

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%

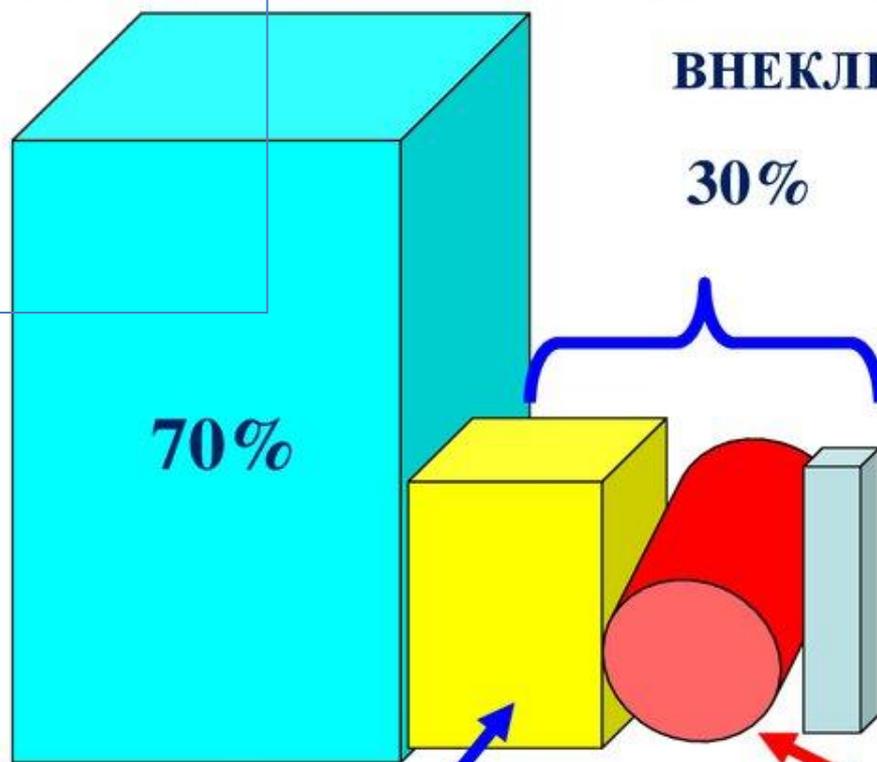
**ВОДА В
ПОЛОСТЯХ**

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

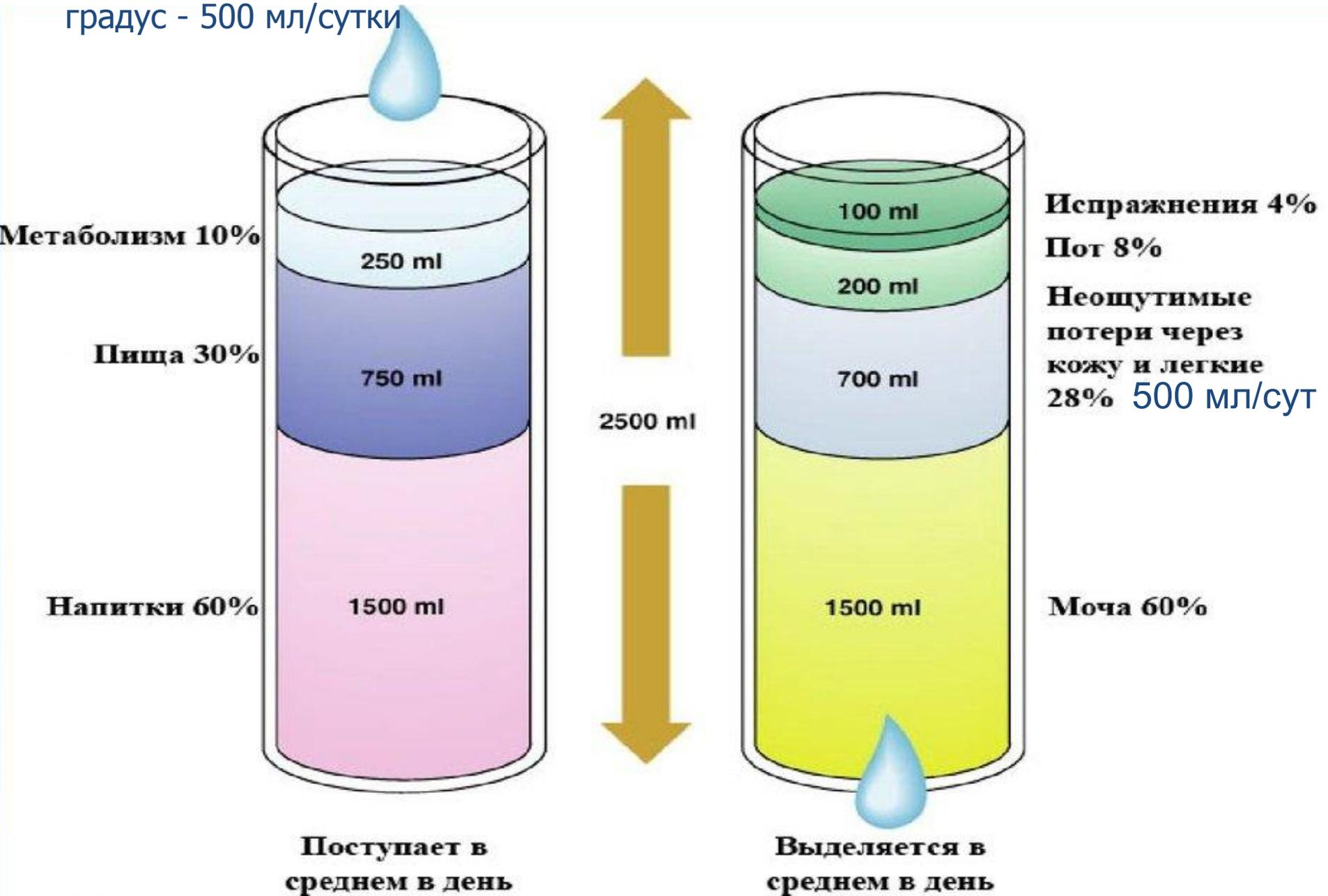
From Edelman IS, Leibman J. Anatomy of body water and electrolytes.
