

# Водно-электролитный обмен

# Водно-электролитный обмен

- совокупность процессов всасывания, распределения, потребления и выделения воды и солей в организме животных и человека.

Он обеспечивает поддержание водного баланса и постоянство осмотического давления, ионного состава и кислотно-щелочного состояния внутренней среды организма (гомеостаза).

**СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ:  
В ОРГАНИЗМЕ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА – 60%;  
У НОВОРОЖДЕННОГО – 80%**

Общая вода  
Распределение воды в организме:

**ВНЕКЛЕТОЧНЫЙ СЕКТОР**

30%

**К:Na=**

**1:20**

**К:Na=**

**20:1**

70%

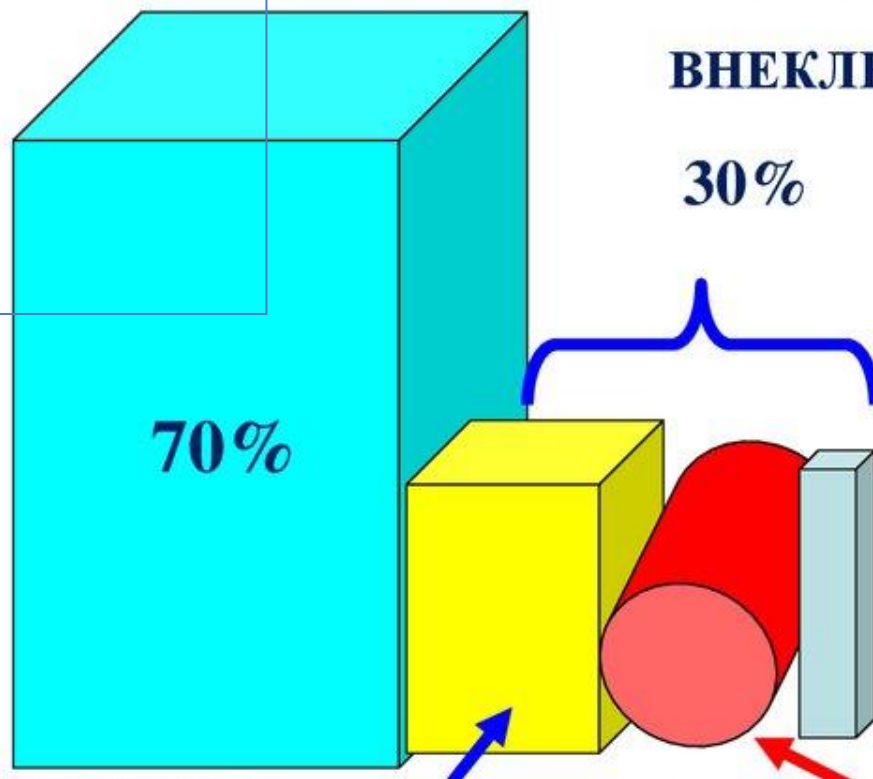
**ВОДА В  
ПОЛОСТЯХ**

Трансцеллюлярная

**ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ  
СЕКТОР**

**МЕЖКЛЕТОЧНАЯ  
ВОДА**  
Интерстициальная

**ВНУТРИСОСУДИСТАЯ  
ВОДА**



# Суточная потребность в воде

- У человека весом 70 кг – около 2,5 л
- Из них 1,2 л поступают в виде питьевой воды,
- 1 л - с пищей,
- 0,3 л образуется в организме – эндогенная вода:
  - при окислении 1 г жира образуется 1,07 г  $H_2O$ ,
  - 1 г углеводов - 0,556 г  $H_2O$
  - 1 г белков - 0,396 г  $H_2O$

# Факторы, влияющие на суточную потребность в воде

- масса тела
- пол и возраст
- температура окружающей среды
- Количество выпиваемой воды приблизительно = диурезу
- Количество воды, поступившей с пищей и синтезированной примерно = невидимым потерям (15 мл/кг – взрослый, 20-25 мл/кг – ребенок, 50 мл/кг - новорожденный)
- Неощутимые потери также зависят от пола, возраста и состояния обменных процессов
- Минимальное количество жидкости, при котором возможен нормальный гомеостаз для взрослого – 1 500 мл

