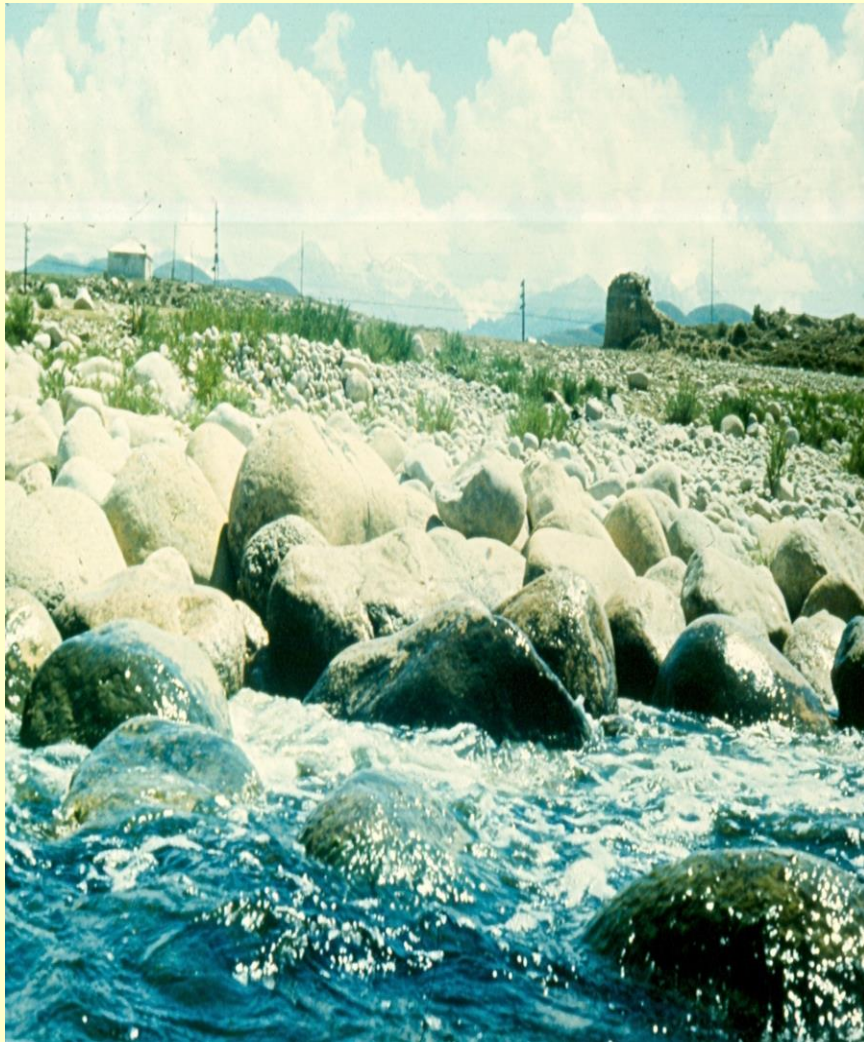


ВОДНО–ЭЛЕКТРОЛИТНЫЙ БАЛАНС У ДЕТЕЙ



**кафедра
анестезиологии и
реаниматологии
Б Г М У**

**доцент
Кулагин
Алексей Евгениевич**

Водно-электролитный баланс

– совокупность процессов поступления воды и электролитов в организм, распределение их во внутренней среде и выделения из организма.

Водно-электролитный гомеостаз требует **равновесия между поступлением и выделением H_2O и электролитов**, отсутствие равновесия между поступлением и выделением приводит к нарушению водно-электролитного баланса.



Вода – важнейшая составляющая часть тела, имеет основополагающее значение в качестве среды и участника обмена веществ.

Вода и электролиты обеспечивают

- ✓ **объемный,**
- ✓ **осмотический,**
- ✓ **онкотический**

гомеостаз в организме, который необходим для поддержания нормальной деятельности всех органов и тканей.



ФУНКЦИИ ВОДЫ В ОРГАНИЗМЕ

- Является **транспортной** единицей между внешней и внутренней средой.
- Обеспечивает **обменные** процессы на клеточном, органном и организменном уровне.
- Обеспечивает **взаимодействие** внутриклеточных структур.
- Осуществляет **межклеточный обмен** веществом, энергией, информацией.
- Участвует в регуляции постоянной внутренней температуры (обладает наибольшей теплоемкостью).

Водно-электролитный баланс

- Все жидкости организма это сложные растворы содержащие положительно и отрицательно заряженные ионы, недиссоциирующие молекулы и коллоидные частицы.
- Раствор – однофазная система переменного состава, состоящая из двух или более компонентов и находящаяся в состоянии химического равновесия.



Водно-электролитный баланс

- **Общим для всех жидкостей организма является растворитель – вода. Соотношение и концентрация растворенных веществ у разных жидкостей отличаются.**
- **Растворитель – компонент, агрегатное состояние которого не изменяется при образовании раствора.**



Водно-электролитный баланс

- Вода свободно проходит клеточную мембрану через поры-каналы:
 - ✓ аквапорины – только для движения воды,
 - ✓ каналы, специфичные для крупных молекул,
 - ✓ в составе гидратированных ионов.
- За 1 сек через клетку может пройти до 100 объёмов воды равных объёму клетки.
- Проницаемость мембран меняется (воспаление, интоксикация, метаболические нарушения и т.д.).



