



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%

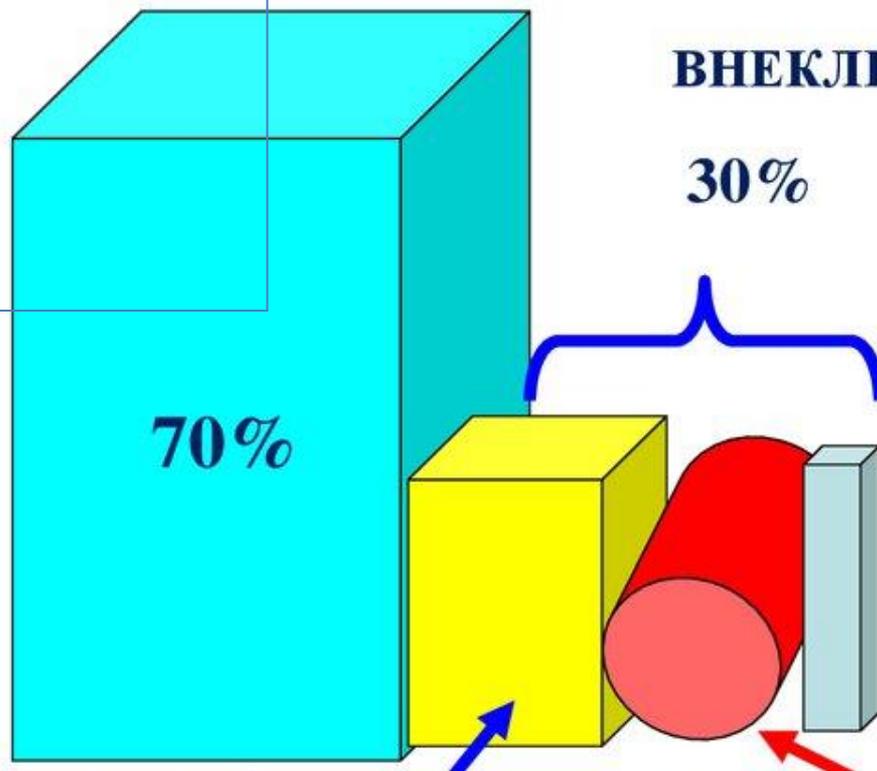
**ВОДА В
ПОЛОСТЯХ**

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

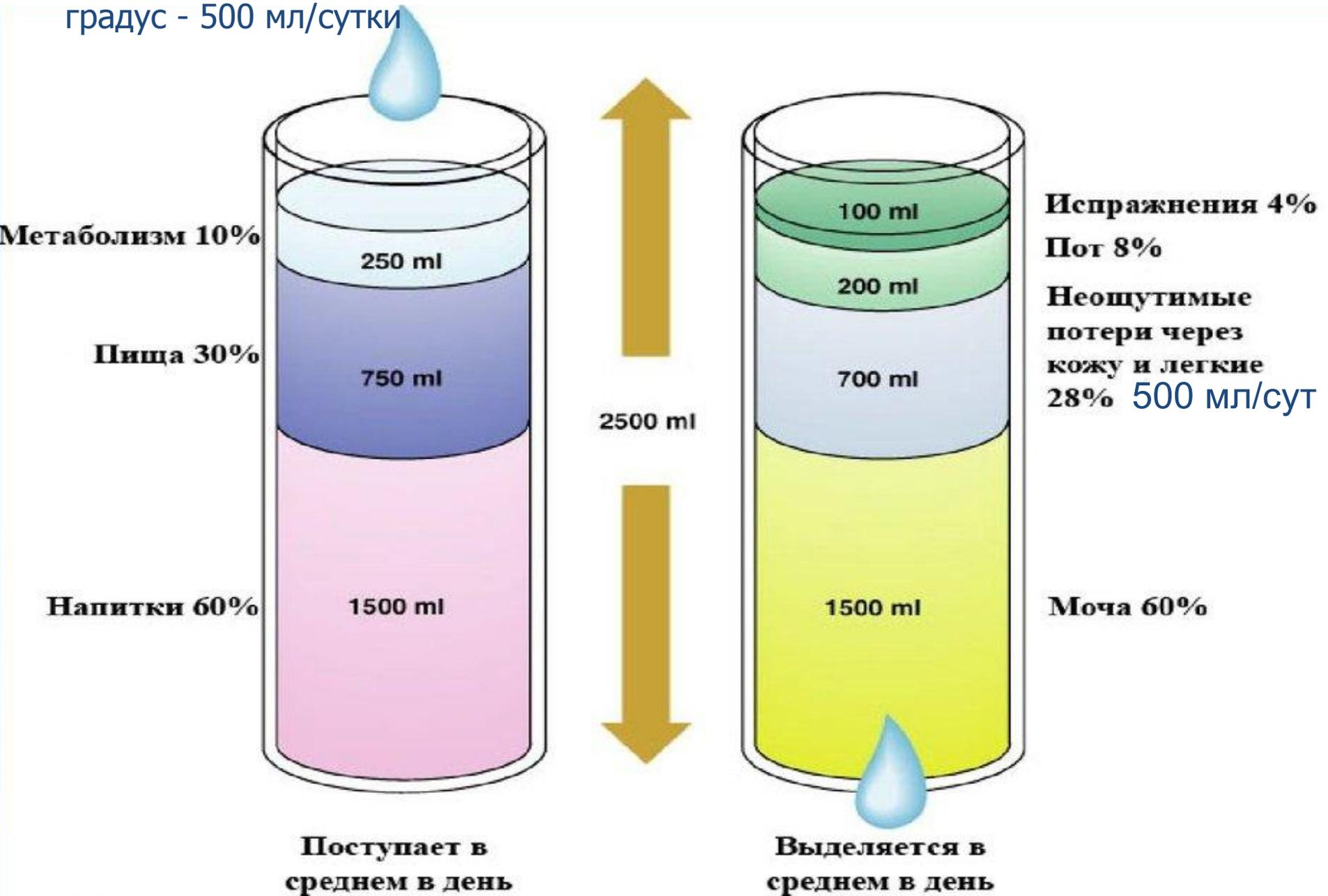
From Edelman IS, Leibman J. Anatomy of body water and electrolytes.
Am J Med 1959;27:256–277.

