

# Лекция 9. Обмен веществ и энергии в организме. Питание

- Пластический и энергетический обмен.
- Обмен энергии в организме.
- Обмен белков. Азотистое равновесие.
- Обмен жиров и углеводов.
- Водно-солевой обмен.
- Питание. Нормы питания.



# Обмен веществ, или метаболизм, -

- лежащий в основе жизни закономерный **порядок превращения веществ и энергии** в живых системах, **направленный на их сохранение и самовоспроизведение**;
- совокупность всех химических реакций, протекающих в организме.
- Ф. Энгельс, определяя жизнь, указывал, что ее важнейшим свойством является постоянный ОВ с окружающей внешней природой, с прекращением которого прекращается и жизнь.
- Т. о., ОВ - существеннейший и неременный признак жизни.

# ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ



## Питательные вещества:

- Белки
- Жиры
- Углеводы
- витамины
- минеральные вещества
- $H_2O$
- $O_2$

## Процессы

*ассимиляции*  
(анаболизма) и  
*диссимиляции*  
(катаболизма)

## Продукты обмена:

- ✓  $CO_2$
- ✓ мочевины и т. д.
- ✓  $H_2O$
- ✓ **Тепло**

**Обмен веществ и энергии = метаболизм.**

**Внешний обмен**  
поглощение и  
выделение веществ

**Внутренний обмен**

Пластический обмен =  
ассимиляция

Энергетический обмен =  
диссимиляция

Совокупность процессов  
синтеза сложных органи-  
ческих веществ из простых

Совокупность процессов  
расщепления сложных  
веществ до простых

Сопровождается  
поглощением энергии

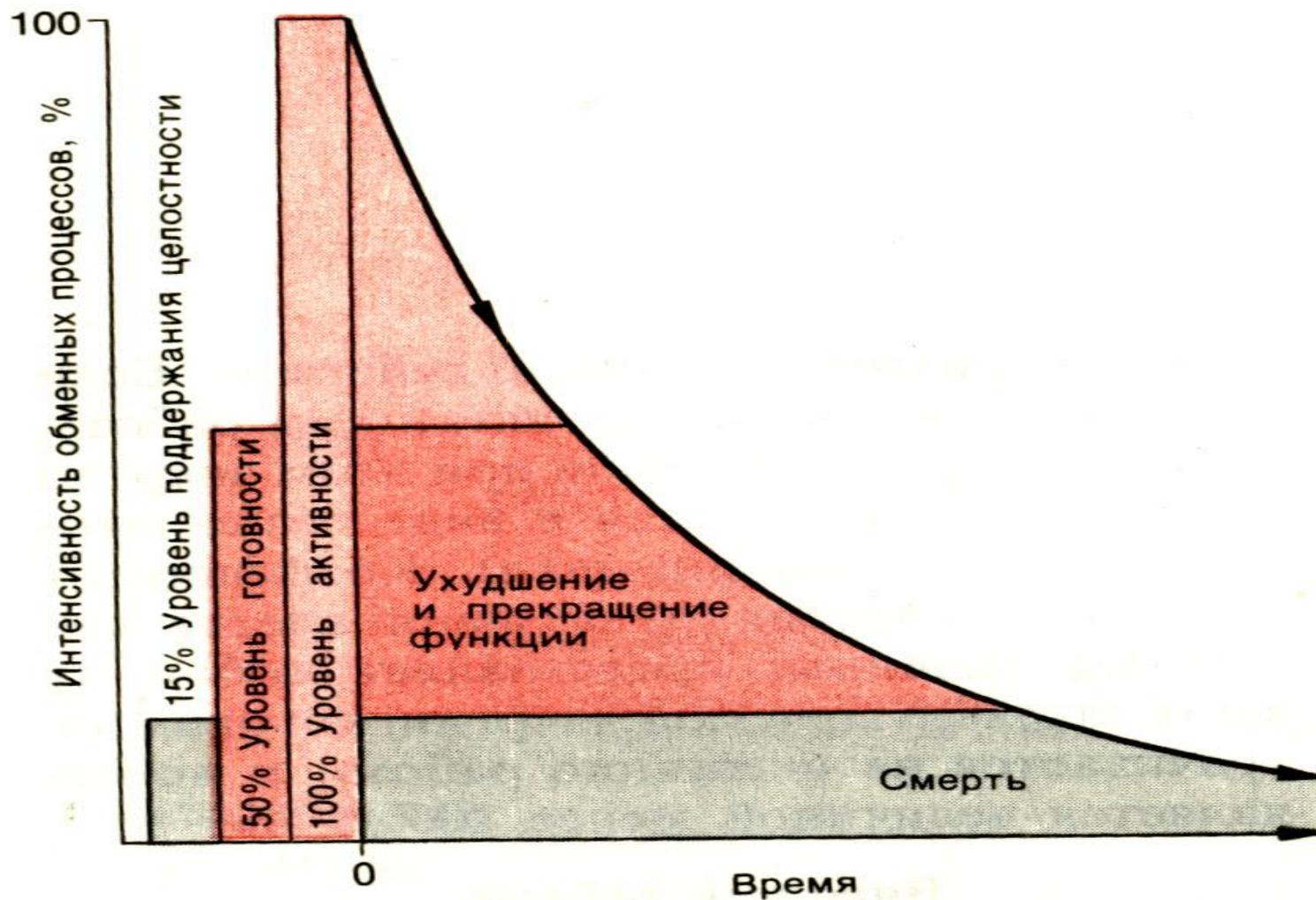
Сопровождается  
выделением энергии

# Две стороны обмена веществ:

- **Пластический обмен** – процессы, направленные на **рост** и **обновление** структур организма
- **Энергетический обмен** – процессы, направленные на **энергообеспечение** функций организма ( в том числе пластического обмена)

- **Энергетический обмен включает:**
- *энергетический катаболизм* – распад субстратов для выработки энергии;
- *энергетический анаболизм* – синтез субстратов для запасания энергии.
- **Пластический обмен включает:**
- *пластический катаболизм* – распад старых структур для их обновления;
- *пластический анаболизм* – построение новых структур.

# Уровни интенсивности обменных процессов



# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС:

Образование Э. = Э. работы + Э.теплопотерь + Э.запас.

## • УРОВНИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭНЕРГООБМЕНА КЛЕТКИ:

---

- Уровень поддержания целостности клетки - 15%
- Уровень функциональной готовности клетки - 50%
- Уровень функциональной активности клетки - 100%

**Энергетический баланс** — это соотношение между количеством энергии, поступающей с пищей, и энергией, расходуемой организмом.

- Энергетическое равновесие
- Положительный энергетический баланс
- Отрицательный энергетический баланс

На что расходуется энергия  
в организме?