Водно-электролитный баланс

- Вода легко проходит через поры в стенке капилляра.
- Движущая сила – диффузия («градиент гидростатического давления»), т.е. перемещение из зоны с высоким содержанием H_2O в зону с низким содержанием (чем насыщеннее раствор, тем ниже в нем концентрация воды и наоборот) – перемещение воды направлено на выравнивание концентраций осмотически активных частиц по обе стороны мембраны.



Водно-электролитный баланс

Всю жидкость в организме можно распределить на:

- **Общий объём воды**
- **Объём воды находящийся в секторах (пространствах, компартментах):**

1. внутриклеточный сектор;

2. внеклеточный сектор:

- **внутрисосудистый сектор – плазма;**
- **внесосудистый (интерстициальный, межклеточный – зона обмена).**



Водно-электролитный баланс

1. Внутриклеточный сектор – жидкость находящаяся во всех клетках организма и ограниченная клеточной мембраной, самое большое и инертное пространство (состав и концентрация веществ растворенных в цитоплазме меняется медленнее, чем в интерстиции и тем более плазме).



У взрослых составляет около 66% от общей воды организма.

Водно-электролитный баланс

2. Внеклеточный сектор – жидкость находящаяся вне клеток:

- ✓ внутрисосудистое сектор – плазма – часть крови не содержащая клеток;
- ✓ интерстициальный сектор – жидкость заполняющая межклеточное пространство; все что получает клетка проходит через интерстициальное пространство.



Между плазмой и интерстицией происходит постоянный обмен водой и веществами через поры в капиллярах.

Интерстициальный сектор

Роль буферной зоны и резервной ёмкости.

Содержит 25,5% от ОВО.

Ёмкость в 2,5 раза < ёмкости внутриклеточного пространства → скорость обменных

процессов в 2,5 раза выше, чем в клетках.

Одновременно обменивается водой и растворенными веществами с плазмой и клетками.

Структура интерстициального пространства состоящая из коллагеновых, эластиновых и гликановых волокон позволяет тканям сохранять упругость, форму, объём.



Интерстициальный сектор

В результате упругого сопротивления формируется давление интерстициальной жидкости.



При избыточном поступлении жидкости в интерстицию – определенная её часть не связывается с протеогликановой сетью и формирует капельки-везикулы и ручейки свободной воды.

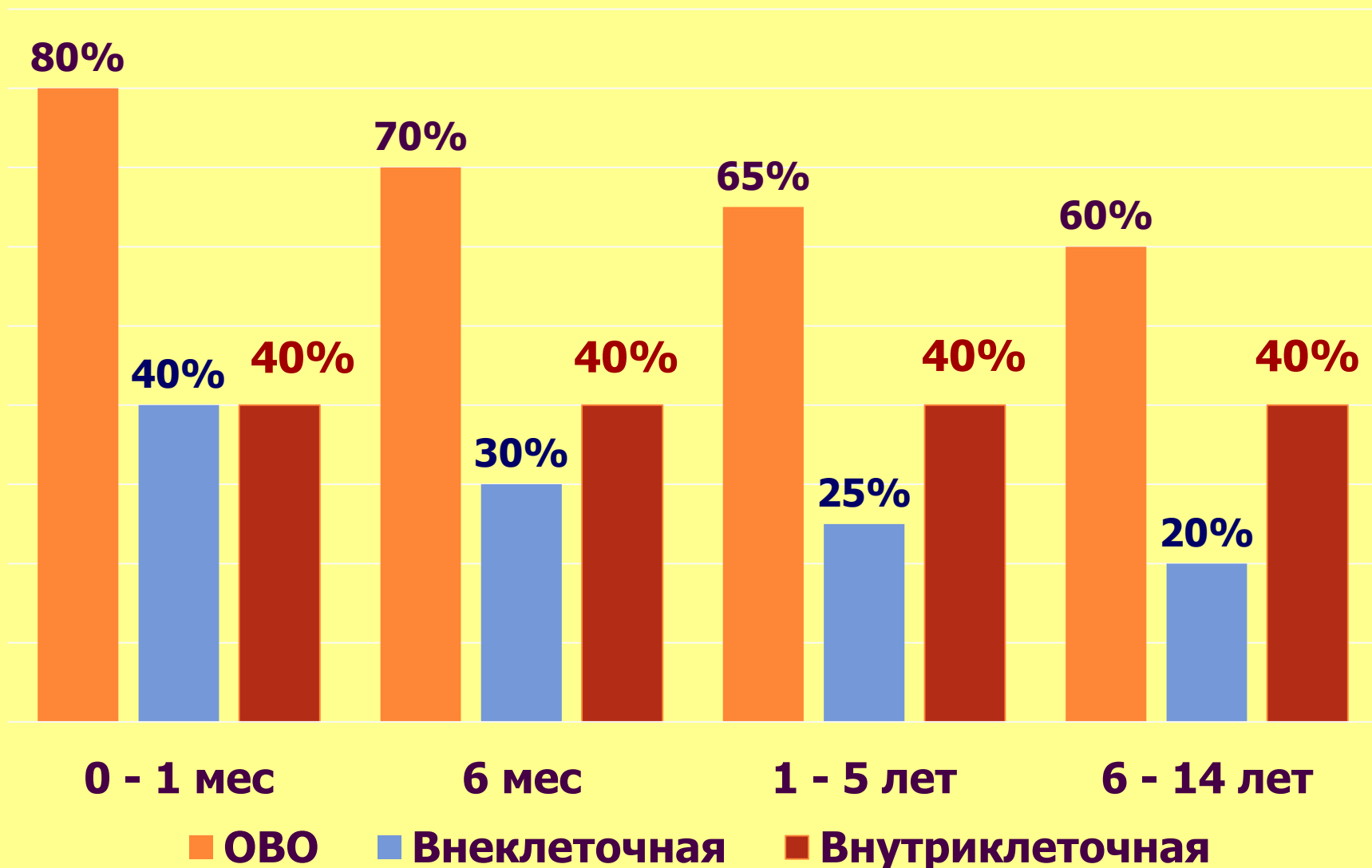
В норме свободной воды $\leq 1\%$ от всей интерстициальной жидкости.

