

ВОДНЫЙ ОБМЕН



план

- 1. Баланс воды в организме и ее количество в различных тканях
- 2. От чего зависит водный гомеостаз и как оценить водный баланс
- 3. Гипо- и гиперволемиа
- 4. Что такое осмоляльность (осмолярность)
- 5. Регуляция воды в организме
- 6. Типы нарушений водно-электролитного баланса
- 7. Нарушения осмотического гомеостаза

Баланс воды в организме

- 1. В нормальных условиях количество потребляемой и образующейся в процессе метаболизма воды, равно количеству удаляемой воды (через кожу, почки, легкие, ЖКТ)
- 2. Минимальная суточная потребность 1500-2000 мл
- 3. Чрезмерное потребление воды перестраивает все регуляторные системы (секреция вазопрессина, препятствующего выведению жидкости, снижается, либо полностью угнетается)
- 4. Вода составляет 60-65% массы тела. При средней массе 70 кг примерно 42 кг приходится на долю воды.

- Вода содержится:
 - 1. Внутриклеточно (40% - 25 л)
 - 2. Внутрисосудисто (5-6 л)
 - 3. Интерстициально (11-12 л)
 - 4. Трансцеллюлярно (1 л)

Суточный водный баланс человека

■ Питье-1200	моча-1400
■ Пища-900	легкие-400
■ Обменные процессы-300	кожа-500
■	кал-100
■ Всего-2400	всего-2400

66% воды находится во внутриклеточном пространстве и 34% - во внеклеточном (плазма, СМЖ, лимфа и т.д.)

Вода так важна для Нас потому, что....



Причины, влияющие на потребление воды

- 1. Характер питания:
 - при углеводной и углеводно-жировой диете потребность в воде уменьшается. Так, при окислении 1 гр углеводов образуется 0,6 мл воды, при окислении жиров образуется -1,09 мл воды. При белковой диете потребление воды увеличивается, т.к. при окислении 1 гр белков образуется всего 0,44 мл воды
- 2. Концентрация катионов. Катионы составляют около 150 ммоль/л, из них натрий -140 ммоль/л, калий-4 ммоль/л, остальное кальций, магний и др.
- 3. Концентрация анионов. Из анионов основное количество в норме приходится на хлор (105 ммоль/л), бикарбонаты (25 ммоль/л), оставшиеся анионы составляют анионный промежуток:
 - $АП = (\text{концентрация натрия} + \text{концентрация калия}) - (\text{концентрация хлора} + \text{концентрация бикарбонатов}) = 12-16 \text{ ммоль/л}$

Состав внеклеточной жидкости

- 1. Плазма (3,5 л) содержит примерно 93% воды и 7% сухого вещества (белки и липиды) – составляет 8% воды всего организма, на долю плазмы приходится 4,5% массы тела.
- 2. Интерстициальная жидкость (20% воды) - образуется за счет фильтрации плазмы через сосудистую стенку, которая хорошо проницаема для воды, электролитов. Интенсивность зависит от гидростатического, гидродинамического и онкотического давления
- 3. Трансклеточная жидкость (слюна, панкреатический сок, желчь) - 15% воды

