Комитет по здравоохранению Санкт-Петербурга

СПб ГБПОУ

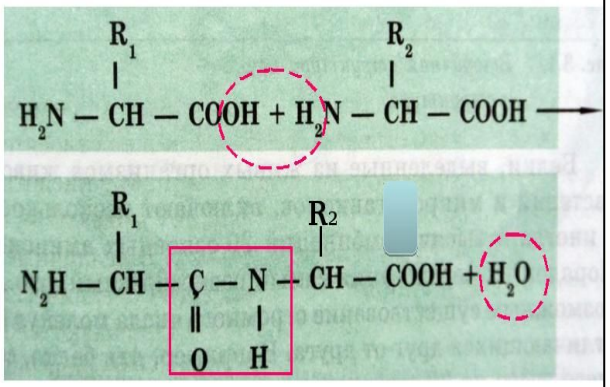
«МЕДИЦИНСКИЙ КОЛЛЕДЖ №1»

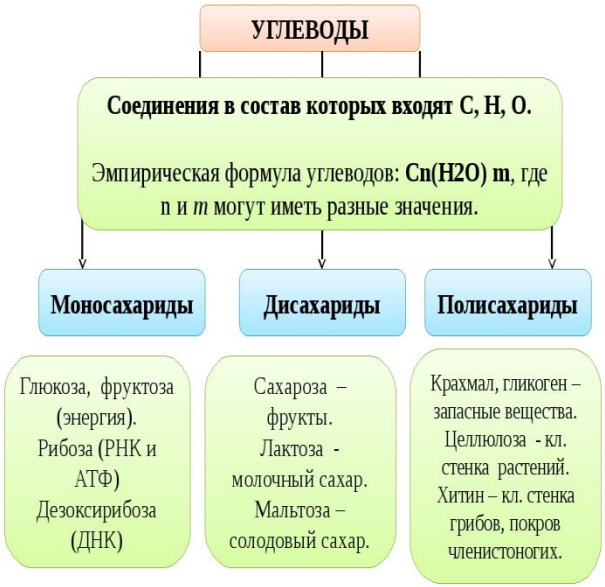
ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ОБМЕН БЕЛКОВ, ЖИРОВ И УГЛЕВОДОВ

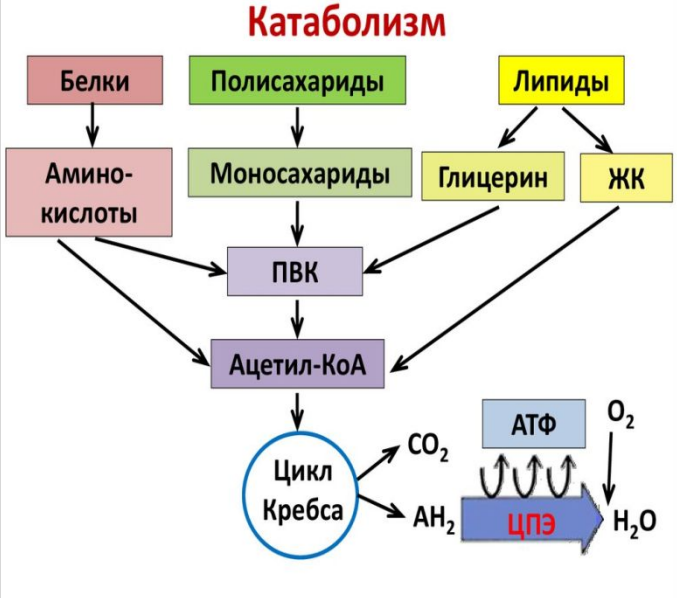
Конкиева Н.А.
Санкт-Петербург
2021г

Белки

- В составе белков аминокислоты соединяются между собой с образованием ***пептидной связи:***







Цель занятия: расширить и углубить знания об обмене веществ и энергии, обмене белков жиров и углеводов.

План лекции

- 1.Понятие об обмене веществ и энергии
- 2.Регуляция обмена веществ и энергии
- 3.Энергетический обмен
- 4.Обмен белков
- 5.Обмен липидов
- 6. Обмен углеводов
- 7.Домашнее задание

Студент должен знать

- Характеристику пластического и энергетического обмена
- Конечные продукты катаболизма
- Строение и функции АТФ
- Основной обмен и и факторы, влияющие на него
- Методы определения поступления и расхода энергии в организме
- Биологическую и энергетическую ценность

1.Понятие об обмене веществ и энергии

Совокупность процессов ассимиляции (синтеза) и диссимиляции (распада) называют **обменом веществ (метаболизмом**).

