

Кислотно-щелочное равновесие.



Выполнила: Табанакова Т.М.

Регуляция кислотно-щелочного равновесия.

- Для нормального осуществления жизненных процессов необходимо поддержание кислотно-щелочного равновесия, т.е. определенного соотношения водородных ионов H^+ и гидроксильных ионов OH^- во внутренней среде организма, первую очередь – в крови.

- Понятие «водородный показатель» было введено в 1909г. Серенсеном.
- рН – десятичный логарифм концентрации водородных ионов, взятый с обратным знаком: $pH = -\log[H^+]$, где $[H^+]$ концентрация ионов водорода (г-ионов/л).
- У здорового человека рН крови равен 7,35–7,45, т.е. кровь имеет слабощелочную реакцию. В большинстве клеток организма рН составляет 7,0–7,2. Сдвиг величины рН на 0,4–0,5, особенно в кислую сторону, приводит к тяжелым нарушениям функций организма, вплоть до гибели.



0 В кровь постоянно поступают кислые и щелочные соединения, образующиеся в желудочно-кишечном тракте из продуктов питания. Одновременно в процессе обмена веществ продуцируются различные кислые продукты (молочная кислота, угольная кислота и др.) и щелочи (аммиак); причем кислот больше, чем щелочей.



Буферные системы

В химии буферными системами называют смеси слабых кислот и их солей, содержащих сильное основание. Такие смеси препятствуют изменению рН среды после внесения в них кислот или оснований. Это понятие приложимо и к буферным системам крови.

Наиболее важными буферными системами крови являются бикарбонатный, фосфатный, белковый и гемоглобиновый буфер.



Бикарбонатный буфер

- Бикарбонатный буфер состоит из угольной кислоты H_2CO_3 (слабой кислоты) и ее щелочных солей, главным образом бикарбоната натрия ($NaHCO_3$). Для поддержания нормального pH крови важно не абсолютное количество H_2CO_3 и $NaHCO_3$, а соотношение их концентраций: при pH крови равном 7,4, соотношение $\frac{H_2CO_3}{NaHCO_3} = \frac{1}{20}$, то есть концентрация бикарбоната натрия в плазме должна быть в 20 раз больше, чем углекислоты.

- Механизм действия бикарбонатного буфера заключается в следующем. При попадании в кровь избытка кислых продуктов происходит нейтрализация их щелочной частью буфера по принципу: $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3$. Сильная кислота (HCl) заменяется более слабой кислотой (H_2CO_3), которая легко выводится из организма через органы дыхания, в силу чего сохраняется соотношение $\frac{\text{H}_2\text{CO}_3}{\text{NaHCO}_3} = \frac{1}{20}$, т. е. поддерживается $\text{pH} = 7,4$.
- При наводнении крови щелочными продуктами происходит реакция по типу $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, т.е. щелочной продукт связывается в виде NaHCO_3 и вместо сильного основания NaOH образуется менее сильное (NaHCO_3), избыток которого выделяется почками.

Фосфатный буфер

- Фосфатный буфер состоит из смеси одно- и двузамещенных солей фосфорной кислоты — NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4 . Однозамещенная соль играет роль кислоты, а двузамещенная соль — роль щелочной соли. При pH около 7,4 соотношение компонентов фосфатного буфера должно быть: $\frac{\text{NaH}_2\text{PO}_4}{\text{Na}_2\text{HPO}_4} = \frac{1}{4}$.
- Буферное действие этой системы аналогично бикарбонатной.

Белковая буферная система

- Буферные свойства белков плазмы определяется тем, что белки являются амфолитами (способны диссоциировать и как кислоты, и как основания). В кислой среде белки отдают в среду ион OH^- , т.е. диссоциируют как основание: $\text{H-R-OH} \rightarrow \text{HR} + \text{OH}^-$. В щелочной среде белки диссоциируют с освобождением ионов H^+ и могут присоединять к себе катион натрия: $\text{H-R-OH} \rightarrow \text{RON} + \text{H}^+$; $\text{RON} + \text{Na} \rightarrow \text{Na-R-OH}$.
- Активно диссоциирующими группами белка являются дикарбоновые аминокислоты и диаминокислоты (лизин, аргинин, гистидин).