Поддержание водного гомеостаза зависит

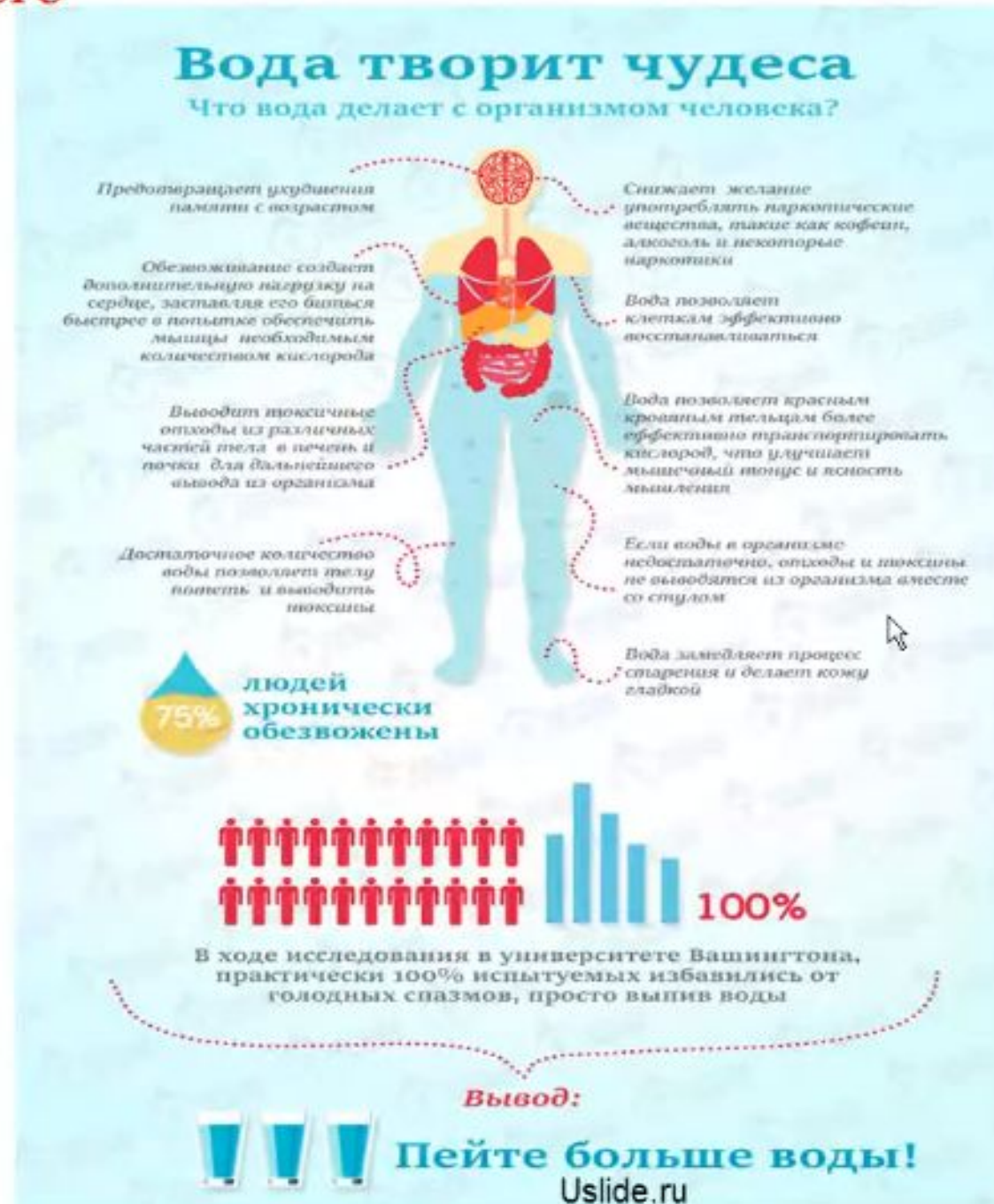
- От количества натрия и других осмотически активных веществ (при уменьшении внеклеточной жидкости, растет осмолярность).
- От нормальной почечной функции (АДГ действует на почки и сохраняет воду)
- От нормально функционирующих гипоталамуса и гипофиза (осморецепторы гипоталамуса стимулируют секрецию АДГ гипофизом)
- От сохранности сознания (сохранность чувства жажды)
- От нормально функционирующего ЖКТ

От чего зависит Водное пространство?

- 1. Относительное содержание воды меняется с возрастом:
 - У новорожденного 75% массы
 - У пожилых людей 50% массы.
- 2. От пола:
 - Содержание воды разное: у женщин 55% от веса тела, а у мужчин 60%
- 3. Относительное содержание жировой ткани:
 - В безжировой массе тела на долю воды приходится 73,2% массы. При увеличении жира на 10% , доля воды снижается от общей массы тела на 7,3%

Для характеристики водного баланса оценивают:

- 1. Физическое состояние (тургор тканей, влажность слизистых, мышечный тонус, ЭКГ)
- 2. Анамнез
- 3. КЩС
- 4. Биохимию крови: концентрацию альбумина, мочевины, креатинина
- 5. Гематокрит
- 6. Удельный вес мочи
- 7. Потребление и выделение воды



Перенос воды и растворенных веществ в организме

- Активный транспорт является однонаправленным, для его осуществления требуется энергия АТФ, работает против градиента концентрации
- Пассивный транспорт по градиенту концентрации из области высокой концентрации в область низкой без затрат энергии (мочевина, лактат). К пассивному относятся : осмос, диффузия, фильтрация