Анаболические реакции направленны на синтез новых молекул.

Катаболические реакции- реакции распада сложных органических веществ до простых . Сопровождаются выделением энергии.

- Для осуществления **<u>пластического обмена</u>**
- (анаболизм, ассимиляция) необходима энергия .
- Пример: синтез белков

- Все катаболические реакции **<u>составляют энергетический обмен.</u>**
- Пример: распад жиров, углеводов.

Различают пластический и энергетический обмен веществ

Пластический обмен	Энергетический обмен
• Преобладает в детском возрасте – рост развитие организма. • Синтез белка- пример пластического обмена.	• Метаболизм жиров и углеводов обеспечивают энергетический обмен (при участии кислорода – аэробный обмен; без кислорода анаэробный обмен). • По мере старения организма увеличивается число реакций распада (катаболизма), угнетается синтез новых веществ.

Метаболизм
(обмен веществ)

Анаболизм или ассимиляция (пластический обмен)

Происходит синтез сложных органических веществ из простых

Энергия затрачивается

Катаболизм или диссимиляция (энергетический обмен)

Происходит распад сложных органических веществ до простых

Высвобождается энергия и запасается в виде молекул АТФ

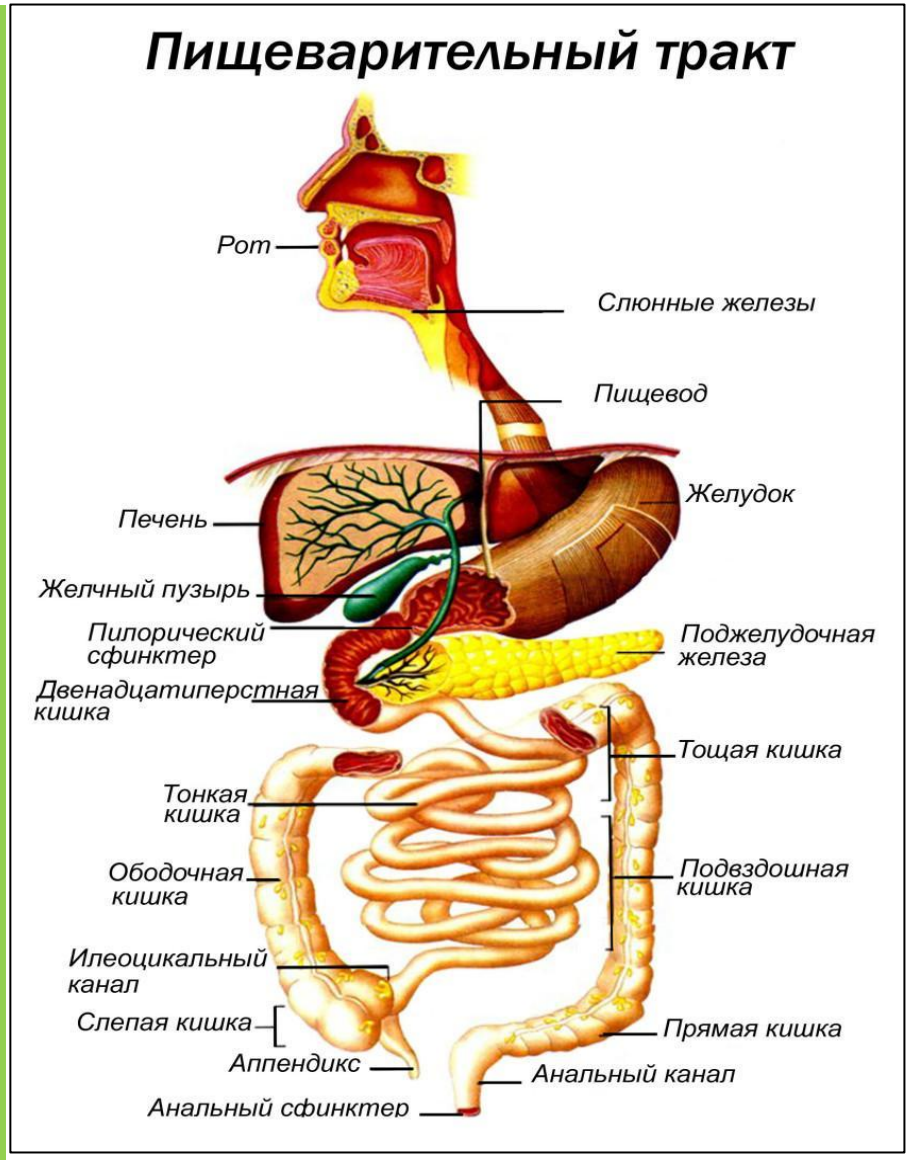
Передача энергии в виде молекул АТФ

Функции обмена веществ

1. **Поступление питательных веществ в ЖКТ, кислорода в легкие** (механическое и ферментативное **расщепление** веществ, с выделением энергии; **всасывание** (в кровь и лимфу) питательных веществ и их транспорт);

