



# Лабораторная оценка водно-электролитного баланса

# План лекции

- Положительный и отрицательный водный баланс организма. Отеки.
- Механизмы развития отеков при недостаточности кровообращения и болезнях почек
- Гипернатриемия, ее виды и механизмы развития. Относительная и абсолютная гипонатриемия. Гормональная регуляция выделения натрия почками
- Роль ионов калия в мышечном сокращении, поддержании функции ССС, почек. Гипер- и гипокалиемия, клинические проявления
- Кальций, гипер- и гипокальциемия у детей и взрослых
- Фосфор, кислорастворимая и кислонерастворимая фракции. Гипер- и гипофосфатемия у детей и взрослых
- Методы определения показателей минерального обмена

# Водно-солевой обмен

- Совокупность процессов поступления воды и солей (электролитов) в организм, их всасывания, распределения во внутренних средах и выделения.

# Роль воды в гомеостазе

- Вода – основа внутренней среды организма, универсальный растворитель и переносчик почти всех веществ.
- Вода связывает между собой организм и внешнюю среду, обеспечивая поступление и выведение растворенных веществ, участвует в биохимических реакциях (гидролиз, дегидратация и др.), участвует в терморегуляции (перенос тепла), гуморальной регуляции обмена веществ (перенос гормонов и др.) и т.д., позволяя организму функционировать как единому целому.

# Содержание воды в организме

- Содержание воды в организме значительно превышает содержание всех остальных веществ.
- У взрослых мужчин вода составляет около 52% общего веса тела, а у женщин – 46%. Примерно 75% веса новорожденного ребенка приходится на долю воды.

# Внутриклеточная и внеклеточная жидкость

- Общий объем жидкости организма подразделяется на внутриклеточную (~40% массы тела) и внеклеточную (20–25% массы тела) жидкость.
- Внеклеточная жидкость разделяется на:
  - Межклеточную внесосудистую (~15% массы),
  - внутри-сосудистую (плазма и лимфа, около 5% массы),
  - внутриполостную (плевральная, брюшинная, спинномозговая, перикардимальная, суставная жидкость, 1–2%).

# Потребление воды

- \* Нормальное суточное потребление взрослым человеком воды, то есть физиологическая потребность в воде равна в среднем 1,5 л на 1 м<sup>2</sup> поверхности тела или примерно 40 (30-35-45) мл на 1 кг нормальной массы тела
- \* Минимальная физиологическая потребность в воде составляет 0,7 л на 1 м<sup>2</sup> поверхности тела в сутки, максимальная толерантность при нагрузке водой 2,7 л на 1 м<sup>2</sup> поверхности тела в сутки

# Выделение воды

- \* Диурез в норме равен 1,0 (0,7 – 1,2) мл/кг/час.
- \* Неощутимые потери воды через кожу и при дыхании через легкие составляют в сумме примерно 0,625 мл/кг/час или 15мл/кг/сутки (1000 мл в сутки у человека средней массы),
- \* Объемы потерь воды через кожу и легкие примерно равны (по 500 мл).

# Водный баланс

- В норме поступление воды в организм равняется ее потерям, составляя "нулевой" суточный водный баланс организма.
- При положительном балансе развивается гипергидратация (избыток воды, повышение артериального давления, отеки),
- При отрицательном балансе развивается дегидратация (недостаток воды, обезвоживание).

# Отрицательный водно-электролитный баланс

- Отрицательный баланс – потери жидкости и электролитов
- Встречается при полиурии, гиперкальциемии, неукротимой рвоте, перитоните, злоупотреблении диуретиками
- Клинически он проявляется лишь тогда, когда потеря внеклеточной воды составляет не менее  $\frac{1}{3}$  ее общего объема.
- Признаки – сильная головная боль, падение массы тела, жажда, сухость и снижение эластичности кожи и слизистых оболочек, повышение средней температуры тела, нарушение ритмов дыхания и сердечных сокращений, падение артериального давления, в тяжелых случаях вплоть до коллапса, помрачение сознания, судороги, рост гематокрита.

# Положительный водно-электролитный баланс

- Положительный баланс – задержка жидкости
- \* Клинически проявляется в виде отечного синдрома (нефротический синдром при болезнях почек, сердечная недостаточность при болезнях системы кровообращения, цирроз печени др.).
- \* Пациент может отмечать повышение массы тела, появляются тошнота, не приносящая облегчения рвота. Кожа и слизистые влажные, температура тела часто снижена.
- \* Определяются периферические отеки, жидкость в брюшной и грудной полости.
- \* Диурез снижен.
- \* Имеют место апатия, сонливость, головная боль, возможно развитие судорожного синдрома.

# Осмотическое давление крови

- \* Осмотическое давление - это давление, производимое молекулами растворённого вещества на полупроницаемые стенки сосуда. Осмотическое давление стремится уравнивать концентрации обоих растворов вследствие встречной диффузии молекул растворённого вещества и растворителя.
- \* Является главным фактором, поддерживающим необходимое равновесие между внеклеточным и внутриклеточным объемами жидкости
- \* Является непрямой характеристикой содержания воды и концентрации веществ в растворе.
- \* Чем оно выше, тем меньше в растворе содержание воды и выше концентрация растворенного вещества.
- \* Прямо пропорционально концентрации растворенных в нем частиц.

