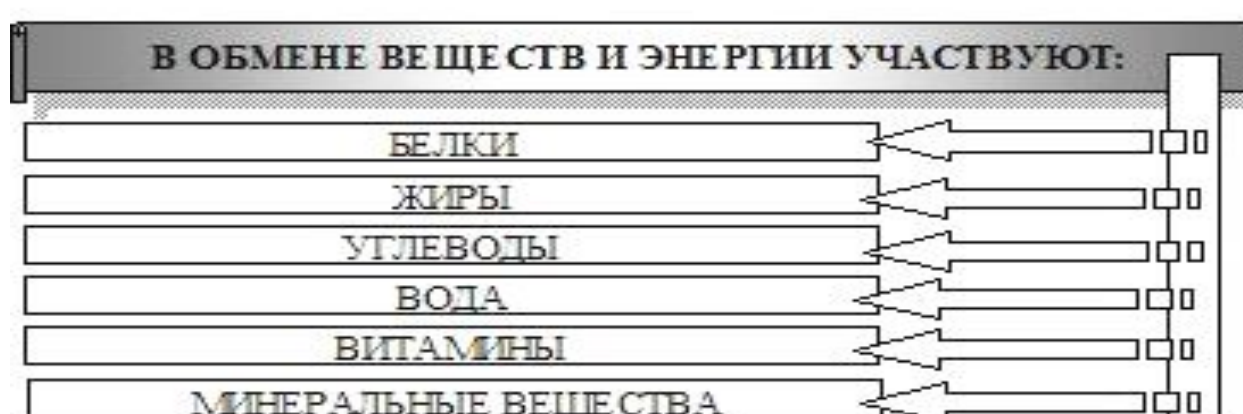
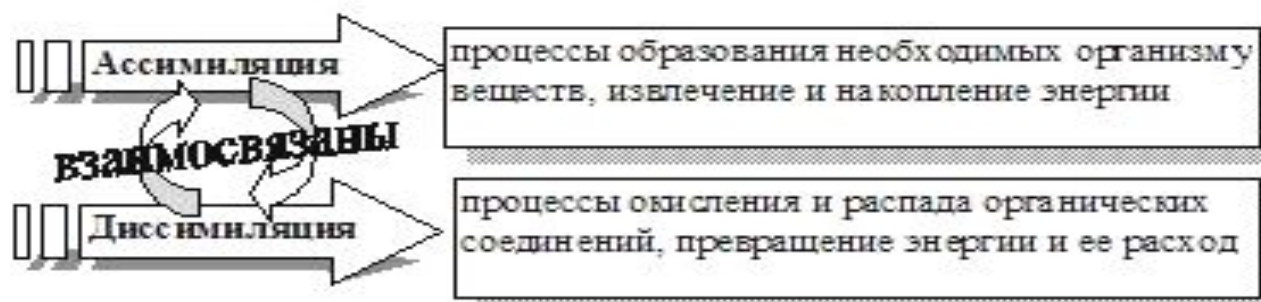
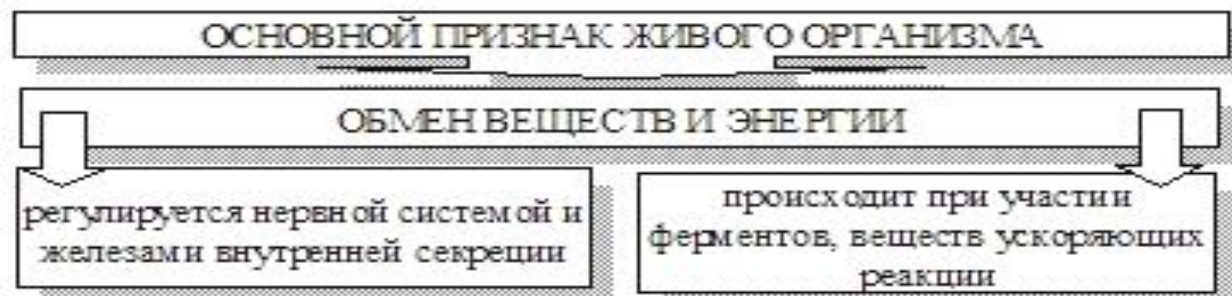
Анаболизм обеспечивает рост, развитие, обновление биологических структур, а также непрерывный ресинтез макроэргических соединений и их накопление.

Механизмы обмена веществ

- **Диссимиляция (катаболизм)**- это совокупность процессов расщепления сложных молекул, компонентов клеток, органов и тканей до простых веществ (с использованием части из них в качестве предшественников биосинтеза) и до конечных продуктов метаболизма (с образованием макроэргических и восстановленных соединений).

Оба процесса взаимосвязаны и возможны только при наличии другого.

Интенсивность одного процесса зависит от интенсивности другого.



Обмен белков

ФУНКЦИИ БЕЛКОВ

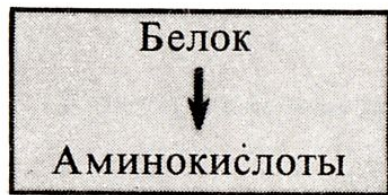
- **Пластическая функция** белков состоит в обеспечении роста и развития организма за счет процессов биосинтеза.
- **Ферментативная активность** белков регулирует скорость протекания биохимических реакций.
- **Защитная функция белков** состоит в образовании иммунных белков — антител. Белки способны связывать токсины и яды а также обеспечивать свертываемость крови (гемостаз).
- **Транспортная функция** заключается в переносе кислорода и двуокиси углерода эритроцитным белком **гемоглобином**, а также в связывании и переносе некоторых ионов (железо, медь, водород), лекарственных веществ, токсинов.
- **Энергетическая роль** белков обусловлена их способностью освобождать при окислении энергию.

Обмен белков

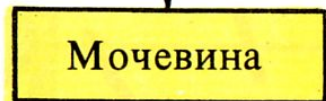
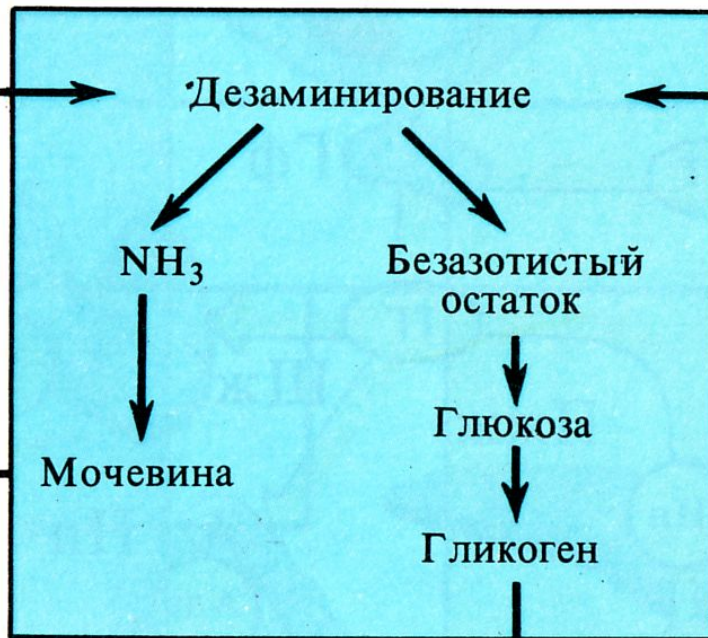
Белковый обмен проходит четыре основных этапа:

- расщепление белка в ЖКТ и всасывание в виде аминокислот;
- центральное звено обмена – синтез из аминокислот собственных белков организма и расщепление белка в клетках;
- межтучные превращения аминокислот в клетках;
- образование и выведение конечных продуктов белкового обмена.

