

**Нарушения кислотно-  
основного состояния.  
Методы коррекции.**

# Определение

- **Кислотно-основным состоянием** называется **баланс между кислотами и основаниями** в **основных жидкостях** организма.

# Кислотность и щелочность

- Кислотность и щелочность можно определить как **концентрацию ионов водорода ( $H^+$ ) в растворе**.
- В клинических исследованиях для этих целей используется **показатель pH** (Sorensen, 1909).
- **Показатель pH – это отрицательный логарифм концентрации ионов водорода**.
- Существуют растворы имеющие **pH от 1,0 до 14,0**.

# Кислотность и щелочность

- Все растворы, имеющие рН около 7,0 являются **нейтральными**.
- Растворы с рН от 1,0 до 7,0 – **кислые** растворы.
- Растворы с рН от 7,0 до 14,0 – **щелочные** растворы.
- Однако, приемлемым (для жизни) уровень рН составляет от **6,8 до 7,8**.

# Буферные системы

- Около 20 000 ммоль угольной кислоты и от 20 до 80 ммоль летучих кислот образуется в организме взрослого ежедневно.
- Однако, образование большого количества кислот не приводит к изменениям в рН крови вследствие **механизма буферных систем.**
- Существует **4 основные буферные системы:** бикарбонат, гемоглобин, фосфаты и белки.

# Буферные системы

<b>Бикарбонат плазмы</b>	<b>35%</b>
<b>Бинарбонат эритроцитов</b>	<b>18%</b>
<b>Гемоглобин и оксигемоглобин</b>	<b>35%</b>
<b>Органические фосфаты</b>	<b>3%</b>
<b>Неорганические фосфаты</b>	<b>2%</b>
<b>Плазменные белки</b>	<b>7%</b>

# Буферные системы

Processes involved in Buffering	
ECF (extracellular fluid)	<b>43% (by bicarbonate &amp; protein buffers)</b>
ICF (intracellular fluid)	<b>57% (by protein phosphate and bicarbonate buffers)</b> due to entry of $H^+$ by: <ul style="list-style-type: none"><li>• <math>Na^+ - H^+</math> exchange 36%</li><li>• <math>K^+ - H^+</math> exchange 15%</li><li>• Other 6%</li></ul>

# Лабораторные исследования

- **pH** – показатель активной реакции раствора
- **pCO<sub>2</sub>** – напряжение углекислого газа
- **ВВ** – баланс оснований (общее количество оснований)
- **АВ** – истинный бикарбонат (содержание HCO<sub>3</sub> у конкретного больного в конкретных условиях)
- **SB** – стандартный бикарбонат (содержание HCO<sub>3</sub> в стандартных условиях- pCO<sub>2</sub> – 40 mm Hg, HbO<sub>2</sub> -100%, температура – 37° C)
- **BE** – избыток (или дефицит) оснований BE=ВВ-АВ



# КОС, газы крови.

## Нормальные значения

Параметр	Значения	Значения
	<b>Артериальная кровь</b>	<b>Венозная кровь</b>
<b>pH</b>	<b>7,35 – 7,45</b>	<b>7,35 – 7,45</b>
<b>pCO<sub>2</sub></b>	<b>35 – 45 mm Hg</b>	<b>35 – 45 mm Hg</b>
<b>BE</b>	<b>± 2,5 mmol / l</b>	<b>± 2,5 mmol / l</b>
<b>pO<sub>2</sub></b>	<b>80 – 95 mm Hg</b>	<b>30-50 mm Hg</b>
<b>HbO<sub>2</sub> (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>93 – 99%</b>	<b>60-75%</b>

# КОС. Интерпретация результатов исследования

## Изменения pH :

- менее **7,35** - ацидоз
- более **7,45** - алкалоз

## Изменения в $p\text{CO}_2$ (дыхательный компонент):

- $p\text{CO}_2$  менее **35** - дыхательный алкалоз
- $p\text{CO}_2$  более **45** – дыхательный ацидоз

## Изменения в VE (метаболический компонент):

- VE более **минус 2,5** - метаболический ацидоз
- VE более **плюс 2,5** - метаболический алкалоз