2. Использование питательных веществ клетками: **процессы ассимиляции и диссимиляции**;

3. **Образование и выведение** конечных продуктов метаболизма в окружающую среду (ЖКТ, легкие, моча, кожа).



Основные конечные продукты катаболизма (распада веществ):

Расщепляются

Белки	Углеводы	Жиры
↓	↓	↓
Амино-кислоты	Глюкоза	Глицерин + Жирные кислоты

- Углекислый газ (230 мл/мин);
- Окись углерода (0,007 мл/мин);
- Вода (350 мл/сут);
- Мочевина (30 г/сут);
- Другие азотсодержащие вещества (6 г/сут).

2.Регуляция обмена веществ и энергии

- **Русский физиолог И.П. Павлов**

установил, что нервная система может изменять интенсивность обмена веществ (трофической функцией нервной системы.)

1 . Нервная регуляция:

- Симпатическая ВНС регулирует

анаболические процессы с расходом энергии. Парасимпатическая ВНС регулирует катаболические процессы с накоплением энергии).

- Отдел промежуточного мозга-

гипоталамус регулирует деятельность железы внутренней секреции- **гипофиза.**

2. **Гуморальная регуляция:**

- Гипофиз контролирует деятельность других желез.
- Железы выделяют гормоны (инсулин, адреналин, тироксин) которые гуморальным путем регулируют обмен веществ.

3.Наследственные факторы:

- при нарушении биосинтеза ферментов (болезни - целиакия, фенилкетонурия и др.)

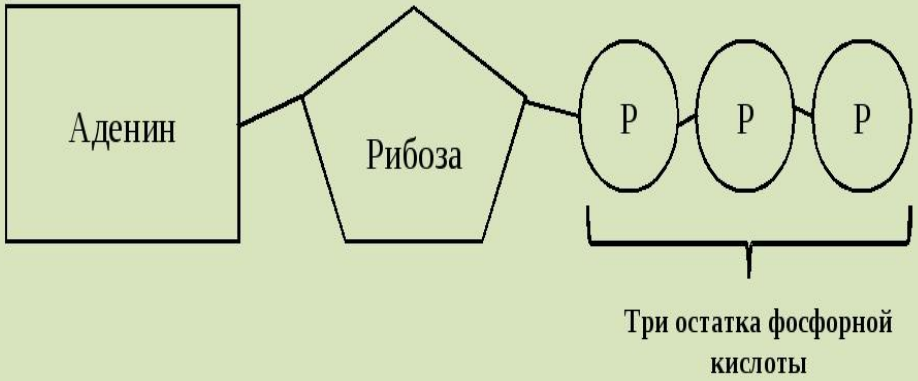
- Крайние формы **нарушения** обмена веществ и энергии- **ожирение и кахексия.**

3.Энергетический обмен

- Энергия накапливается в макроэргических связях АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты).
- **АТФ-универсальный источник энергии, используется для:**
- Реакций биосинтеза веществ и их активного транспорта;
- Клеточного деления;
- Мышечного сокращения; секреции желез и др.
- **Общее количество выработанной организмом энергии** соответствует сумме внешней работы, тепловых потерь и запасенной энергии

АТФ – аденозинтрифосфорная кислота, нуклеотид, состоящий из азотистого основания (аденина), сахара рибозы и трех остатков фосфорной кислоты.

Схема строения нуклеотида АТФ



Уровни метаболизма клетки

используют при оценке нарушений энергетического обмена

- **1.Уровень активного обмена;**
- **2.Уровень готовности** (для перехода клетки из состояния покоя на уровень активного обмена);
- **3.Уровень поддержания** (минимальная интенсивность обмена веществ, при нарушении которого клетка погибает).

Причины нарушения метаболизма:

- Отравление,
- Уменьшение скорости тока крови,
- Транспорт кислорода.