# Внутриклеточный сектор

- В клетках более высок уровень белка и  $K^+$  и небольшое количество  $Na^{++}$
- Основные катионы –  $K$  (2/3 активных клеточных катионов) и Магний – 1/3
- $K^+$  в клетке находится в свободном состоянии или в связи с анионами
- Основные анионы – фосфаты и белки
- $Cl^-$  в норме отсутствует или содержится в незначительном количестве

## Внеклеточная жидкость

- Внутрисосудистый сектор (7% МТ): плазменный объем (3,5-5% МТ), вода эритроцитов (2,5-3% МТ, 30 мг/кг)
- Интерстициальный сектор (15% МТ): межклеточная вода, лимфа
- Трансцеллюлярный сектор: вода в просвете ЖКТ, СМЖ, в полостях организма

# Сосудистый сектор

- Плазма крови – транспортная система
- Через плазму осуществляется питание клеток,
- Удаление продуктов клеточного метаболизма,
- Поддержание постоянства ОЦК
- При внезапном дефиците плазмы происходит мобилизация жидкости из интерстициального пространства



# Интерстициальный сектор (межклеточный)

- Наиболее подвижный сектор, меняющий объем при избытке или недостатке воды в организме
- Основной катион – Na
- Основной анион – Cl
- Им принадлежит функция регуляции осмотического давления и объема жидкости интерстициального пространства

# Количество воды в организме (в % от МТ)

Возраст	Мужчины	У обоих полов	Женщины
0–1 месяц		76	
1–12 месяцев		65	
1–10 лет		62	
10–16 лет	59		57
17–39 лет	61	Общее количество у взрослых в среднем 60%	50
40–59 лет	55		52
60 лет и старше	52		46

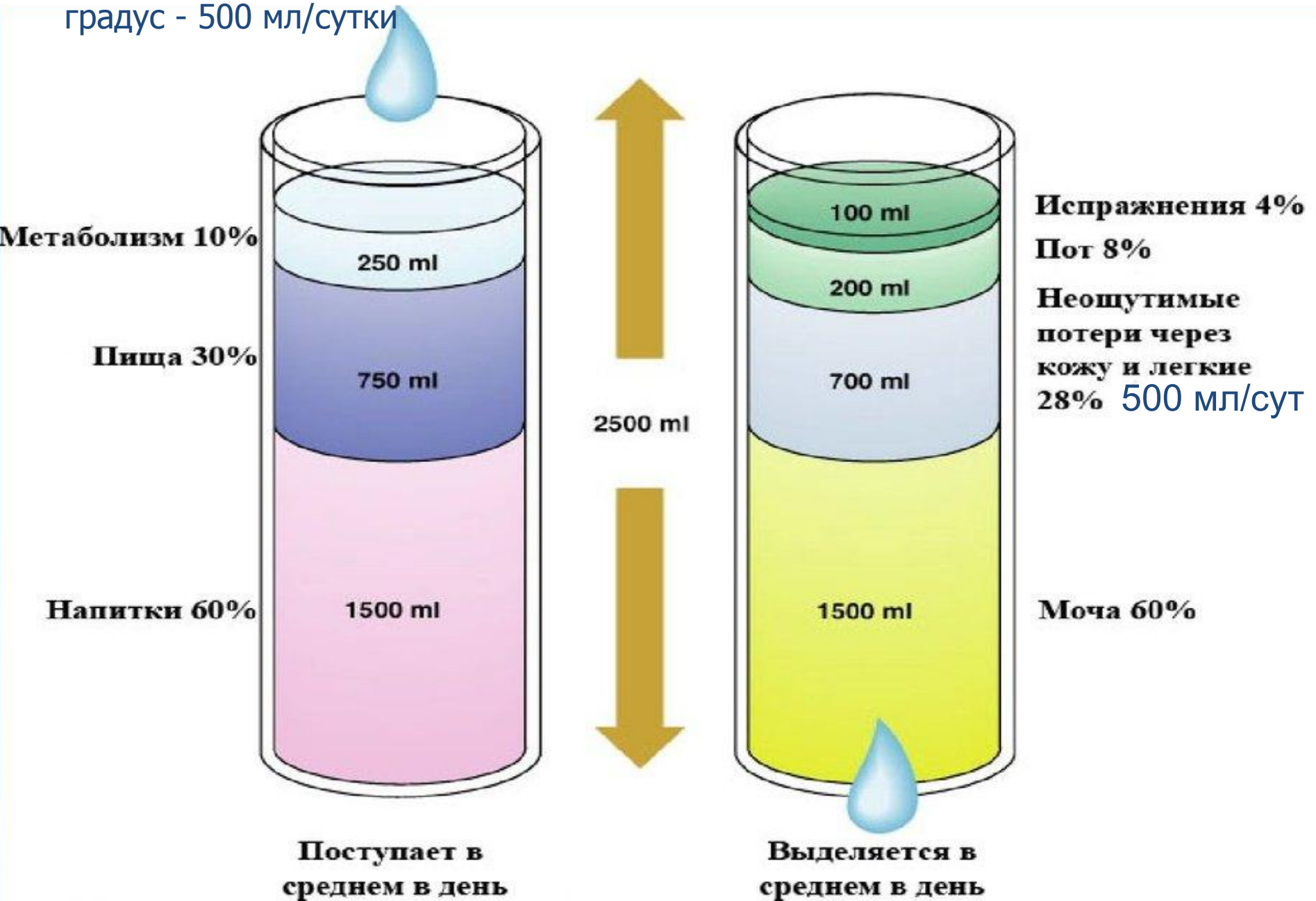
From Edelman IS, Leibman J. Anatomy of body water and electrolytes.  
Am J Med 1959;27:256–277.

