

ЗАНЯТИЕ 1.3

«РОЛЬ БУФЕРНЫХ СИСТЕМ В ПОДДЕРЖАНИИ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА. КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ СОСТОЯНИЕ В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ: ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ АЦИДОЗЕ И АЛКАЛОЗЕ»

Динамическое постоянство внутренней среды (крови, лимфы, тканевой жидкости) и устойчивость основных физиологических функций организма человека и животных называется гомеостазом.

Этот процесс осуществляется преимущественно деятельностью лёгких и почек за счёт дыхательной и выделительной функции. В основе гомеостаза лежит сохранение кислотно-основного баланса (поддержание нормального КОС). Для нормальной жизнедеятельности большинства клеток необходимы достаточно узкие пределы рН (6,9 – 7,8), и организм вынужден постоянно осуществлять нейтрализацию образующихся кислот. Этот процесс выполняют буферные системы, которые связывают избыток ионов водорода и контролируют их дальнейшие перемещения в организме. Буферные системы играют очень важную роль, т.к. в результате различных метаболических процессов в организме постоянно образуются различные кислоты, которые сразу же нейтрализуются буферными системами: гидрокарбонатной, фосфатной, белковой и гемоглобиновой.

Главной буферной системой организма является гидрокарбонатный буфер, состоящий из H_2CO_3 и NaHCO_3 . При рН около 7,4 в организме преобладает гидрокарбонат-ион, и его концентрация может в 20 раз превышать концентрацию угольной кислоты. По своей природе угольная кислота очень нестойкая и сразу же после образования расщепляется на углекислый газ и воду. Реакции образования и последующего быстрого расщепления угольной кислоты в организме настолько совершенны, что им часто не придают особого значения. Эти реакции катализируются ферментом *карбоангидразой*, который находится в эритроцитах и в почках. Особенность гидрокарбонатной буферной системы состоит в том, что она открыта. Избыток ионов водорода связывается с гидрокарбонат-ионом, образующийся при этом углекислый газ стимулирует дыхательный центр, вентиляция лёгких повышается, а излишки углекислого газа удаляются при дыхании. Так в организме поддерживается баланс рН. Чем больше в клетках образуется ионов водорода, тем больше расход буфера. На этом этапе метаболизма подключаются почки, которые выводят избыток ионов водорода, и количество гидрокарбоната в организме восстанавливается.

Фосфатный буфер может действовать как в составе органических молекул, так и в качестве свободных ионов. Одна его молекула способна связывать до трёх катионов водорода. Белки могут присоединять к своей полипептидной цепочке как кислотные, так и основные группы.

Буферная ёмкость белковой буферной системы может охватывать широкий диапазон рН. В зависимости от имеющейся величины рН она может связывать как гидроксильные группы, так и ионы водорода. Третья часть буферной ёмкости крови приходится на гемоглобин. Каждая молекула гемоглобина может нейтрализовать несколько ионов водорода. Когда кислород переходит из гемоглобина в ткани, способность гемоглобина связывать ионы водорода возрастает и наоборот: когда в лёгких происходит оксигенация гемоглобина, он теряет присоединённые ионы водорода. Освободившиеся ионы водорода реагируют с гидрокарбонатом, и в результате образуется углекислый газ и вода. Образовавшийся углекислый газ удаляется из лёгких при дыхании.

Буферные свойства гемоглобина обусловлены соотношением восстановленного гемоглобина (ННб) и его калиевой соли (КНб). В слабощелочных растворах, каким является кровь, гемоглобин и оксигемоглобин имеют свойства кислот и являются донорами H^+ или K^+ . Эта система может функционировать самостоятельно, но в организме она тесно связана с

гидрокарбонатной. Когда кровь находится в тканевых капиллярах, откуда поступают кислые продукты, гемоглобин выполняет функции основания: $\text{КНб} + \text{H}_2\text{СО}_3 \leftrightarrow \text{ННб} + \text{КНСО}_3$. В легких гемоглобин, напротив, ведет себя, как кислота, предотвращая защелачивание крови после выделения углекислоты.

Таким образом, механизм регуляции кислотно-основного равновесия крови в целостном организме заключается в совместном действии внешнего дыхания, кровообращения, выделения и буферных систем.

Нарушение в какой-то из этих систем приводит нарушению КОС, что проявляется в развитии ацидоза (закисление) или алкалоза (защелачивание).

К показателям КОС относятся:

1. рН крови - величина отрицательного десятичного логарифма молярной концентрации ионов H^+ .

рН артериальной крови (плазмы) при 37°C колеблется в пределах 7,35-7,45. В зависимости от направленности сдвига рН крови, выделяют: ацидоз и алкалоз. Смещение рН менее 7,35 – ацидоз, смещение рН более 7,45 – алкалоз.

Нормальные значения рН еще не означают отсутствия нарушений кислотно-основного состояния и могут встречаться при так называемых компенсированных вариантах ацидоза и алкалоза. Последствия сдвига рН:

- сдвиг рН на одну десятую (0,1) от нормы – вызывает заметные нарушения со стороны дыхательной, сердечно-сосудистой, нервной и других систем организма.
- сдвиг рН на две-три десятые (0,2-0,3) – развивается коматозное состояние;
- если рН сдвигается на три-четыре десятые (0,3-0,4) – организм погибает.