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

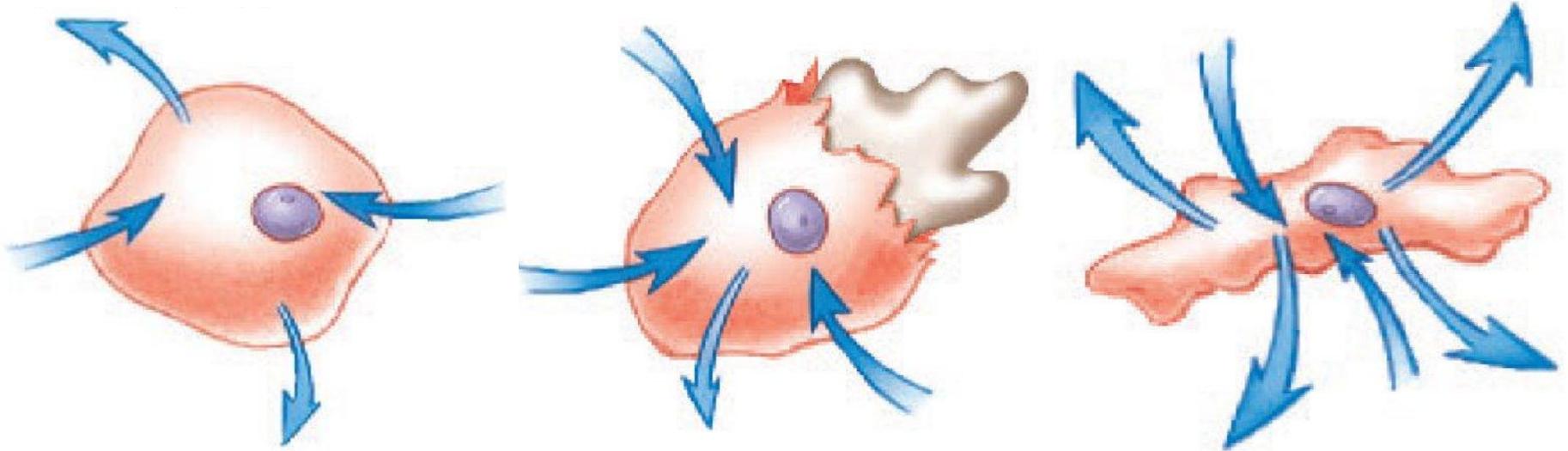


Когда растёт потребление воды?