При отеках свободной воды $\geq 50\%$.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ ОРГАНИЗМЕ

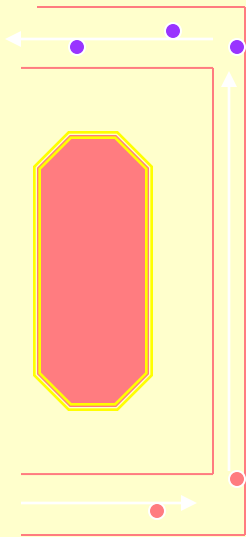
Возраст	ОВО, % от МТ	Вне- клеточная, % МТ	Внутри- клеточная, % МТ
Недоношен- ные (32 нед)	85	50–60	30–35
Новорож- денные	76–80	40 (35–44)	35–40
6 мес жизни	70	30	40
1–5 лет	65	25	40
6–14 лет	60	20	40
Взрослые	50–60	20	40

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ ОРГАНИЗМА



Распределение воды в организме

Внутриклеточная
вода
33–40% от МТ



- Внеклеточная вода: 35–20% МТ**
- **Внутрисосудистая вода –**
(плазма) – **5%**
 - **Интерстициальная вода –**
заполняет межклеточное пространство (+ лимфа) – **15%**
 - **Трансцеллюлярная вода (просвет ЖКТ, перитонеальная, перикардальная, синовиальная, ликвор) – 1–3%**

Распределение воды между секторами определяется гомеостатическими законами

Распределение воды в организме

Возраст	ОВО, % МТ	Внутри- клеточ- ная, % МТ	Внеклеточная, % МТ	
			Плазма	Интер- стиция
Мужчины	60	40	5	15
Женщины	50	35	4	11

- ✓ Относительные объёмы основных секторов организма зависят от возраста и пола.
- ✓ Ориентировочно для взрослого можно считать: внеклеточная вода – $1/3$, внутриклеточная $2/3$ ОВО.

ОБМЕН ВОДЫ

Поступление

- Абсорбция жидкости в ЖКТ (выпитая жидкость и пища) – у взрослых около 90%
- Вода образующаяся при окислении (12 г/100 ккал) – около 10%
- С вдыхаемым воздухом**

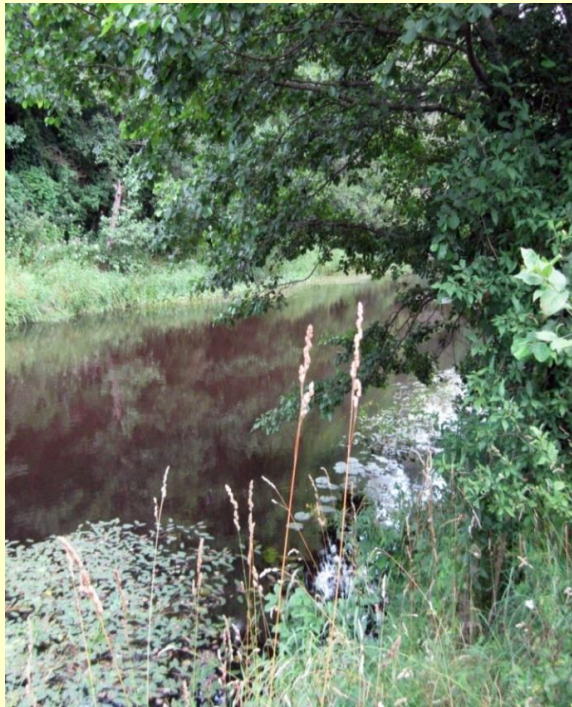
Потери (нормальные)

- с мочой (плотность мочи) – около 60%
- с дыханием, испарением с кожи, пот (ЧД, влажность, внешняя температура) – перспирация составляет 0,45–0,55 мл/кг/час
- с калом

Потребность в воде определяется энергорасходом, количеством неощутимых потерь, плотностью мочи.

Метаболическая вода

при полном окислении субстратов в организме образуется:



- **100 г жиров –
107–109 мл воды**
- **100 г углеводов –
50–56 мл воды**
- **100 г белка –
40–41 мл воды**

Важно учитывать при почечной недостаточности!

Пути выведения воды из организма

- Перспирационные («неощутимые») потери – 45–40% от общих потерь:
 - ✓ с выдыхаемым воздухом (1/3);
 - ✓ при испарении воды с кожного покрова (2/3).

Перспирация у грудных детей до 1 мл/кг/час.

Новорожденные с потом жидкость не теряют.

- С диурезом – 55–65% потерь.
- Через ЖКТ – в норме потери незначительны (грудные дети – 2,5 мг/кг/сут, старшие – 150–300 мл/сут – т.е. около 4–5%). При рвоте, диарее потери через ЖКТ более существенны.