Факторы, влияющие на количество воды в организме:

- Жировые клетки содержат мало воды

<b>Ткани</b>	<b>Содержание воды в % общей массе</b>
<b>Головной мозг:</b>	
Серое вещество	84
Белое вещество	70
<b>Мышцы</b>	75
<b>Жировая ткань</b>	10
<b>Костная ткань</b>	20
<b>Сердце</b>	78
<b>Почки</b>	81
<b>Кожа</b>	72
<b>Плазма крови</b>	93
<b>Эритроциты</b>	65
<b>Зубная эмаль</b>	3

- Средняя потребность в воде у взрослых в норме составляет 40 мл/кг МТ/сутки
- При повышении  $T^0$  тела на  $1^{\circ}\text{C} > 38$  перспирация увеличивается на каждый градус - 500 мл/сутки



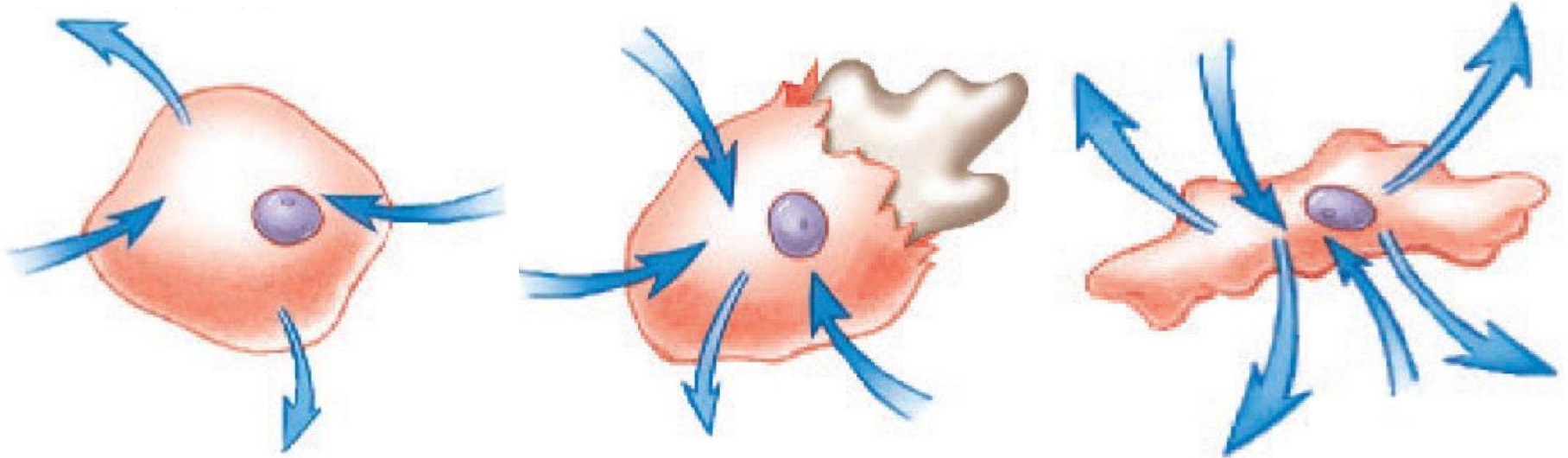
# Когда растёт потребление воды?