Am J Med 1959;27:256–277.

Факторы, влияющие на количество воды в организме:

- Жировые клетки содержат мало воды

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

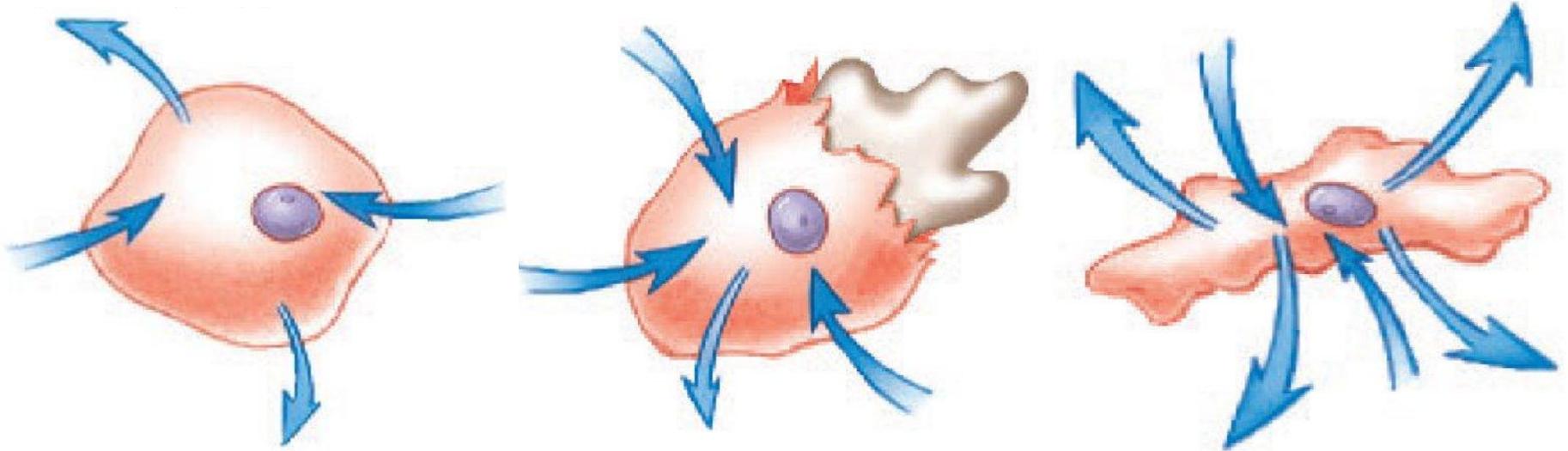


Когда растёт потребление воды?