# КОС. Интерпретация результатов исследования

- Если у пациента имеются изменения в дыхательном ( $p\text{CO}_2$ ) или метаболическом компонентах (BE), но **нет изменений pH** – это **компенсированные сдвиги** (ацидоз или алкалоз).
- Если указанные сдвиги **сопровождаются изменениями pH** – это **некомпенсированные изменения** (ацидоз или алкалоз).
- Если у пациента имеются **сочетанные изменения в  $p\text{CO}_2$  и BE** – это **смешанный** (респираторный+метаболический) ацидоз или алкалоз

# Коррекция метаболического ацидоза

- Для коррекции метаболического ацидоза мы используем
- **Натрия бикарбонат (4% раствор)**  
 **$\text{Mmol NaHCO}_3 = \text{BE} \times \text{масса тела} \times 0,3$**   
(1 ммоль  $\text{NaHCO}_3 = 84 \text{ мг} = 2 \text{ мл } 4\% \text{ р-ра}$ )
- **Трисамин (ТНАМ) – органическое основание**  
 **$\text{ТНАМ мл } 3,6\% (0,3 \text{ ммол}) = \text{BE} \times \text{масса тела}$**

# Коррекция дыхательного ацидоза

- Коррекция дыхательного ацидоза – лечение острой дыхательной недостаточности –
- 1) проведение интубации трахеи и перевод на ИВЛ
- 2) коррекция параметров проводимой ИВЛ

# Коррекция метаболического алкалоза

- Коррекцию метаболического алкалоза мы проводим только если ВЕ (избыток оснований) более +5 ммоль/л.
- Для коррекции мы применяем:
- **Соляную кислоту** (0,4% раствор)  
 **$НСІ \text{ (мл)} = ВЕ \times \text{масса тела} \times 0,3$**

# Коррекция дыхательного алкалоза

- Только если  $p\text{CO}_2$  менее, чем 20 мм рт ст  
–
- **Коррекция параметров проводимой ИВЛ или добавление небольших концентраций углекислого газа (около 5%) во вдыхаемую смесь.**

# **Нарушения водно- электролитного баланса**



# ВЭБ

- **Водно-электролитный обмен** - совокупность процессов поступления воды и электролитов в организм, распределения их во внутренней среде и выделения из организма.

# ВЭБ

- **Вода в организме составляет около 60 % (от 55 до 65 %) массы тела у мужчин и 50 % (от 45 до 55 %) у женщин.**
- **Около 40 %** общего количества воды составляет **внутриклеточная и интрацеллюлярная жидкость, около 20 % - внеклеточная (экстрацеллюлярная) жидкость**, причем 5 % из них составляет плазма, а остальные - интерстициальная (межклеточная) жидкость.
- **Трансцеллюлярная жидкость** (ликвор, синовиальная жидкость, жидкость глаза, уха, протоков желез, желудка и кишок) составляет в норме **не более 0,5-1 % массы тела**. Секреция и реабсорбция жидкости при этом уравновешены.

# ВЭБ

- **Внутриклеточная и внеклеточная жидкости находятся в постоянном равновесии**, обусловленном сохранением их осмолярности. В понятие "осмолярность", которая выражается в осмолях или миллиосмолях, вкладывается осмотическая активность веществ, определяющая их способность поддерживать осмотическое давление в растворах.
- В норме **осмолярность плазмы составляет 285-295 мосм/л**, причем 50 % осмотического давления внеклеточной жидкости приходится на **натрий**, а в целом **электролиты обеспечивают 98 %** ее осмолярности. Основным же **ионом клетки является калий**.

# ВЭБ

- **Потеря внеклеточной жидкости** и повышение осмолярности плазмы крови вызывает раздражение осморецепторов, расположенных в гипоталамусе, и эфферентную сигнализацию.
- С одной стороны, возникает чувство жажды, с другой, - **активизируется выход антидиуретического гормона (АДГ)**. Повышение продукции АДГ **способствует реабсорбции воды** в дистальных и собирательных канальцах почек, выделению концентрированной мочи с осмолярностью выше 1350 мосм/л.
- Противоположная картина наблюдается при **снижении активности АДГ**, например, при несахарном диабете, когда выделяется большое количество мочи с низкой осмолярностью. Гормон надпочечника альдостерон увеличивает реабсорбцию натрия в почечных канальцах, однако это происходит сравнительно медленно.