Показатели нормального диуреза

Возраст	Диурез, мл/кг/ч	Относительная плотность мочи
10 дней	2,5	1,002 – 1,004
2 мес	3,5	1,002 – 1,006
1 год	2	1,006 – 1,010
2–7 лет	1,7	1,010 – 1,020
11–14 лет	1,4	1,008 – 1,022
Дети ≥ 15 лет	0,8 – 1	1,011 – 1,025

**Дети ≥ 1 года: диурез 1–2 мл/кг/сут;
относительная плотность мочи 1,010–1,020**

Водно-электролитный баланс (ВЭБ) – разница между поступлением и выделением воды и электролитов в организме человека



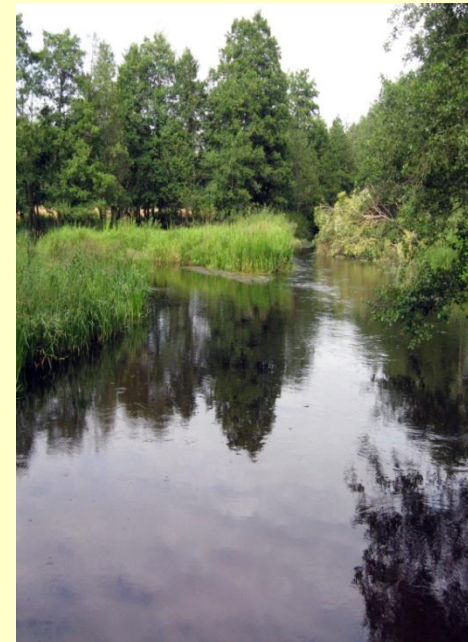
- **Положительный баланс:**
поступление $>$ выделения
- **Отрицательный баланс:**
выделение $>$ поступления
- **«Нулевой» баланс:**
поступление $=$ выведению

Регуляция водно-электролитного баланса

Необходима для поддержания постоянства внутренней среды организма (гомеостаза) с целью обеспечения нормальных физиологических реакций.

- **Виды регуляции ВЭБ:**

- ✓ центральная – через ЦНС,
- ✓ периферическая – посредством местных регуляторных механизмов.



Основной объект регуляции – внеклеточная жидкость

При этом контролируются:

- **объем внеклеточного пространства или «физиологически активный объём» (изоволемиа);**
- **общий состав электролитов (изоиония);**
- **концентрация электролитов (изотония);**
- **концентрация ионов водорода (изогедрия).**



Водно-электролитный баланс

Для поддержания ВЭБ
(постоянства количества
межклеточной жидкости и
осмолярности) организм:

- потребляет/задерживает воду,
- потребляет/задерживает электролиты,
- выделяет воду,
- выделяет электролиты.



Водно-электролитный баланс

- ✓ при гиперосмолярности внеклеточной жидкости потребляется/задерживается вода и выделяются электролиты,
- ✓ при гипоосмолярности внеклеточной жидкости – выделяется вода и потребляются/задерживаются электролиты,
- ✓ при гиповолемии потребляется вода и электролиты,
- ✓ при гиперволемии выделяется вода и электролиты.



МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ВЭБ

- **Регуляция центральная (ЦНС):**
 - ✓ **осмотическое регулирование – отвечает за концентрацию растворенных соединений (эффективное осмотическое давление) в плазме,**
 - ✓ **волемическое регулирование (stretch-рецепторы → ангиотензин → альдостерон),**
 - ✓ **чувство жажды.**
- **Периферическая регуляция.**



Осмотическое регулирование

- **Основной объект регуляции** – концентрация электролитов.
- **Основная задача** – обеспечить одинаковую осмолярность всех жидкостей организма и сохранить ее в пределах физиологической нормы.
- **Основная цепочка** – гипоталамус – гипофиз – АДГ (вазопрессин) → почка (собирательные трубочки, выводные протоки) – диурез / антидиурез.



Осмотическое регулирование

↑ потери воды

↑ осмолярности плазмы

высвобождение АДГ

жажда

↑ канальцевой
реабсорбции воды

↑ потребления воды

↑ содержания воды и ↓ осмолярности

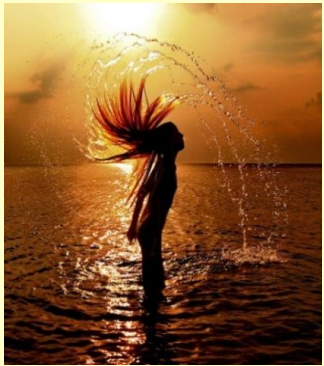
↓ секреции АДГ

↓ жажды

нормализация объемов жидкостных секторов

Осмотическое регулирование

- **Гиперосмолярность внеклеточной жидкости** – потребление воды и выделение осмотически активных веществ (электролитов).
- **Гипоосмолярность внеклеточной жидкости** – выделение воды потребление осмотически активных веществ (электролитов).
- **Гиповолемия** – потребление воды и электролитов.
- **Гиперволемия** – выделение воды и электролитов.



Осмолярность

- Является жесткой константой.
- Все жидкости организма имеют одинаковую и постоянную осмолярность (хотя концентрации отдельных веществ в них различные, общее количество частиц в каждой жидкости одинаковое).
- Средний уровень осмолярности плазмы крови **285–295** мосмоль/л.
- Пределы **допустимой** нормы **270–310** мосмоль/л.