- Увеличение массы тела (250 мл на каждые 20 кг лишнего веса)
- Увеличение температуры окружающего воздуха. (250-400 мл в жаркие дни)
- Низкая влажность окружающего воздуха (отопительный сезон, в самолетах) – на 250-400 мл
- Гипертермия (500 мл/сут на каждый градус сверх нормы)
- Увеличение белка в рационе питания
- Увеличение частоты дыхания
- Активное снижение веса
- Кофеин, алкоголь, курение, переедание
- Кормление грудью
- Увеличение физической активности (на 250-300 мл на каждый час занятий)



# Клеточная мембрана избирательно проницаема для веществ

- Проницаема для воды,  $O_2$  непроницаема для ионов, имеющих заряд



изотоническая среда

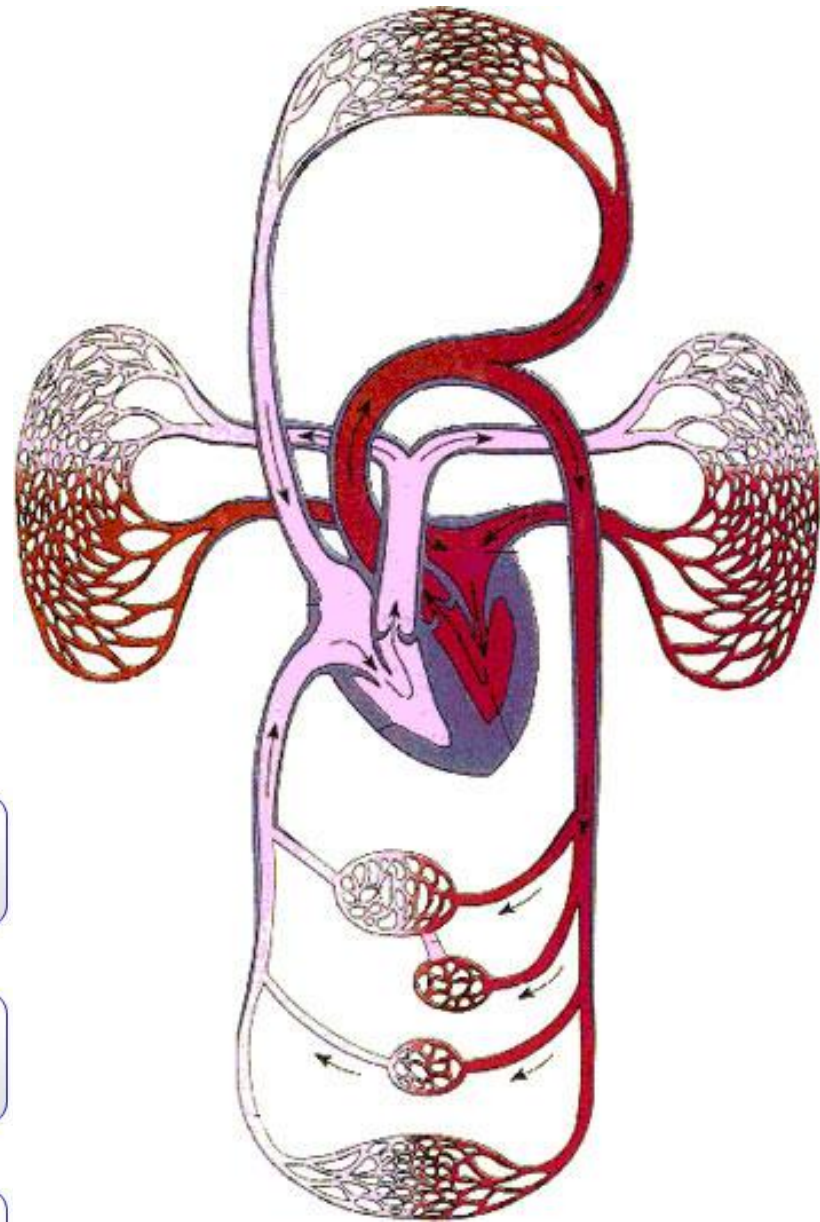
гипотоническая среда

гипертоническая среда