- 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

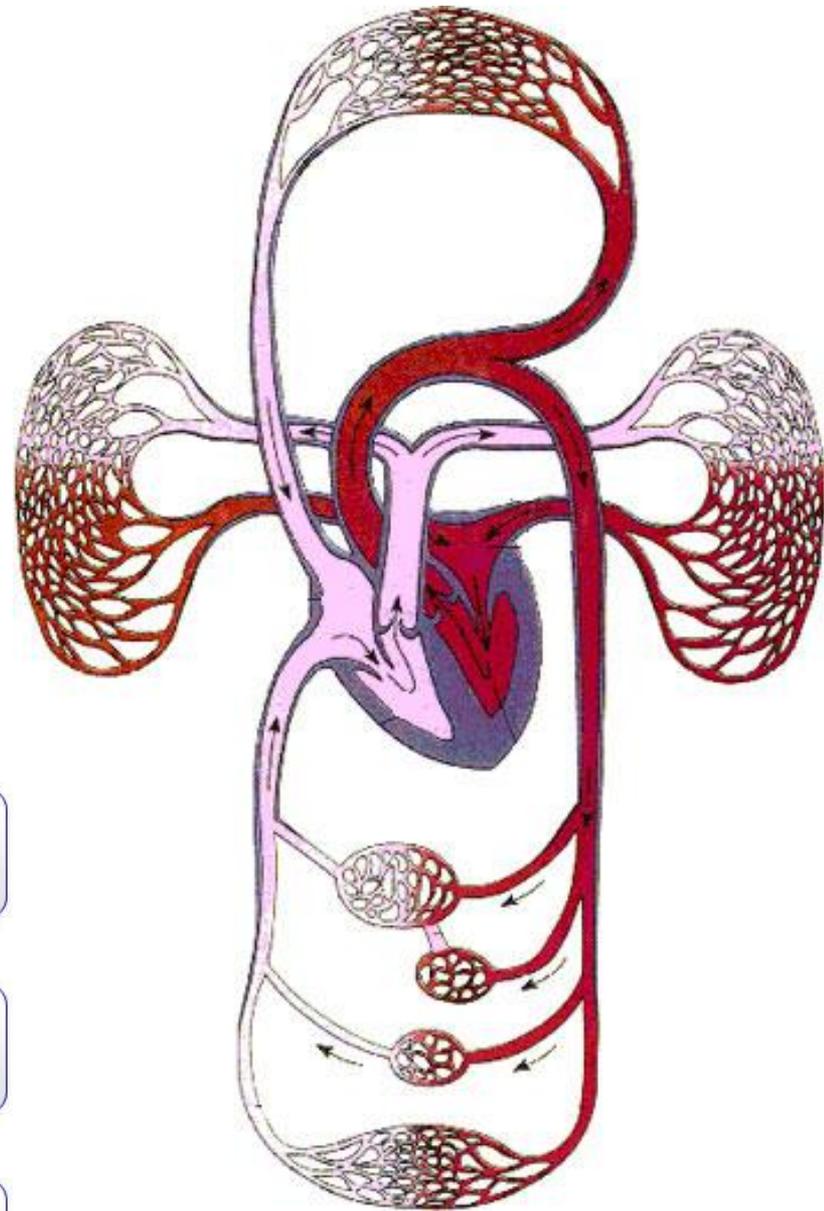
гипотоническая среда

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 внутрикл.

