



**ФРЕДЕРИК II**, император римлян и Король Сицилии и Иерусалима, живший в XIII веке был любителем естествознания. Один из его опытов заключался в следующем:

Любитель медицины велел позвать двух рыцарей и накормил одного из них мясом, другого хлебом. После этого он отправил их охотиться. Через несколько часов он умертвил обоих рыцарей и изучил содержимое их пищеварительного тракта. Что обнаружил естествоиспытатель в желудках подопытных? Какой раздел биохимии он изучал?



Организм человека представляет собой открытую термодинамическую систему, которая характеризуется наличием обмена веществ и энергии.



**Обмен веществ и энергии (метаболизм)** — это совокупность физических, биохимических и физиологических процессов превращения веществ и энергии в организме человека и обмен веществами и энергией между организмом и окружающей средой.

В обмене веществ различают две направленности процессов по отношению к структурам организма:

- 1. Ассимиляция или анаболизм**
- 2. Диссимиляция или катаболизм**

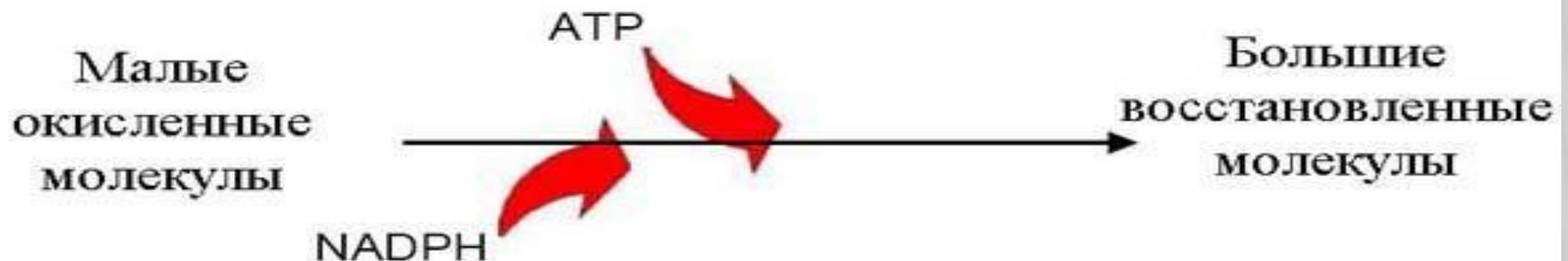
**Анаболизм** – это реакции ассимиляции, или реакции синтеза, которые идут с **затратой энергии АТФ**.

В ходе анаболизма образуются крупные органические соединения, органоиды, компоненты органов и тканей.