- **Осмоз** (от греч. *οσμος* — толчок, давление) — процесс движения воды через полупроницаемую мембрану из области низкой концентрации растворенного вещества в область более высокой концентрации
- **Осмолярность** — количество осмотически активных частиц в единице объема раствора (мосм/л)
- Клетки должны находиться в **изотонической среде** - среда с осмотическим давлением, близким к осмотическому давлению внутри клетки.
- **Гипотоническая среда** — когда концентрация соли вне клетки меньше, чем внутри нее.
- **Гипертоническая среда** — имеет бóльшую концентрацию в-в по отношению к внутриклет.

- Объем циркулирующей крови у взрослых в норме составляет 70-80 мл/кг массы тела
- Объем циркулирующей плазмы у взрослых составляет 40 мл/кг, объем циркулирующих эритроцитов 30 мл/кг

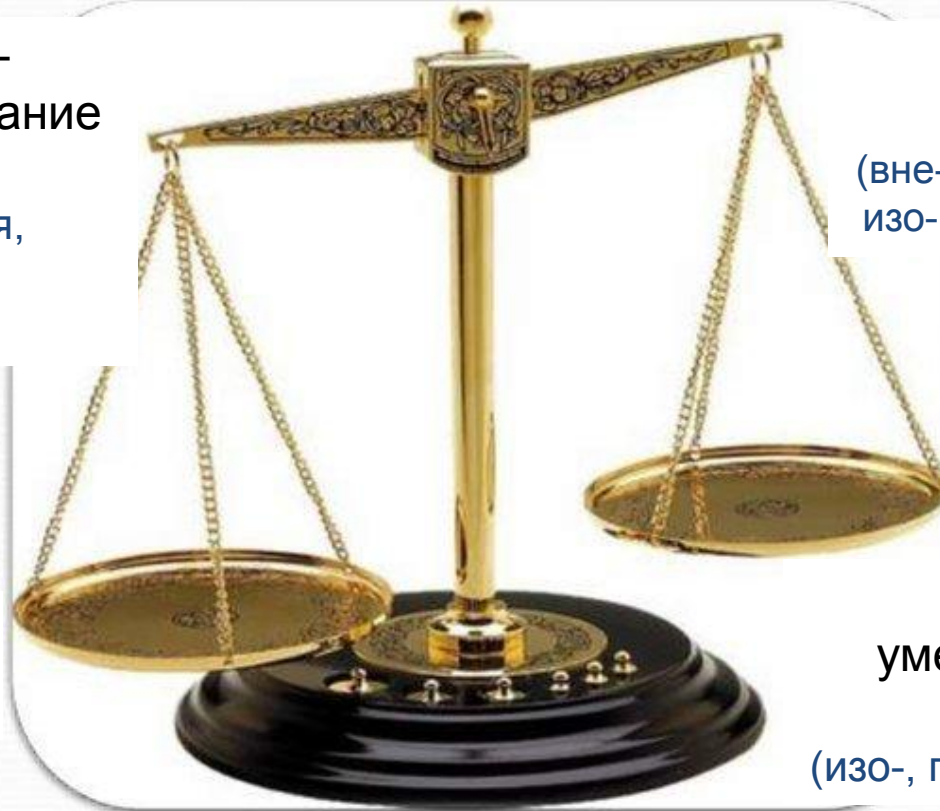
### Объем циркулирующей крови (ОЦК)