**Общий обмен (ОО)** – это суточные энергозатраты на все виды деятельности

**Общий обмен** складывается из:

- основного обмена (ОсО)
- специфически динамического действия пищи (СДДП)
- рабочей прибавки (РП)

# Основной обмен

- это суточные энергозатраты организма в условиях покоя.

ОсО определяется в **стандартных условиях:**

- бодрствование
- физический (лежа) и психический покой
- натощак – через 12-14 ч после приема пищи (белки исключаются за 2-3 дня)
- в условиях температурного комфорта (18-20° С)

# ОСНОВНОЙ ОБМЕН – должный и фактический

- **Должный ОсО** – это величина ОсО, которая должна быть у человека с учетом пола, роста, массы тела и возраста.

Определяют:

- по таблицам Гарриса и Бенедикта
- по формулам Гарриса и Бенедикта
- по приближенной формуле (**на 1 кг массы тела расходуется 1 ккал в час**)

**ДОсО** = 1 ккал × масса тела × 24 час.

- по площади поверхности тела

# ОСНОВНОЙ ОБМЕН – должный и фактический

- **Фактический  $\text{O}_2\text{O}$**  - это величина  $\text{O}_2\text{O}$ , которая имеется у человека в действительности.

Определяется методом калориметрии.

Определяют % отклонения  $\text{FO}_2\text{O}$  от  $\text{DO}_2\text{O}$ .

Отклонения  $\text{FO}_2\text{O}$  от  $\text{DO}_2\text{O} \pm 10\%$  норма.

# Расходы энергии основного обмена:

- на работу мозга (18%),
- печени (26%),
- почек (7%),
- сердца (9%),
- мышечный тонус (26%)
- работу других органов (14%).

# Специфически динамическое действие пищи (СДДП)

- СДДП – это дополнительные к величине  $O_{cO}$  энергозатраты, связанные с приемом пищи.
- СДДП зависит от вида принимаемой пищи:
  - белки + 28-30%,
  - жиры + 12-14%,
  - углеводы + 7-8%.
  - смешнное питание + 15%.

# Основной обмен зависит от

- возраста
- пола
- роста
- массы тела
- функции эндокринных желез



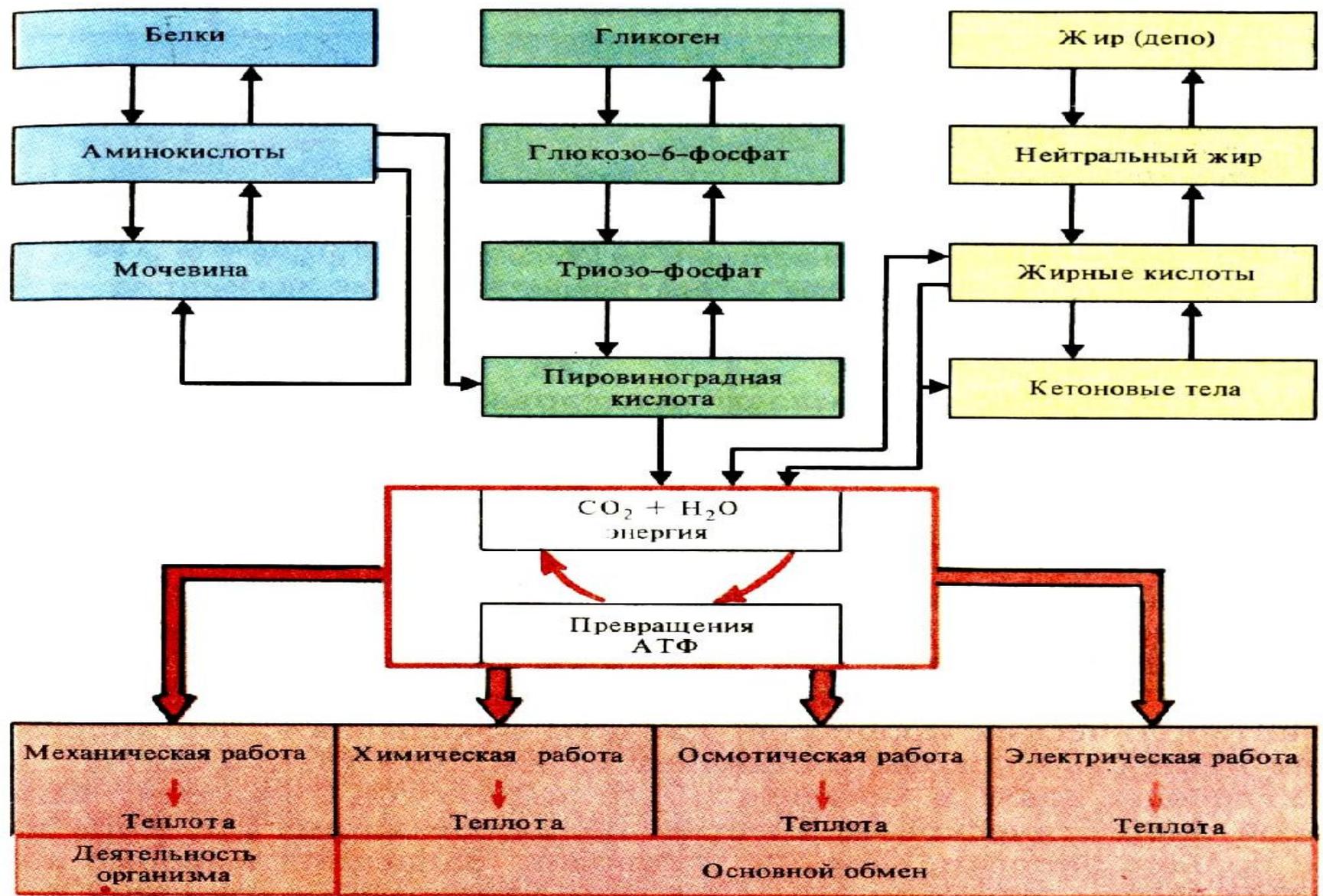
**Рабочая прибавка** - это дополнительные к величине **ОсО** энергозатраты, связанные с выполнением различных видов работ

## Работа

- **Физическая**
- **Умственная**

**Суточные энергозатраты (общий обмен) =  $ОсО \times КФА$**   
(коэффициент физической активности)

**Энергетический обмен** – это совокупность процессов превращения различных форм энергии между собой



# Классификация работающих в зависимости от вида трудовой деятельности

- **1 группа** – работники преимущественно умственного труда, (научные работники, студенты гуманитарных специальностей, операторы ЭВМ, педагоги и др.)