# ВЭБ

- **Объем внеклеточной жидкости тесно связан с ОЦК** и регулируется **изменением давления в полостях предсердий** вследствие раздражения специфических волюморецепторов.
- Аfferентная сигнализация через центр регуляции, а затем по эfferентным связям влияет **на степень реабсорбции натрия и воды**.
- Существует также **большое количество других регуляторных механизмов** водно-электролитного равновесия, прежде всего юкстагломерулярный аппарат почек, барорецепторы каротидного синуса, непосредственное кровообращение почек, уровень ренина и ангиотензина II.

# ВЭБ

- Суточная потребность организма в воде при умеренной физической активности составляет **около 1500 мл/кв.м поверхности тела** (для взрослого здорового человека массой 70 кг - **2500 мл**), в том числе **200 мл** воды для эндогенного окисления.
- В то же время выделяется **1000 мл** жидкости с мочой, **1300 мл** через кожу и легкие, **200 мл** с калом.
- **Минимальная потребность в экзогенной воде у здорового человека составляет не менее 1500 мл в сутки**, так как при нормальной температуре тела должно выделиться не менее 500 мл мочи, 600 мл - испариться через кожу и 400 мл - через легкие.

# Классификация нарушений ВЭБ

- В соответствии с осмотическим давлением плазмы крови различают **дегидратацию** и **гипергидратацию**, подразделяемые на **гипертонические**, **изотонические** и **гипотонические**.

# Гипертоническая дегидратация

- **Гипертоническая дегидратация** (первичная дегидратация, внутриклеточная дегидратация, внеклеточно-клеточная дегидратация, водное истощение) связана **с недостаточным поступлением воды в организм у больных** в бессознательном состоянии, находящихся в тяжелом состоянии, истощенных, нуждающихся в уходе пожилых людей, при потере жидкости у больных пневмонией, трахеобронхитом, с гипертермией, профузным потом, частым жидким стулом, при полиурии у больных сахарным и несахарным диабетом, при назначении больших доз осмотических диуретиков.
- В постреанимационный период наиболее часто наблюдается именно эта форма дегидратации. Вначале выводится жидкость из внеклеточного пространства, повышается осмотическое давление внеклеточной жидкости и увеличивается концентрация натрия в плазме крови (свыше 150 ммоль/л). В связи с этим вода из клеток поступает во внеклеточное пространство и уменьшается концентрация жидкости внутри клетки.



# Гипертоническая дегидратация

- **Повышение осмолярности плазмы** крови вызывает реакцию АДГ, при этом **усиливается реабсорбция воды** в почечных канальцах. Моча становится концентрированной, с высокой относительной плотностью и осмолярностью, отмечается олигоанурия. Однако концентрация натрия в ней снижается, так как возрастает активность альдостерона и повышается реабсорбция натрия. Это способствует дальнейшему увеличению осмолярности плазмы крови и усугублению клеточной дегидратации.
- В начале заболевания нарушения кровообращения, несмотря на снижение ЦВД и ОЦК, не определяют тяжести состояния больного. В последующем присоединяется **синдром низкого сердечного выброса со снижением артериального давления**. Наряду с этим нарастают признаки клеточной дегидратации: усиливаются жажда и сухость языка, слизистых оболочек полости рта, глотки, резко уменьшается слюноотделение, становится хриплым голос. Из лабораторных признаков, наряду с **гипернатриемией, отмечаются симптомы сгущения крови** (увеличение содержания гемоглобина, общего белка, гематокрита).