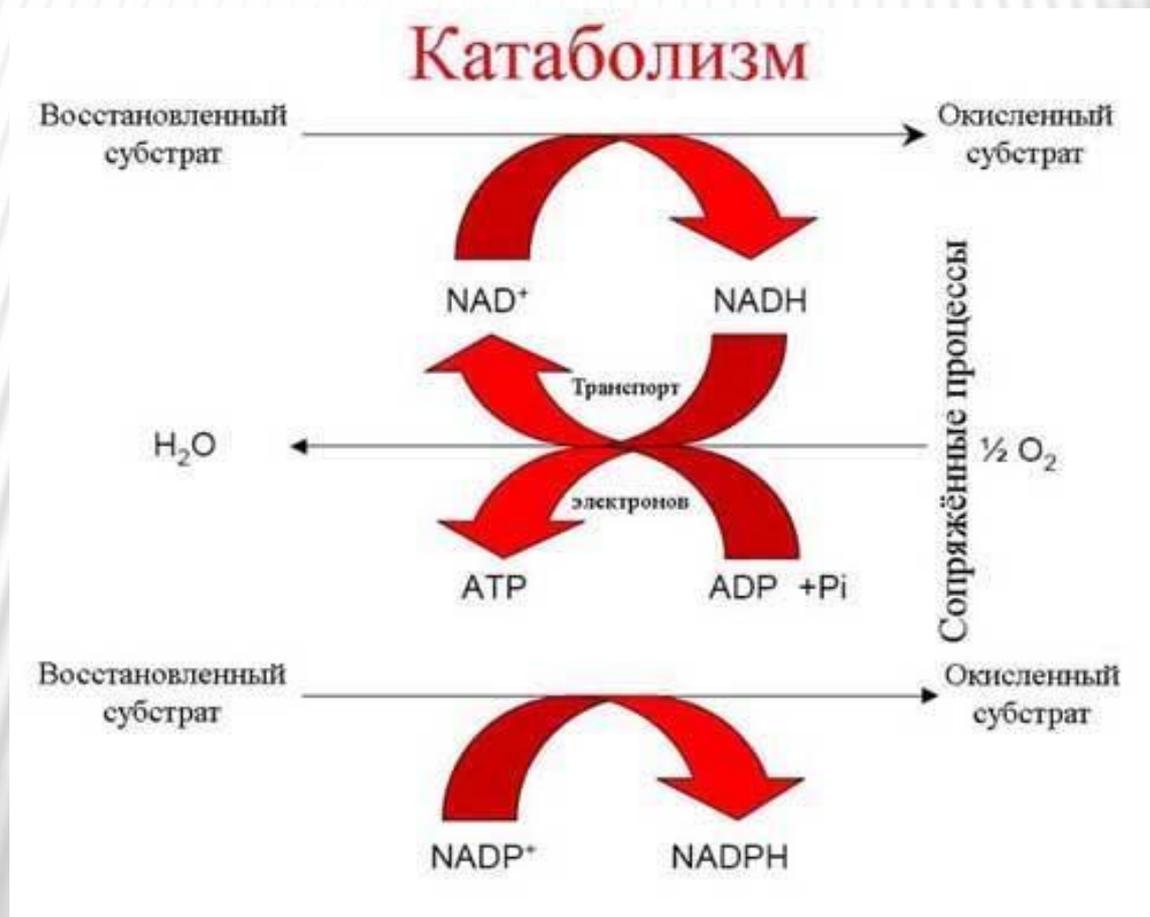
При анаболизме происходит образование видоспецифических углеводов, жиров, белков, структурных элементов роста, размножение и сохранение морфологической целостности.

При нарушении анаболизма происходит нарушение синтеза ферментов, гормонов, необходимых для катаболизма

## Анаболизм



**Катаболизм** – это реакции диссимиляции, в ходе которых расщепляются соединения и образуется молекула АТФ. Кроме того, в ходе катаболизма разрушаются компоненты клеток ткани и органов.



# Энергия в организме человека



# **Системы, обеспечивающие ассимиляцию и диссимиляцию**

## **Система АТФ – АДФ**

(АТФ - аденозин три фосфат, АДФ – аденозин ди фосфат).

## **Механизм образования энергии**

При превращениях углеводов, жиров и белков образуются особые химические соединения, накапливающие много энергии (**макроэрги**). В организме роль макроэргов выполняет **аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)**.

При отщеплении одного остатка фосфорной кислоты АТФ превращается в аденозиндифосфорную кислоту (АДФ), и при этом освобождается большое количество энергии (41-54 кДж на 1 моль), используемой в процессе жизнедеятельности.

**Синтез АТФ** за счет фосфорилирования АДФ происходит за счет энергии, освобождающейся при:

1. Реакциях окисления в цикле Кребса
2. Анаэробного гликолиза
3. Расщепления креатинфосфата.

## **Источники энергии в организме**

**Углеводы** в первую очередь выполняют энергетическую функцию, пластическая функция углеводов незначительна.

**Жиры** в равной степени выполняют и энергетические и пластические функции.

**Белки** являются основным строительным материалом для организма, но при определенных условиях могут являться и источниками энергии.

## Этапы образования энергии

Освобождение энергии, содержащейся в пищевых веществах, в организме человека протекает в три этапа:

### 1 этап

**Белки** расщепляются до аминокислот,

**Углеводы** - до гексоз, например, до глюкозы или фруктозы,

**Жиры** – до глицерина и жирных кислот.

На данном этапе организм в основном тратит энергию на расщепление веществ.

## 2 этап

Аминокислоты, гексозы и жирные кислоты в ходе биохимических реакций превращаются в **молочную и пировиноградную кислоты, а также в Ацетил коэнзим А.**

На данном этапе из пищевых веществ высвобождается до **30%** потенциальной энергии.