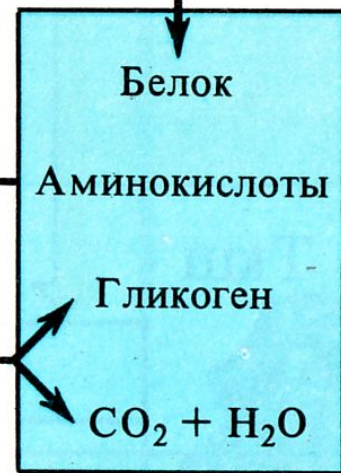
Пищеварительный тракт



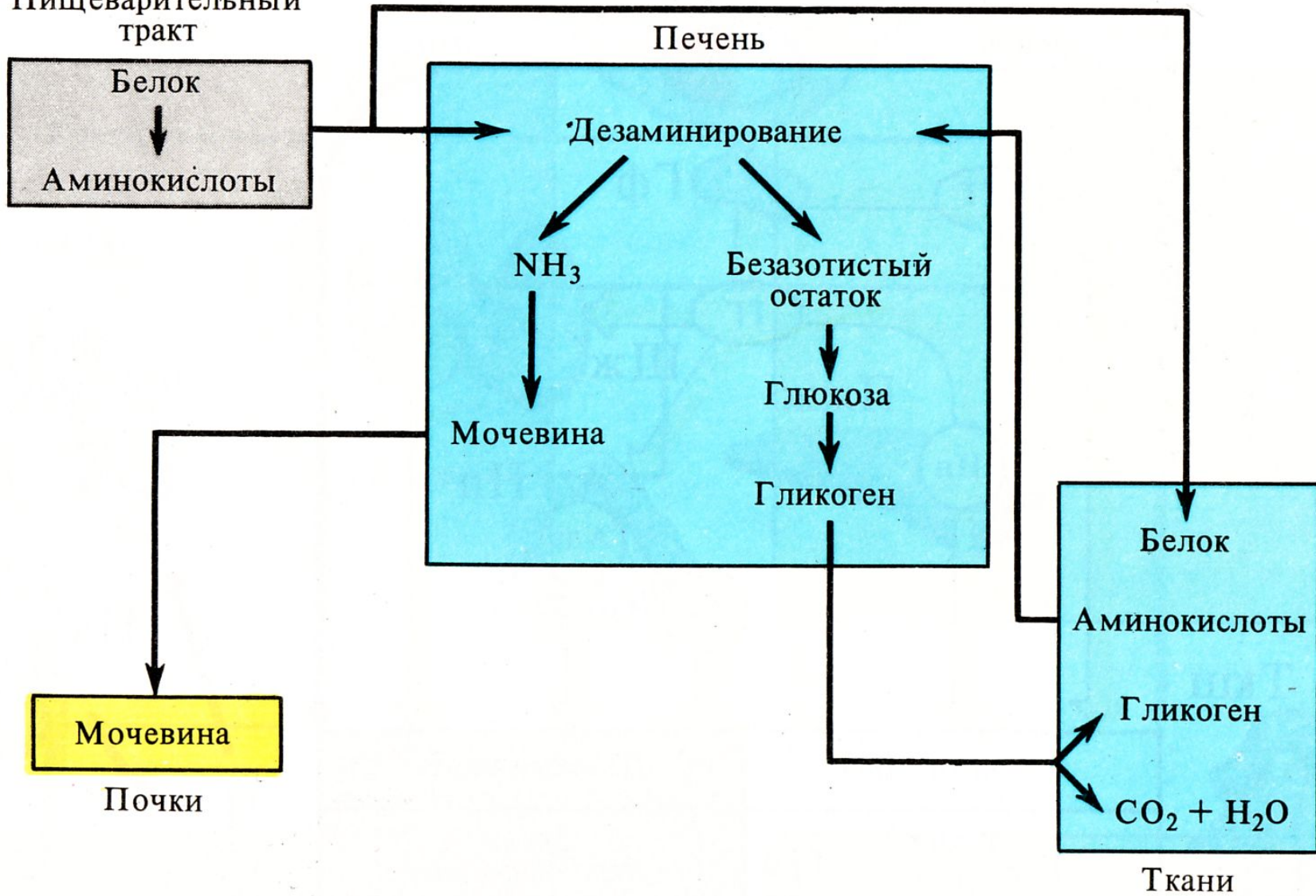
Печень



Почки



Ткани



Азотистый баланс

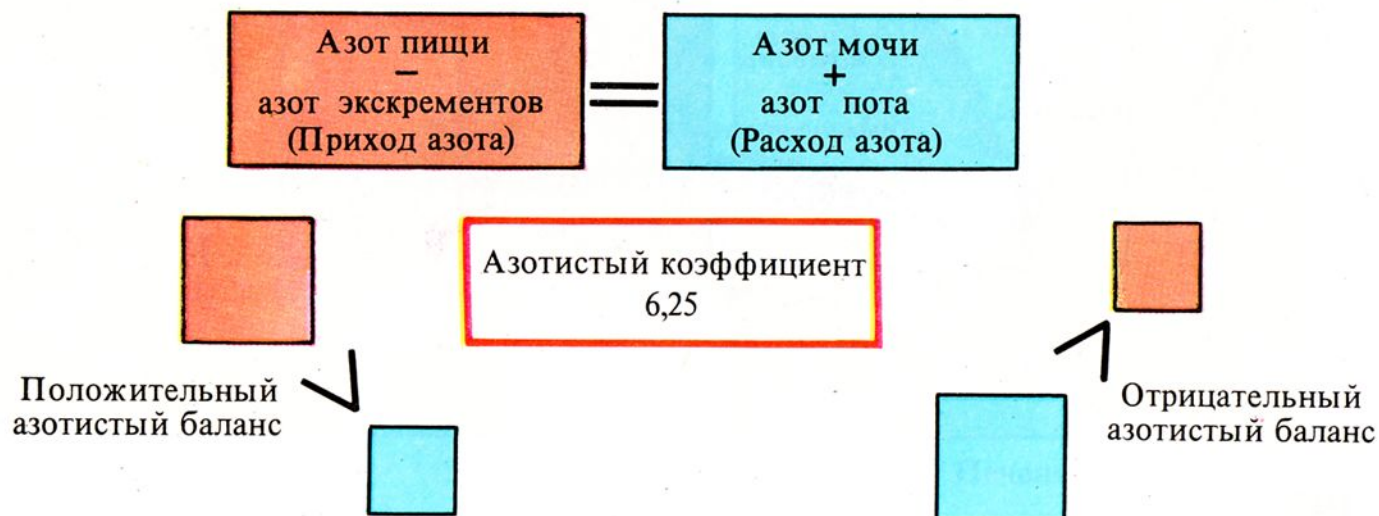
Косвенным показателем активности обмена белков служит так называемый *азотистый баланс* - разность между количеством азота, поступившего с пищей, и количеством азота, выделяемого из организма в виде конечных метаболитов.