# Гипертоническая дегидратация. Лечение

- **Лечение** включает **прием воды внутрь** (в случае возможности) для восполнения ее дефицита и **внутривенное введение 5% раствора глюкозы** для нормализации осмолярности плазмы крови. **Переливание растворов, содержащих натрий, противопоказано.** Препараты калия назначают из расчета его суточной потребности (100 ммоль) и потерь с мочой.
- Необходимо дифференцировать внутриклеточную дегидратацию и гипертоническую гипергидратацию при почечной недостаточности, когда также отмечается олигоанурия, повышается осмолярность плазмы крови.
- **При почечной недостаточности** резко **снижены относительная плотность мочи и ее осмолярность, увеличена концентрация натрия в моче, низкий клиренс креатинина.** Имеются также **признаки гиперволемии с высоким уровнем ЦВД.** В этих случаях показано лечение большими дозами диуретических препаратов.

# Изотоническая (внеклеточная) дегидратация

- обусловлена **дефицитом внеклеточной жидкости при потере содержимого желудка и кишок** (рвота, понос, выведение через свищи, дренажные трубки), **задержке изотонической (интерстициальной) жидкости** в просвете кишок вследствие кишечной непроходимости, перитоните, обильном выделении мочи вследствие применения в больших дозах диуретических средств, массивных раневых поверхностях, ожогах, распространенном венозном тромбозе.
- В начале развития заболевания осмотическое давление во внеклеточной жидкости остается постоянным, признаков клеточной дегидратации нет, **преобладают симптомы потери внеклеточной жидкости**. Прежде всего это связано с уменьшением ОЦК и нарушением периферического кровообращения: наблюдается **выраженная артериальная гипотензия, резко снижено ЦВД, уменьшается сердечный выброс, компенсаторно возникает тахикардия**. Понижение почечного кровотока и клубочковой фильтрации вызывает олигоанурию, в моче появляется белок, возрастает азотемия.

# Изотоническая (внеклеточная) дегидратация

- Больные становятся апатичными, вялыми, заторможенными, возникает анорексия, усиливается тошнота, рвота, однако **выраженной жажды нет**. Снижен тургор кожи, глазные яблоки утрачивают плотность.
- Из лабораторных признаков отмечается **повышение гематокрита, общего белка крови и количества эритроцитов**.
- Уровень натрия крови в начальных стадиях заболевания не изменен, но быстро развивается **гипокалиемия**.
- Если причиной дегидратации является потеря желудочного содержимого, то наряду с гипокалиемией отмечается снижение уровня хлоридов, компенсаторное увеличение ионов  $\text{HCO}_3$  и естественное развитие метаболического алкалоза.
- При поносе и перитоните количество бикарбоната плазмы снижается, и вследствие нарушений периферического кровообращения преобладают **признаки метаболического ацидоза**. Кроме того, снижается выведение натрия и хлора с мочой.

# Изотоническая (внеклеточная) дегидратация. Лечение

- **Лечение** должно быть направлено **на восполнение ОЦК жидкостью, приближающейся по составу к интерстициальной**. С этой целью назначают **изотонический раствор натрия хлорида, калия хлорида, плазму и плазмозаменители**. При наличии метаболического ацидоза показан **натрия бикарбонат**.

# Гипотоническая (внеклеточная) дегидратация

- - одна **из конечных стадий изотонической дегидратации** при неправильном ее лечении бессолевыми растворами, например, 5 % раствором глюкозы, или приемом большого количества жидкости внутрь.
- Наблюдается также в случаях **утопления в пресной воде** и обильного промывания желудка водой.
- При этом **значительно снижается концентрация натрия в плазме** (ниже 130 ммоль/л) и, как следствие гипоосмолярности, подавляется активность АДГ.
- **Вода выводится из организма, и наступает олигоанурия.**
- **Часть внеклеточной жидкости переходит в клетки, где осмотическая концентрация выше, и развивается внутриклеточная гипергидратация.** Прогрессируют признаки сгущения крови, увеличивается ее вязкость, возникает агрегация тромбоцитов, образуются внутрисосудистые микротромбы, нарушается микроциркуляция.

# Гипотоническая (внеклеточная) дегидратация

- При гипотонической (внеклеточной) дегидратации с внутриклеточной гипергидратацией **превалируют признаки нарушения периферического кровообращения**: низкое артериальное давление, склонность к ортостатическому коллапсу, похолодание и цианоз конечностей.
- Вследствие усиления отека клеток могут развиваться **явления отека мозга, легких** и в терминальных стадиях заболевания - безбелковые отеки подкожной основы.