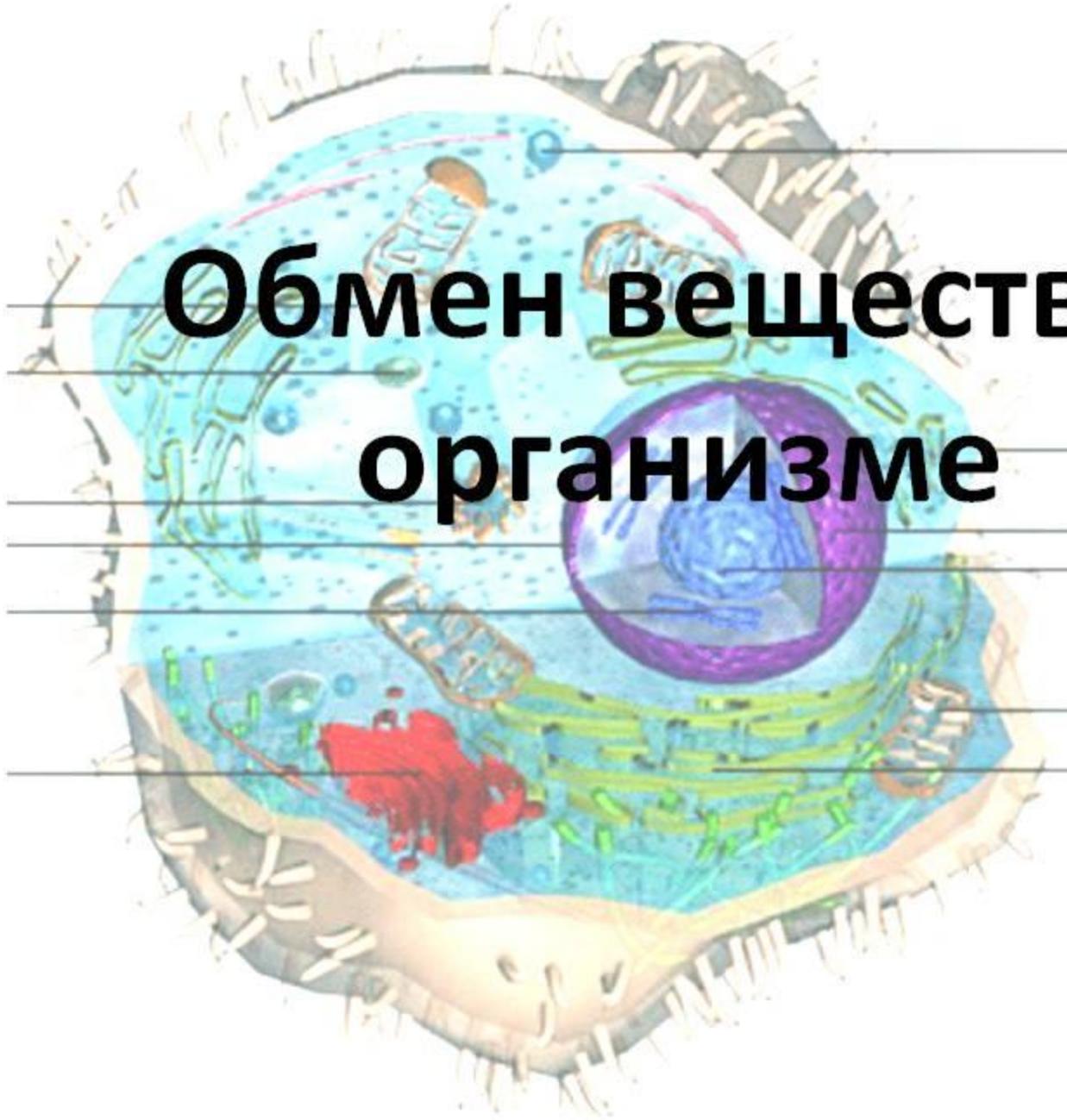
### 3 этап

При полном окислении все вещества расщепляются до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . На данном этапе, в метаболическом цикле Кребса, высвобождается оставшаяся часть энергии, около 70%.

Распределение энергии:

**Первичная теплота (Q1)** – энергия, которая распыляется в окружающую среду.

**Вторичная теплота (Q2)** – энергия, которая расходуется на различные виды работы в организме: механическую, электрическую, химическую и активный транспорт.