- Примеры:
- При переходе от активного уровня метаболизма дыхательных мышц, сердца или работы почек до уровня готовности , то органы потеряют активность и организм может погибнуть.
- В результате полной ишемии (отсутствия артериального кровоснабжения) головного мозга через 10 с наступает бессознательное состояние, через 3-8 минут в нейронах наступают необратимые изменения.
- Если скелетная мышца попадет в такую ситуацию- то обменные процессы остаются на уровне поддержания 1-2 часа.

Интенсивность обмена веществ:

- Высока утром и **снижается ночью**;
- Повышается во время приема и переваривания пищи;
- Повышается при понижении температуры окружающей среды;
- Повышается при физической нагрузке :
- при кратковременных нагрузках используется энергия окисления **углеводов,**
- при длительных нагрузках расщепляются **жиры** (до 80% энергии);
- Повышается после травм, ожогов, при высокой температуре тела и при гипертиреозе;
- **Понижается при гипотиреозе.**

Методы измерения затрат энергии

- **1.По количеству поглощенного кислорода**
- **2.По количеству тепла, отдаваемого организмом во внешнюю среду** в килокалориях (ккал) на единицу времени.
- **Калория** – **количество энергии (тепла), необходимое для повышения температуры 1 г воды на 1°С.**
- В международной системе единиц (СИ) в качестве основной единицы энергии принят **джоуль (Дж).**

Джоуль определен как работа, совершаемая при мощности в 1 Вт в течение 1 с:

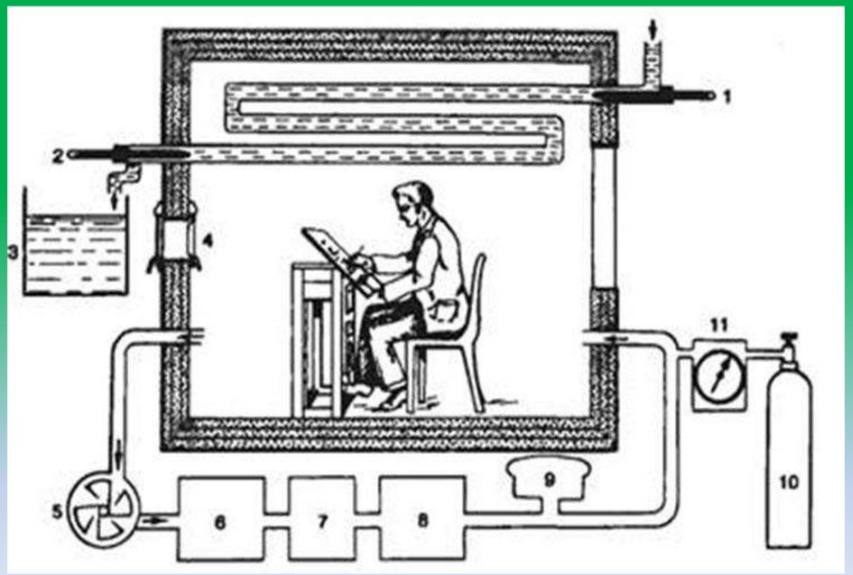
1 Дж = 1 Вт·с = $2{,}39 \cdot 10^{-4}$ ккал;

- **1 ккал = 4187 Дж = 4, 187 кДж**

Методы измерения затрат энергии

- ***Прямая калориметрия*** – непосредственный и полный учет количества выделенного организмом тепла в биокалориметрах.
- В стене вмонтирована сеть трубочек, по которым течет вода. Человек выделяет тепловую энергию, за счет которой нагревается вода.
- О количестве выделенного человеком тепла судят по степени нагрева воды.
- Метод точный, но трудоемкий, имеет теоретическое значение

Прямая калориметрия



1.2- термометры, 3- бак с водой; 4-окно для подачи пищи и удаления экскрементов; 5-насос для извлечения воздуха из камеры; 6,8-банки с серной кислотой, (для поглощения воды) ; банки с натронной известью для поглощения CO_2; 10-баллон с кислородом.

Методы измерения затрат энергии

Непрямая калориметрия

- определение количества

потребленного O_2 и выделенного CO_2 за период времени **(полный газовый анализ)** или только количество поглощенного O_2 (**неполный газовый анализ**) с последующим расчетом теплопродукции.

- Количество кислорода, необходимое

для окисления 1 г белков, жиров и углеводов – неодинаково, также как и количество выделяемого CO_2 и тепла.