Азотистое равновесие - количество поступившего азота равно количеству выделенного (отмечают у взрослого здорового животного в нормальных условиях кормления и содержания)

Положительный азотистый баланс - состояние, при котором количество поступившего азота превышает выделенное.

Отрицательный азотистый баланс - состояние, при котором количество поступившего азота меньше выделенного.

При расчетах азотистого баланса исходят из того факта, что в белке содержится около 16% азота, то есть каждые 16 г азота соответствуют 100 г белка ($100:16=6,25$).



Белковый минимум

— наименьшее количество вводимого с пищей белка, способствующее поддержанию азотистого равновесия.

МРС, свиньи – 1г/кг живой массы

Лошади – 0,7-0,8 (1,2-1,42)

Коровы – 0,6-0,7 (1)

Человек – 1,5-1,7 (белковый оптимум).

Биологическая ценность белков

Вне зависимости от видоспецифичности все многообразные белковые структуры содержат в своем составе всего **20 аминокислот**. Для нормального метаболизма имеет значение не только количество получаемого белка, но и его качественный состав, а именно соотношение *заменимых* и *незаменимых аминокислот*.

- Незаменимых аминокислот для моногастричных животных, птиц и человека 10: лизин, триптофан, гистидин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, метионин, валин, треонин, аргинин.

Биологическая ценность белков

- У жвачных и некоторых других видов животных есть свои особенности в обмене белка: микрофлора преджелудков способна синтезировать все незаменимые аминокислоты и, следовательно, могут обходиться кормом без незаменимых аминокислот.
- Белки, содержащие полный набор незаменимых аминокислот, называются **полноценными** и имеют максимальную биологическую ценность
- Белки в которых нет хотя бы одной незаменимой аминокислоты или если они содержатся в недостаточных количествах называются **неполноценными** (*растительные белки*).

Обмен аминокислот

Основное место обмена аминокислот – печень:

- **дезаминирование** – отщепление аминогруппы (в виде аммиака) с образованием жирных кислот, оксикислот, кетокислот;
- **трансаминирование** – перенос аминогрупп из аминокислот в кетокислоты с образованием другой аминокислоты и кетокислоты без промежуточного образования аммиака;
- **декарбоксилирование** – отщепление карбоксильной группы в виде углекислоты с образованием биогенных аминов.

Регуляция белкового обмена

Глюкокортикоиды — ускоряют распад белков и аминокислот, в результате чего усиливается выделение азота из организма.

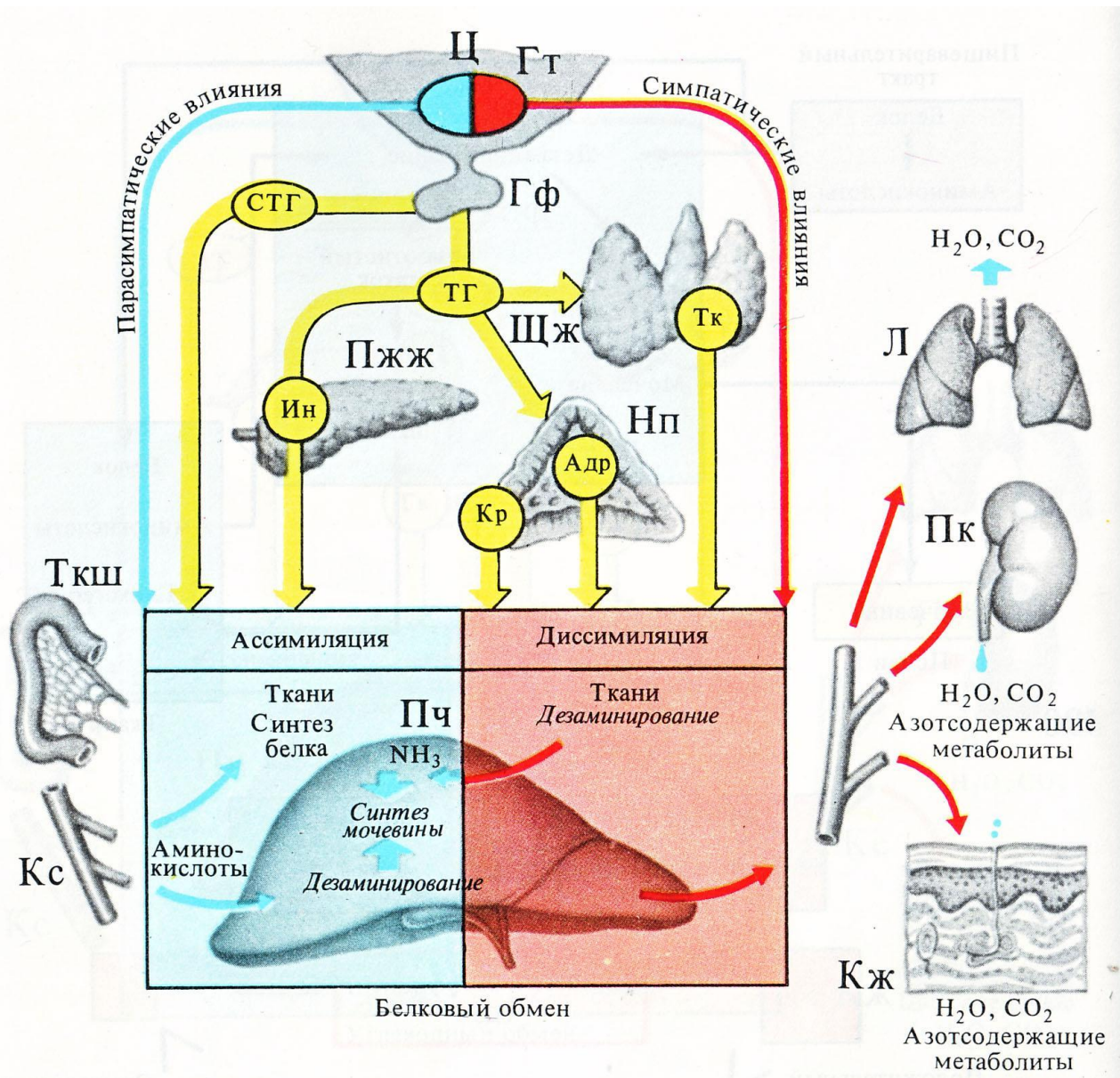
Механизм действия **СТГ** состоит в ускорении утилизации аминокислот клетками. Соответственно, при акромегалии и гипофизарном гигантизме наблюдается положительный азотистый баланс, при гипофизэктомии и гипофизарном нанизме – отрицательный.

Тироксин: при гиперфункции щитовидной железы повышается обмен белков

Гипофункция сопровождается замедлением обмена веществ, останавливается рост и развитие организма.

В печени происходит не только синтез белка, но и обеззараживание продуктов их гниения. **В почках** совершается дезаминирование продуктов азотистого обмена.