# Обмен веществ в организме

## 2. Роль белков в основном обмене веществ.

### Этапы белкового обмена.



## 2. Роль белков в основном обмене веществ

### *Основные этапы белкового обмена*

#### 1. Пищеварительный этап:

1. Расщепление белков до аминокислот

2. Всасывание белков в кровь

3. Аминокислоты транспортируются через эпителиальную клетку кишечника и поступают с кровотоком через воротную вену в **печень:**

- часть аминокислот задерживается и трансформируется в **гликоген**

- часть переносится к **различным органам и тканям.**

## 2. Промежуточный обмен белков

1. Начинается в **печени**, куда поступают всосавшиеся в желудочно-кишечном тракте аминокислоты.

- Часть аминокислот трансформируется в результате **процессов дезаминирования**

трансаминирования, декарбоксилирования. В результате получают новые аминокислоты, которые используются в синтезе жиров, углеводов и других соединений.

- Часть аминокислот задерживается в печени и участвует в **процессе образования гликогена** (Процесс глюконеогенеза - образование углеводов из неуглеводных продуктов (пирувата, лактата, глицерина, аминокислот, липидов, белков)).

2. В процессе промежуточного обмена аминокислот образуются и физиологически активные соединения при декарбоксилировании образуются амины (катехоламины, гистамин, серотонин) и гамма-аминомасляная кислота).

### 3. Биосинтез белка

1. Белки транспортируются из крови в клетки.
2. В клетках свободные аминокислоты образуют комплексные соединения с АТФ и транспортной РНК и доставляются к рибосомам.
3. Структурный компоненты клетки рибосомы «сшивают» аминокислоты в определенной последовательности и формируют **первичную полипептидную цепь.**
4. Далее в состав молекулы включаются фосфатные и кальциевые остатки и образовывается вторичная и третичная структура белка, которая определяет появление специфического белка с определенной молекулярной массой и характерными свойствами.

## 4. Распад белка

Главным путем распада белков в организме является протеолиз.

**Протеолиз** – ферментативный гидролиз белков до составляющих аминокислот. Протеолиз протекает во всех клетках организма. Осуществляющие его ферменты в основном находятся в лизосомах, есть они и в цитоплазме.

Аминокислоты, образующиеся при протеолизе белков, могут использоваться в той же клетке или выделяться в кровь.

## **5. Конечными продуктами белкового обмена являются**

**1. Углекислый газ**

**2. Вода**

**3. Азотсодержащие вещества:**

**мочевина, мочева́я кислота, аммиак, креатинин, гиппуровая кислота, индикан и др.**

Эти продукты должны быть выведены из организма либо обезврежены в ходе дальнейших метаболических реакций.

*Аммиак* обезвреживается за счет образования глутаминовой кислоты и глутамина, либо преобразовывается в менее токсичный продукт **мочевину**.

*Мочевая кислота*, являющаяся конечным продуктом обмена нуклеиновых кислот, выводится из организма через почки.

# Регуляция белкового обмена

Нейроэндокринная-регуляция обмена белков осуществляется группой гормонов.

**1. Соматотропный гормон гипофиза** во время роста организма стимулирует увеличение массы всех органов и тканей.

**2. Гормоны щитовидной железы — тироксин и трийодтиронин.** стимулируют синтез белка и благодаря этому активируют рост, развитие и дифференциацию тканей и органов.

### **3. Роль углеводов в основном обмене веществ. Этапы углеводного обмена.**



### **3. Роль углеводов в основном обмене веществ**

#### *Основные этапы углеводного обмена*

##### **1. Пищеварительный этап:**

Расщепление углеводов пищи до глюкозы

##### **2. Промежуточный этап:**

Кровь, содержащая глюкозу, поступает в **печень**.

Печень регулирует содержание глюкозы в кровотоке: при её избытке связывает, а при недостатке выводит в кровь.

## **В печени происходят различные процессы обмена углеводов:**

**1. Гликогенез** – образование гликогена в мышцах и печени

**2. Гликогенолиз** - распад гликогена до свободной глюкозы  
Ключевым ферментом в этом процессе является глюкозо-6-фосфатаза, который обеспечивает образование глюкозы из глюкозо-6-фосфата, образовавшегося при распаде гликогена.