Гемоглобиновый буфер

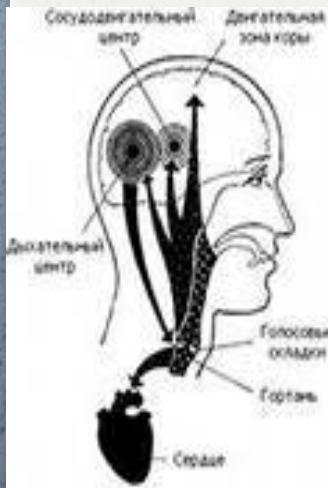
- Гемоглобиновый буфер—основная буферная система крови. Все сказанное о белковом буфере имеет отношение и к гемоглобину. Кроме того, буферные свойства гемоглобина связаны с его ролью в газообмене.
- Гемоглобин существует в крови в виде двух форм—окисленного, или оксигемоглобина (HbO_2), и восстановленного. Или редуцированного (Hb). Оксигемоглобин является в 70–80 раз более сильной кислотой чем редуцированный гемоглобин. Поэтому гемоглобиновую буферную систему можно обозначить: $\frac{\text{HbO}_2 \text{ (кислота)}}{\text{Hb (основание)}}$.

- В капиллярах большого круга кровообращения оксигемоглобин диссоциирует с отдачей кислорода: $\text{HbO}_2 \rightarrow \text{Hb} + \text{O}_2$
- В результате образуется редуцированный гемоглобин, который обладает свойствами слабого основания (связывать ион H^+).
- Из тканей в кровь поступает много CO_2 , образующегося в процессе обмена веществ. CO_2 вначале растворяется в плазме крови, вследствие чего его парциальное давление ($p\text{CO}_2$) увеличивается, что приводит к проникновению CO_2 в эритроциты. В последних имеется фермент карбоангидраза, под влиянием которого CO_2 быстро превращается в угольную кислоту: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$. Последняя диссоциирует: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{H}_2\text{CO}_3^-$. Освобождается ион H^+ , связывается редуцированным гемоглобином, а H_2CO_3^- — ионом K^+ , находящимся в эритроцитах, с образованием KHCO_3 . Часть ионов KHCO_3^- поступает из эритроцита в плазму.

- Следует учесть, что из тканей в капиллярную кровь поступает не только CO_2 , но и H_2CO_3 , образующаяся под влиянием карбоангидразы в клетках тканей. H_2CO_3 диффундирует в кровь где диссоциирует, а ион HCO_3^- связывается в виде бикарбоната натрия: $\text{Na}^+ \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{NaHCO}_3$
- Этот же процесс происходит с ионами HCO_3^- , поступающими в плазму из эритроцитов. Осуществление указанной реакции образования бикарбоната возможно благодаря тому, что в венозной крови, по закону равновесия Доннана, происходит переход Cl^- из плазмы в эритроциты, Na^+ , освободившийся из связи с Cl^- , вступает в реакцию с HCO_3^- .

Роль системы дыхания

○ При накоплении избыточного количества CO_2 в крови, повышается возбудимость дыхательного центра. Это может произойти в результате воздействия CO_2 и водородных ионов на нейроны дыхательного центра, рефлекторным путем, вследствие воздействия этих продуктов на хеморецепторы сосудов. Определенное значение в повышении возбудимости клеток дыхательного центра имеет и снижение напряжения кислорода в артериальной крови ($p\text{O}_2$). Следствием возбуждения дыхательного центра является усиление легочной вентиляции и последующая нормализация газового состава крови. При снижении концентрации углекислоты и водородных ионов в крови происходит обратное явление - понижение возбудимости дыхательного центра и уменьшение легочной вентиляции.



Роль выделительных органов

- 0 Мощным механизмом регуляции кислотно-щелочного равновесия является выделение кислот и оснований с мочой. Через почки выделяются из организма нелетучие кислоты. В клубочковом аппарате почки фосфаты фильтруются в таком же соотношении, в каком они находятся в плазме:
 $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4=1/4$
- 0 Но в процессе прохождения первичной мочи по канальцам происходит обратное всасывание значительного количества натрия. Благодаря этому в конечной моче соотношение становится равным $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4=9/1$ и реакция мочи становится кислой.

Кроме того, в почках происходит образование аммиака в процессе дезаминирования аминокислот, особенно глутаминовой. Аммиак выделяется почечным эпителием в канальцевую мочу, где он взаимодействует с ионами водорода и образует катион NH_4 . В свою очередь, NH_4 замещает часть катионов натрия, а аммонийные соли выводятся с мочой. Таким образом, почки выводят из организма кислоты и основания и наряду с этим обеспечивают сбережения натрия.