Регуляция белкового обмена



Белковый обмен

Обмен жиров

Этапы жирового обмена:

- расщепление поступивших в организм с пищей жиров и их всасывание в желудочно-кишечном тракте;
- превращения всосавшихся продуктов распада жиров в тканях, ведущие к синтезу жиров, специфичных для данного организма;
- процессы окисления жирных кислот, сопровождающиеся освобождением биологически полезной энергии;
- выделение продуктов обмена из организма

Значение жира в организме

1. Богатые источники энергии (энергетическое значение липидов)
2. Входят в состав клеточных структур (пластическое значение липидов)
3. Регуляция теплового баланса (плохо проводя тепло, жировой слой ограничивает теплоотдачу)
4. Защита от механических воздействий
5. Источник воды в организме
6. Растворители витаминов А, Д, Е, К
7. У молодых (новорожденных) животных бурый жир, выполняет функцию поддержания температурного гомеостаза.

Липопротеиды - это комплексные соединения различных белков с жирами – мобильный резерв жира

К жироподобным веществам относятся фосфатиды, стерины, воски и др. вещества. Основным их представителем является ацетилхолин, которого много в нервных тканях.

Стерины

– гормоны коркового слоя надпочечников, мужские и женские половые гормоны, соли желчных кислот, холестерин и витамин Д.

Холестерин участвует в образовании желчных кислот, кальциферола, гормонов коры надпочечников и половых гормонов (при нарушении его обмена — атеросклероз, желчекаменная болезнь и, по данным некоторых ученых, даже злокачественных опухолей).

Источником жира могут быть углеводы. У крупного рогатого скота источником жира являются ЛЖК.

Жиры корма нельзя целиком заменить углеводами и белками, так как незаменимые жирные кислоты в организме не синтезируются и должны обязательно поступать с кормом (линолевая, линоленовая, арахидоновая).

РАСЦЕПЛЕНИЕ ЖИРОВ В Ж.К.Т.:

жирные кислоты + глицерины

ЭНТЕРОЦИТЫ: ресинтез триглицеридов

Хиломикроны, ЛПОНП

неэтерифицированные
жирные кислоты

лимфатическая система

система портальной вены

ЛЕГКИЕ, БКК

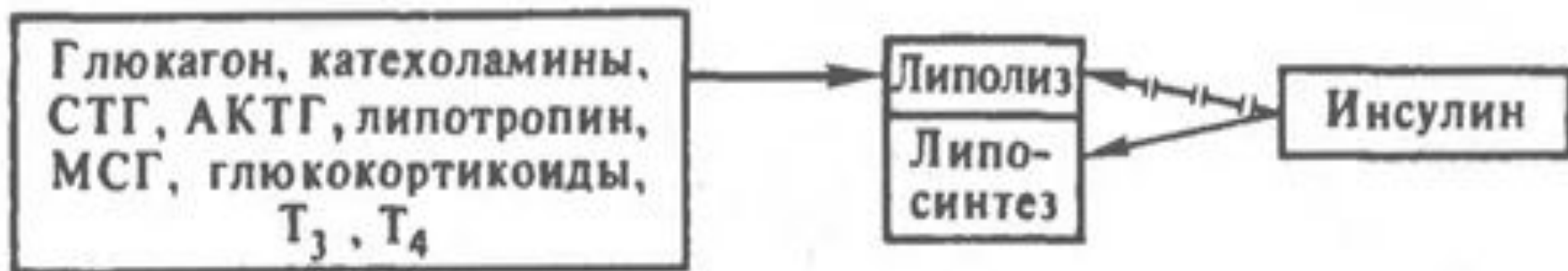
ЖИРОВОЕ ДЕПО

КРОВЬ

ПЕЧЕНЬ

ацетилКоА, кетоновые тела, $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Регуляция жирового обмена



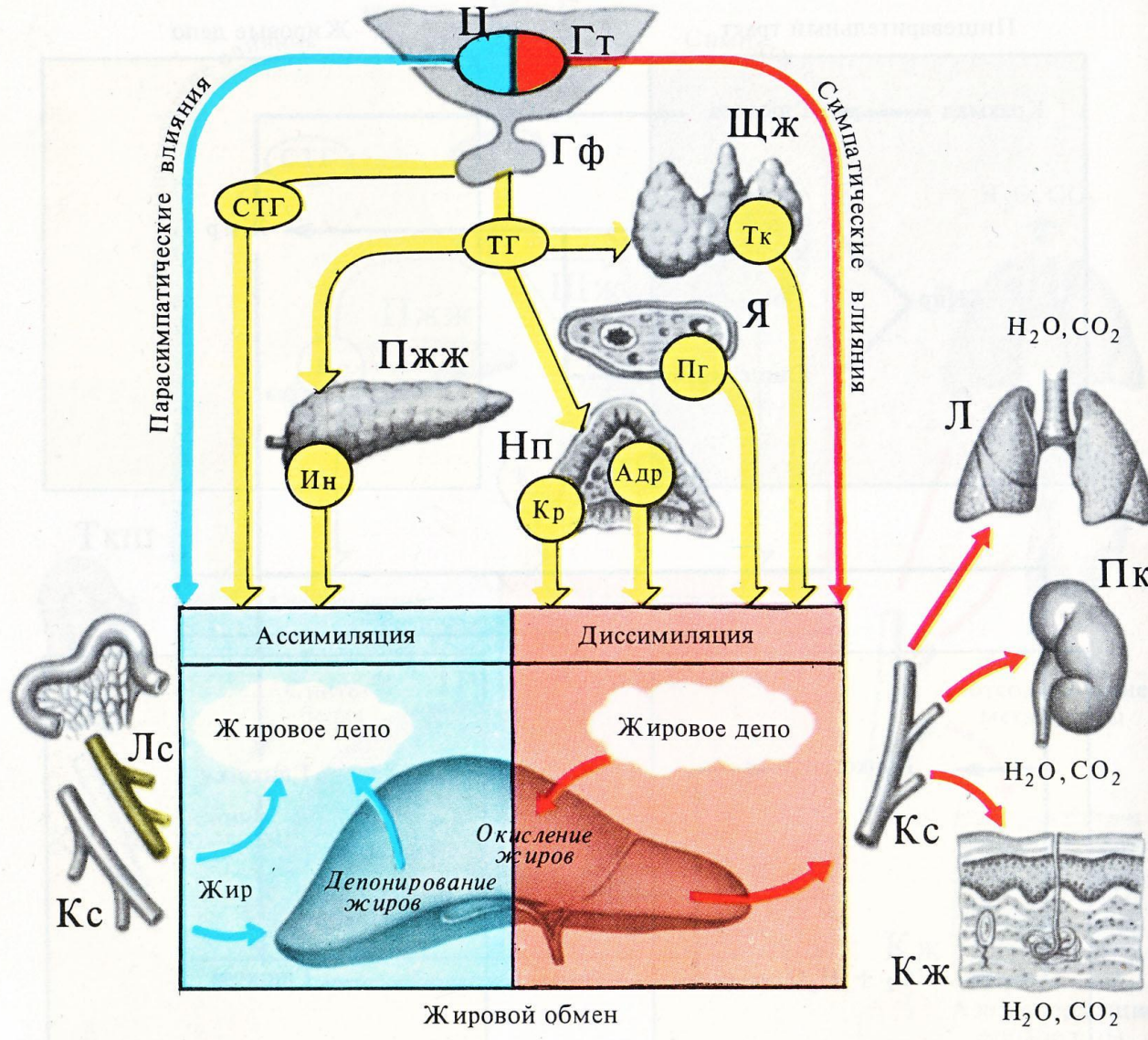
Симпатическая нервная система способствует мобилизации жира. При ее возбуждении возможна убыль жира из жировой ткани и наоборот, слабая возбудимость симпатической нервной системы способствует понижению расщепления жира и приводит к ожирению.