- Коэффициент физической активности (КФА) – 1,4



# Классификация работающих в зависимости от вида трудовой деятельности

- **2 группа** – работники, занятые легким трудом, **КФА – 1,6** (водители трамваев, троллейбусов, агрономы, врачи, медсестры, работники сферы обслуживания и др.)
- **3 группа** – работники средней тяжести труда, **КФА – 1,9** (слесари, станочники, водители автобусов, **врачи-хирурги**, металлурги-доменщики и др.)



# Классификация работающих в зависимости от вида трудовой деятельности

- **4 группа** – работники тяжелого физического труда, **КФА – 2,2** (строительные рабочие, механизаторы, металлурги и литейщики и др.)
- **5 группа** – работники особо тяжелого физического труда, **КФА – 2,5** (горнорабочие, вальщики леса, землекопы и др.)



# Расчет энергетического баланса

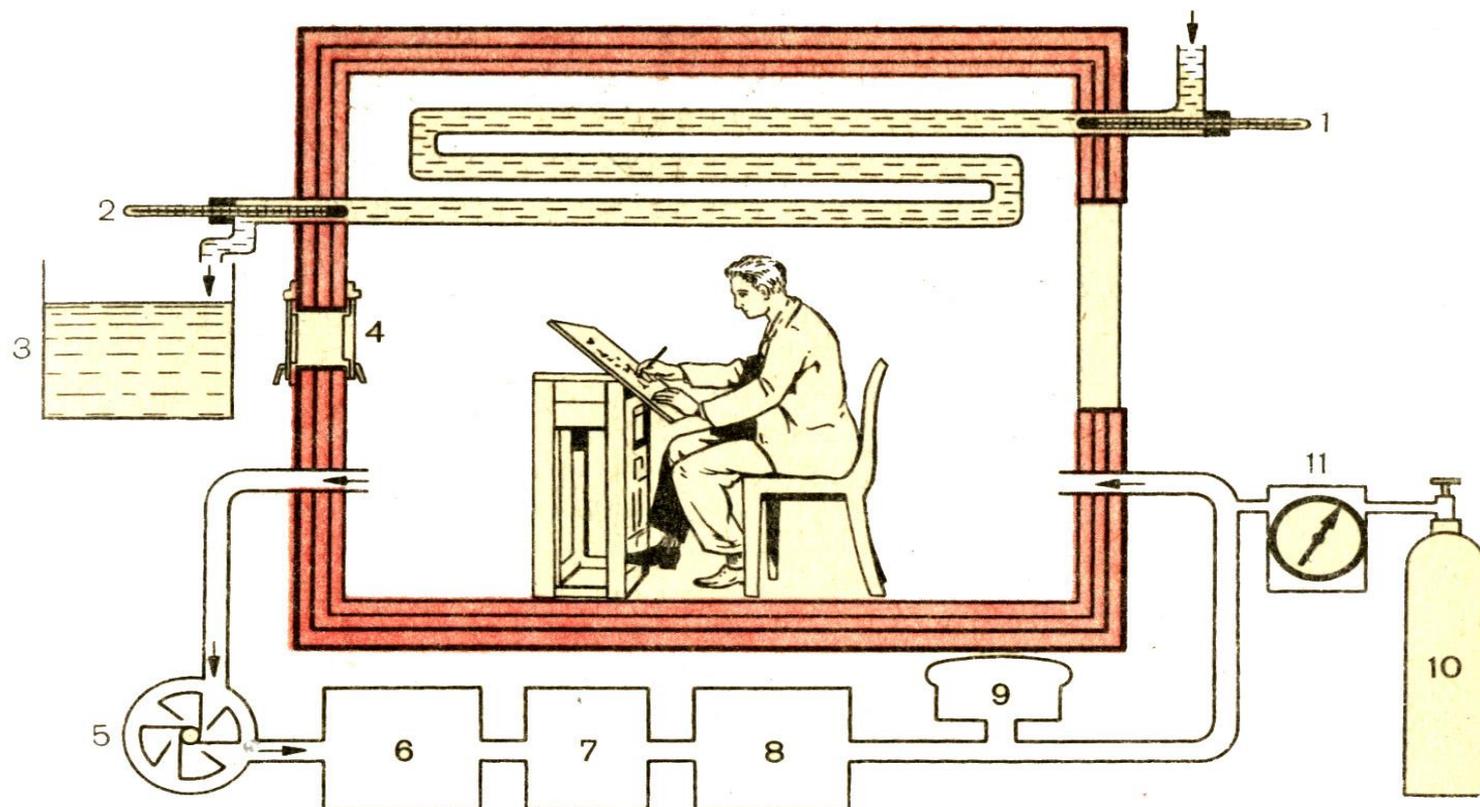
Расчет энергозатрат: определение количества **тепла**, выделяемого из организма.

- **методы калориметрии:**
  - Прямая
  - Непрямая (газовый анализ)

# Прямая калориметрия

непосредственное определение количества тепла, выделяемого человеком во внешнюю среду.