# Основные формы нарушений водно-солевого обмена

**Гипергидратация** – избыточное содержание воды в организме (вне-, внутриклеточная, общая; изо-, гипер- и гипоосмолярная)

**Сочетанная форма**



**Дегидратация** – обезвоживание (вне-, внутриклеточная, общая; изо-, гипер- и гипоосмолярная)

**Гипогидратация** – уменьшение содержание воды в организме (изо-, гипер- и гипоосмолярная)

**Преобладание потерь из секторов:**

- Клеточная форма
- Внеклеточная форма
- Общая форма



# Na<sup>+</sup>

Натрий является важнейшим катионом интерстициального пространства. При уменьшении его концентрации происходит снижение осмотического давления с одновременным уменьшением объема интерстициального пространства; увеличение его концентрации вызывает обратный процесс.

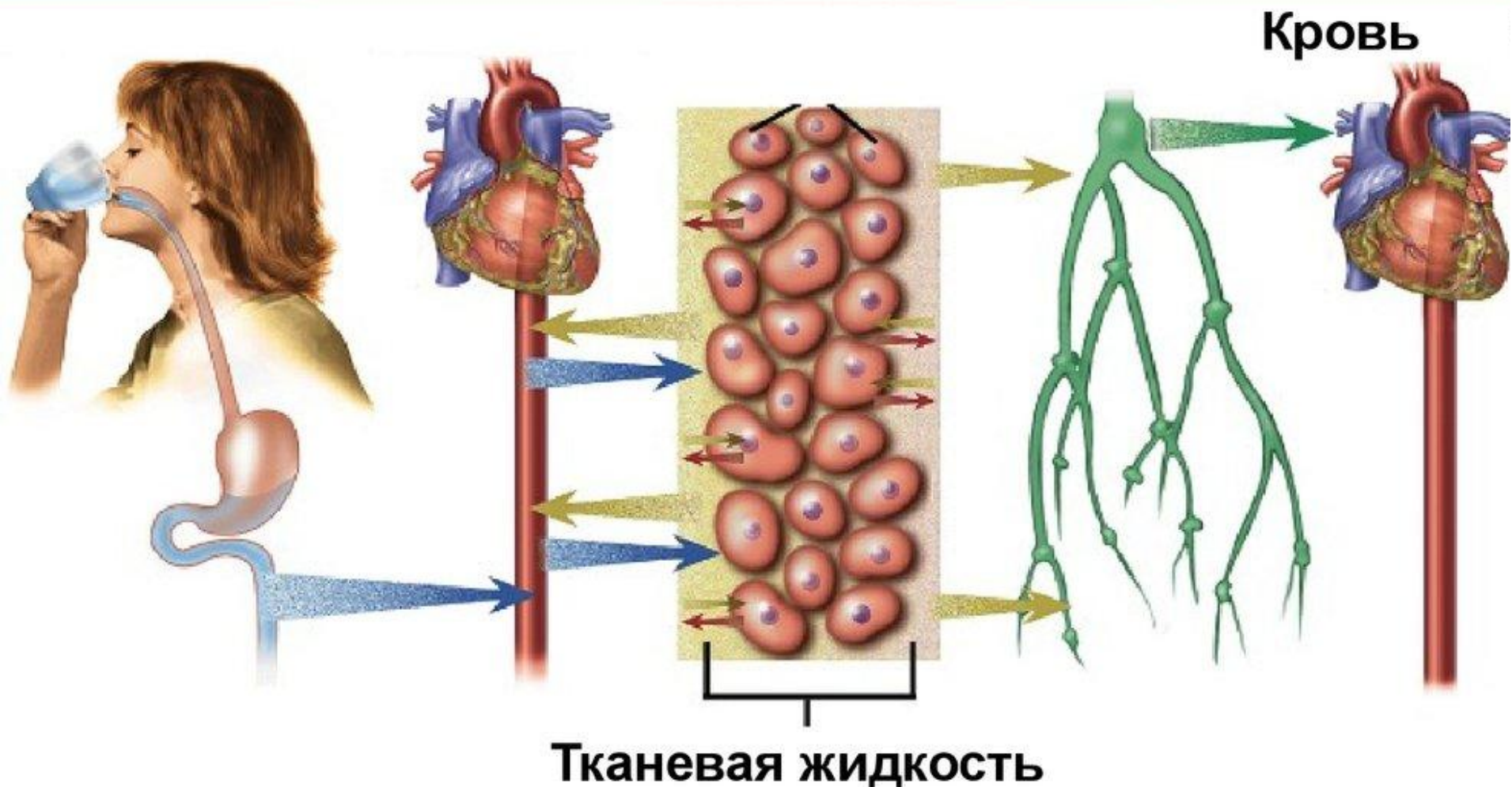
Суточная потребность в натрии взрослого человека составляет 5-10 г. Выделяют гипернатриемию (натрий сыворотки крови более 145 ммоль/л), сопровождающуюся повышенным содержанием натрия в интерстиции и гипонатриемию (натрий сыворотки крови менее