# Гиповолемия

- \* Уменьшение объема внеклеточной жидкости называется гиповолемией.
- \* Симптомы: головокружение, слабость, утомляемость, обмороки, анорексия, тошнота, рвота, жажда, спутанность сознания, запоры, олигурия.
- \* 1. Азот мочевины может повышаться в результате дегидратации, снижения почечной перфузии или ухудшения почечной функции.
- \* 2. Гематокрит чаще повышается (кроме первых часов после острой кровопотери).
- \* 3. Плотность мочи увеличивается, диурез может снижаться. Может быть низкой при наличии почечной патологии.
- \* 4. Концентрация натрия в моче. При отсутствии почечной патологии, осмотического диуреза, диуретической терапии или гипоальдостеронизма должно составлять менее 10-20 мэкв/л (эффект, связанный с гиперальдостеронизмом).

# Гиперволемиа

- \* Увеличение объема внеклеточной жидкости.
- \* Наблюдается при аномальной почечной функции со снижением экскреции натрия и воды, чрезмерном внутривенном введении жидкостей; перемещении жидкости из интерстициального пространства в плазму.
- \* Может приводить к отеку легких
- \* Компенсируется повышением выработки предсердного натрийуретического пептида
- \* Клинически проявляется одышкой, может отмечаться повышение диуреза
- \* Лабораторно отмечается повышение гематокрита, рост азота мочевины (при почечной недостаточности), осмоляльность плазмы чаще растет, концентрация натрия в моче растет, плотность мочи снижается

# Гипоосмотическая гипергидратация

- \* Возникает, когда поступление в организм воды (без электролитов) превышает ее выделение.
- \* Происходит «разбавление» внеклеточной жидкости и снижение осмотического давления.
- \* Осмотическое давление внутри клетки становится выше, чем во внеклеточной жидкости и вода идет в клетки против осмотического градиента.
- \* Это приводит к набуханию клеток и нарушению их функции. Развивается так называемое водное отравление.
- \* Клинически проявляется тошнотой и рвотой, слизистые оболочки повышенно влажные, сонливость, головная боль, подергивание мышц, судороги. В тяжелых случаях развиваются отек легких, асцит, гидроторакс.
- \* Водную интоксикацию можно устранить внутривенным введением гипертонического раствора хлорида натрия и резким ограничением потребления воды.

# Гиперосмотическая гипергидратация

- \* Возникает при одновременном введении в организм большого количества воды и электролитов.
- \* Осмотическое давление в межклеточном пространстве резко возрастает, вода выходит из клеток, наступает их обезвоживание.
- \* Это проявляется тяжелым чувством жажды при избытке воды в организме.
- \* Дегидратированные клетки погибают.
- \* Это состояние наступает при питье морской воды.

# Гипоосмолярная дегидратация

- \* Наблюдается в случаях, когда организм теряет большое количество воды и электролитов (неукротимая рвота беременных, профузные поносы, усиленное потоотделение, сахарный и несахарный диабет), но восполняет его за счет введения воды без соли.
- \* В этом случае осмотическое давление в клетках становится выше осмотического давления во внеклеточных пространствах, вода идет в клетки и наступает их отек.
- \* Поскольку при указанных выше патологических состояниях потеря воды все же превышает ее поступление в организм, происходит сгущение крови, повышение ее вязкости, что может повести к тяжелым расстройствам кровообращения.
- \* Таким образом, при больших потерях воды жажду надо утолять подсоленной водой, чтобы вводить в организм также и электролиты.

# Гиперосмолярная дегидратация

- \* Наступает тогда, когда потеря воды превышает ее введение в организм и эндогенное образование.
- \* Теряется небольшое количество электролитов.
- \* Если потерянная жидкость не компенсируется питьем, то осмотическое давление в межклеточных пространствах превышает осмотическое давление в клетках, происходит обезвоживание клеток и их гибель.
- \* Дефицит воды с относительно небольшой потерей электролитов возникает за счет усиленного потоотделения при перегревании организма или при тяжелой физической работе. Вода теряется при длительной гипервентиляции легких, после приема мочегонных средств, не обладающих салуретическим эффектом.

# Отеки

- \* Отеком называется скопление в полостях тела и в межклеточных пространствах воды и электролитов
- \* К основным причинам их возникновения относится избыток натрия во внутрисосудистом и интерстициальном пространствах, чаще при заболеваниях почек, хронической печеночной недостаточности, повышении проницаемости сосудистых стенок.
- \* При сердечной недостаточности избыток натрия в организме может превосходить избыток воды.
- \* В зависимости от того, в каких участках тела происходит задержка жидкости и солей, различают следующие формы отеков.
- \* При скоплении жидкости и электролитов в подкожной клетчатке этот вид отека называется **анасарка**, в грудной полости – **гидроторакс**, в околосердечной сумке – **гидроперикард**, в брюшной полости – **асцит**, в мошонке – **гидроцеле**.