Осмолярность

- Осмолярность **вне**клеточного пространства определяют: электролиты (Na, Cl, гидрокарбонат), глюкоза, мочевины, белки.
- Можно рассчитать как:
 $2 [Na] + [глюкоза] + [мочевина]$.
- Осмолярность **внутри**клеточного пространства определяет в основном, содержание калия.
- Осмолярность можно определить расчетным и опытным путем.



Нормальная осмолярность плазмы является отправной точкой для определения тоничности растворов

- **Изотонические растворы** (от гр. *isos* – равный; *tonus* – давление) – осмолярность раствора = осмолярности плазмы крови.
- **Гипотонические растворы** – осмолярность раствора < осмолярности плазмы крови.
- **Гипертонические растворы** – осмолярность раствора > осмолярности плазмы крови.



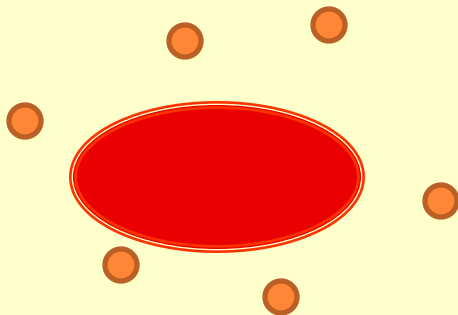
Осмотически активные вещества

- **Клеточные мембраны проницаемы для H_2O , но непроницаемы для многих растворенных веществ, являющихся осмотически активными.**
- **Распределение воды между внутри- и внеклеточным пространствами зависит от количества осмотически активных веществ, растворенных в этих пространствах по обе стороны мембраны.**
- **При развитии осмотического дисбаланса между водными секторами вода и электролиты перераспределяются для его коррекции благодаря осмотически активным веществам.**

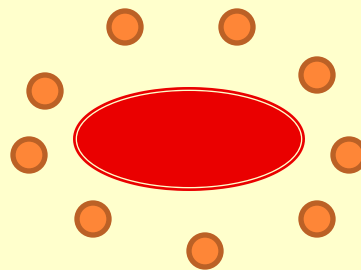
Механизм распределения воды и электролитов

Осмотическое давление (осмолярность) зависит от количества осмотически активных частиц (ионы и недиссоциированные молекулы), в среднем = 285–295 мосм/л.

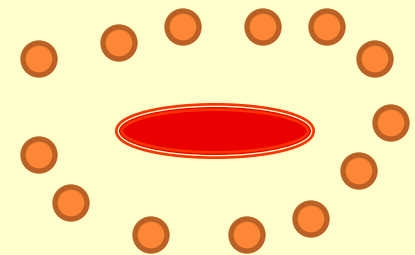
осмолярность плазмы



низкая



нормальная



высокая

Регуляция осмолярности

- Принцип обратной связи.
- Ответственные за регуляцию осмолярности:
 - ✓ осморецепторы **гипоталамуса** в области III желудочка (реагируют на отклонение до $\pm 1\%$ от нормы);
 - ✓ задняя доля гипофиза;
 - ✓ собирательные трубочки нефронов почек.



Регуляция осмолярности

- **↑ осмолярности внеклеточной жидкости ⇒ дегидратация нейронов гипоталамуса ⇒ стимуляция осморецепторов ⇒ секреция АДГ в задней доле гипофиза.**
- **Секрецию АДГ может стимулировать импульсация с рефлексогенных зон сердечнососудистой системы, имеющих осморецепторы (портальная рефлексогенная зона) и с барорецепторов.**



Регуляция осмолярности

Подводя итог вышесказанному:

- Основная роль осмотической регуляции – поддержание постоянного объёма клетки.
- Осмолярность внутри и вне клетки – одинакова.
- При развитии градиента осмолярности между клеткой и внеклеточным пространством – немедленно происходит перемещение воды.
- Если клетка не удерживает постоянство своего объёма – она погибает.



Регуляция внутрисосудистого объема

Изменение внутрисосудистого объема приводит к изменению АД. Изменения АД и ОЦК воспринимаются рецепторами различных локализаций:

- барорецепторы каротидного синуса и дуги аорты реагируют на \uparrow АД \Rightarrow \downarrow неосмотическая секреция АДГ;
- рефлекс растяжения левого предсердия: механическое растяжение ЛП \Rightarrow \downarrow секреция АДГ;
- рефлекс растяжения правого предсердия: механическое растяжение ПП \Rightarrow \uparrow секреции На – уретического пептида \Rightarrow \uparrow экскреции На, \uparrow диуреза;
- при \downarrow АД через рецепторы афферентных артериол почек активируется РААС.

Регуляция внутрисосудистого объема

При увеличении внутрисосудистого объема в конечном итоге стимулируется диурез.

При снижении внутрисосудистого объема диурез снижается.



Чувство жажды

Жажда – реакция организма на увеличение осмотического давления и уменьшение объема его жидкостей, на базе которой формируется поведенческий акт, ориентированный на поиск воды.



Чувство жажды

- Является защитным механизмом, заставляющим человека пить, и тем самым снижать гиперосмолярность плазмы крови.
- Реализация чувства жажды невозможна при нарушениях сознания.