# K+

Калий – основной внутриклеточный катион.  
Концентрация внутри клетки составляет 115,0 ммоль/л, а в плазме крови – 3,5-5,0 ммоль/л. Таким образом, 98% всего калия организма находится в клетках. Суточная потребность в калии составляет 60-80 ммоль или 2,3-3,1 г в сутки. Калий, как и натрий, формируя клеточный потенциал, оказывает влияние на рН и утилизацию глюкозы. Метаболический алкалоз всегда сопровождается гипокалиемией, а метаболический ацидоз – гиперкалиемией.

# Движение воды в водных секторах

- Электролиты играют важнейшую роль в движении жидкости (закон изоосмолярности)



- Нормальное содержание электролитов в плазме крови составляет:  
К 4 ммоль/л; Na 140 ммоль/л; Cl 100 ммоль/л
- В норме соотношение между концентрацией вне- и внутриклеточного калия составляет 1:40

	Плазма крови, ммоль/л	Внутриклеточная жидкость, ммоль/л
Na+	142 (130–155)	10
K+	4 (3,2–5,5)	155
Ca <sup>2+</sup>	2,5 (2,1–2,9)	< 0,001
Mg <sup>2+</sup>	0,9(0,7–1,5)	15
<b>Анионы</b>		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25 (23–28)	10
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1 (0,7–1,6)	65
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5 (0,3–0,9)	10
Органические кислоты	4	2
Белки	2	6



# ОБМЕН ЭЛЕКТРОЛИТОВ

## ОБМЕН НАТРИЯ В ОРГАНИЗМЕ

суточная потребность 5-10 г

основной катион регулирующий  
водный обмен

участвует в обменных процессах, нервной  
проводимости

$\text{Na}^+$  ПЛАЗМЫ КРОВИ – 142 ммоль/л

$\text{Na}^+$  ЭРИТРОЦИТОВ – 15 ммоль/л

ГИПЕРНАТРИЕМИЯ

$\text{Na}^+$  ПЛАЗМЫ > 147 ммоль/л

ГИПОНАТРИЕМИЯ

$\text{Na}^+$  ПЛАЗМЫ < 137 ммоль/л



# Гипонатриемия

( $\text{Na}^+$  > сыворотки < 130 ммоль/л)

- Нарушения содержания натрия в организме может сопровождаться признаками вне- и внутриклеточной дегидратации.
- Абсолютный дефицит Na возникает при:
  - недостаточном поступлении (<6-8 г. NaCl в сутки),
  - увеличении экскреции Na при заболевании почек под влиянием салуретиков,
  - избыточных потерях ч/з ЖКТ.
- Относительный дефицит Na возникает при быстром перемещении воды из клетки (гиперосмолярная гипергидратация, в/в введение осмотически активных р-ров)