## Калориметр



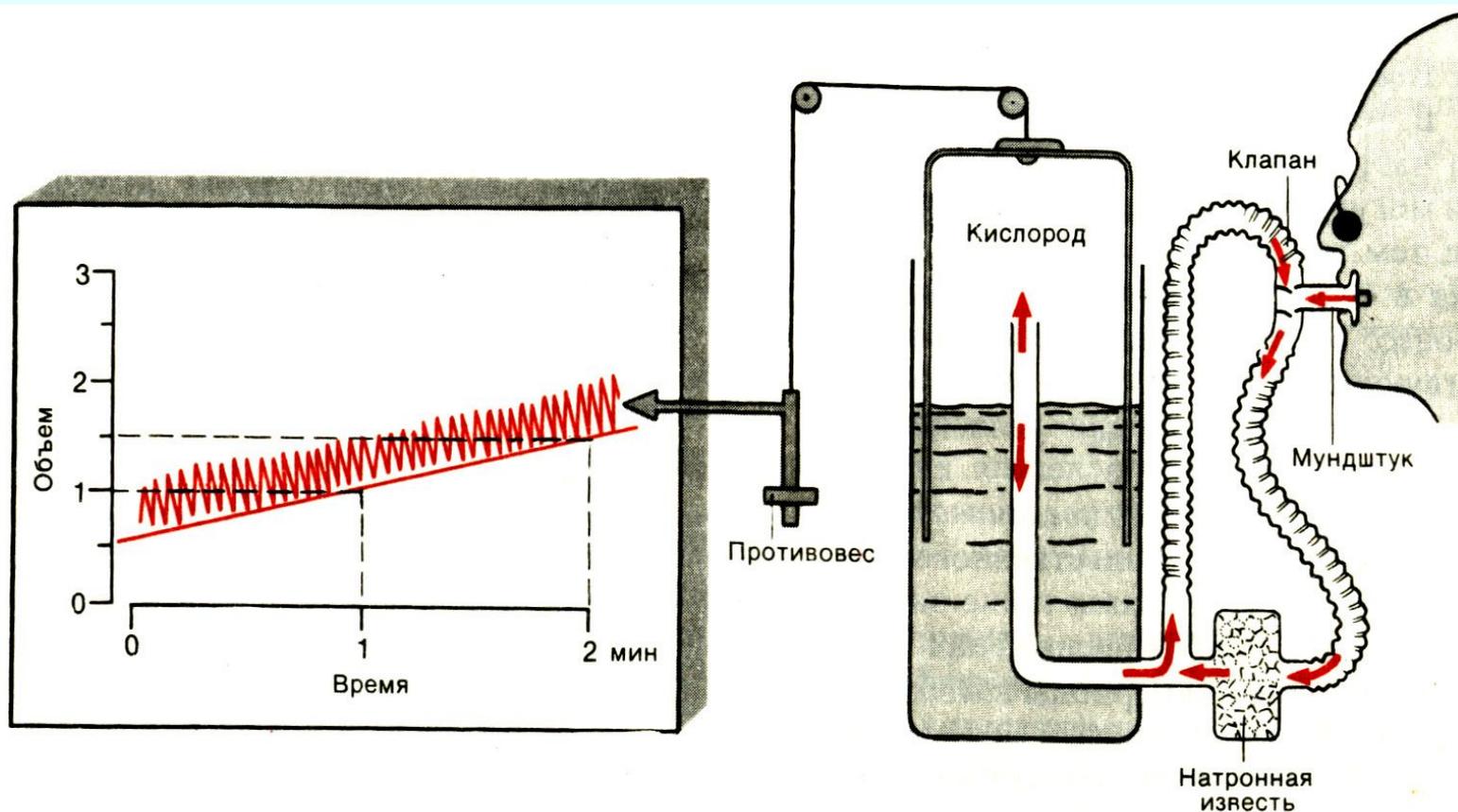
# Непрямая калориметрия

Полный газовый анализ-  
определение  
энергозатрат  
организма на  
основании  
потребленного  $O_2$   
и выделенного  
 $CO_2$ .



# Неполный газовый анализ. Определение энерготрат по количеству потребленного $O_2$

Спирографы закрытого типа



# Ассимиляция – совокупность процессов создания структур организма с накоплением энергии.

- Поступление из внешней среды веществ, необходимых для организма;
- превращение питательных веществ в соединения, которые могут использоваться клетками и тканями;
- синтез структурных элементов клеток, ферментов и т.д., замена устаревших новыми;
- синтез более сложных соединений из более простых;
- **отложение запасов.**



**Диссимиляция – совокупность процессов распада живой материи с выделением энергии.**

- Мобилизация запасов организма;
- Расщепление сложных органических соединений до более простых;
- распад устаревших тканевых и клеточных элементов;
- Расщепление богатых энергией соединений с освобождением энергии;
- Выведение продуктов распада из организма.

# Эндокринная регуляция обменных процессов

- Гормоны, регулирующие преимущественно энергетический обмен:
- адреналин
- глюкагон
- глюкокортикоиды
- инсулин

# Основные механизмы действия гормонов на метаболизм

ГОРМОН	УГЛЕВОДЫ	ЛИПИДЫ	БЕЛКИ
<b>АДРЕНАЛИН</b>	↑ ГЛИКОГЕНОЛИЗА (В ПЕЧЕНИ И МЫШЦАХ)	↑ ЛИПОЛИЗА	-
<b>ГЛЮКОКОРТИКОИДЫ</b>	↑ ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗА	↑ ЛИПОЛИЗА	↓ СИНТЕЗА ↑ РАСПАДА
<b>ГЛЮКАГОН</b>	↑ ГЛИКОГЕНОЛИЗА (В ПЕЧЕНИ, НО НЕ В МЫШЦАХ)	-	-
<b>ИНСУЛИН</b>	↑ ТРАНСПОРТА В КЛЕТКИ, ОСОБЕННО МЫШЦ И ПЕЧЕНИ ↓ ГЛИКОГЕНОЛИЗА ↓ ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗА ↑ ГЛИКОГЕНЕЗА	↑ ЛИПОГЕНЕЗА ИЗ УГЛЕВОДОВ  ↓ ЛИПОЛИЗА	↑ СИНТЕЗА  ↓ РАСПАДА

# Эндокринная регуляция обменных процессов

- Гормоны, регулирующие иные обменные процессы (пластический обмен, терморегуляцию) и, как следствие – энергетический обмен:
- тиреоидные гормоны
- соматотропный гормон
- тестостерон
- эстрогены

# Основные механизмы действия гормонов на метаболизм

ГОРМОН	Углеводы	Липиды	Белки
ТИРЕОИДНЫЕ ГОРМОНЫ	УСИЛИВАЮТ МНОЖЕСТВО ПРОЦЕССОВ МЕТАБОЛИЗМА С ПРЕОБЛАДАНИЕМ ↑ СИНТЕЗА БЕЛКА И ↑ РАСПАДА ЛИПИДОВ И УГЛЕВОДОВ		
СТГ	↓ ТРАНСПОРТА В КЛЕТКИ, ОСОБЕННО МЫШЦ И ПЕЧЕНИ	↑ ЛИПОЛИЗА	↑ СИНТЕЗА
ТЕСТОСТЕРОН	-	-	↑ СИНТЕЗА, В ОСНОВНОМ В МЫШЦАХ
ЭСТРОГЕНЫ	-	↑ ЛИПОГЕНЕЗА В ХАРАКТЕРНЫХ МЕСТАХ	↑ СИНТЕЗА

# Энергетические субстраты

- различаются по:
- **скорости** высвобождения энергии в процессе катаболизма;
- **емкости депо** (величине запасов).
- Чем **выше** **скорость** высвобождения энергии субстрата, тем **меньше** его **запасы**.

# Энергетические субстраты

- **Углеводы** — это субстрат с *быстрым* высвобождением энергии, но *малыми резервами* («быстрое топливо» организма);
- **Липиды** — это субстрат с *медленным* высвобождением энергии, но *большими резервами* («резервное топливо» организма).

# Характеристика углеводов



- **Быстрый энергетический субстрат.**
- растворимы в воде
- могут достигать высокой концентрации в крови;
- поставка **У** к работающим тканям может быть быстрой и значительной
- **служат энергетическим субстратом для тканей с быстрым использованием энергии.**

# Значение углеводов

- Нервная ткань использует почти исключительно углеводы.
- Мелкие молекулы углеводов осмотически активны.
- Уровень глюкозы в крови должен поддерживаться на постоянном уровне.