- 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

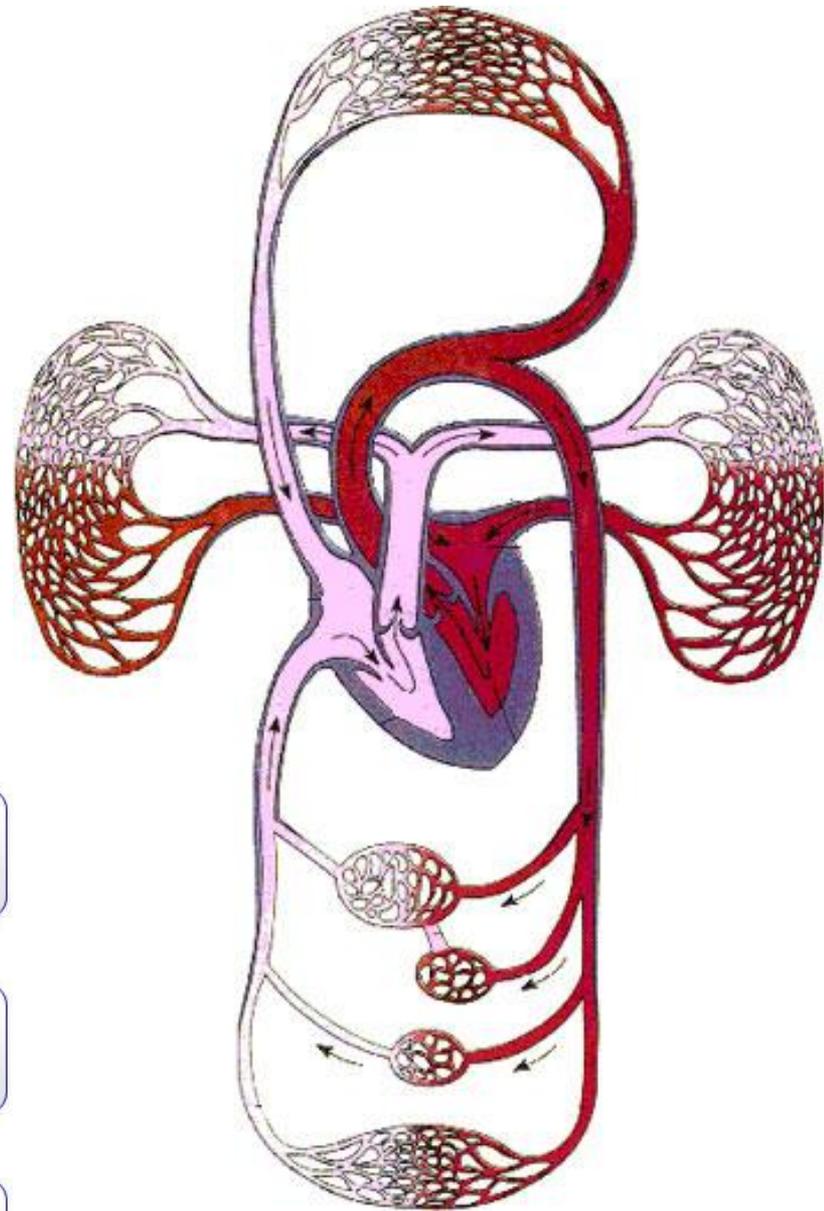
гипотоническая среда

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

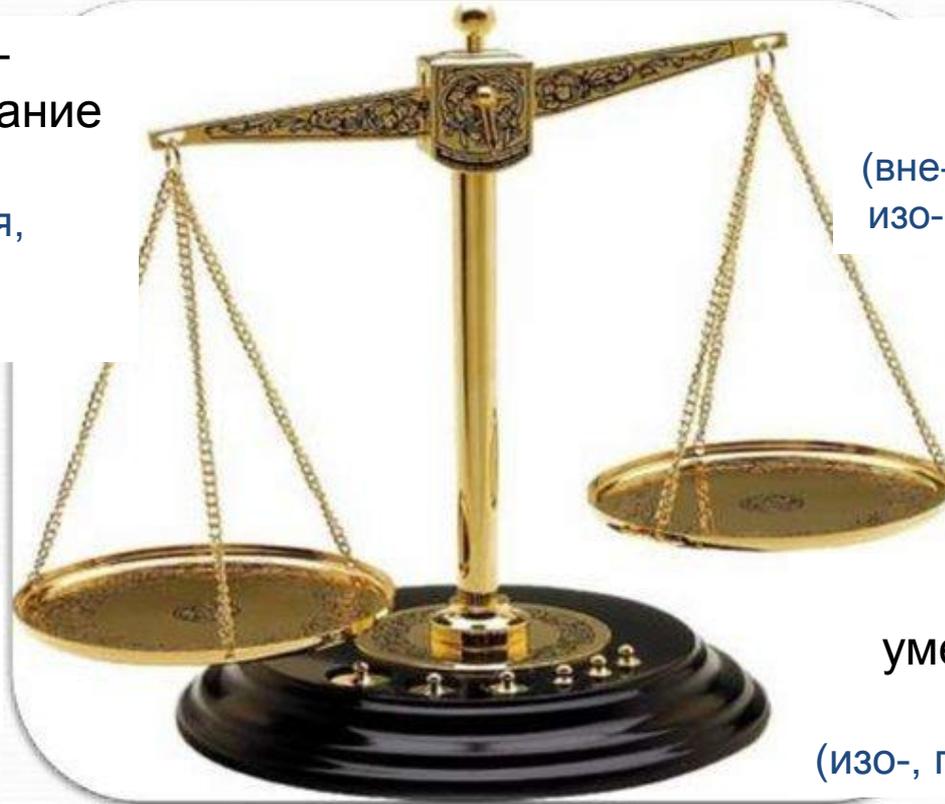
Объем циркулирующей крови (ОЦК)



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.

Дегидратация

- Изоосмолярная – потеря жидкости из ЖКТ (неукротимая рвота, профузная диарея), потеря крови/плазмы (о.кровопотеря, ожоги).
- Гиперосмолярная – недостаточное потребление воды, потери воды преобладают над потерями электролитов (Na), вода перемещается из клетки во внеклеточный сектор (гиподипсия – дисфункция осморецепторов, возраст, неврологические нарушения), полиурия – потери гипотонической мочи (несахарный диабет, осмотический диурез – гипергликемия, прием диуретиков), экстраренальные потери воды (усиленное потоотделение, гипервентиляция).
Механизм компенсации – секреция АДГ.
- Гипоосмолярная – потери электролитов преобладают над потерями воды, внутриклеточный отек, тяжелая гиповолемия (низкое АД, тахикардия), отсутствие жажды, хроническая потеря электролитов из ЖКТ (пилоростеноз, рвота), продолжительное интенсивное потоотделение, гипоальдостеронизм, повышенная потеря электролитов с мочой.
Механизм компенсации – секреция альдостерона.

Лечение гипотонической дегидратации

- Основные задачи лечения: восполнить дефицит натрия (повысить осмолярность) и объема внеклеточной жидкости, ликвидировать внутриклеточную гипергидратацию, провести необходимую коррекцию гипокалиемии и нарушений КЩС крови.
- Формула для расчета дефицита натрия:
Дефицит натрия (ммоль) = $(142 - Na_{пл}) \times 0,2 \times M_t$
 - 142 - средняя N концентрация Na в плазме в ммоль/л;
 - $Na_{пл}$ - концентрация Na в плазме крови ммоль/л;
 - M_t – масса тела больного в кг;
 - $0,2 \times M_t$ - объем внеклеточной жидкости в литрах.