Гипо- и гиперволемия

- При дегидратации возникает недостаток воды- **ГИПОВОЛЕМИЯ**. Гиповолемия- уменьшение объема внеклеточной жидкости (меньше на 20% общей массы тела). Продолжительная гиповолемия может привести к развитию ОПН.
- При гипергидратации возникает избыток воды в интерстициальном пространстве без увеличения объема плазмы- **ГИПЕРВОЛЕМИЯ**- увеличение объема внеклеточной жидкости. Наблюдается при чрезмерном в/в введении жидкости. Может приводить к сердечной недостаточности или отеку легких.

Как поддерживается водный гомеостаз?

- Количество воды в организме связано с количеством натрия и других осмотических веществ. При нормальной почечной функции объемный гомеостаз регулируется нейрогуморальными механизмами
- **Избыток воды ведет:**
 - 1). К увеличению объема плазмы
 - 2). К увеличению почечного кровотока
 - 3). К увеличению скорости гломерулярной фильтрации
 - 4). К снижению альдостерона, следовательно, снижению реабсорбции натрия, увеличению выделения натрия с мочой, моча имеет низкий удельный вес
 - 5). К снижению осмолярности плазмы: через осморецепторы подавляется секреция вазопрессина, вода уходит и осмолярность повышается до нормы

Осмоляльность — концентрация осмотически активных компонентов жидкости, растворенных в 1 кг воды (осмолярность — в 1 л растворителя)

Поддержание постоянной осмоляльности обеспечивается

2 механизмами:

1.Секреция АДГ, которая контролируется осморецепторами гипоталамуса. При повышении осмоляльности, секреция АДГ увеличивается, что сопровождается уменьшением экскреции воды. Основная функция АДГ- защита от водной интоксикации

2.Жажда. Повышение осмоляльности больше 290 мосм/л сопровождается чувством жажды. Питие нормализует осмоляльность, нормализуется концентрация АДГ. Наиболее важная функция чувства жажды- предупреждение дегидратации. Раздражение осморецепторов гипоталамуса приведет к высвобождению АДГ, который способствует задержке воды и концентрированию мочи

Ожидаемая осмоляльность

Осмоляльность (расчетная) = $1,86 * (\text{концентрация натрия} + \text{концентрация мочевины} + \text{концентрация глюкозы}) + 9$. В условиях критического состояния ошибка 20%. (287 мосмол/кг H₂O)

Осмолярный интервал = осмоляльность расчетная – измеренная = 0 - 16 ммоль/л

Для определения осмоляльности

мочи и плазмы используют осмометры, принцип действия которых, основан на измерении осмотически активного раствора и воды

Криоскопические осмометры - приборы, определяющие точку замерзания раствора.

Осмолярность любой жидкости можно определить на основании криоскопической величины: **осмолярность = криоскопическая величина * 1000**

1,84

Криоскопическая величина плазмы составляет 0,55 градуса, что соответствует 300 мосмол/л

Если измеренная осмоляльность превосходит расчетную более, чем на 6 мосм/кг H₂O, то это значит, что в крови содержатся осмотически активные вещества (этиленгликоль, метанол).

Осморецепторы, локализованные в задней доле гипоталамуса чувствительны к изменению осмолярности до 2%: **При увеличении осмолярности** больше 290 мосм/л происходит высвобождение АДГ, уменьшение объема крови больше, чем на 10% увеличивает концентрацию АДГ. **При уменьшении осмолярности** меньше 282 мосм/л выработка АДГ прекращается.