Инсулин, пролактин, тиамин (витамин В1) активизируют процесс образования жира из углеводов непосредственно в жировой ткани.

Мобилизация жира и его энергетическое использование стимулируется гормоном щитовидной железы — **тироксिन**ом.

Соматотропный гормон ускоряет как выход жирных кислот, так и их сгорание. Выделяемая при этом энергия идет на синтез белка, что ведет к усиленному росту организма.

Регуляция жирового обмена



ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

Функции

- ❖ **Энергетическая** – преимущество углеводов состоит в их способности окисляться как в аэробных, так и в анаэробных условиях (глюкоза),
- ❖ **Защитно-механическая** – основное вещество трущихся поверхностей суставов, находятся в сосудах и слизистых оболочках (гиалуровая кислота и другие гликозаминогликаны),
- ❖ **Опорно-структурная** – целлюлоза в растениях, гликозаминогликаны в составе протеогликанов,
- ❖ **Гидроосмотическая и ионрегулирующая** – гетерополисахариды обладают высокой гидрофильностью, отрицательным зарядом и, таким образом, удерживают H_2O , ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ в межклеточном веществе, обеспечивают тургор кожи, упругость тканей.

ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

- **Катаболизм** углеводов обеспечивает организм энергией и углеводородными компонентами, необходимыми для построения других органических веществ.
 - **Анаболизм** углеводов обеспечивает организм резервными углеводами (гликоген), легкоусвояемыми углеводами (глюкоза), а также гетерополисахаридами, выполняющими структурные, защитные и другие функции в организме животных.

- Увеличение содержания сахара в крови называется **гипергликемией**, снижение глюкозы в крови - **гипогликемией**. Избыток сахара в крови выбрасывается с мочой — **глюкозурия**

ЭТАПЫ ОБМЕНА УГЛЕВОДОВ

- гидролиз сложных углеводов в Ж.К.Т.;
- всасывание моносахаридов в кишечнике и транспорт их к тканям;
- расщепление и синтез сахаров в клетках тканей;
- выведение конечных продуктов (метаболитов) из организма.

РАСЩЕПЛЕНИЕ УГЛЕВОДОВ

- ***Основные углеводы корма:***
 - сахара (моно-, олигосахариды);
 - крахмал;
 - клетчатка;
- ***Пищеварительные соки, содержащие гликолитические ферменты:***
 - слюна (амилаза, мальтаза);
 - сок поджелудочной железы (амилаза, сахараза, лактаза);
 - кишечный сок (мальтаза, гликозидаза).

ВСАСЫВАНИЕ УГЛЕВОДОВ В КИШЕЧНИКЕ

- **КИШЕЧНИК → ЭНТЕРОЦИТЫ:**

- *облегченная диффузия* (фруктоза, рибоза);
- *активный транспорт* – симпорт за счет градиента концентрации ионов Na^+ (глюкоза, галактоза).

- **ЭНТЕРОЦИТЫ → КРОВЬ → ТКАНИ:**

- *облегченная диффузия с помощью глюкозных транспортеров* ГЛЮТ₁, ГЛЮТ₂, ГЛЮТ₄-инсулинзависимые (мышцы, жировая ткань).

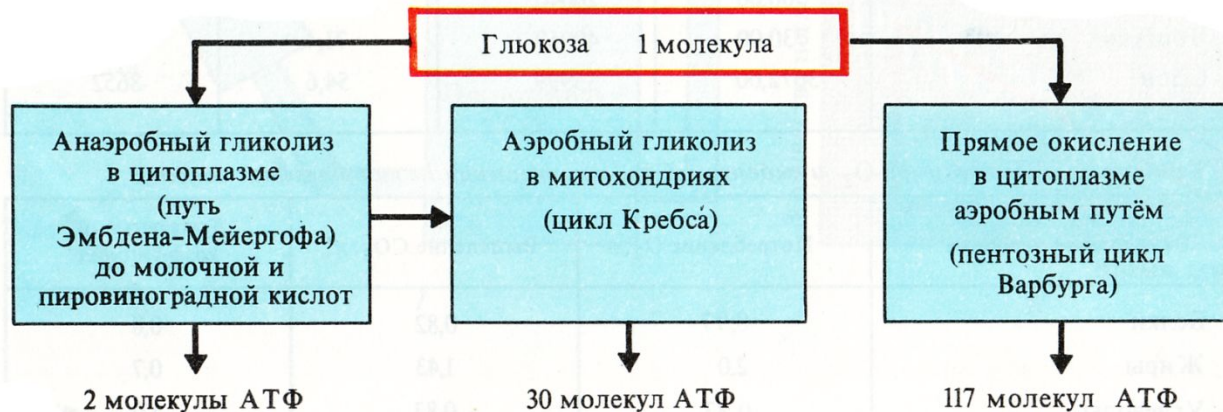
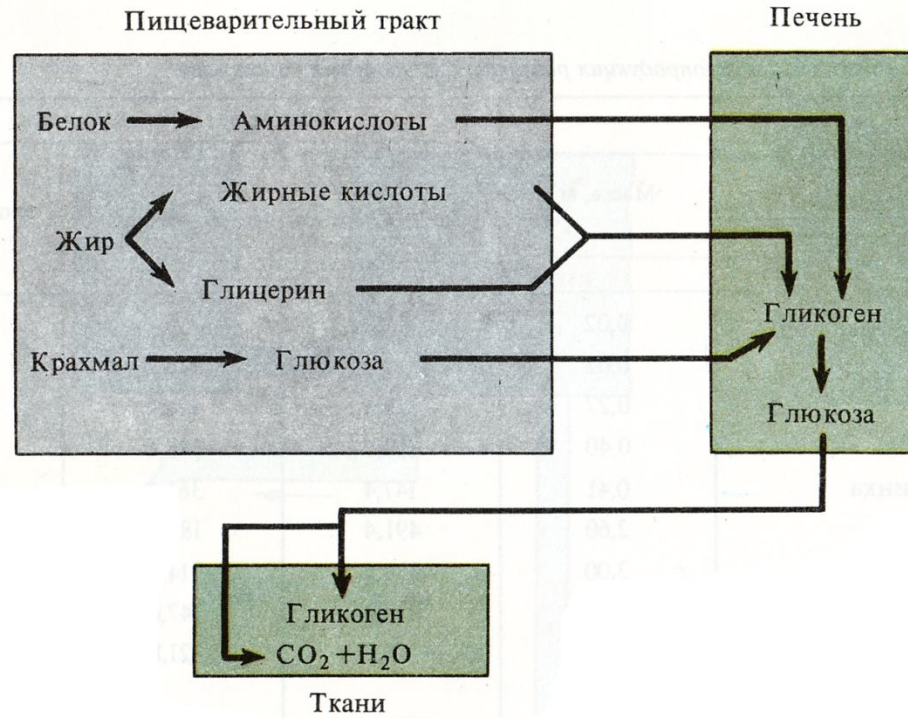
РАСХОД УГЛЕВОДОВ

- 70% окисляется до воды и углекислоты с освобождением энергии;
- 25% превращается в жир;
- 5% превращается в гликоген.