Чувство жажды

Стимулы, способствующие образованию жажды:

- **↑ осмотического давления плазмы с последующей дегидратацией клеток (появляется при ↑ осмолярности плазмы на 1–2%);**
- **быстрое уменьшение объема внеклеточного пространства (рвота, диарея, кровотечение);**
- **высыхание слизистой оболочки рта вследствие снижения слюноотделения (стимуляция осморецепторов ротовой полости);**
- **↓ концентрации ангиотензина, Na-уретического пептида.**

Основные моменты ВЭБ



- **Состав внутриклеточной и интерстициальной жидкости существенно отличается.**
- **Осмолярность внутриклеточной и интерстициальной жидкости одинаковы.**
- **Плазма и интерстициальная жидкость имеют одинаковый электролитный состав; отличие плазмы – высокое содержание белка.**
- **Вода свободно проходит через клеточную мембрану.**

Основные моменты ВЭБ



- При гиперосмолярности внеклеточной жидкости – увеличивается потребление воды и выделение электролитов и осмотически активных веществ.
- При гипоосмолярности внеклеточной жидкости – увеличивается потери воды снижаются потери осмотически активных веществ.

Основные моменты ВЭБ

- При гиповолемии – увеличивается потребление воды и электролитов и осмотический активных веществ.
- При гиперволемии – увеличивается потери воды и потери осмотически активных веществ.
- Нарушения осмолярности – это всегда следствие повреждения системы регуляции или развитие патологического процесса, который организм не в силах компенсировать.



Электролиты (катионы⁺ и анионы⁻)

ответственны за:

- осмолярность жидкостных секторов;
- формируют мембранный потенциал;
- катализируют энзиматические процессы;
- определяют рН;
- стабилизируют ткани (Ca^{++});
- участвуют в коагуляционном каскаде;
- депо энергии (Р).



Электролитный состав организма

Плазма и интерстициальное пространство:

- Катионы – Na^+ – 135–145 ммоль/л
 K^+ – 3,5–5,3 ммоль/л
 Ca^{2+} – 2,2–2,5 ммоль/л (общий)
 Ca^{2+} – 1,1–1,2 ммоль/л (иониз.)
 Mg^{2+} – 0,6–1,1 ммоль/л
- Анионы – Cl^- – 95–107 ммоль/л
 HCO_3^- – 25 ммоль/л
 HPO_4 – 1–2 ммоль/л

Электролитный состав организма

Внутриклеточное пространство

- Катионы – Na^+ – 10 ммоль/л
 K^+ – 120–150 ммоль/л
 Mg^{2+} – 15 ммоль/л
- Анионы – HCO_3^- – 10 ммоль/л
 HPO_4 – 75 ммоль/л

Распределение электролитов

K^+ 4
 Mg^{++} 1
 Ca^{++} 1.5
 Na^+ 139

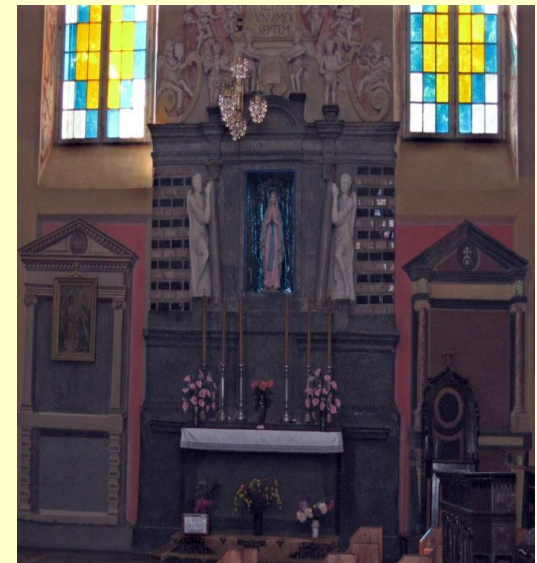
K^+ 160
 Mg^{2+} 26
 Ca^{2+} 6
 Na^+ 10

HCO_3^- 10
 HPO_4^{2-} 100
 Cl^- 5

HCO_3^- 29
 HPO_4^{2-} 1.5
 Cl^- 103

ТРАНСМИНЕРАЛИЗАЦИЯ

нарушение механизмов распределения электролитов между внутри- и внеклеточными секторами (↓ энергетических запасов: торможение аэробного клеточного метаболизма, гипоэргоз; шок, ацидоз, дегидратация и др.).



НАТРИЙ

(Na⁺)

- Определяет осмолярность внеклеточной жидкости
- ✓ **NB. Содержание Na⁺ и воды регулируются независимо друг от друга!!!**
- Влияние на объем внутриклеточного пространства.
- Участие в создании биоэлектрического потенциала.
- Практически отсутствует в цитоплазме и не проходит в клетку.



НАТРИЙ **(Na⁺)**



Задержка и выделение натрия регулируется активностью ренин-ангиотензин-альдостероновой системой (РААС) и активностью наработки нитрийуретических пептидов.

(Na⁺)



Na плазмы ммоль/л	Уровень волеми	Коммента- рии
135 – 145	нормоволемя гиповолемия гиперволемия	Сознание – норма
< 130–125 или > 160–170	нормоволемя гиповолемия гиперволемия	Сопор
< 120 или > 180	нормоволемя гиповолемия гиперволемия	Кома, судороги
< 110–110 или > 190–200	нормоволемя гиповолемия гиперволемия	Смерть

Нарушения баланса Na^+

Гипернатриемия – $\text{Na} > 145$

ммоль/л. Причины – потери чистой воды или избыточное поступление натрия.



Острая гипернатриемия купируется быстро – темп снижения Na – 1 ммоль/л в час.

Хроническая гипернатриемия купируется медленно – угроза отека мозга. Темп снижения уровня Na плазмы – не более 5 – 8 ммоль/л в сутки.