**4. Глюконеогенез** - новообразование углеводов из продуктов распада жиров и белков.

**5. Образование глюкуроновой кислоты** - обеспечивает детоксикационную функцию печени.

**3) Конечными продуктами углеводного обмена** являются углекислый газ и вода, которые выделяются из организма при работе легких и почек.

При этом полностью освобождается потенциальная энергия заключенная в химических связях углеводов и которая использовалась организмом в виде макроэргических соединений.

## Регуляция углеводного обмена

К основным гормонам, поддерживающим нормальный уровень глюкозы в крови 3,3-5,5 ммоль/л, относят **инсулин и глюкагон.**

На уровень глюкозы влияют также гормоны адаптации – **адреналин, глюкокортикоиды и другие гормоны: тиреоидные, СДГ, АКТГ и т.д.**



**4. Роль жиров в основном обмене веществ. Этапы  
жирового обмена**

## 4. Роль жиров в основном обмене веществ

### *Основные этапы липидного обмена*

#### 1) Пищеварительный этап

В результате ферментативного расщепления триглицериды распадаются на глицерин и жирные кислоты;

Жирные кислоты вместе с желчными кислотами образуют водорастворимые комплексы (холеинаты);

Холеинаты проникают в клетки кишечного эпителия, где ресинтезируются в **хиломикроны**;

Ресинтезированные в кишечной стенке хиломикроны поступают в **лимфатические сосуды ворсинок кишечника**, которые собираются в грудной лимфатический проток;

Грудной лимфатический проток сливаясь с задней поллой веной обеспечивает **поступление хиломикрон в малый круг кровообращения**, где они и задерживаются в ткани **легкого**;

**В легких** хиломикроны постепенно подвергаются действию **липаз** и составляющие их ингредиенты используются в метаболизме как самого легкого, так и всего организма.;

Кроме хиломикронов в кровотоки поступают **жирные кислоты**, которые по воротной вене достигают **печени** и там используются в **метаболических реакциях**.

**2) Промежуточный обмен липидов** происходит в **печени, жировой ткани и клетках различных органов**, причем он оказывается тесно связанным с углеводным обменом.

В жировой ткани постоянно происходят интенсивные процессы обмена:

**Липогенез** - отложение жира в виде триглицеридов

**Липолиз** - распад триглицеридов с освобождением жирных кислот

В печени могут образовываться ***кетоновые тела*** (ацетоуксусная и бета-оксимасляная кислоты и ацетон), используемые как источник энергии, но при нарушении межклеточного обмена липидов возможно повышение уровня кетонových тел (***гиперкетонемия***) и выделение их с мочой (***кетонурия***).

**3) Конечными продуктами липидного обмена являются углекислый газ и вода.**

Продукты неполного окисления жиров **кетоновые тела** могут наряду с участием в энергетическом метаболизме и использованием в качестве предшественников молока выводиться за пределы организма почками и легкими.

## **Регуляция жирового обмена**

**Катехоламины (адреналин, норадреналин)** усиливают липолиз и мобилизацию жирных кислот из жировых депо, активизируя **тканевую липазу**.

Усиливают липолиз **гормоны глюкагон, тироксин, глюкокортикоиды, гормон роста, кортикотропин**.

Угнетают липолиз **инсулин и простагландины**. Инсулин способствует разрушению цАМФ, необходимой для активации липазы, а простагландины ингибируют аденилатциклазу.



## **5. Роль воды в основном обмене веществ**

## 5. Роль воды в основном обмене веществ

1. Все *биохимические реакции в организме* идут в водных растворах
2. Вода обеспечивает *процессы пищеварения*, анализа вкусовых качеств пищи, растворения, размягчения,
3. Вода создает оптимальные условия для функционирования ферментативных систем и симбионтных организмов.
4. В водной фазе происходит *всасывание питательных веществ и удаление из организма конечных продуктов обмена*.
5. Вода является *основой внутриклеточного обмена*. Внутри клеток заключено 71% всех водных запасов организма. Внеклеточная вода может размещаться внутри сосудистого русла (в составе крови, лимфы и спинномозговой жидкости 10%) и в межклеточном пространстве (в составе тканевой жидкости 19%).
6. Вода является одним из наиболее важных механизмов терморегуляции.

## Обмен воды

**В обмене воды** существенную роль играют *лёгкие, кожа, желудочно-кишечный тракт и почки.*

1. Удаление воды из организма через *лёгкие* происходит в виде водяного пара, причём потери воды соответствуют интенсивности дыхания и температуры тела.