# Характеристика липидов

- **Молекулы Л:**
- крупные,
- жирорастворимые (гидрофобные),
- обладают относительно низким содержанием атомов кислорода.
- обладают малой растворимостью.
- **Л – медленный энергетический субстрат.**  
Не могут достигать высокой концентрации в крови - не могут служить энергетическим субстратом для тканей с быстрым использованием энергии.



# Пути превращений энергетических субстратов

- **Расходование и депонирование** (так как потребности в энергии постоянно изменяются).
- **Переход на преимущественное использование того или другого субстрата** (в зависимости от вида нагрузки, питания, некоторых других условий).
- **Взаимное превращение субстратов.**

# Расчет энергетического баланса

1. Определение количества энергии, поступившей в организм:

- Количество белков, жиров и углеводов
- Калорические коэффициенты питательных веществ: при окислении
  - 1 г белка - 4,1 ккал
  - 1 г жира - 9,3 ккал
  - 1 г углеводов – 4,1 ккал



1 ккал = 4,19 кДж.

# Распределение количества энергии, получаемой за счет белков, жиров и углеводов



**белки (10-15%)**



**жиры (30%)**



**углеводы (55-60%)**



<b>Органические вещества</b>	<b>Функции</b>
<b>Белки</b> (полноценные, неполноценные)	Строительная (пластическая), ферментативная, регуляторная, двигательная, защитная, транспортная, энергетическая
<b>Жиры</b> (эссенциальные ЖК)	Строительная, защитная, энергетическая, терморегуляторная, всасывание витаминов
<b>Углеводы</b> («быстрые», «медленные»)	Строительная, энергетическая, защитная (глюкуроновая к-та)

# Обмен белков

- Резерв белков = 45 г (альбумины крови).
- При безбелковой диете в организме разрушается около 23 г белка (*абсолютный белковый минимум*).
- *Физиологический белковый минимум* - ~30 - 40 г в день.

- **Белковый оптимум:**

ВЗРОСЛЫЙ ЧЕЛОВЕК - **1 г белка на кг массы тела.**

ПОЖИЛЫЕ ЛЮДИ И ДЕТИ – **1,5 г белка на кг массы тела.**

ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЕ, БЕРЕМЕННОСТИ, ТЯЖЕЛЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ - **2 г белка на кг массы тела.**

# Азотистый баланс

- Это отношение количества азота, поступившего с пищей, к количеству азота, выделенного из организма.
- 100 г белка содержит 16 г азота  
(1 г азота соответствует 6,25 г белка).

## Азотистый баланс:

- равновесие
- положительный
- отрицательный



- **Азотистое равновесие** – расход азота равен приходу (норма).
- **Отрицательный азотистый баланс** – расход азота больше прихода (при **недостаточном приходе белка** или **усиленном его распаде**, например, при **опухолевом росте**), так как:
  - **белки ни из чего не образуются;**
  - **резервов белков практически нет;**
  - **белки обязательно расходуются, даже если они не поступают.**
- **Б** – преимущественно **пластический субстрат.**

- **Положительный азотистый баланс** – приход азота больше расхода. Это наблюдается при усиленном образовании новых структур:
  - **росте;**
  - **беременности;**
  - **наращивании мышечной массы;**
  - **после голодания**
  - **при выздоровлении** после изнуряющих болезней при условии, что поступление белка достаточно.

# Обмен жиров

- **Функции жиров:**
- энергетическая
- пластическая
- защитная
- всасывание витаминов
- терморегуляция
- **Суточная потребность** – 1-1,2 г на 1 кг массы тела

- **Биологическая ценность**

```
graph TD; A[Биологическая ценность] --> B[незаменимые жирные кислоты]; A --> C[заменимые жирные кислоты];
```

**незаменимые** жирные кислоты  
- полиненасыщенные:  
линолевая, линоленовая  
арахидоновая

**заменимые** жирные кислоты

# Характеристика липидов

- Липиды – пластический материал (основа биологических мембран).
- Липиды способствуют всасыванию в кишечнике жирорастворимых веществ (напр., жирорастворимых витаминов).
- Подкожная жировая клетчатка - теплоизолятор.
- Отложения липидов выполняют важную механическую функцию (п/кожная ЖК смягчает механические травмы, жировые капсулы фиксируют внутренние органы)
- Липиды входят в состав или служат источником многих важных веществ (стероидные гормоны, желчные кислоты, простагландины и др.)

# Обмен углеводов

Функции углеводов: 1. энергетическая

2. пластическая

(глюкуроновая к-та)

3. защитная

- Депо углеводов 300 – 400 гр.

- **Моносахариды** (глюкоза, фруктоза, галактоза, манноза)

**Полисахариды:**

- перевариваемые (крахмал, гликоген)- 80%

- неперевариваемые (целлюлоза, пектиновые вещества)