Гипергидратация

- **Гиперосмолярная** - повышенное осмотическим давлением жидкостей (применение гипертонических растворов);
- **Гипоосмолярная** - пониженным осмотическим давлением жидкостей (преобладание поступления воды в организм над её выделением);
- **Изотоническая** - нормальное осмотическим давлением жидкостей (при массивных изотонических инфузиях и некоторых видах отёков).
- *Водная интоксикация*, характеризующаяся пониженным содержанием соли или ее полным отсутствием (застойная СН, цирроз печени, снижение экскреторной функции почек, отеки, повышение уровня содержания антидиуретического гормона)
- *Внеклеточная* - гипергидратации подвергается всё внеклеточное пространство или только интерстициальная ткань (задержка в организме электролитов);
- *Клеточная* (интрацеллюлярный отёк) - накопление воды в клетках. (введение в организм чрезмерного количества воды или гипотонических растворов);
- *Общая* - «водное отравление» или «водная интоксикация» - гипоосмотическая гипергидратация (при повышенном поступлении воды в организм в сочетании с её недостаточным выделением).

Лечение гипергидратации

- Устранение изотонической гипергидратации включает ограничение приема воды и солей и назначение различных мочегонных (осмодиуретиков, салуретиков, антагонистов альдостерона и др.). Главная цель этих мероприятий — создание отрицательного водного и натриевого баланса.
- Выведение из внеклеточной жидкости избытка натрия и устранение внутриклеточной дегидратации являются основными задачами корригирующего лечения гипертонической гипергидратации.
- Гипертонический раствор натрия хлорида увеличивает внеклеточную концентрацию натрия и тем самым внеклеточную осмолярность, что сопровождается выходом избытка воды из клеток и нормализацией их функционального состояния при гипотонической гипергидратации

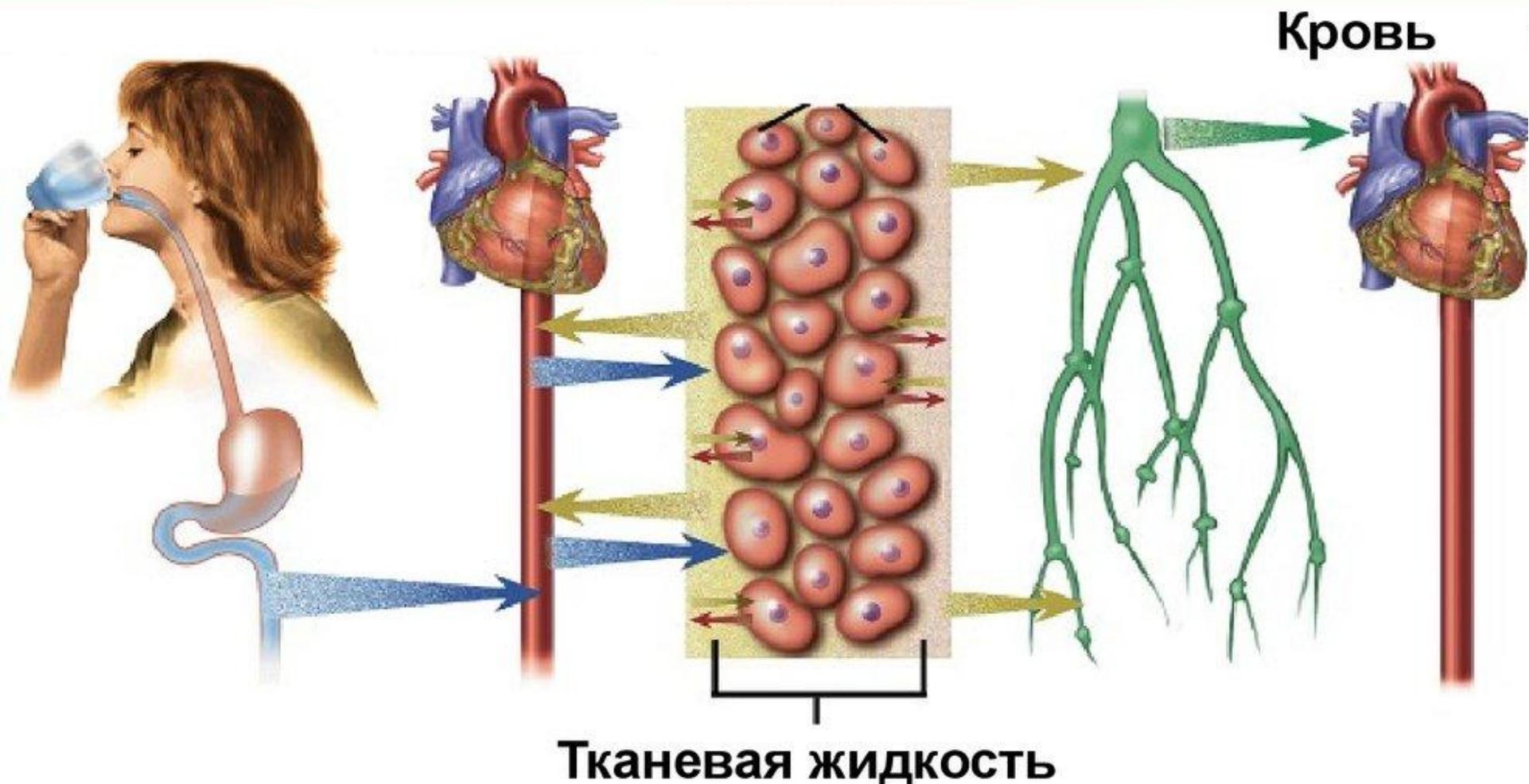
- Профилактика возникновения гипергидратации при лечении ренальной олигурии или анурии достигается поддержанием нулевого водного баланса.
- Для этого следует неукоснительно соблюдать правило: суммарное количество воды, потребляемое больным перорально и назначаемое парентерально, не должно превышать суммарное количество воды, теряемой всеми путями (при диурезе и усилении перспирации, со рвотой, при поносе, с отделяемым по дренажам и пр.) *плюс 500 мл?*