В связи с этим определяют-

калорический эквивалент кислорода (КЭК) - количество тепла, освобождающееся после потребления организмом 1 л О

Мешок Дугласа используют в методике непрямой калориметрии с полным газовым анализом.

Мешок крепится на спине.

В мешок собирается возду выдыхаемый при работе.

По окончании работы возд анализируют с помощью газоанализаторов. Зная состав атмосферного воздуха, рассчитывают количество потребленного кислорода и выделившегося углекислого газа.

Затем

1.Рассчитывают дыхательный коэффициент;

2.Находят калорический эквивалент кислорода (КЭК)

3.Рассчитывают теплопродукцию.

Дыхательный коэффициент (ДК)

- Это отношение объема выделенного CO_2 к объему поглощенного O_2 различен при окислении белков, жиров и углеводов.

$$ДК = VCO_2/VO_2$$

- Его высчитывают, исходя из формул окислительных химических реакций.
- Углеводы – 1,0 (6 V CO_2/ 6 VO_2)
- Жиры – 0,71 (102 V CO_2/ 145 VO_2)
- Белки (при расщеплении до мочевины) – 0,8 (77.5 V CO_2/ 96.7 VO_2)
- При смешанной пище ДК = 0,85.

Расчет **теплопродукции** **организма** (Q)

$$Q = VO_2 \cdot КЭК,$$

Где, VO_2 – л/мин, КЭК – ккал/л, Q- ккал/мин

калорический эквивалент кислорода (КЭК) **– количество тепла, освобождающееся после потребления организмом 1 л O_2**

- **Способ неполного газового анализа:**
- зная количество потребленного организмом кислорода (с помощью определения наклона кривой спирограммы) – VO_2, усредненный дыхательный коэффициент 0,85 и соответствующий ему КЭК 4,86, можно рассчитать энергообмен за любой промежуток времени (1 мин или 1 сут):

$$Q = VO_2 \cdot 4{,}86$$

- Газообмен у человека можно определять методом Крога в специальных камерах закрытого типа (респираторная камера закрытого типа Шатерникова) либо открытым респираторным методом Дугласа-Холдейна.

ВИДЫ РАСХОДА ЭНЕРГИИ

Расход энергии подразделяют на:

- **Основной обмен**
- **Рабочий (рабочая прибавка)**.

ОСНОВНОЙ ОБМЕН

- **Основной обмен** – минимальное количество энергии, необходимое для обеспечения гомеостаза бодрствующего организма в условиях относительного физического и психического покоя.

- Основной обмен определяют в строго контролируемых стандартных условиях:

1. Натощак (через 12-16 часов после приема пищи);
2. При исключении белков из рациона за 2-3 дня до исследования;
3. В положении лежа;
4. В состоянии спокойного бодрствования;
5. В условиях температурного комфорта (18-20°C).

ОСНОВНОЙ ОБМЕН

- У взрослого человека с массой тела около 70 кг основной обмен составляет 4,2 кДж/час на 1 кг массы тела (1600-1700ккал / сутки)
- У здорового человека основной обмен - постоянная величина, характеризующая окислительные процессы в организме.
- Энергия организма в покое затрачивается на поддержание уровня обмена веществ, необходимого для работы сердца, дыхательных мышц, печени, почек, поддержания мышечного тонуса, температуры тела и т. д.

Факторы, влияющие на величину основного обмена

- Интенсивность окислительных процессов
- Условия внешней среды и климат (на севере он выше)
- Возраст (у детей он выше)
- Пол (у женщин он на 5-7% ниже, чем у мужчин)
- Физическая нагрузка (у людей умственного труда он ниже)
- Интенсивность основного обмена примерно на половину обусловлена **метаболизмом печени и покоящихся скелетных мышц.**
- При голодании она снижается из-за ослабления работы печени.
- При гиперфункции щитовидной железы она увеличивается на 150%, при гипофункции –снижается.

Рабочий обмен или рабочая прибавка

- **Рабочий обмен, или рабочая прибавка** – энергозатраты при физической или умственной нагрузке, в связи с приемом пищи, изменением внешней температуры.
- **Сумма основного обмена и рабочей прибавки составляет** валовый обмен.
- Предельно допустимая по тяжести работа для человека не должна превышать по энергозатратам уровень основного обмена более, чем в 3 раза.