## Проявления гипонатриемии

- Нарушения содержания натрия в организме может сопровождаться признаками вне- и внутриклеточной дегидратации.
- Гипоосмолярность внеклеточной жидкости и перемещение воды в клетки
- Уменьшение сократимости миокарда
- Снижение возбудимости нервных клеток  
( $\text{Na}^+ < 120$  ммоль/л – нарушение сознания,  
 $\text{Na}^+ < 105$  ммоль/л – смерть)



# Гипернатриемия ( $\text{Na}^+$ сыворотки $>145$ ммоль/л)

Абсолютный избыток поступления  $\text{Na}$  при:

- Избыток поступления с пищей,
- Нарушение экскреции при почечной недостаточности,
- Парентеральное введение гипертонических р-ров  $\text{Na}$ ,
- Изо-, гиперосмолярная гипергидратация,
- ГКС,
- Длительная ИВЛ

Относительный избыток  $\text{Na}$  при гиперосмолярной гипогидратации





## Проявления гипернатриемии

- Изменение водного баланса (гиперволемиа, дегидратация клеток, отеки)
- Повышение возбудимости мышечной ткани (клонико-тонические судороги)
- Повышение возбудимости нервной системы, панический синдром, кома ( $\text{Na}^+ > 160$  ммоль/л – смерть)
- Алкалоз

# ОБМЕН КАЛИЯ В ОРГАНИЗМЕ

суточная потребность 2,3-3,1 г

Основной внутриклеточный катион

Участвует в обменных процессах, регуляции нервной проводимости, КЩС, утилизации глюкозы

$K^+$  ПЛАЗМЫ КРОВИ – 4,5 ммоль/л

$K^+$  ЭРИТРОЦИТОВ – 100 ммоль/л

ГИПЕРКАЛИЕМИЯ

$K^+$  ПЛАЗМЫ  $> 5,2$  ммоль/л

ГИПОКАЛИЕМИЯ

$K^+$  ПЛАЗМЫ  $< 3,8$  ммоль/л



# Гиперкалиемиа

( $K^+$  сыворотки  $>5,2$  ммоль/л)

- Увеличение поступления калия в организм (в/в введение растворов  $K^+$ )
- Уменьшение экскреции  $K^+$  (ОПН, гипоальдостеронизм)
- Выход  $K^+$  их клеток (инсулиновая недостаточность, усиление катаболизма, ацидоз, цитолиз) при механическом повреждении клеток (травма, ожоги, краш-синдром, гемолиз)
- Гепаринотерапия
- Переливание больших доз ЕАКК



## Гиперкалиемиия ( $K^+ > 5,2$ ммоль/л)

Проявления:

- Нарушение возбудимости, проводимости миокарда (по ЭКГ – укорочение QRST, аритмии, брадикардия, замедление Внутривентрикулярной и АВ проводимости, остановка сердца в диастоле при  $K^+ > 12$  ммоль/л)
- Слабость и паралич мышц (атония кишечника)
- Нарушение ф-ции ЦНС (парестезии, раздражительность, утомляемость)



# Гипокалиемия

( $K^+$  сыворотки  $<3,8$  ммоль/л)

- Повышенного выведения  $K^+$  из организма (диарея, рвота)
- Перемещение  $K^+$  в клетки (увеличение продукции инсулина, алкалоз)
- Разведение при гипоосмолярной гипергидратации (избыток  $Na^+$  в организме)
- Неадекватное парентеральное питание (катаболизм белков)
- Метаболический алкалоз
- Гипоксия



## Гипокалиемия ( $K^+ < 3,8$ ммоль/л)

Проявление:

- Нарушение возбудимости, проводимости миокарда (по ЭКГ – сужение QRS, уплощение и инверсия зубца Т, аритмия, остановка сердца в систоле при  $K^+ < 2$  ммоль/л)
- Снижение функциональной активности мышечных клеток (слабость скелетных мышц, парез кишечника)
- Артериальная гипотензия
- Нарушение ф-ции ЦНС (гипорефлексия, сонливость)
- Внутриклеточный ацидоз, дистрофические изменения сердца, почек, печени, кишечника.