Гипогидратация

- Вследствие нарушения поступления воды в организм или повышенной потери воды
- Изоосмолярная - уменьшение объема жидкости и электролитов во внеклеточной среде (о. кровотечения, полиурия, о. патология системы пищеварения: стеноз привратника; дизентерия; холера; язвенный колит; высокая тонкокишечная непроходимость; тонкокишечный свищ). Приводит к нарушениям гемодинамики, сгущению крови (ангидремия), организм теряет натрий, хлор, воду.
- Гиперосмолярная - потеря воды превышает потерю электролитов; это обезвоживание возникает в связи с первичной абсолютной нехваткой воды – водного истощения, эксикоза (сужения пищевода, опухоли, кома, у недоношенных, гипервентиляционный синдром, лихорадка, ИВЛ, несахарный диабет, ожоги, гипергликемия).
- Гипоосмолярная - хронический дефицит электролитов (ж-к свищи, рвота, поносы, полиурия с высокой осмотической плотностью мочи, осмотический диурез, болезнь Аддисона (дефицит альдостерона), идиопатический ацидоз новорожденных (у детей до шести месяцев нет карбоангидразы, вследствие чего и нарушается реабсорбция Na), неправильная коррекция р-рами не содержащими электролиты, «синдром больной клетки» – перемещение Na из внеклеточного пространства в клетки.

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

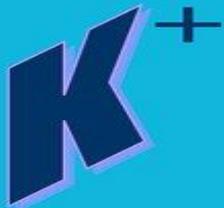
K^+ ПЛАЗМЫ $< 3,8$ ммоль/л



Гиперкалиемиа

(K^+ сыворотки $>5,2$ ммоль/л)

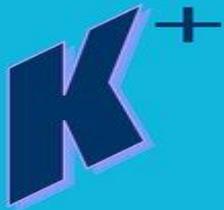
- Увеличение поступления калия в организм (в/в введение растворов K^+)
- Уменьшение экскреции K^+ (ОПН, гипоальдостеронизм)
- Выход K^+ их клеток (инсулиновая недостаточность, усиление катаболизма, ацидоз, цитолиз) при механическом повреждении клеток (травма, ожоги, краш-синдром, гемолиз)
- Гепаринотерапия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



Гиперкалиемиа ($K^+ > 5,2$ ммоль/л)

Проявления:

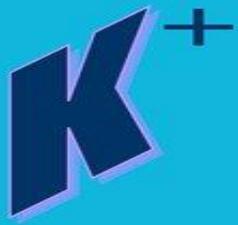
- Нарушение возбудимости, проводимости миокарда (по ЭКГ – укорочение QRST, аритмии, брадикардия, замедление Внутривентрикулярной и АВ проводимости, остановка сердца в диастоле при $K^+ > 12$ ммоль/л)
- Слабость и паралич мышц (атония кишечника)
- Нарушение ф-ции ЦНС (парестезии, раздражительность, утомляемость)



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 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.