Величина энергозатрат в зависимости от особенностей профессии

Группа	Особенности профессии	Коэффициент физической активности	Общий суточный расход энергии, ккал
Первая	Работники, занятые преимущественно умственным трудом (научные работники, студенты гуманитарных специальностей)	1,4	2100-2450
Вторая	Работники, занятые легким физическим трудом (медицинские сестры, санитарки)	1,6	2500-2800
Третья	Работники, занятые трудом средней тяжести (врачи-хирурги)	1,9	2950-3300
Четвертая	Работники, занятые тяжелым физическим трудом	2,2	3400-3850
Пятая*	Работники, занятые особо тяжелым физическим трудом	2,5	3850-4200

4.Обмен белков

Функции:

- Пластическая (структура, регенерация);
- Регуляторная (ферменты, гормоны – например инсулин);
- Гомеостатическая (онкотическое давление, вязкость крови, буферные системы крови);
- Защитная (антитела, свертывание крови);
- Транспортная (гемоглобин);
- Энергетическая;
- Двигательная (актин и миозин);
- Рецепторная (гликокаликс).

Аминокислоты

- Белки обладают различным аминокислотным составом, поэтому и возможность их использования для организма неодинакова.
- Из 20 аминокислот – 12 синтезируется в организме,
- а **8 – незаменимые аминокислоты:**
- **лейцин, изолейцин, валин, метионин, лизин, треонин, фенилаланин, триптофан.**
- В связи с этим различают **биологически ценные белки** – содержащие весь набор аминокислот, и **неполноценные**.
- Пища должна содержать **не менее 30% белков с высокой биологической ценностью**, в основном животного происхождения. Коэффициент превращения животных белков из растительных – 0,6-0,7%.

Аминокислоты

Заменимые

Заменимые аминокислоты <u>могут синтезироваться в организме.</u>

Потребность организма осуществляется за счет поступления белков пищи.

К заменимым аминокислотам относятся аланин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глицин, глютамин, глютаминовая кислота,тирозин, цистеин, цистин и др.

Незаменимые

Незаменимыми для взрослого здорового человека являются 8 аминокислот: валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треони́н, триптофан и фенилалани́н.

Для детей незаменимыми также являются аргинин и гистидин.

<u>Не могут быть синтезированы в организме.</u>

MyShared

Незаменимые аминокислоты

- Валин (мясо, грибы, молочные и зерновые продукты)
- Изолейцин (куриное мясо, печень, яйца, рыба)
- Лейцин (мясо, рыба, орехи)
- Лизин(рыба, яйца, мясо, фасоль)
- Метионин (молоко, фасоль, рыба, бобы)
- Треонин (молочные продукты, яйца,орехи)
- Триптофан (бананы, финики, курица, молочные продукты)
- Фенилаланин(говядина,рыба,яйца,молоко)
- Аргинин (семена тыквы, говядина, свинина, кунжут)
- Гистидин (говядина, курица, чечевица, лосось)

Суточная потребность белка (белки не откладываются в депо)

- Для полного удовлетворения потребностей организма в белке человек должен получать **80-100 г белка**, в том числе 30 г животного происхождения, а при физических нагрузках – 130-150 г.
- ***Физиологический оптимум белка* – 1 г/кг массы тела.**
- При окислении **1 г белков выделяется 4,0 ккал=16,7 Дж**