Регуляция экскреции воды и натрия при избытке воды

Увеличение объема воды в плазме
(низкая осмолярность)

Уменьшение осмолярности
(за счет эффекта разведения)

Подавление
секреции
вазопрессина
(АДГ)

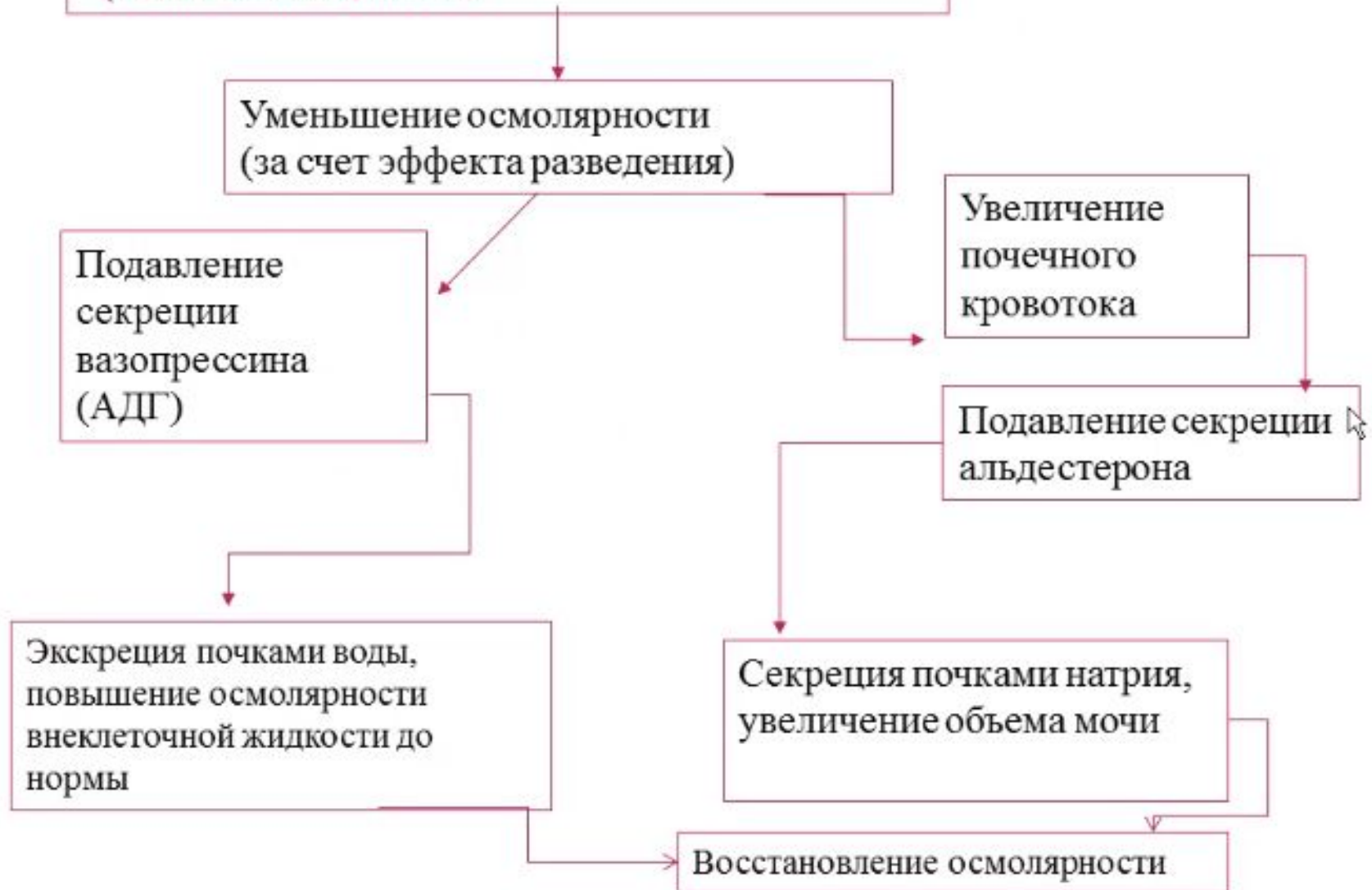
Увеличение
почечного
кровотока

Подавление секреции
альдостерона

Экскреция почками воды,
повышение осмолярности
внеклеточной жидкости до
нормы

Секреция почками натрия,
увеличение объема мочи

Восстановление осмолярности



Физиологическая реакция организма на потерю воды

Уменьшение объема воды
(осмолярность высокая)

Увеличение
количества натрия

Увеличение осмолярности межклеточного пространства

Стимуляция
высвобождения
вазопрессина
(АДГ)

Реабсорбция
воды в почках.
Увеличивается
осмолярность
мочи

Стимуляция центра жажды
гипоталамуса
(осморецепторы)