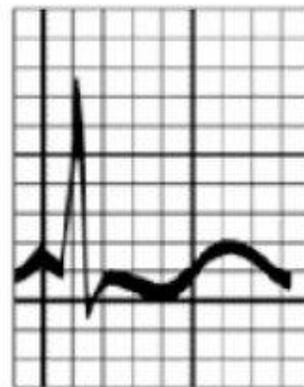
Гипокалиемия



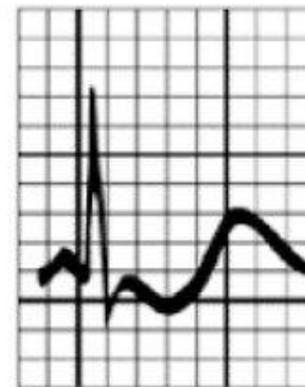
2.8



2.5



2.0

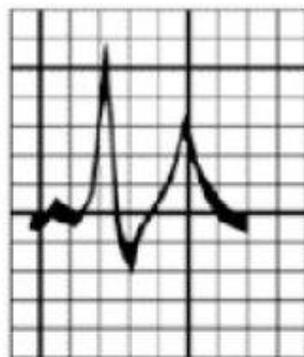


1.7

Гиперкалиемия



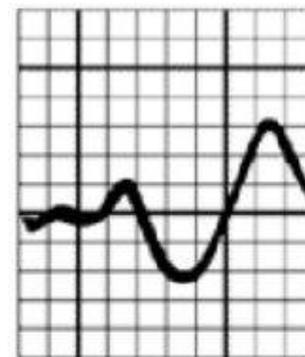
6.5



7.0

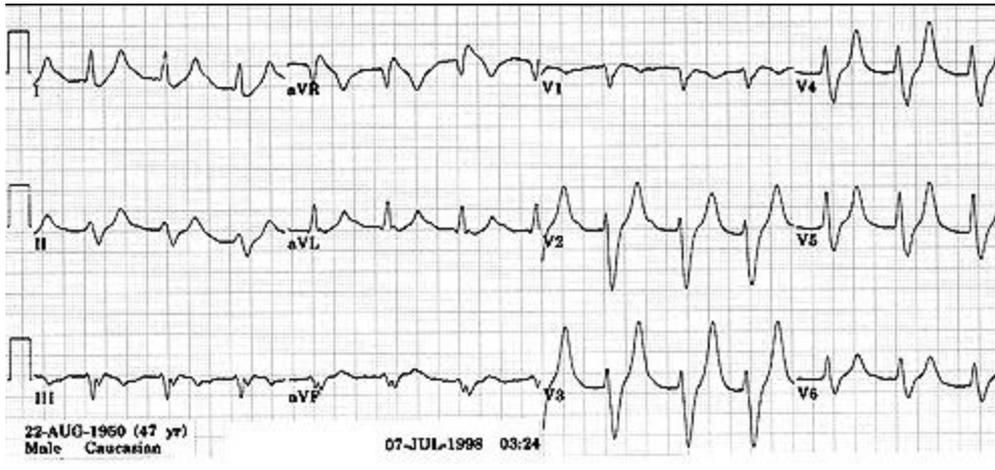


8.0



9.0

ЭКГ при гиперкалиемии



Уплотнение зубцов Р, высокие (в форме шатра) зубцы Т и расширение комплекса QRS

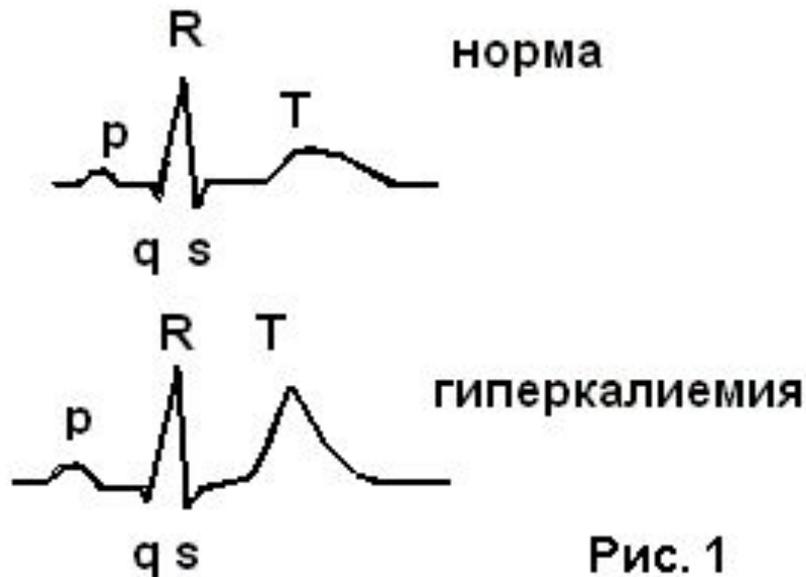
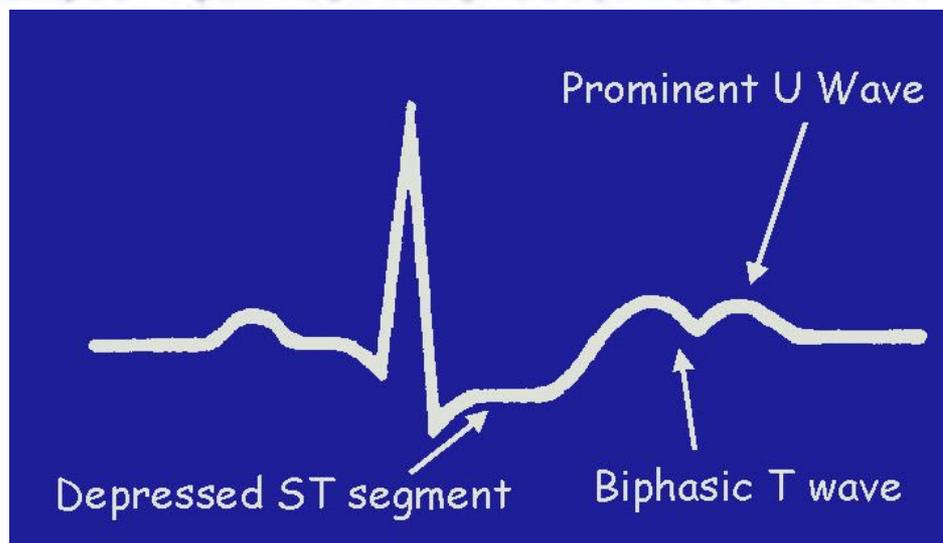
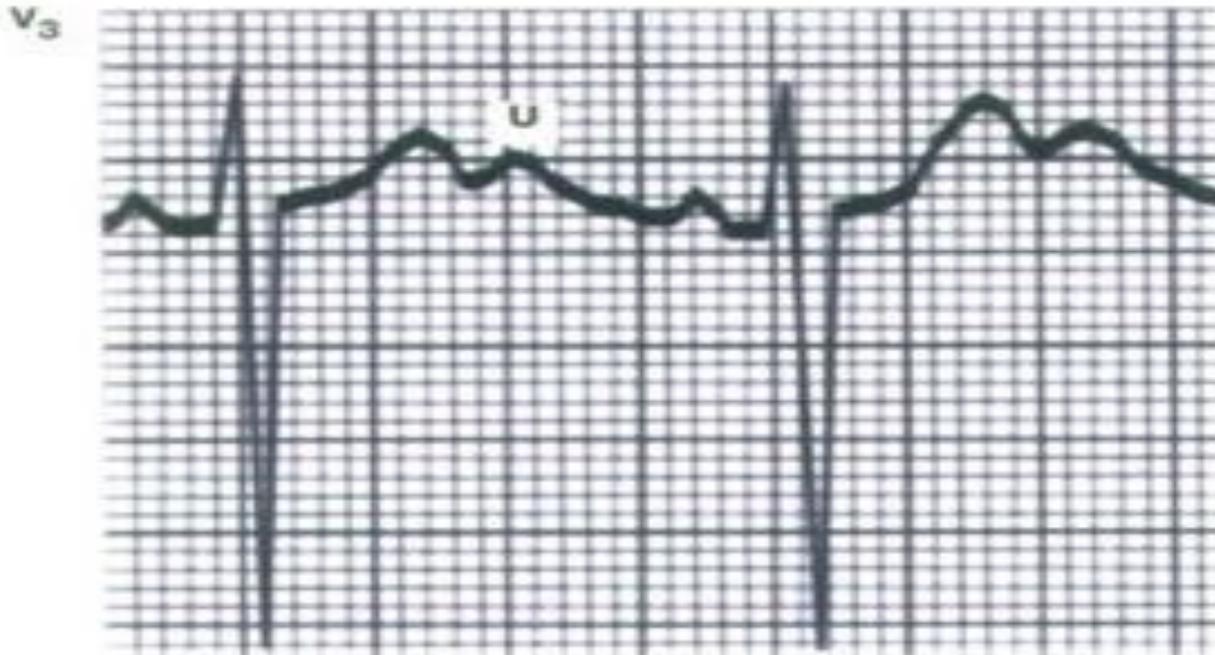