Продукты расщепления белка

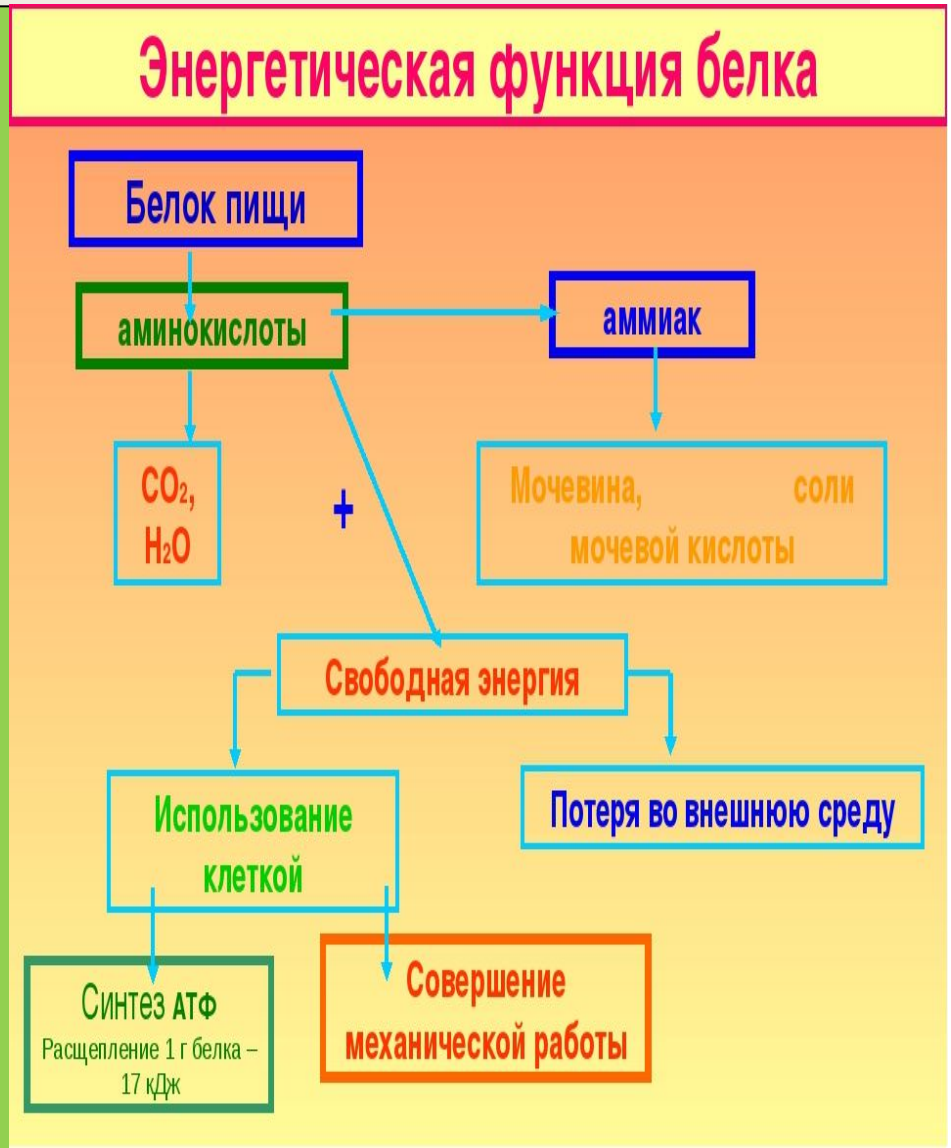
- **Мочевина**;
- **Аммиак;**
- Мочевая кислота;
- **Креатин;**
- **Креатинин**

-**Выделяются с мочой и потом**

Ядовитый аммиак превращается в печени в безвредную мочевину, которая выводится почками.

Мочевая кислота – продукт расщепления ядерных белков в тканях.

Таким образом, **в процессе распада белка образуется азот**, по количеству которого судят о количестве белка, расщепленного в организме.



Азотистый баланс

- *Азотистый баланс*- разница между количеством азота, поступившего в организм с пищей, и количеством азота, выделяемого из организма в виде конечных метаболитов 16 г азота соответствуют 100 г белка (1 г азота соответствует 6,25 г белка).
- Если количество поступившего азота равно количеству выделенного, то можно говорить об *азотистом равновесии*. Для поддержания азотистого равновесия в организме требуется 30-45 г/сут животного белка.
- Состояние, при котором количество **поступившего азота превышает выделенное, называется положительным азотистым балансом.**
- Состояние, при котором количество **выделенного азота превышает поступившее, называется отрицательным азотистым балансом.**

Азотистый баланс

- Минимальное количество белка, постоянно распадающегося в организме, называется *коэффициентом изнашивания (Рубнер)*.
- Он составляет примерно 0,028-0,075 г азота/кг в сутки.
- Таким образом, **потеря белка у человека массой 70 кг равна 23 г/сут**.
- Поступление в организм белка в меньшем количестве ведет к отрицательному азотистому балансу, неудовлетворяющему пластические и энергетические потребности организма.

Регуляция обмена белков:

- Регуляция белкового обмена осуществляется **гипоталамусом и гормонами** (в основном, соматотропином и тироксином).
- **Анаболизм** – соматотропин (гормон аденогипофиза), инсулин (поджелудочная железа), андроген (мужские половые железы).
- **Катаболизм** – тироксин и трийодтиронин (щитовидная железа), глюкокортикоиды и адреналин (надпочечники).

Нарушения белкового обмена

- Нарушения белкового обмена-**Диспротеинозы.**
- Возникают при дефектах пищеварительного процесса;
- При заболеваниях кишечника с нарушением его секреторной, моторной и всасывающей функцией.