# Причины развития отеков (1)

- \* 1. Возрастание давления в капиллярах (жидкость интенсивнее переходит из сосудистого русла в ткани) – например при венозном застое при НК.
- \* 2. Повышение проницаемости сосудисто-тканевых мембран (вызывает усиление циркуляции жидкости между кровеносным руслом и тканями) под влиянием гистамина, токсических факторов, ферментов микроорганизмов
- \* 3. Изменение осмотического давления. За счет накопления в межклеточных пространствах и полостях тела электролитов - ведет к повышению осмотического давления и притоку воды.
- \* 4. Снижение содержания белков в плазме (онкотического давления). Жидкость будет стремиться из сосудистой системы в ткани, и разовьется отек. Происходит при нефротическом синдроме, ожогах, ранах, нарушении синтеза белка (при болезнях печени, выраженном нарушении питания или дефиците белка в пище).

## Причины развития отеков (2)

- \* **5. Нарушение оттока лимфы.** При повышении давления в лимфатической системе вода из нее идет в ткани, что приводит к отеку. Наблюдается при онкологических заболеваниях, некоторых видах паразитарных инфекций (например, филяриозе), хирургических вмешательствах, атрезии или врожденной патологии лимфатических сосудов.
- \* **6. Снижение тканевого механического давления** - уменьшается механическое сопротивление току жидкости из сосудов в ткани, как, например, при обеднении тканей коллагеном, повышении их рыхлости при усилении активности гиалуронидазы, что наблюдается, в частности, при воспалительных и токсических отеках.

# Натрий

- \* **Натрий** - основной ион внеклеточной жидкости, в ней содержится 96 % от общего количества натрия в организме (90–100 г).
- \* Нормальная концентрация Na в плазме крови – 136–145 ммоль/л; она поддерживается с высокой точностью, поскольку определяет осмолярность плазмы и водный обмен.
- \* Обычное потребление человеком NaCl составляет 8–15 г/сут, хотя реальная потребность организма в натрии несколько меньше.
- \* Избыток Na выводится через почки и потовые железы; потеря натрия через кишечник может наблюдаться при диареях.

# Калий

- \* Главный внутриклеточный катион.
- \* Регулятор жидкости и давления.
- \* Участвует в поддержании осмотического давления и кислотно-основного состояния в клетках;
- \* Вместе с натрием создаёт разность потенциалов по обе стороны клеточной мембраны, что обеспечивает энергией физиологические процессы, протекающие в мембранах, участвует в процессах биосинтеза белка, гликогена. АТФ, креатинфосфата, ацетилхолина.
- \* Участвует в передаче возбуждения по нервно-мышечному волокну.

# Кальций. Содержание в организме.

- \* В организме взрослого человека содержится 1–2 кг кальция, 98% которого находится в составе скелета. Он составляет около 2% массы тела.
- \* В костях кальций представлен фосфатами –  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (85%), карбонатами –  $\text{CaCO}_3$  (10%), солями органических кислот – лимонной и молочной (около 5%).
- \* Вне скелета кальций содержится во внеклеточной жидкости и практически отсутствует в клетках.
- \* В крови уровень кальция – 2,2–2,8 ммоль/л.

# Фосфор. Функции.

- \* Структурная функция (костная ткань)
- \* Биохимическая функция
  - \* Перенос энергии в виде макроэргических связей (АТФ, АДФ, креатинфосфат, гуанинфосфат и т.д.)
  - \* Входит в структуру ДНК, РНК, обеспечивающих синтез белка.
  - \* Участвует в окислительном фосфорилировании, фосфорилировании некоторых витаминов (тиамина, пиридоксина и других).
- \* Важен также для функционирования мышечной ткани (скелетной мускулатуры и сердечной мышцы).
- \* Неорганические фосфаты входят в состав буферных систем плазмы и тканевой жидкости.

# Пламенная фотометрия

- \* Один из видов эмиссионного спектрального анализа, позволяет определять концентрацию калия и натрия с точностью 2–4%.
- \* Разведенная водой плазма или сыворотка крови распыляется и в виде мельчайших капелек с током воздуха поступает в пламя газовой горелки, которому калий придает слабое красно-фиолетовое, а натрий ярко-желтое окрашивание. Интенсивность окраски измеряется фотоэлементом.
- \* В связи с тем, что концентрация калия в плазме невелика, при его определении калибровочный раствор должен содержать также соли натрия, а при некоторых конструкциях прибора и соли кальция. Натрия в плазме много и он ярко окрашивает пламя, поэтому калибровочный раствор может содержать только соли натрия.

# Ионометрия

- \* Ионоселективные анализаторы выгодно отличаются от пламенных фотометров
  - \* компактностью,
  - \* бесшумной работой,
  - \* безопасностью (отсутствует необходимость в применении горючих газов),
  - \* быстродействием (анализ пробы в течение 30–90 секунд),
  - \* наличием автоматической самокалибровки через определенные интервалы времени.
- \* Отличительной особенностью современных ионометров является возможность измерение содержания электролитов в цельной крови, что невозможно при использовании пламенной фотометрии.



**Вопросы?**