Проявление чувства
жажды Увеличение
питья

Снижение осмолярности
межклеточного пространства

Переход воды во
внеклеточное
пространство

Увеличение воды
внеклеточного
пространства

Регуляция экскреции воды и натрия при избытке воды

Увеличение объема воды в плазме

(низкая осмолярность)

Уменьшение осмолярности
(за счет эффекта разведения)

Подавление
секреции
вазопрессина
(АДГ)

Увеличение
почечного
кровотока

Подавление секреции
альдостерона

Экскреция почками воды,
повышение осмолярности
внеклеточной жидкости до
нормы

Секреция почками натрия,
увеличение объема мочи

Восстановление осмолярности



Уменьшение воды ведет:

- 1. К увеличению осмолярности
- 2. К перемещению воды из внутриклеточного пространства во внеклеточное
- Увеличение осмолярности стимулирует центр питья в гипоталамусе, что вызывает чувство жажды
- Раздражение гипоталамуса увеличивает концентрацию вазопрессина
- Вазопрессин (АДГ) усиливает реабсорбцию в почках натрия и воды, задерживает воду и концентрирует мочу

Зависимость концентрации вазопрессина

- Если осмоляльность внеклеточной жидкости повышается из-за *присутствия осмотических веществ*, таких, как мочевины, которая легко диффундирует через клеточную мембрану, то одновременно *повышается осмоляльность внутриклеточной жидкости*, при этом осморецепторы не стимулируются, *секреция вазопрессина* изменяется линейно.
- Если осмоляльность повышается за счет снижения воды и снижения более, чем на 10% объема крови, стимулируются осморецепторы и происходит повышение вазопрессина.

Факторы, влияющие на концентрацию вазопрессина

■ Стимуляция

- Увеличение осмолярности внеклеточного пространства за счет потери воды
- Стресс
- Физическая нагрузка
- Лекарственные препараты (наркотические анальгетики, никотин, винкристин и др.)
- Гиповолемия (баррорецепторы правого предсердия и легких, чувствительные к изменению объема крови)

■ Подавление

- Уменьшенная осмолярность внеклеточного пространства
- Гиперволемия
- Алкоголь



Нарушение водного обмена

Дегидратация - недостаток воды (недостаток поступления воды или значительная потеря). Кровь становится концентрированной.

Различают 3 степени:

Легкая (потеря 1-2л, 4 -%)

Средняя (2-4 л, 6%)

Тяжелая (свыше 4 л, 8%)

Дефицит воды более 20%-летальный исход

Гипергидратация - избыток воды. Если почки не могут выводить воду, вода распределяется по всему организму, увеличивается ее содержание в клетках, что приводит к увеличению их объема (особенно нервные клетки, что ведет к развитию мышечных судорог центрального генеза)

Дегидратация развивается при недостаточном поступлении воды или значительной потере жидкости

Увеличенная потеря воды

- Через почки (тубулярная недостаточность, несахарный диабет, глюкозурия при СД, прием диуретиков)
- Через кожу (потоотделение)
- Через легкие (гипервентиляция)
- Через ЖКТ (неукротимая рвота, понос, фистула)

Снижение поступления воды

Неадекватное кормление новорожденных, дисфагия у стариков, недостаточное питье

- **Симптомы:** жажда, потеря аппетита, сухость слизистых, тошнота, затруднение при глотании, слабость, апатия, ортостатическое головокружение, обморок, спутанное сознание
- **Признаки:** потеря веса, сморщивание кожных покровов, снижение отделения слюны, потеря тургора, уменьшение объема мочи, тахикардия

Типы нарушений водно-электролитного обмена

Гипертоническая дегидратация

Обусловлена *потерей воды, превышающей потерю солей*, т.е. характеризуется **недостатком воды и избытком натрия**. (СД, поносы, экстремальные условия, когда ограничен прием воды). Внеклеточное пространство уменьшается, компенсируется за счет перехода воды из клеток.

Симптомы клеточной дегидратации: жажда, сухость слизистых, затруднение глотания, когда дефицит воды достигает 1-2 л. Снижение АД, тахикардия вследствие уменьшения сердечного выброса, когда дефицит воды составляет 4-5 л (6-7% от веса). Потеря 7-14% воды от веса тела вызывает расстройство дыхания, изменения ЦНС, дегидратация мозга, внутричерепные геморагии.