5.Обмен углеводов

Углеводы: конечный продукт гидролиза – глюкоза, фруктоза, галактоза, которые после всасывания в кровь превращаются в глюкозу. Уровень глюкозы в капиллярной крови 3,5-5,5 ммоль/л (4,1-6,2 ммоль/л в плазме).

- ***Функции:***
- Пластическая (гликопротеиды, гликолипиды, пентозы входят в состав нуклеиновых кислот);
- Энергетическая (90% расходуется для выработки энергии).

Обмен углеводов

Суточная потребность:

- 500 г/сут (минимальная – 100-150 г/сут).
- **При окислении 1 г углеводов выделяется 4,0 ккал=16,7 Дж**

Взаимопревращения питательных веществ:

- 70% углеводов пищи окисляется в тканях до воды и CO_2,
- 25%глюкозы крови превращается в жир;
- 2-5% превращается в печени и мышцах в гликоген (гликогенез).
- При стрессе некоторое количество глюкозы образуется из аминокислот и глицерина (глюконеогенез).

Регуляция углеводного обмена

- Высшие центры регуляции углеводного обмена расположены в гипоталамусе. При раздражении некоторых его областей возникает **гипергликемия** -повышение количества глюкозы в крови (в норме - 4,4 – 6,67 ммоль/л). **Постоянная гипергликемия и глюкозурия характерны для сахарного диабета**.
- *Инсулин* – гормон β-клеток островковой ткани поджелудочной железы. Под его влияние ***снижается содержание глюкозы*** в крови и увеличчивается уровень гликогена в тканях.
- ***Активация синтеза глюкозы*** – глюкагон, гормон α-клеток островковой ткани поджелудочной железы, адреналин, глюкокортикоиды, соматотропин, тироксин и трийодтиронин, СНС.
- **Гипогликемия**- умньшение количества глюкозы в крови –при опухолях гипоталамуса, при гипофункции щитовидной железы и при тяжелой мышечной работе.
- При **резком** изменении уровня глюкозы возникает кома

6.Обмен липидов

Липиды: ПРОСТЫЕ (нейтральные жиры (триглицериды), воска), СЛОЖНЫЕ (фосфолипиды, холестерин, жирные кислоты)

Функции:

- Пластическая (фосфолипиды, холестерин);
- Энергетическая;
- Источник образования запасов энергии и эндогенной воды (у женщин депо 20-25% массы тела, у мужчин – 12-14%);
- Теплоизоляционная;
- Регуляторная (преобразование мужских половых гормонов в женские в жировой ткани).

Биологическая ценность:

- Для нормальной жизнедеятельности (структура мембран, синтез простагландинов и половых гормонов) необходимо присутствие в пище ***незаменимых жирных кислот*** – **олеиновой, линолевой, линоленовой, арахидоновой**. Суточная потребность в них – 10-12 г.
- Незаменимые (ненасыщенные) жирные кислоты нужны для синтеза фосфолипидов (компонентов клеточных мембран)
- Длительное отсутствие их приводит к кожным заболеваниям, гематурии, повреждению митохондрий, замедлению роста, потере способности к размножению.
- Важное значение имеют и сложные жиры – фосфатиды и стерины. **Холестерол** относится к классу стеринов, включающему также стероидные гормоны, витамин D, желчные кислоты. Экзогенно – **400 мг/сут**, эндогенно – 1000 мг/сут. Холестерол переносится с током крови в составе ЛПВП, ЛПНП. В норме ЛПНП/ЛПВП =1.
- **Кетоновые тела** при длительном голодании используются в качестве дополнительного энергетического источника головным мозгом.

Суточная потребность:

- ***Суточная потребность***: 70-80 г.

- **При окислении 1 г жиров выделяется 9,0 ккал или 37,7 Дж**.

- За счет окисления нейтральных жиров образуется 50% всей энергии взрослого человека.

Патология жирового обмена

- Ожирение –увеличение количества нейтрального жира в организме.
- При нарушении обмена холестерина (гиперхолестеринемия) возникает атеросклероз, образуются камни в желчном пузыре.

7.Домашнее задание

1) **Прочитать лекцию.**

2) **Ответить на контрольные вопросы:**

- 1.Дайте определение понятия «Метаболизм».
- 2.Какие виды обмена веществ происходят в организме человека?
- 3.Что такое азотистый баланс? Перечислите его виды.
- 4.Дайте определение основного обмена.

3)**Посмотреть видео и записать в тетрадь :**

- нормы анализа крови: холестерина, ЛПНП, ЛПВП, ТГЦ;
- заболевания связанные с нарушением обмена жиров.