Рис. 1

ЭКГ при гипокалиемии



Коррекция гипокалиемии

- Дефицит калия (ммоль) = $(4,5 - \text{калий плазмы}) \text{ ммоль/л} \times \text{масса тела (кг)} \times 0,4$
- При установлении необходимой общей корригирующей дозы калия к рассчитанному дефициту калия прибавляется его суточная физиологическая потребность, равная 1 – 1,5 ммоль/кг/сутки,
- Скорость введения растворов калия хлорида должна быть ограничена введением 20 ммоль в час (0,33 ммоль/мин), что соответствует 1,5 г калия хлорида в час. Суточная доза калия не должна превышать 2 – 3 ммоль/кг (10 – 15 г калия хлорида при массе тела 70 кг).
- Анурия и олигурия (диурез менее 0,7 мл/кг/час, менее 500 мл/сут) является противопоказанием для внутривенного введения калия.

Основные принципы лечения электролитных нарушений

- Гипернатриемия – введение без солевых и глюкозированных растворов,
- Гипонатриемия – физ.раствор

- Гиперкалиемия – препараты кальция, глюкоза с инсулином, гемодиализ,
- Гипокалиемия – раствор калия, ГИК

- Гиперхлоремия – лечение метаболического ацидоза,
- Гипохлоремия – введение NaCl

Пример расчета инфузионной терапии

Больной с массой тела 72 кг, ростом 170 см и поверхностью тела (определение по таблице) $1,8 \text{ м}^2$. В распоряжении имеются изотонический раствор натрия хлорида («физ. раствор»), 5% и 10% раствор глюкозы, 4% ампулированный раствор калия хлорида, простой инсулин.

1. Необходимый объем инфузионной терапии:

$$1,5 \text{ л/м}^2 \text{ /в сутки} \times 1,8 \text{ м}^2 = 2,7 \text{ л в сутки}$$

2. Необходимое количество натрия:

$$2 \text{ ммоль/кг/ в сутки} \times 72 \text{ кг} = 144 \text{ ммоль в сутки}$$

3. Необходимое количество хлора:

$$2 \text{ ммоль/кг/в сутки} \times 72 \text{ кг} = 144 \text{ ммоль в сутки}$$

4. Необходимое количество калия:

$$1 \text{ ммоль/кг/в сутки} \times 72 \text{ кг} = 72 \text{ ммоль в сутки}$$

Объем инфузионной терапии на сутки рассчитывается с учетом:

- Физиологическая потребность (ФП) в воде зависит от возраста пациента и составляет: до 65 лет – 30 мл/кг; от 65 до 75 лет – 25 мл/кг; старше 75 лет – 20 мл/кг массы тела (МТ).
- Патологические потери (ПП): отделяемое по дренажам, желудочному зонду, со стулом при диарее, рвоте и т. п.
- При лихорадке $ПП = 0,1 \cdot ФП$ (на каждый градус $>37^{\circ}C$)
- При одышке $ПП = 1$ мл/кг (на каждое дыхание >25)
- *Например:* у пациента T тела $39^{\circ}C$, ЧДД = 40 в мин., ПП за сутки при МТ= 80 кг составят:
 - за счет лихорадки: $0,1 \cdot 30 \cdot 80 \cdot 2 = 480$ мл;
 - за счет тахипноэ: $1 \cdot 80 \cdot 15 = 1200$ мл.
 - всего ПП = 1680 мл.

Объем инфузионной терапии на сутки рассчитывается с учетом:

- Дефицит воды (Дв) при дегидратации рассчитывают по величине гематокрита или концентрации натрия плазмы при наличии гипернатриемии
- Нет кровотечения, то Дв во внеклеточном секторе можно рассчитать по величине Ht (если он $>0,44$)
- Дефицит воды (Дв) = $0,2 \cdot \text{МТ} \cdot (1 - \text{HtБ} : \text{HtN})$
МТ – масса тела больного;
HtБ – гематокрит больного;
HtN - гематокрит нормы (0,44);
0,2 – объем внеклеточного пространства (20% от МТ)
- *Например:* при МТ = 80 кг и HtБ = 0,55 (HtN = 0,44)
Дв = $0,2 \cdot 80 \cdot (1 - 0,55 : 0,44) = 4$ л.