Особенности расхода углеводов:

- ЦНС поглощает 70% глюкозы, выделяемой печенью;
- В мышцах содержится 1-2% гликогена (синтезируется из молочной и пировиноградной кислот)

Обмен углеводов



ГЛЮКОЗА – ЭТО СУБСТРАТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Энергетика любой клетки нашего организма основана на окислении глюкозы.

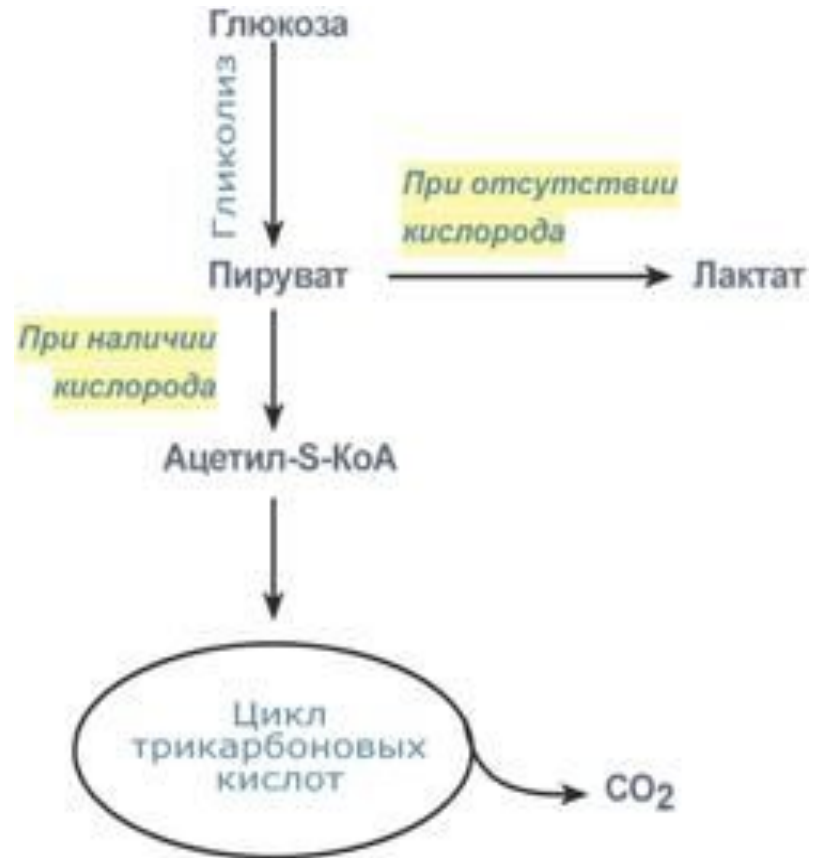
Окисление глюкозы происходит по двум направлениям:

- ❖ Окисление с образованием **пентоз**: рибозы, рибулозы, ксилулозы. Этот путь называется **пентозофосфатный шунт** и не связан с получением энергии
- ❖ Окисление с получением **энергии**.

Второй путь, т.е. тот по которому глюкоза окисляется для получения энергии, называется **гликолиз**

Конечным продуктом гликолиза является **пировиноградная кислота** (пируват).

В зависимости от дальнейшей судьбы пирувата различают **аэробное** и **анаэробное** окисление глюкозы. Целью обоих типов окисления является получение **АТФ**.



Пути метаболизма пирувата в присутствии и в отсутствии кислорода

АЭРОБНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ

В аэробном процессе пировиноградная кислота превращается в ацетил-КоА и далее сгорает в реакциях цикла трикарбоновых кислот до CO_2 .

Общее уравнение аэробного окисления глюкозы:

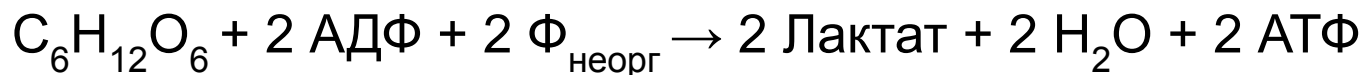


АНАЭРОБНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ

Этапы анаэробного окисления:

- фосфорилиз – реакция расщепления с присоединением фосфорной кислоты:
 - гликоген – глюкозо-1-фосфат – глюкозо-6-фосфат;
 - глюкоза - глюкозо-6-фосфат;
- расщепление глюкозо-6-фосфат до пирувата (пировиноградная кислота);
- восстановление пирувата до лактата (молочной кислоты);
- аэробное расщепление лактата (в мышцах) до CO_2 и H_2O

Суммарное уравнение анаэробного гликолиза имеет вид:



Регуляция углеводного обмена

Центр углеводного обмена находится в *гипоталамусе и продолговатом мозге.*

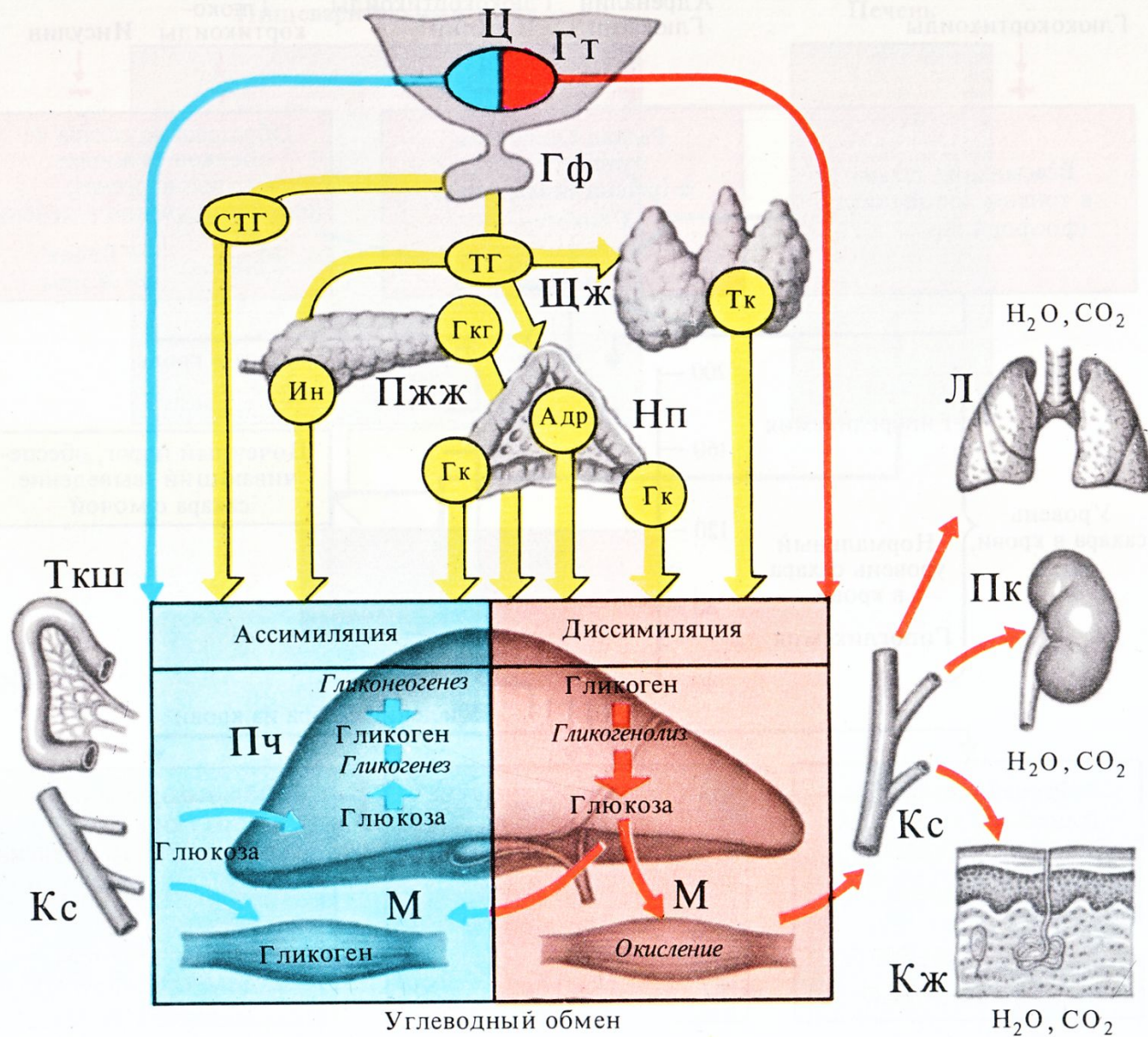
При избыточном поступлении углеводов в организм в печени происходит накопление гликогена, а при недостаточном поступлении, наоборот, гликоген, в ней распадается до глюкозы.