# Водно-солевой обмен

Общий объем жидкости тела =  
40 л, 60% массы тела



Внутриклеточная жидкость =  
25 л, 40% массы тела

Внеклеточная жидкость =  
15 л, 20% массы тела

Интерстициальная жидкость = 12 л,  
80% внеклеточной жидкости

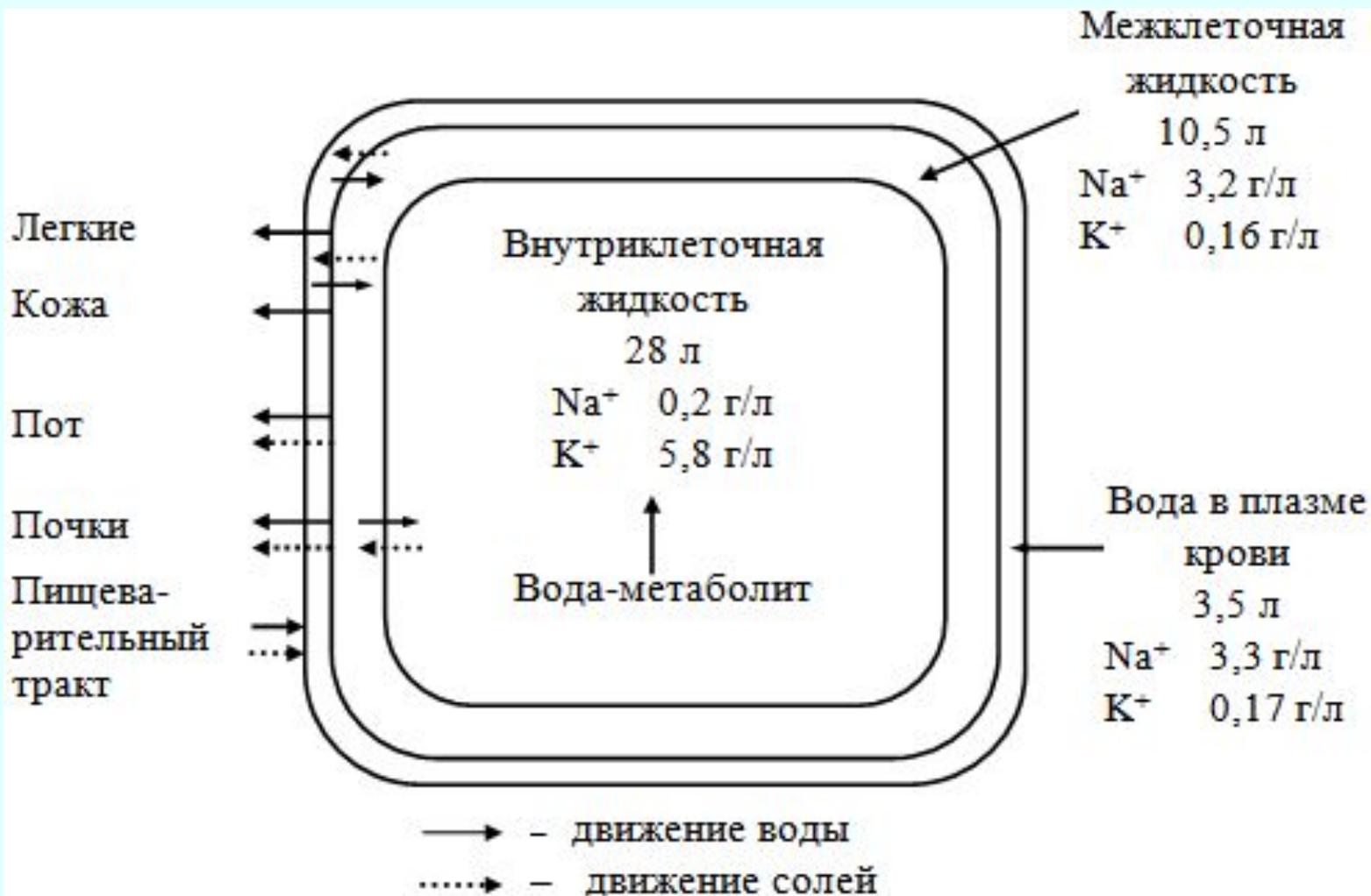
Плазма = 3 л  
20% внеклеточной жидкости

# Водно-солевой обмен

- совокупность процессов:
- всасывания,
- распределения,
- потребления,
- выделения воды и солей.
- Обеспечивает **гомеостаз**:
- постоянство осмотической концентрации,
- ионного состава,
- КЩР внутренней среды организма.



# Движение воды и солей



# Функции воды в организме

- Функция **растворителя** - все вещества перед всасыванием растворяются в воде;
- **транспортная** – переносит питательные вещества к клеткам и уносит продукты распада;
- участие в **окислительных процессах** и других **химических реакциях**;
- **терморегуляторная**;
- **ВХОДИТ В СОСТАВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ СОКОВ.**

# Водные пространства организма

(классификация J.S. Edelman, J. Leibman 1959)

- **Интрацеллюлярная жидкость** (пространство)
- **Экстрацеллюлярная жидкость** (пространство):
  - ↩ внутрисосудистая жидкость
  - ↩ межклеточная жидкость (собственно интерстициальная)
- **Трансцеллюлярная жидкость** – вода в составе секретов желез ЖКТ и других, мочи, ликвора, жидкости полости глаз, отделяемого серозных оболочек, синовиальной жидкости

- **Интерстициальный** (межклеточный) водный сектор,
- содержит 1/4 всей воды организма (15% массы тела);
- является наиболее подвижным, меняющим объем при избытке или недостатке воды в теле.
- **Вся вода организма обновляется примерно раз в месяц;**
- **внеклеточное водное пространство - еженедельно.**

# «Третье пространство»

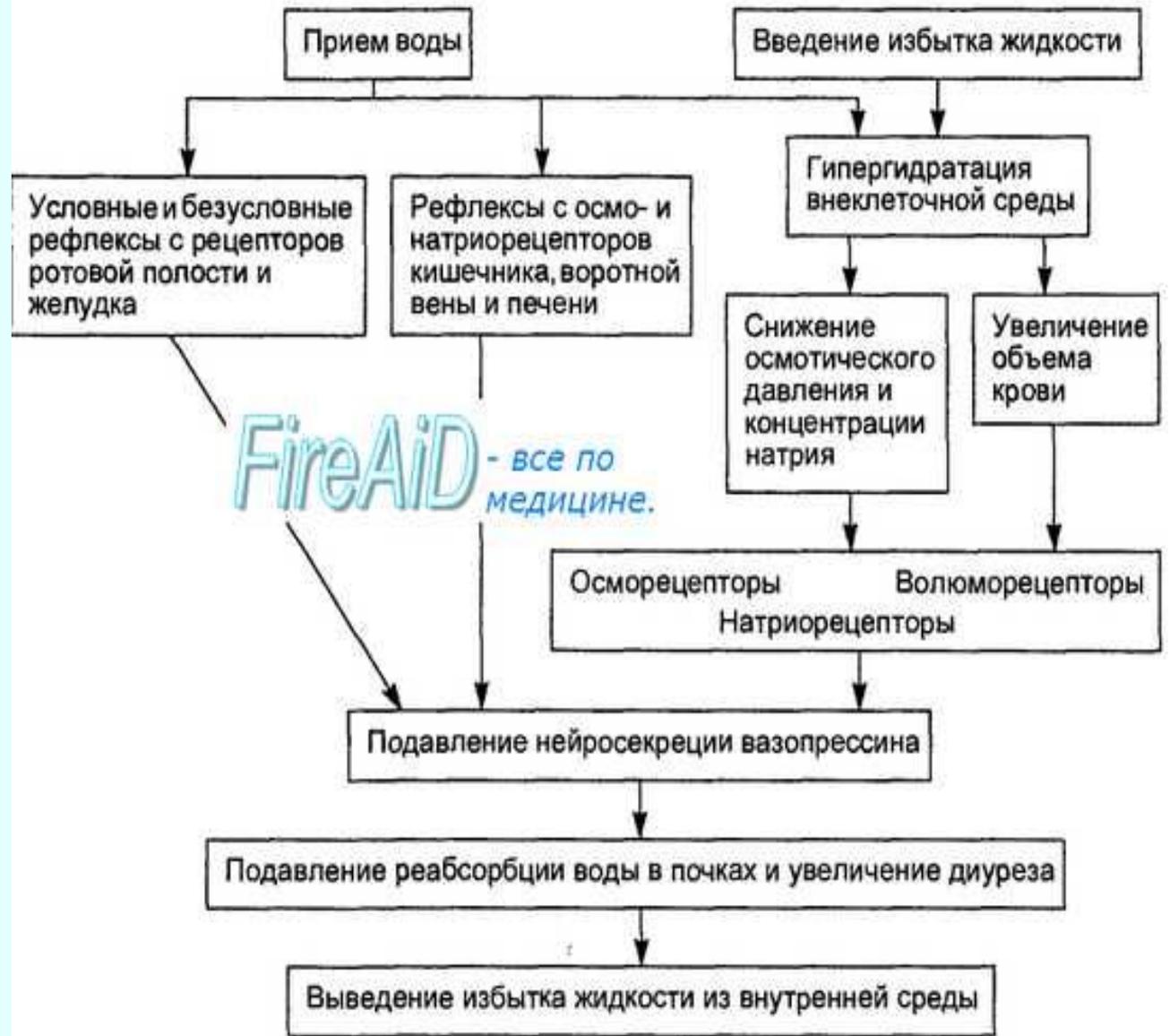
- Скопления внеклеточной жидкости, в которых не действуют физиологические механизмы регуляции водно-электролитного баланса, обозначают термином «третье пространство»;
- это воды полостей тела:
- брюшной,
- плевральной и т. д.