Объем инфузионной терапии на сутки рассчитывается с учетом:

- кровотечение или анемия, то дефицит воды рассчитывают по содержанию натрия в плазме крови (если $Na > 142$ ммоль/л):
- Дефицит воды(Дв) = $0,2 \cdot MT \cdot (1 - Na+ Б : Na+ N)$
 $Na+ Б$ – содержание натрия в плазме больного,
 $Na+ N$ - содержание натрия в норме (142 ммоль/л).
- *Например:* при $MT = 90$ кг и $Na+ Б = 160$ ммоль/л
($Na + N = 142$ ммоль/л)
- $Дв = 0,2 \cdot 90 \cdot (1 - 160 : 142) = 2,28$ л.

Объем инфузионной терапии на сутки рассчитывается с учетом:

- При нормогидратации (нормальное содержание воды в организме) назначаемый объем инфузионной терапии должен составлять: **ФП+ПП**.
- При дегидратации расчет инфузионной терапии производят с учетом осмолярности плазмы:
- ОСМ в норме составляет 285-295 мОсм/л
- рассчитать: $\text{ОСМ} = 2 \cdot (\text{Na}^+ + \text{K}^+) + \text{Глюк.} + \text{Мочевина}$
- *Например:* при содержании в крови Na 155 ммоль/л, K 5 ммоль/л, глюкозы 10 ммоль/л, мочевины 20 ммоль/л
 $\text{ОСМ} = 2 \cdot (155+5) + 10 + 20 = 350 \text{ мОсм/л}$ - имеет место гиперосмолярность.

Объем инфузионной терапии на сутки рассчитывается с учетом:

- При изоосмолярной (изотонической) дегидратации: $\text{ФП} + \text{Дв} + \text{ПП}$;
- При гиперосмолярной (гипертонической) дегидратации: $\text{ФП} + 1/2\text{Дв} + \text{ПП}$;
- При гипоосмолярной (гипотонической) дегидратации: $\text{ФП} + 1/2\text{Дв} + \text{ПП}$
- *Например:* у больного 50 лет и массой 80 кг $\text{Ht} = 0,55$, $\text{ОСМ} = 315 \text{ мОсм}$ (гиперосмолярная дегидратация) по дренажам в течение суток выделяется 500 мл.
 - $\text{ФП} = 30\text{мл} \cdot 80\text{кг} = 2400 \text{ мл}$; $\text{ПП} = 500 \text{ мл}$.
 - $\text{Дв} = 0,2 \cdot \text{МТ} \cdot (1 - \text{HtБ} : \text{HtN}) = 0,2 \cdot 80 \cdot (1 - 0,55 : 0,44) = - 4 \text{ л} (- 4000 \text{ мл})$;
 - Объем инфузии составит: $\text{ФП} + 1/2\text{Дв} + \text{ПП} = 2400 + 2000 + 500 = 4900 \text{ мл}$.

Объем инфузионной терапии на сутки рассчитывается с учетом:

- При гипергидратации расчет общего объема инфузионной терапии на сутки: $\frac{2}{3}\text{ФП} + \text{ПП}$.
- При почечной недостаточности (ренальная форма ОПН), сопровождающейся анурией или олигурией, объем инфузионной терапии должен быть резко ограничен и составляет: $\text{ПП} + \text{Диурез}$.

Коррекция электролитного баланса:

- **Коррекция гипонатриемии:** ($\text{Na N} \approx 142$ ммоль/л)
Дефицит натрия (ДNa): $= 0,2 \cdot \text{MT} \cdot (\text{Na+ Б} - \text{Na+ N})$.
- *Например:* $\text{NaБ} = 120$ ммоль/л, $\text{MT} = 80$ кг
- $\text{ДNa} = 0,2 \cdot 80 \cdot (120 - 142) = -352$ ммоль
- Суточную потребность в Na 1 ммоль/кг: $1 \cdot 80 = 80$ ммоль.
- за сутки б.должен получить: $352 + 80 = 432$ ммоль Na
- 1 мл 10% NaCl содержит $1,5$ ммоль Na + ;
- 1 мл $0,9\%$ раствора NaCl содержит $0,15$ ммоль Na^+ ,
следовательно: $432 : 1,5 = 288$ мл 10% NaCl; или $432 : 0,15 = 2880$ мл $0,9\%$ NaCl
- **При гипернатриемии** исключают растворы, содержащие натрий. В/в вводят изотонический р-р глюкозы ($5-10\%$) с инсулином, добиваясь снижения концентрации натрия в плазме со скоростью не более 1 ммоль/л в час

Коррекция электролитного баланса:

- **Коррекция гипокалиемии.**

$$Дк = 0,2 \cdot МТ \cdot (К + Б - К + N); \quad К + N \approx 5 \text{ ммоль/л}$$

- *Например:* $К + Б = 2,5 \text{ ммоль/л}$, $МТ = 80 \text{ кг}$

- $Дк = 0,2 \cdot 80 \cdot (2,5 - 5) = -40 \text{ ммоль}$

- Сут.потребность в К $0,7-0,9 \text{ ммоль/кг}$ ($0,9 \cdot 80 = 72 \text{ ммоль}$),

- За сутки б.должен получить $72 + 40 = 112 \text{ ммоль}$

- 1 мл 4% КСІ содержит 0,5 ммоль К+

- $112 : 0,5 = 224 \text{ мл 4\% раствора КСІ}$

- **Коррекцию гипокалиемии** проводят при наличии адекватного диуреза (не менее 30-40 мл/час) растворами «поляризующей смеси», в которую входят растворы глюкозы и калия с инсулином. Концентрация КСІ в смеси при этом не должна превышать 1%. Скорость введения – не $>20 \text{ ммоль калия в час}$