2. *Кожа* участвует в удалении воды из организма за счёт выделения и испарения пота. Интенсивность испарения зависит от разности температуры поверхности тела и окружающей среды.

3. *Желудочно-кишечный тракт* является местом поступления воды с питьем и пищей. Основное участие пищеварительного тракта заключается в образовании пищеварительных соков – слюны, желудочного, кишечного, поджелудочного соков, которые в несколько раз превышают объём циркулирующей крови.

4. Основным органом, осуществляющим регуляцию водно-электролитного состава внутренних сред организма являются *почки.*

## Регуляция водного обмена

Регуляция выделения воды и электролитов осуществляется путем нейрогуморального контроля **функции почек**.

Особую роль в этой системе играют два тесно связанных между собой нейрогормональных механизма - **секреция альдостерона и (АДГ)**.

1. АДГ поддерживает баланс жидкости, препятствуя выделению воды почками (антидиуретическое действие). Потеря жидкостей стимулирует через волюморецепторы секрецию альдостерона, в результате чего происходит задержка натрия и повышение концентрации АДГ.

2. Степень потери воды и натрия определяют механизмы гуморальной регуляции водно-солевого обмена: **антидиуретический гормон гипофиза, вазопрессин и надпочечниковый гормон альдостерон**, воздействующие на почки.

## 6. Роль минералов в основном обмене веществ



## 1. **Всасывание минеральных веществ.**

Часть минеральных веществ всасывается в **желудке**, основная масса - слизистой оболочкой **тонкой кишки**, частично - **толстой кишки**. Всасывание многих катионов стимулируется присутствием в химусе жиров, желчи и сока поджелудочной железы.

Частицы минеральных веществ проникают в цитоплазму клеток покровного эпителия слизистой оболочки в результате диффузии или осмоса, некоторая часть - пиноцитозом или в виде соединений с белковыми переносчиками.

По эндоплазматической сети они перемещаются от апикального к базальному краю клетки, затем поступают в межклеточное пространство, из него в **печень**, после чего разносятся по **всему организму**, где используются его тканями и клетками.

В печени и в других органах часть минеральных веществ **депонируется**.

## **2. Промежуточный обмен минеральных веществ.**

Минеральные вещества частично остаются в крови и лимфе, большинство их откладывается в органах и тканях или используется отдельными клетками для самых различных потребностей.

**1. В костной ткани** откладываются кальций и магний в виде фосфатов, карбонатов и апатитов. В костях скелета концентрируются фтор, титан, стронций, цезий, рубидий, алюминий, бериллий, свинец, олово.

**2.** В тканях печени и в костном мозгу, где образуются эритроциты откладывается железо. Много железа концентрируется **в селезенке** - месте разрушения эритроцитов.

**3.** В тканях **поджелудочной железы** депонируются цинк и марганец

**4.** В **щитовидной железе** депонируется йод.

**5.** Подкожная клетчатка и мышечная ткань, плазма крови, лимфа, ликвор содержат ионы натрия и калия. Ионы калия сосредоточены внутри клеток, натрия - во внеклеточной жидкости.

**Обмен ионов между клеткой и межклеточной жидкостью** протекает согласно законам осмоса. В биологических жидкостях минеральные вещества находятся в связанном с белками (глобулинами или альбуминами) состоянии, в виде отдельных ионов (активная форма) или солей.

## **Конечный обмен минеральных веществ.**

Продукты конечного обмена минеральных веществ выделяются с мочой, потом и калом.

1. **Через почки** с мочой выделяются натрий, калий, кобальт, кальций, магний, и некоторые другие элементы. Натрий и калий выделяются в виде хлоридов и сульфатов, сера - в виде сульфатов и парных соединений, фосфор - в виде средних и кислых солей ортофосфорной кислоты.

2. **С калом** выделяются тяжелые металлы в виде различных солей. Слизистая оболочка кишок способна выделять щелочноземельные соли фосфорной кислоты.

3. Часть минеральных веществ выделяется **с потом**.

## Регуляция минерального обмена

Минеральный обмен регулируется центральной нейро-эндокринной системой.

**1. Паратгормон** регулирует обмен кальция, магния и фосфора.

**2. Минералокортикоиды** коры надпочечников участвуют в регуляции обмена кальция и натрия, а также выделения их избытка с мочой.