- 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

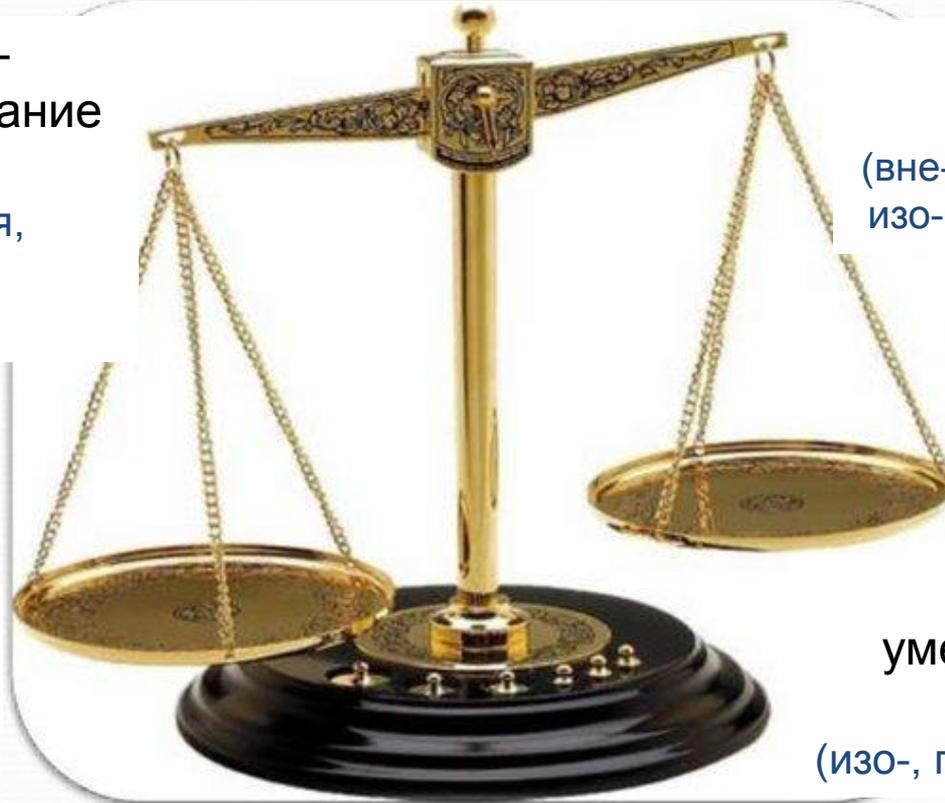
Объем циркулирующей крови (ОЦК)



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⁺

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.

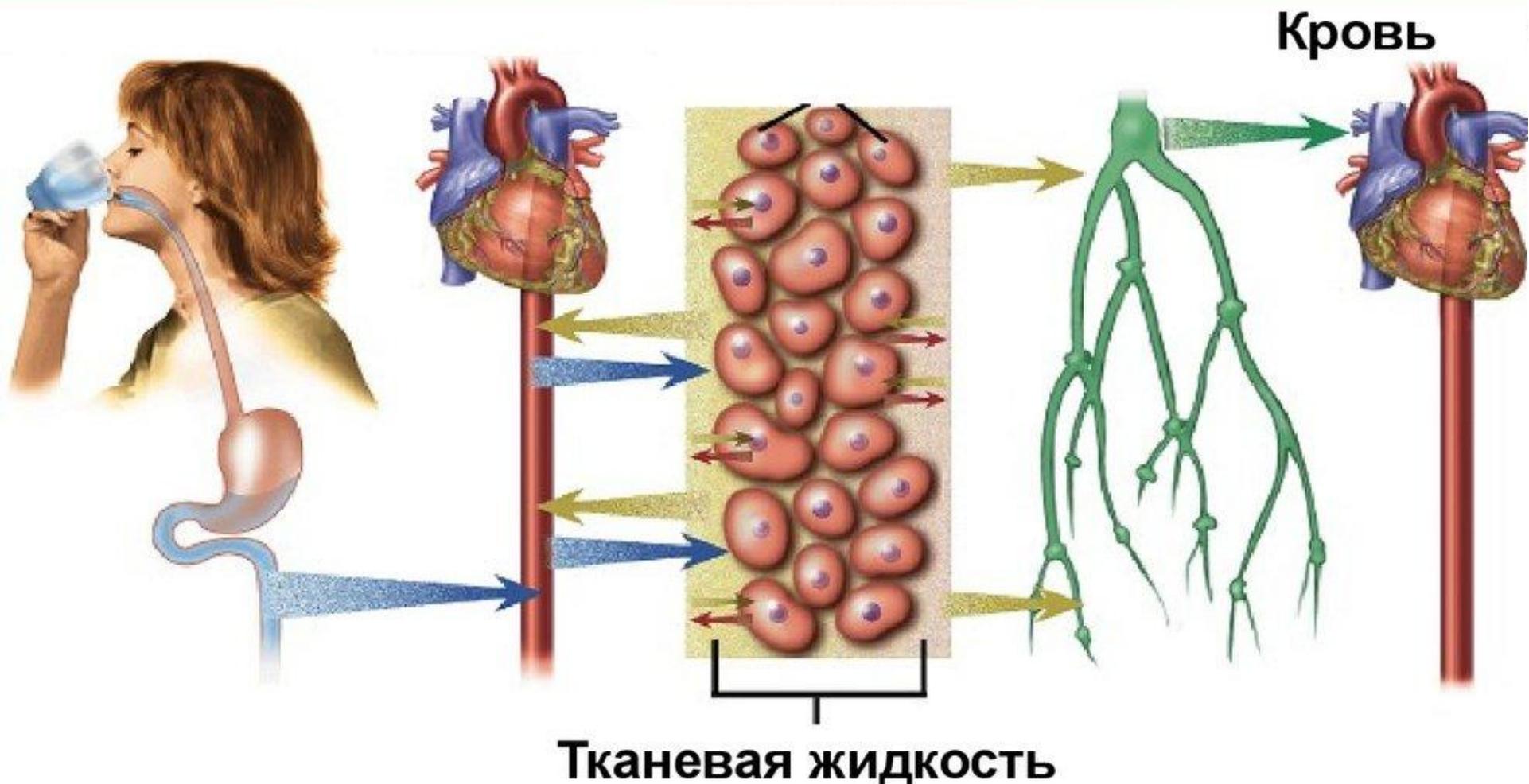
Суточная потребность в натрии взрослого человека составляет 5-10 г. Выделяют гипернатриемию (натрий сыворотки крови более 145 ммоль/л), сопровождающуюся повышенным содержанием натрия в интерстиции и гипонатриемию (натрий сыворотки крови менее