Лабораторные данные. ОЦК уменьшен. Концентрация белка, количество эритроцитов, вязкость, гематокрит увеличиваются, но незначительно. Повышается мочевины и натрия. Развивается олигоурия, повышенная осмолярность, небольшое количество мочи с высоким удельным весом из-за большой концентрации натрия, хлора. Моча высокой плотности 1030-1040. Гиперкалиурия

Лечение: Устранение гипертоничности внеклеточной жидкости в/в инфузией 5% раствора глюкозы в объеме, равном *дефициту воды*, величину которого можно определить по формуле: $\text{концентрация натрия в плазме} - 142 \cdot \text{масса тела}$

142

После восстановления водного баланса, необходимо восполнить дефицит калия.

Изотоническая дегидратация

Обусловлена *потерей эквивалентного количества воды и солей*, в частности, натрия, т.е. изотонической жидкости. Не меняется осмолярность внеклеточной воды, поэтому не происходит перераспределения, но объем внеклеточной жидкости уменьшается. При изотонической дегидратации возрастает онкотическое давление плазмы, вследствие сгущения крови из-за потери воды, состояние быстро переходит в шоковое. *Уменьшение объема плазмы является основным признаком изотонической дегидратации.*

Симптомы: основным клиническим симптомом является уменьшение ОЦК и расстройства микроциркуляции, которое проявляется снижением АД, ОПН, тахикардией, тошнотой, наличием продолговатых складок на языке, сухой кожей, малым объемом мочи, в тяжелых случаях ортостатическим коллапсом. Различают 3 степени тяжести, в зависимости от дефицита жидкости.

Лабораторные тесты: повышение натрия в моче, отношение мочевины /креатинин в моче повышено, повышение концентрации белка в сыворотке, повышение гематокрита

Лечение: восполнение потерь внеклеточной жидкости 2,5-5% раствором глюкозы с инсулином.

Гипотоническая дегидратация

Обусловлена большой *потерей электролитов, большей, чем воды*. Теряется натрий. Осмотическое давление плазмы становится меньше, чем внутриклеточной жидкости, что приводит к парадоксальному распределению: внеклеточная дегидратация сочетается с внутриклеточной гипергидратацией на фоне общего обезвоживания.

Дефицит натрия приводит к уменьшению объема внеклеточной жидкости и циркулирующей плазмы. Симптоматика определяется уменьшением внеклеточной жидкости и гидратацией клеток. Избыток воды поступает в клетки, возникает клеточная гипергидратация, межклеточное пространство уменьшается в объеме. Больной не ощущает жажды, отказывается от воды. Дефицит натрия свыше 0,5 г на 1 кг веса приводит к смерти. Нормальной реакцией на гиповолемию является увеличение секреции альдостерона, который стимулирует реабсорбцию натрия в почках и снижение объема мочи. Увеличение АДГ происходит только при снижении внеклеточной жидкости

Возникает при неукротимой рвоте, поносах, обильном потоотделении (до 10 л в сутки), недостаточности надпочечников, гипоальдостеронизме, ЧМТ, дренажных фистулах, назначении диуретиков, ограничении потребления соли.

Лабораторные тесты: ОЦК уменьшен, увеличен гематокрит, количество эритроцитов, гемоглобин, мочевины, концентрация белка. Выражена гипонатриемия, олигоурия, гипокалиемия, гипохлоремия. Моча имеет низкую плотность

Лечение: восполнение дефицита натрия, который определяют по формуле:
*(142 - концентрация натрия в плазме) * массу тела * 0,2 * 2*

Клинические признаки дегидратации в зависимости от дефицита воды

Дефицит воды, л	Симптом
Менее 1,5	Жажда, гемодинамика нормальная
1,5—4	Выраженная жажда, сухость языка, полости рта, подмышечных впадин и паховых областей, повышение содержания Na^+ в плазме и относительной плотности мочи, увеличение осмолярности плазмы, тенденция к гипотензии или нормотензии.
Свыше 4 л	Мучительная жажда, выраженная гипернатриемия, олигурия, снижение массы тела, умеренное повышение гематокрита, гипотензия, тахикардия, апатия, ступор. Если состояние вовремя не корригируется, то наступают гиперосмоляльная кома и смерть.