# Гипотоническая (внеклеточная) дегидратация. Лечение

- **Лечение** должно быть направлено на **коррекцию дефицита натрия** гипертоническими растворами **натрия хлорида и натрия бикарбоната** в зависимости от нарушения кислотно-основного состояния.



# Гипергидратация изотоническая

- развивается **при обильном введении изотонических солевых растворов в случае незначительно сниженной выделительной функции почек**, а также при ацидозе, интоксикации, шоке, гипоксии, которые повышают сосудистую проницаемость и способствуют задержке жидкости в интерстициальном пространстве.
- Вследствие повышения гидростатического давления в венозном отделе капилляра (пороки сердца с явлениями застоя в большом круге кровообращения, цирроз печени, пиелонефрит) жидкость переходит из внутрисосудистого сектора в интерстициальный. Это и определяет клиническую картину заболевания с **генерализованными отеками периферических тканей и внутренних органов. В ряде случаев возникает отек легких.**
- **Лечение** заключается в применении салуретических препаратов, уменьшении гипопроteinемии, ограничении поступления солей натрия, коррекции осложнений основного заболевания.

# Гипергидратация гипотоническая

- (клеточная гипергидратация) наблюдается при **чрезмерном введении бессолевых растворов, чаще всего глюкозы, больным со сниженной выделительной функцией почек**. Вследствие гипергидратации уменьшается концентрация натрия в плазме крови (до 135 ммоль/л и ниже), для уравнивания градиента внеклеточного и клеточного осмотического давления вода проникает в клетки; последние теряют калий, который замещается ионами натрия и водорода. Это вызывает клеточную гипергидратацию и тканевой ацидоз.
- Клинически гипотоническая гипергидратация проявляется **общей слабостью, заторможенностью, судорогами и другими неврологическими симптомами, обусловленными отеком мозга** (гипоосмолярная кома).
- Из лабораторных признаков обращает на себя внимание **снижение концентрации натрия плазмы крови и уменьшение ее осмоалитета**.
- Показатели гемодинамики могут оставаться стабильными, однако затем повышается ЦВД и возникает брадикардия.

# Гипергидратация гипотоническая. Лечение

- **Лечение.** Прежде всего, **отменяют инфузии бессолевых растворов**, назначают салуретические препараты и осмотические диуретики.
- **Дефицит натрия** устраняют только в тех случаях, когда его концентрация менее 130 ммоль/л, нет признаков отека легких, а ЦВД не превышает нормы. Иногда необходим гемодиализ.

# Натрий (Na)

- Натрий играет важную роль в организме человека. Он необходим для нормального роста, способствует нормальному функционированию нервов и мышц, помогает сохранять кальций и другие минеральные вещества в крови в растворенном виде. Натрий помогает предупреждать тепловой или солнечный удар.
- **Источники натрия:** соль, устрицы, крабы, морковь, свекла, почки, телятина. Однако увеличить уровень натрия в крови легко, а уменьшить — гораздо сложнее.
- **Анализ натрия** назначается для диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта, почек, надпочечников, при усиленной потере жидкости организмом, обезвоживании.
- **Норма натрия в крови: 136—145 ммоль/л.**
- **Натрий повышен** (гипернатриемия) при: обезвоживании организма; повышенной функции коры надпочечников; патологии гипоталамуса, коме; задержке натрия в почках, повышенном мочеотделении при несахарном диабете; переизбытке солей натрия; приеме некоторых медицинских препаратов (андрогены, кортикостероиды, анаболические стероиды, АКТГ, эстрогены, оральные контрацептивы); избыточном потреблении соли.

# Натрий (Na)

- **Натрий понижен** (гипонатриемия) наблюдается при: недостатке натрия в пище; потере жидкости через кожу при сильной потливости, через легкие — при длительной одышке, через желудочно-кишечный тракт — при рвоте и диарее, при лихорадке (брюшной, сыпной тиф и т. п.); передозировке диуретиков; недостаточности надпочечников; гипотиреозе; сахарном диабете; отеках; почечной недостаточности, нефротическом синдроме; хронической сердечной недостаточности; циррозе печени, печеночной недостаточности; приеме некоторых медицинских препаратов (противовоспалительных, мочегонных средств).