Нарушения баланса Na^+

Гипернатриемия

- Профилактика – строгий мониторинг ВЭБ (оценка от 1 раза/сутки до ежечасной).
- Оценка уровня Na в плазме и волемии:
 - ✓ на фоне нормоволемии – удаляем натрий,
 - ✓ на фоне гиповолемии – возмещаем дефицит жидкости,
 - ✓ на фоне гиперволемии выводим избыток Na и воды.



Нарушения баланса Na^+

Гипонатриемия – Na плазмы < 135 ммоль/л.



Причины – избыточное поступление чистой воды: инфузия больших объёмов 5% глюкозы, избыточная терапия аналогами АДГ, дефицит минералокортикоидов (надпочечниковая недостаточность).

Нарушения баланса Na^+

Гипонатриемия

- на фоне гиповолемии – одновременное устранение дефицита жидкости (восполнение ОЦК) и натрия,
- на фоне нормоволемии (наиболее часто – синдром избыточной секреции АДГ) – ограничение дотаций по воде и дотации натрия,
- на фоне гиперволемии (часто при ЗСН) – устранение гиперволемии (осторожно с диуретиками).



КАЛИЙ (K^+)

- Ответственность за осмолярность внутриклеточной жидкости (около 98% калия организма находятся в клетке).
- Участвует в утилизации углеводов.
- Синтез белков (1 г азота \sim 3 ммоль K^+).
- Участвует в нервно-мышечном возбуждении
- Концентрация K^+ в плазме зависит от рН (\uparrow при ацидозе).
- Концентрация K^+ в плазме зависит от функции почек.



Содержание калия в сыворотке крови в зависимости от возраста

- новорожденные – 4,6–6,0 ммоль/л,
- 1 – 12 мес. – 4,5–5,6 ммоль/л,
- 1 – 5 лет – 3,8–5,6 ммоль/л,
- 6 – 14 лет – 3,6–5,4 ммоль/л,
- взрослые – 3,5–5,0 ммоль/л.



Нарушения баланса КАЛИЯ

Гиперкалиемия $K > 6$ ммол/л

Причины

- **Перераспределение (ацидоз).**
- **Эндогенное поступление (гемолиз, рабдомиолиз, распад опухоли, химиотерапия).**
- **Экзогенное поступление.**
- **Нарушение экскреции (ОПН).**
- **Надпочечниковая недостаточность.**



Нарушения баланса КАЛИЯ

Гиперкалиемия $K > 6$ ммол/л

Клиника

- Мышечная слабость.
- Нарушение экскреции (ОПН).
- Нарушения проводимости (ускоренная реполяризация, замедление проведения импульса, расширение QRS, удлинение P-R, фибрилляция, асистолия).



НЕОТЛОЖНАЯ ТЕРАПИЯ ГИПЕРКАЛИЕМИИ

K⁺	Изменения на ЭКГ	Терапия
< 7	пикообразный (высокий и узкий) зубец Т	<ul style="list-style-type: none">• отмена дотации калия• коррекция ацидоза• петлевые диуретики• мониторинг состояния
7 – 8	пикообразный Т, нарушения проводимости без аритмии	<ul style="list-style-type: none">▪ глюкоза 0,5 г/кг▪ инсулин 0,1 ед/кг за 30–60 мин▪ бикарбонат 2 ммол/кг за 20–30 мин
> 8	аритмия, брадикардия	10% Са gluc 0,5 мл/кг за 2–5 минут (мониторинг ЭКГ), глюкоза, бикарбонат as abo

Нарушения баланса КАЛИЯ

Гипокалиемия $K < 3,5$ ммол/л

Причины :

- **Перераспределение (алкалоз, гиперинсулинизм).**
- **Сниженное поступление.**
- **Потери:**
 - ✓ **гастроинтестинальные (рвота, диарея),**
 - ✓ **почечные (диуретики, тикарциллин, бикарбонат, гиперальдостеронизм).**



Нарушения баланса КАЛИЯ

Гипокалиемия $K < 3,5$ ммол/л

Клиника :

- Парез кишечника.
- Мышечная слабость.
- Гипергликемия (нечувствительность к инсулину).
- Нарушение концентрационной функции почек (нечувствительность к АДГ).



Нарушение баланса К А Л И Я

ГИПОКАЛИЕМИЯ

Коррекция :

Лечение основной причины

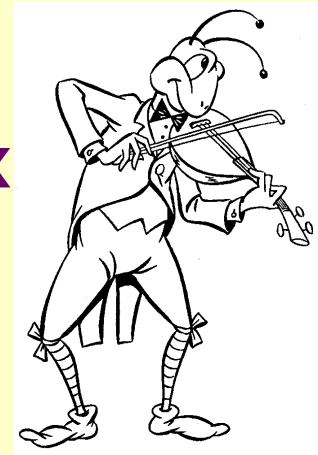
- Коррекция гипомагниемии
- Мониторинг ЭКГ и калия плазмы
- Коррекция дефицита в течение суток

Дотация K^+ 0,25–0,5 ммол/кг/час

Дефицит $K^+ = (K^+_N - K_{6-го}) \times MT \times 0,2$

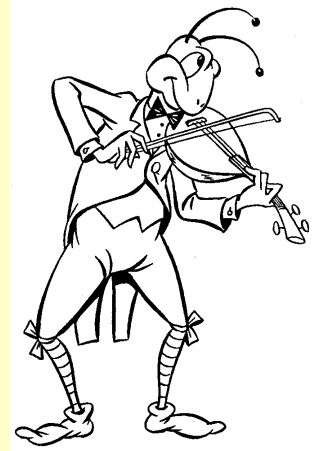
КАЛЬЦИЙ (Ca^{2+})

- Структурная функция.
- Влияет на возбудимость нервов и мышц (внутриклеточно на мембране миофибрилл).
- Влияет на проницаемость клеточных мембран.
- Является фактором свертывания крови.
- 45% всего Ca^{2+} плазмы связано с белками (в основном с альбумином, 10% с бикарбонатом, фосфатом, цитратом и др.
- 45% – биологически активный, ионизированный Ca^{2+} плазмы.