Роль желудочно-кишечного тракта и печени.

o Железы слизистой оболочки желудка секретируют соляную кислоту, являющуюся составной частью желудочного сока. Соляная кислота образуется в клетках слизистой желудка из иона хлора, поступающего из плазмы, и H^+ , образующегося при расщеплении угольной кислоты карбоангидразы. Взамен хлоридов в плазму поступают ионы Na^+ и HCO_3^- . При избыточном выделении соляной кислоты с желудочным соком (при неукротимой рвоте) может наступить сдвиг кислотно-щелочного баланса в сторону избытка оснований.



- Железы слизистой оболочки кишечника секретируют кишечный сок, богатый бикарбонатом натрия, который образуется в клетках слизистой из ионов Na^+ и HCO_3^- , а освобожденные ионы хлора и водорода поступают в плазму. При длительной и сильной потере кишечного сока может произойти сдвиг кислотно-щелочного равновесия в сторону избытка водородных ионов.
- Роль печени заключается в выведении и щелочных продуктов из организма с желчью, а также в окислении ряда органических кислот.

Ацидозы и алкалозы.

- Различают ацидоз- состояние, которое характеризуется абсолютного или относительного преобладанием кислот, и алкалоз- сдвиг кислотно-щелочного равновесия в сторону абсолютного или относительного преобладания оснований.
- Ацидоз и алкалоз могут быть компенсированными, субкомпенсированными и некомпенсированными.
- В зависимости от механизма развития подразделяются на дыхательные и обменные.

○ Если путем взаимодействия буферных систем, легких, почек и др. органов рН крови удерживается в пределах норм, нарушение кислотно-щелочного баланса считается *компенсированными*. При *субкомпенсированной* форме рН достигает крайних значительных норм. *Некомпенсированная* форма характеризуется сдвигом рН крови за пределы нормальных границ.

○ *субкомпенсированный ацидоз (рН 7,25-7,35);
декомпенсированный ацидоз (рН < 7,25);
субкомпенсированный алкалоз (рН 7,45-7,55);
декомпенсированный алкалоз (рН > 7,55).*

- o* **Дыхательный ацидоз** возникает при нарушении функции дыхания. Причинами могут быть заболевания дыхательного аппарата и регуляции дыхания, длительное пребывание в замкнутом пространстве, нарушения кровообращения и др.
- o* **Метаболический ацидоз** – содержание в организме нелетучих органических кислот, образующихся в процессе обмена веществ, при поступлении извне неорганических кислот или избыточном выделении из организма оснований.

- **Буферные основания (Buffer Base, BB)** — общее количество всех анионов крови. Поскольку общее количество буферных оснований не зависит от напряжения CO_2 , по величине BB судят о метаболических нарушениях КОС. В норме содержание буферных оснований составляет $48,0 \pm 2,0$ ммоль/л.
- **Избыток или дефицит буферных оснований (Base Excess, BE)** — отклонение концентрации буферных оснований от нормального уровня. В норме показатель BE равен нулю, допустимые пределы колебаний $\pm 2,3$ ммоль/л. При повышении содержания буферных оснований величина BE становится положительной (избыток оснований), при снижении — отрицательной (дефицит оснований). Дефицит оснований, выходящий за пределы колебаний нормы, свидетельствует о наличии метаболического ацидоза, избыток — о наличии метаболического алкалоза.
- **Стандартные бикарбонаты (SB)** — концентрация бикарбонатов в крови при стандартных условиях ($\text{pH} = 7,40$; $\text{PaCO}_2 = 40$ мм рт. ст.; $t = 37^\circ\text{C}$; $\text{SO}_2 = 100\%$).
- **Истинные (актуальные) бикарбонаты (AB)** — концентрация бикарбонатов в крови при соответствующих конкретных условиях, имеющих в кровеносном русле. Стандартные и истинные бикарбонаты характеризуют бикарбонатную буферную систему крови. В норме значения SB и AB совпадают и составляют $24,0 \pm 2,0$ ммоль/л. Количество стандартных и истинных бикарбонатов уменьшается при метаболическом ацидозе и увеличивается при метаболическом алкалозе.