Большое значение в углеводном обмене имеют железы внутренней секреции — поджелудочная, щитовидная, надпочечники, гипофиз и др., которые под действием ЦНС регулируют ассимиляцию и диссимиляцию углеводов.



Гормональная регуляция углеводного гомеостаза: сплошными стрелками обозначена стимуляция эффекта, пунктирными — торможение

Регуляция углеводного обмена



ОБМЕН ЭНЕРГИИ

Жизнедеятельность каждой клетки организма, поддержание ее структурной организации обеспечивается благодаря непрерывному использованию энергии.

- Источником энергии для животных являются белки, жиры и углеводы корма:
 - 1 г углеводов корма при окислении в организме выделяет 4,1 ккал,
 - 1 г жиров - 9,3 ккал,
 - 1 г белков - 4,1 ккал.
- 1 ккал определяется как количество теплоты, необходимое для того, чтобы повысить температуру 1 г воды на 1°C.
 - 1 ккал равна примерно 4,2 килоджоуля.

Схема обмена энергии



Обменная энергия используется для обеспечения процессов в тканях:

- связанных с поддержанием жизнедеятельности организма в состоянии покоя и натоцак;
- связанных с поиском, приемом и перевариванием корма, поддержанием температуры тела;
- связанных с использованием на образование продукции и физической деятельностью у животных.

Количество усваиваемой энергии и обменной энергии в корме зависит как от его состава, так и от вида корма.

Определение количественных параметров обмена энергии



Регуляция обмена энергии

Роль центра в регуляции обмена веществ и энергии играет *гипоталамус*.

Симпатическая н.с. повышает образование и использование энергии; парасимпатическая н.с. активизирует образование АТФ; гормоны тироксин, трийодтиронин, катехоламины повышают энергетический обмен, глюкокортикоиды угнетают его. Повышение использования энергии вызывают половые гормоны.

**Система, обеспечивающая
поддержание оптимальной
температуры тела.
Теплообмен и регуляция
температуры тела.**

Температура тела – один из важнейших факторов, определяющих обмен веществ, интенсивность роста и развития животного организма за счет влияния на скорость химических реакций.

Температура тела животных и человека поддерживается на относительно постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды.

Постоянство температуры тела является необходимым условием существования животных. Колебания температуры тела у сельскохозяйственных животных незначительно и обычно не превышает 1°C.

Эти колебания зависят от возраста животных, пола, времени суток, времени года, физиологического состояния животных (беременность, течка и др.) и других факторов.

Животные

Пойкилотермные
(рыбы, земноводный,
пресмыкающиеся)



Гомойотермные
(птицы, млекопитающие)



Гетеротермные
(летучая мышь, колибри,
некоторые грызуны и др.)



| Вид животного | Температура | Вид животного | Температура |
|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Лошадь | 37,5-38,5 | Овца | 38,5-40,0 |
| Корова | 37,5-39,5 | Коза | 38,5-40,0 |
| Буйвол | 37,0-38,5 | Свинья | 38,0-40,0 |
| Олень | 38,0-38,5 | Курица | 40,5-42,0 |
| Верблюд | 37,5-38,5 | Собака | 37,5-39,0 |



- Осуществляется во всех тканях организма в процессе окисления белков, жиров и углеводов.
- В основном происходит с поверхности тела, кожи (ее температура регулируется состоянием сосудов) путем испарения пота и выделения влаги, со слизистых органов дыхания.

Постоянство температуры тела у животных может сохраняться лишь при условии равенства теплопродукции и теплоотдачи всего организма.

Различают химическую и физическую терморегуляцию:

- Химическая терморегуляция осуществляется путем усиления или ослабления образования тепла организмом в процессе обмена веществ. Температура окружающей среды влияет на образование тепла. При понижении внешней температуры обмен веществ повышается и, наоборот, при повышении – понижается. Крупный рогатый скот лучше переносит холод, чем тепло. У него химическая терморегуляция в условиях высоких температур проявляется слабо, и постоянство температуры обеспечивается хорошо развитой физической терморегуляцией.
- Физическая терморегуляция – это совокупность физиологических процессов, регулирующих отдачу тепла организмом.

Теплопродукция

Образование теплоты в организме происходит непрерывно в процессе обмена веществ. Наибольшее количество теплоты образуется в органах с интенсивным обменом веществ и большой массой – печени и мышцах. При мышечной работе накопленная в мышцах химическая энергия только на $1/3$ переходит в механическую работу, а остальные $2/3$ переходят в тепловую.

- *Несократительный термогенез* – образование теплоты путем обменных процессов.
- *Сократительный термогенез* – когда для поддержания температуры тела требуется дополнительная теплота, она вырабатывается путем произвольной тонической или ритмической мышечной активности (феномен дрожи), а также путем произвольной двигательной активности животного.

Теплопродукция на 1 м² поверхности тела в сутки составляет 3947-4512 кДж. Чем больше масса животного, тем меньше площадь поверхности, приходящаяся на 1 кг массы, тем соответственно на 1 кг массы меньше величина теплопродукции (у лошади 47,3, а у кролика 314,3 кДж в сутки).

У новорожденных и мелких животных в условиях холодового стресса увеличение образования теплоты обеспечивается за счет ускорения жира в бурой жировой ткани, локализованной между лопатками. В клетках бурой жировой ткани много митохондрий, которые окружают капельки жира.