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 ²⁺	2,5 (2,1–2,9)	< 0,001
Mg ²⁺	0,9(0,7–1,5)	15
Анионы		
HCO ₃ [–]	25 (23–28)	10
HPO ₄ ^{2–}	1 (0,7–1,6)	65
SO ₄ ^{2–}	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

Na^+ ПЛАЗМЫ КРОВИ – 142 ммоль/л

Na^+ ЭРИТРОЦИТОВ – 15 ммоль/л

ГИПЕРНАТРИЕМИЯ

Na^+ ПЛАЗМЫ > 147 ммоль/л

ГИПОНАТРИЕМИЯ

Na^+ ПЛАЗМЫ < 137 ммоль/л



Гипонатриемия

(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 (Na^+ сыворотки >145 ммоль/л)

Абсолютный избыток поступления Na при:

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

Относительный избыток Na при гиперосмолярной гипогидратации



Проявления гипернатриемии

- Изменение водного баланса (гиперволемия, 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

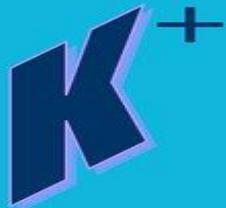
K^+ ЭРИТРОЦИТОВ – 100 ммоль/л

ГИПЕРКАЛИЕМИЯ

K^+ ПЛАЗМЫ $> 5,2$ ммоль/л

ГИПОКАЛИЕМИЯ

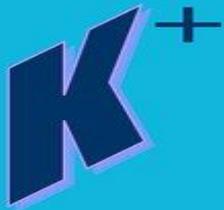
K^+ ПЛАЗМЫ $< 3,8$ ммоль/л



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



Гиперкалиемиа ($K^+ > 5,2$ ммоль/л)

Проявления:

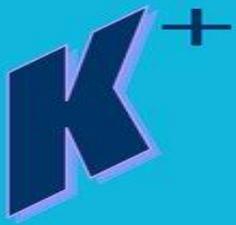
- Нарушение возбудимости, проводимости миокарда (по ЭКГ – укорочение QRST, аритмии, брадикардия, замедление Внутривентрикулярной и АВ проводимости, остановка сердца в диастоле при $K^+ > 12$ ммоль/л)
- Слабость и паралич мышц (атония кишечника)
- Нарушение ф-ции ЦНС (парестезии, раздражительность, утомляемость)



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 T, 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.