# Калий (K)

- Калий содержится в клетках, регулирует водный баланс в организме и нормализует ритм сердца. Калий улучшает снабжение мозга кислородом, помогает избавляться от шлаков.
- Содержание его в организме зависит от поступления калия с пищей, распределения в организме и выведения (почками, потовыми железами, кишечником). Больше всего калия в дрожжах, кураге, отрубях, изюме, орехах, семечках, картофеле.
- **Норма калия в крови:**
  - Дети до года 4,1—5,3 ммоль/л;
  - Дети от 1 года до 14 лет 3,4—4,7 ммоль/л;
  - Взрослые 3,5—5,5 ммоль/л.

# Калий (K)

- Гиперкалиеми́я (**повышенный уровень калия в крови**) является признаком следующих нарушений в организме: повреждение клеток в результате гемолиза (разрушения клеток крови), тяжелого голодания, судорог, тяжелых травм, глубоких ожогов; обезвоживание; шок; ацидоз (изменение кислотно-щелочного равновесия организма в кислую сторону); острая почечная недостаточность; надпочечниковая недостаточность; увеличение поступления солей калия.
- Также калий повышается при приеме противоопухолевых, противовоспалительных препаратов и некоторых других лекарственных средств.

# Калий (К)

- К дефициту калия могут привести эмоциональный стресс и физическая перегрузка. Значительно снижают действие калия алкоголь, кофе, сахар, мочегонные средства.
- **Дефицит калия** характерен для сладен и в то же время для людей, увлекающихся диетами. Потеря веса может сопровождаться слабостью и ослаблением рефлексов — это указывает на значительный недостаток калия в крови. Восполнять недостаток калия возможно с помощью правильного питания, больше употребляя калийсодержащие продукты.
- **Низкий калий в крови** (гипокалиемия) — симптом и таких нарушений, как: гипогликемия (снижение уровня глюкозы в крови); водянка; хроническое голодание; продолжительная рвота и понос; нарушение функции почек, ацидоз, почечная недостаточность; переизбыток гормонов коры надпочечников; муковисцидоз; дефицит магния.



# Кальций (Ca)

- Кальций поддерживает нормальный сердечный ритм, как и магний, и способствует здоровью сердечнососудистой системы в целом. Участвует в обмене железа в организме, регулирует ферментную активность и способствует нормальной работе нервной системы, передаче нервных импульсов. Фосфор и кальций делают кости крепкими, а зубы здоровыми. Кальций участвует в свертывании крови, участвует в сокращении мышц. Чтобы происходило усвоение кальция, в организме должно быть достаточно витамина D.
- *Главные источники кальция:* творог, молоко, молочные продукты, сыры, соевые, бобы, сардины, лосось, арахис, грецкие орехи, семечки подсолнуха, зеленые овощи (брокколи, сельдерей, петрушка, капуста), чеснок, редька. Важно отметить, что действие кальция может быть нейтрализовано определенными продуктами питания.
- **Антагонисты кальция** — щавелевая кислота (содержится в шоколаде, щавеле, шпинате), большое количество жира, фитиновая кислота (содержится в зернах) — мешают усвоению кальция.

# Кальций (Ca)

- **Норма кальция в крови:** 2,15—2,50 ммоль/л.
- **Повышенный кальций в крови** (гиперкальцемиа) может вызываться следующими нарушениями: повышенная функция паращитовидных желез (первичный гиперпаратиреоз); злокачественные опухоли с поражением костей (метастазы, миелома, лейкозы); избыток витамина D; обезвоживание; тиреотоксикоз; туберкулез позвоночника; острая почечная недостаточность.
- **Недостаток кальция в крови** (гипокальциемия) может быть при: рахите (дефицит витамина); остеопорозе (истончение костной ткани); снижении функции щитовидной железы; хронической почечной недостаточности; дефиците магния; панкреатите; механической желтухе, печеночной недостаточности; истощении; приеме противоопухолевых и противосудорожных средств.
- **Дефицит кальция в организме проявляется** судорогами мышц, нервозностью, бессонницей.