- Система регуляций водного баланса обеспечивает основные жизненные процессы:
- поддержание постоянства общего объема жидкости в организме,
- оптимальное распределение воды между водными пространствами и секторами организма.
- Факторы поддержания относительного водного постоянства:
- деятельность почек и других органов выделения,
- питьевое поведение и жажда.

# Регуляция обмена натрия и объема внеклеточной жидкости

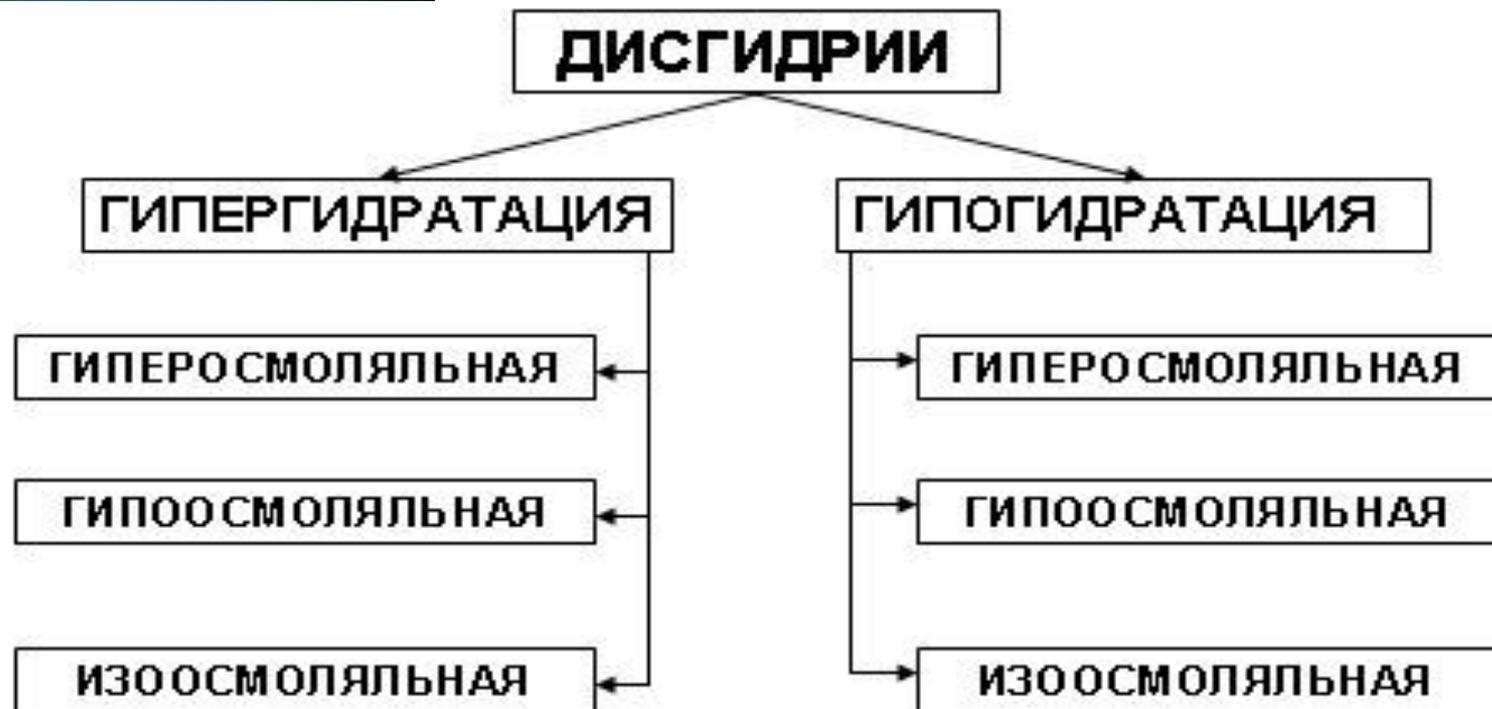


# Роль АДГ в регуляции водно- солевого баланса





# Нарушения водно-солевого баланса



- **Гипергидратация** – избыточное поступление и образование воды при неадекватно малом ее выделении из организма, ведущее к ее накоплению.
- Вода в основном накапливается в **интерстициальном водном секторе**.



Значительная степень гипергидратации проявляется **водной интоксикацией** (возбуждение нервных центров и мышечные судороги).

- **Дегидратация** — недостаточное поступление и образование воды или чрезмерно большое ее выделение, приводящее к уменьшению водных пространств, Г.О., интерстициального сектора.



Сопровождается сгущением крови, ухудшением ее свойств и нарушением гемодинамики.

Снижение количества воды до 20% массы тела ведет к летальному исходу.



# Поступление воды

Потребность человека в воде составляет в сутки 2-2,5 л.