**3. Альдостерон** регулирует распределение ионов натрия и калия между плазмой крови и клетками.

**4. Под влиянием антидиуретического гормона** задней доли гипофиза уменьшается выделение мочи из организма и происходит задержка минеральных веществ в органах, тканях и клетках.

**5. Половые гормоны** стимулируют диурез и способствуют выделению избытка минеральных веществ из организма.

**Оценка основного и энергетического  
обмена организма**



## 1. Формулы для расчета основного обмена веществ

### Расчет основного обмена веществ в покое

$$(17,5 \times \text{масса тела}) + 651$$

### Определение основного обмена по формуле Харриса-Бенедикта

$$\text{ОО (мужчины)} = 66 + (13,7 \times \text{МТ}) + (5 \times \text{Р}) - (6,8 \times \text{В})$$

$$\text{ОО (женщины)} = 655 + (9,6 \times \text{МТ}) + (1,8 \times \text{Р}) - (4,5 \times \text{В})$$

где МТ – масса тела, Р - рост, В – возраст

### Определение основного обмена по величине поверхности тела

$$\text{ОО} = \text{ПТ} \times \text{N ккал/сут} \times 24 \text{ ч, где}$$

ОО – основной обмен

$$\text{ПТ} – \text{площадь тела, ПТ} = 167,2 \times \text{М} \times \text{Р}$$

### Определение отклонения основного обмена от нормы по формуле Рида

$$\text{ОО} = 0,75 \cdot (\text{ЧСС} + \text{ПД} \times 0,74) - 72, \text{ где}$$

ЧСС - частота сердечных сокращений (по пульсу)

ПД - пульсовое давление (Разность между вашим систолическим и диастолическим давлением, выраженная в мм. ртутного столба, называется пульсовым давлением (ПД))

## 2. Формулы для расчета должного (идеального) веса

### Определение должного (идеального) веса по формуле Брока-Бугша

$P = L - 100$ , если  $L = 155 - 165$  см

$P = L - 105$ , если  $L = 166 - 175$  см

$P = L - 110$ , если  $L = 176$  см и выше

где  $P$  - оптимальная (желаемая) масса, кг;  $L$  - длина тела, см

### Определение должного (идеального) веса (ИМТ) по индексу Кетле

$ИМТ = M / P^2$ ,

где  $M$  – масса тела, кг;  $P$  – рост, м.

### 3. Формулы для расчета энергии на жизнедеятельность (рэ)

#### Определение расхода энергии энергии на жизнедеятельность

Общий расход энергии для мужчин:  $РЭм = 6(P - B) + 20M$  (ккал)

Общий расход энергии для женщин:  $РЭж = 6(P - B) + 20M - 200$   
(ккал).

где  $P$  – рост (в см),  $B$  – возраст (в годах),  $M$  – вес тела (в кг).

#### Определение расхода энергии (РЭ) у больного человека

Расход энергии (РЭ) =  $ОО \times \Phi A \times \Phi П \times ТФ$

РЭ – действительный расход энергии, ккал/сутки;

1.  $ОО$  – основной энергетический обмен

2.  $\Phi A$  – фактор активности;

3.  $\Phi T$  – фактор травмы;

4.  $ТФ$  – температурный фактор

5. ДМТ - дефицит массы тела

Формула Миффлина – Сан Жеора

## Формула Миффлина – Сан Жеора

Мужчины:  $РЭ = 10 \times \text{вес (в кг)} + 6,25 \times \text{высоту (в см)} - 5 \times \text{возраст (в годах)} + 5$

Женщины:  $РЭ = 10 \times \text{вес (в кг)} + 6,25 \times \text{высоту (в см)} - 5 \times \text{возраст (в годах)} - 161$

Где РЭ – фактический расход энергии здорового человека

Формулы для вычисления затрат на физическую деятельность

**1. Затраты энергии на физическую деятельность можно считать пропорциональными весу тела:**

$ЗФД \text{ (физическая деятельность)} = 7М \text{ (ккал)}$

**2. Учет затрат энергии по пульсу и допустимые пределы изменения пульса.**

$РЭ = 60 \text{ мин} \times 0,014 \times М \times (0,12 \times П - 7) \text{ (ккал)}$ .