КАЛЬЦИЙ (Ca^{2+})

- **Ацидемия ослабляет связывание кальция альбуминами в результате количество свободного ионизированного кальция в крови возрастает, при этом общее количество кальция прежнее.**
- **Алкалоз приводит к снижению свободного ионизированного кальция за счёт усиления связывания альбумином.**



Нарушения баланса Ca^{2+}

**Гиперкальциемия –
ионизированный $\text{Ca}^{2+} \geq 1,6$ ммол/л**

п р и ч и н ы

- **Гиперпаратиреозидизм.**
- **Тиреотоксикоз.**
- **Длительная иммобилизация (особенно у молодых лиц).**
- **Интоксикация Vit D.**
- **Лимфомы, лейкозы, рабдомиосаркома (т.е. опухоли продуцирующие вит. D или пара-тиреоидный гормон.**
- **Надпочечниковая недостаточность.**

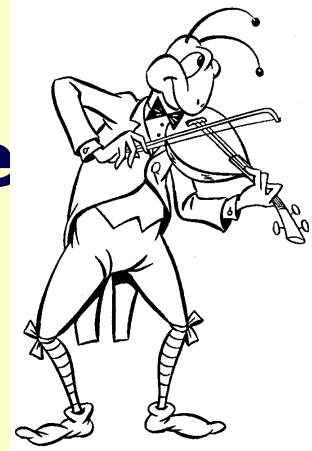


Нарушения баланса Ca^{2+}

Гиперкальциемия

к л и н и к а

- Тошнота, рвота, прогрессирующая дегидратация.
- Нарушение концентрационной функции канальцев → прекращение экскреции Ca , кальцификация канальцев → гиперфосфатемия, ацидоз.
- Нарушение функции ЦНС (сомноленция, кома).
- Нарушение деполяризации в т.ч. миокарда, укорочение рефрактерного периода тахикардия.



Нарушения баланса Ca^{2+}

Гипокальциемия

- Гиперфосфатемия, гипомагниемия.
- Гипопаратиреозидизм.
- Рбдомиолиз, лизис опухолей.
- ✓ ↑ возбудимости ЦНС, судороги, ларингоспазм;
- ✓ рвота, нарушение моторики кишечника

Лечение основной причины

- Коррекция гипомагниемии.
- Мониторинг ЭКГ.
- 10% Са глюконат 200–400 мг/кг/сут (инфузия или медленное в/венное введение).



МАГНИЙ (Mg^{2+})

Содержание магния в сыворотке крови в зависимости от возраста:

- 5 мес. – 6 лет – 0,7–0,95 ммоль/л**
- 6 – 12 лет – 0,85 ммоль/л**
- 12–20 лет – 0,65–0,9 ммоль/л**
- > 20 лет – 0,65–1,1 ммоль/л**



МАГНИЙ (Mg^{2+})

- **30% Mg^{2+} во внеклеточной жидкости связано с белками, 60–65% находятся в свободном ионизированном состоянии и 5–10% находится в соединениях с цитратами, фосфатами, оксалатами и другими анионами.**
- **Гомеостаз Mg^{2+} не имеет стабильного гормонального управления, его концентрация в плазме зависит от скорости экскреции почками.**
- **Концентрация Mg^{2+} в крови непредсказуемо меняется с изменениями pH и концентрации альбумина плазмы.**



Cl⁻

- – **Важнейший анион плазмы**
- – **Участвует в образовании мембранного потенциала**
- – **Концентрация в плазме 97–108 ммол/л**

HCO₃⁻

Буферная функция

Концентрация в плазме 22–24 ммол/л

Суточная потребность

Возраст	Азот, г	Электролиты, ммоль/кг			
		K	Na	Ca	Mg
1 мес.	0,35	2–3	1–2	0,5–1,5	0,15–0,2
2–5 мес	0,26	2–3	2–3	0,5–1	0,15–0,3
6–12 мес	0,22	2–3	2–5	0,5–1	0,15–0,2
1–8 лет	0,2	1–2	2–4	0,5	0,15
8–15 лет	0,15	1–2	1–2	0,5	0,1–0,15

Потребность в электролитах

**Натрий 2–3
ммол/кг/сут**

0,9% NaCl – 154 ммол Na⁺/1 л

**Калий 1–2
ммол/кг/сут**

7,5% KCl = 1 ммол K⁺/мл

**Хлор 3–5
ммол/кг/сут**

**Кальций 50–200
мг/кг/сут)**

10% CaCl₂ = 100 мг/мл

**Магний 0,2–0,4
ммол/кг/сут**

25% MgSO₄ = 1 ммол Mg²⁺/мл

**Фосфат 15–50
мг/кг/сут**

10% NaH₂PO₄ = 0,1 ммол P/мл



**Спасибо
за внимание**