Гипергидратация

Результат избыточного поступления воды в организм или задержка воды при нарушении функции почек. Возникает при интоксикации, когда возможно образование до 10 л эндогенной воды.

Общая гипергидратация обусловлена задержкой воды во внеклеточном пространстве.

Развивается при сердечно-сосудистой декомпенсации, вследствие снижения гидростатического давления в артериальных капиллярах, повышения венозного давления в сосудах, нарушения оттока воды по лимфатической системе, накопления натрия во внеклеточном пространстве.

При заболеваниях почек общая гипергидратация обусловлена большой потерей белка и нарушением гормональной регуляции водно-электролитного баланса.

Синдромы гипергидратации

Гипертоническая гипергидратация. Характеризуется избытком воды и большого количества электролитов с повышением осмотического давления плазмы. *Компенсация происходит при поступлении воды из клеток во внеклеточное пространство*, в результате чего клетки обезвоживаются. Внеклеточное пространство наполняется большим количеством жидкости с высоким содержанием натрия, из-за этого клетки обезвожены. Симптомы: генерализованные отеки. Причины: обильное питье соленой воды, передозировка гипертонических растворов.

Изотоническая гипергидратация. Характеризуется избытком воды и электролитов в эквивалентных количествах без изменения осмотического давления плазмы, т.е. *характеризуется избытком воды и солей во внеклеточном пространстве при нормальном содержании их внутри клеток*. Причины: образование отеков первично, они связаны с почечной задержкой натрия. При этой форме организм переполнен водой, но не может ее использовать. Изотоническая гидратация развивается при циррозе печени, заболевании сердца и почек, чрезмерном введении изотонических растворов.

Гипотоническая гипергидратация. Избыток воды внутри и вне клеток с падением осмотического давления. *Концентрация натрия в крови и во внеклеточном пространстве низкая, вода идет в клетку*. Это ведет к водному отравлению клеток и накоплению воды во внеклеточном пространстве (асцит, гидроторакс и др.). Низкая концентрация натрия стимулирует выработку альдостерона, который повышает реабсорбцию натрия в моче, натрий забирает из мочи воду, развивается анурия.

В лабораторных показателях признаки гемоделиции (снижение Нв, белка). Терапия: прекращение вливания солей

Исследования при гипергидратации:

- 1) ОЦЖ увеличивается
- 2) Снижен гематокрит;
- 3) Снижен Нв и количество эритроцитов
- 4) Снижен белок;
- 5) Возможен гемолиз;
- 6) Гематурия
- 7) Снижен натрий в крови *при гипотонической гипергидратации*,
Увеличен натрий в крови *при гипертонической гипергидратации*,
Натрий нормальный в плазме *при изотонической гипергидратации*
- 8) Снижен хлор в крови
- 9) Увеличен калий, если снижен натрий
- 10) В моче - гипернатриурия, гиперкалиурия, гиперхлорурия
- 11) Осмоляльность повышена при гипертонической гипергидратации

Нарушения осмотического гомеостаза

Классификация нарушений

Связанные с накоплением основных осмотически активных веществ

1. Гиперосмолярный *гиперНатриемический* синдром (в результате повышения осмолярности развивается дефицит воды в клетках, повышение натрия больше 170 ммоль/л, при повышении осмолярности больше 360 мосм/л – прогноз неблагоприятный - кома)
2. Гиперосмолярный *гиперГликемический* синдром (повышение осмолярности за счет высокой глюкозы (345 мосм/л), кетоацидоз за счет дефицита инсулина диабетическая кома. Без кетоацидоза – повышение осмолярности (более 400 мосм/л)- некетотическая кома)
3. Гиперосмолярный *гиперАзотемический* синдром (постоянный спутник ХПН. Осмолярность колеблется от 305 мосм/л до 342 мосм/л)

Нарушения осмотического гомеостаза

• Не связанные с накоплением основных осмотически активных веществ

1. Накопление осмотически активных токсинов (гиперосмолярная алкогольная кома)

• Связанные с водным дисбалансом

1. Гиперосмолярный гиповолемический синдром (повышение осмотических показателей на фоне уменьшения объема жидкости)

2. Гипоосмолярный синдром (снижение натрия менее 100 ммоль/л и осмолярности менее 200 мосм/л) – гипоосмолярная кома

Спасибо за внимание