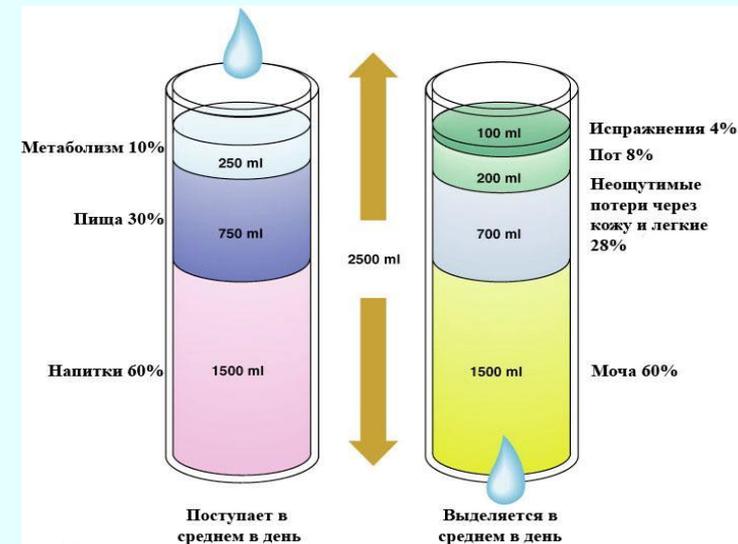
- **Источники:**

- вода в составе питья (900-1200 мл) и пищи (900-1000 мл);
- вода эндогенная (300-350 мл).
- **Воду удаляют** почки, потовые железы, легкие и кишечник.
- **Почки** за сутки удаляет 1-1,5 л воды в виде мочи.
- **Потовые железы** выделяют 500-1000 мл в обычных условиях.

# Выведение воды

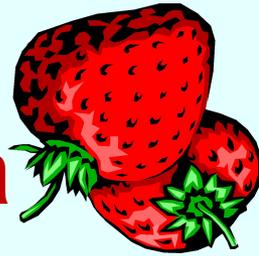
**Легкими** в виде водяных паров выдыхается 350-400 мл воды. При углублении и учащении дыхания за сутки может выделиться до 800 мл воды.

- Через **кишечник** с калом выделяется 100-150 мл воды.
- Потребленная вода / выведенная вода = водный баланс.
- **Приход воды должен полностью покрывать расход**, иначе наступают серьезные нарушения жизнедеятельности.



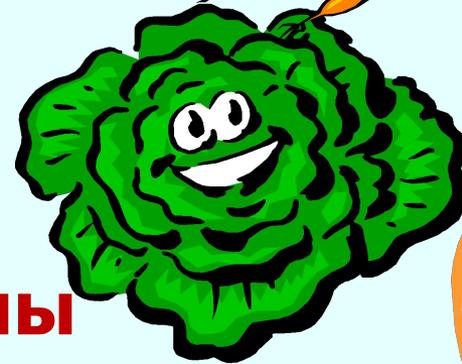


# Питание. Основные принципы составления пищевого рациона



Питание должно быть **рациональным** и **сбалансированным**, чтобы обеспечить сохранение здоровья, высокую работоспособность.

**Физиологические нормы питания** зависят от возраста, пола, массы тела, климата, характера выполняемой работы и функционального состояния организма.



# Требования, предъявляемые к пищевому рациону:

- Энергетическая достаточность;
- достаточность и сбалансированность поступления
- белков;
- жиров;
- углеводов;
- соотношение в пищевом рационе белков, жиров и углеводов;
- достаточность содержания витаминов и минеральных солей;
- кратность приема пищи и %-ное распределение приема пищи.

# Энергетическая достаточность пищевого рациона

- Определение энергетической ценности пищевого рациона с учетом усвояемости питательных веществ.

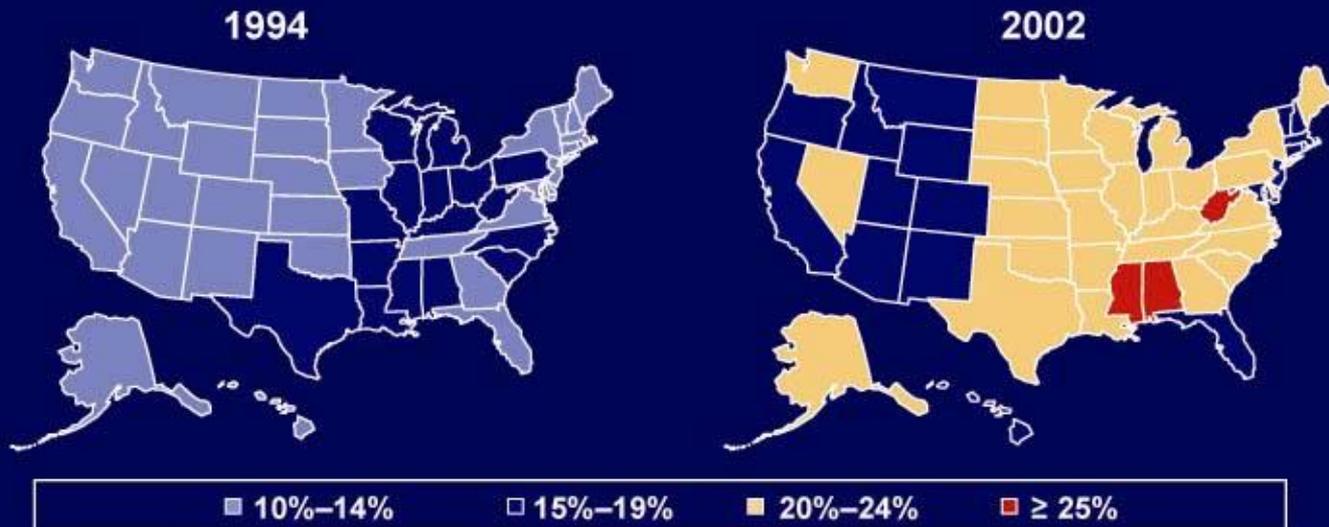
Усвояемость

- животной пищи	- 95%
- растительной	- 80%
- смешанной	- 85-90%

**ПРАВИЛО ИЗОДИНАМИИ** – ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ, ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМЫ В СООТВЕТСТВИИ С ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТЬЮ.



## Рост частоты ожирения у взрослых в США



\*IMT  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>.

Centers for Disease Control and Prevention Web site. Available at:  
<http://www.cdc.gov/nccdphp/dnpa/obesity/trend/maps/index.htm>.

Accessed August 30, 2004.

# Рекомендуемое соотношение Б, Ж и У в пищевом рационе (по массе): 1 : 1,2 : 4

- Кратность приема пищи - при 4-х разовом питании калорийность суточного пищевого рациона целесообразно распределить следующим образом:
  - 1 завтрак- 25 %
  - 2 завтрак- 15 %
  - обед- 35 %
  - ужин- 25 %.



# ПРИЯТНОГО АППЕТИТА