Теплоотдача



Теплота, вырабатываемая в организме, отдается в окружающую среду с поверхности тела через кожу. Температура частей тела вблизи поверхности ниже, чем температура центральных частей. (Поверхностный слой – пойкилотермная оболочка; центральная часть – гомойотермная сердцевина).

Внутренняя температура в различных органах и в пределах одного органа, в различных его частях несколько различается. Наиболее высокая температура в прямой кишке. Но она отличается пространственной неравномерностью: на глубине 10-15 см она на 1°C выше, чем в области ануса.

Интенсивность теплоотдачи обусловлена физическими факторами:

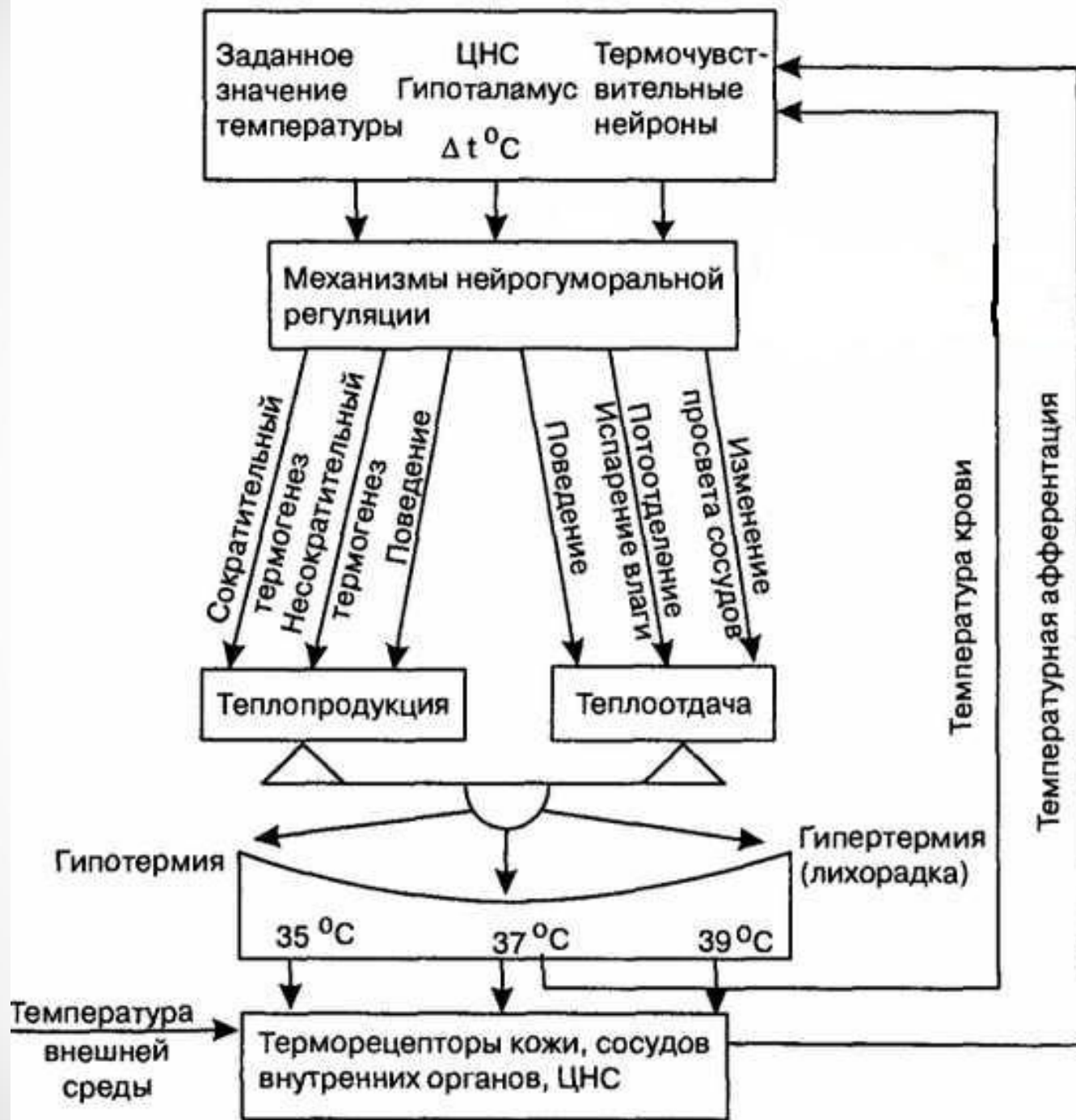
- Температура воздуха;
- Влажность;
- Теплоизлучение;
- Скорость движения окружающего воздуха;
- Тепловая изоляция.

Регуляция поддержания

температуры тела.

Под *терморегуляцией* понимают совокупность физиологических и психофизиологических механизмов и процессов, деятельность которых направлена на поддержание относительного постоянства температуры тела. Как у человека, так и у других теплокровных животных на относительно постоянном уровне поддерживается температура «ядра» тела. Это достигается с помощью баланса между количеством продуцируемого в единицу времени тепла и количеством тепла, рассеиваемого организмом за то же время в окружающую среду.

Основным нервным центром, регулирующие температуру тела, является гипоталамус. В нем имеются центры теплоотдачи и теплообразования. Центральный механизм терморегуляции приводится в действие двумя путями. Первый путь осуществляется температурой крови, притекающей к гипоталамусу, а второй – рефлекторный, сигналами от холодовых и тепловых рецепторов кожи.



При снижении температуры тела в связи с понижением температуры окружающей среды или недостаточностью теплопродукции, возбуждаются терморцепторы гипоталамуса, сосудов и тканей. Информация с терморцепторов поступает в нервный центр системы терморегуляции и вызывает формирование новой программы действия. Программа действия поступает по эфферентному звену к исполнительным органам и обеспечивает приспособление процессов теплопродукции и теплоотдачи к новым условиям, постоянство температуры тела. (Повышается тонус симпатических и соматических нервных волокон, увеличивается концентрация в крови тироксина, адреналина, кортизола, кортикостерона; происходит приспособление активности ферментов, состояния сосудов, активности потовых желез и ритма дыхания). Результат действия выражается в повышении окислительного распада углеводов, жиров, белков, усилении теплопродукции в почках, печени, в повышении тонуса мышц, в появлении непроизвольных сокращений мышц – дрожи, что ведет к повышению теплообразования.

Программа действия одновременно обеспечивает сужение сосудов кожи, понижение температуры кожи и соответственно потери теплоты путем излучения, конвекции и теплопроводения. Если при этом не устанавливается постоянная температура тела, включаются дополнительные механизмы, способствующие уменьшению поверхности тела: животное подбирает конечности, изгибает позвоночник, поднимаются волосы и создается неподвижный слой воздуха около тела.

При повышении температуры тела в связи с повышением температуры окружающей среды или повышенным образованием теплоты возбуждаются терморецепторы гипоталамуса, сосудов и тканей. Информация с рецепторов обеспечивает формирование в нервном центре такой программы действия, которая обеспечивает противоположные изменения периферических процессов, а также усиление функции потовых желез, учащение дыхания (потери теплоты всеми основными путями) и в итоге поддержание постоянства температуры тела.