2. pO_2 парциальное давление кислорода и pCO_2 - парциальное давление CO_2 в сочетании с FiO_2 (концентрация кислорода) отражают участие респираторного компонента в нарушениях КОС.

Нормальные значения pCO_2 - 35-45 мм рт.ст.,
 pO_2 - 90 – 100 мм рт.ст.

3. Буферные основания (ВВ) - сумма всех анионов крови, обладающих буферными свойствами, в основном бикарбонатов и белковых ионов.

Нормальная величина ВВ составляет в среднем 48,6 ммоль/л (от 43,7 до 53,5 ммоль/л).

4. Стандартный бикарбонат (SB) - содержание иона бикарбоната НСО_3^- в плазме. Нормальные значения - 22,5-26,9 ммоль/л.

5. Избыток оснований (ВЕ) - разница между фактической величиной буферных оснований и их нормальным значением. У здорового человека значения ВЕ колеблются в среднем от -2,5 до +2,5 ммоль/л. В капиллярной крови значения этого показателя составляют от -2,7 до +2,5 ммоль/л; у новорожденных от -10 до 0 ммоль/л; в первую неделю жизни от -7 до 0 ммоль/л; до 3 лет от -2,3 ммоль/л до 0; старше 3 лет – от -2,3 ммоль/л до +2,3 ммоль/л.

Показатели КОС, которые измеряются:

рН - концентрация ионов (активность) H^+ ,
 pCO_2 - парциальное давление CO_2 (в мм рт.ст.),
 pO_2 - парциальное давление O_2 (в мм рт.ст.).

Показатели КОС, которые рассчитываются:

НСО_3^- концентрация бикарбоната (в ммоль/л),
ВЕ избыток (или дефицит) оснований (в ммоль/л),

BB сумма оснований всех буферных систем крови (в ммоль/л),
SBE стандартный избыток оснований (в ммоль/л),
SBC стандартный бикарбонат (в ммоль/л).

Цель занятия:

1. Охарактеризовать буферные системы крови и механизм их действия;
2. Оценить вклад отдельных буферных систем в обеспечение кислотно-основного гомеостаза организма;
3. Сформировать представление о КОС и механизмах его регуляции;
4. Сформировать представление об ацидозе и алкалозе как формах нарушения кислотно-основного гомеостаза.

Необходимый исходный уровень:

Студент должен знать:

- основы протолитической теории кислот и оснований;
- понятие о рН водных растворов
- типы и механизмы действия буферных систем.

Основные понятия темы:

буферная система, буферная емкость, рН, буферные системы крови (гидрокарбонатная, гидрофосфатная, белковая, гемоглобиновая), кислотно-основное состояние, ацидоз, алкалоз.

ОСНОВНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

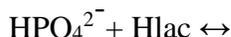
1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов/ Ю.А.Ершов и др., 1993: с. 114-119.
2. Биохимия /под ред.Л.А.Даниловой.- 2020.- с.258-260.

ВОПРОСЫ К ЗАНЯТИЮ

1. Понятие о кислотно-основном состоянии организма. Показатели КОС, механизмы его поддержания
2. Буферные системы крови: классификация, состав, механизм действия.
3. Гемоглобиновая буферная система.
4. Гидрокарбонатная буферная система.
3. Нарушения КОС: понятие об ацидозе и алкалозе.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ (Домашнее задание)

1. При неполном окислении глюкозы в результате интенсивной физической нагрузки в организме возможно накопление молочной кислоты, которая является источником ионов водорода. Допишите механизм буферного действия гидрокарбонатной и гидрофосфатной буферных систем крови при поступлении молочной кислоты в кровь:



2. Заполните таблицу

Значение рН различных сред организма

Среда организма	рН	Биологические функции
Кровь		

Ликвор		
Моча		
Слюна		
Желудочный сок		
Панкреатический сок		
Кишечный сок		
Желчь		
Цитозоль большинства клеток		
Пероксисомы печени и почек		
Матрикс митохондрии		

6. Решить задачи:

6.1. Содержание соляной кислоты в желудочном соке человека составляет 0,4-0,5%. Рассчитайте примерную величину pH желудочного сока, приняв его плотность за 1 г/мл.

6.2. Вычислите $[H^+]$ для следующих биологических жидкостей: а) моча, pH 6,5 б) слюна, pH 7,0 в) кровь, pH 7,4.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Определение буферной емкости сыворотки крови.

В две колбы на 100 мл наливают по 5 мл сыворотки крови (pH= 7,4). В одну колбу прибавляют 2 капли фенолфталеина, в другую- 2 капли метилового оранжевого. Содержимое 1 колбы оттитровывают 0.1н раствором щелочи до слабо розового окрашивания (pH= 8,4), вторую - 0.1н раствором соляной кислоты до оранжево-розового цвета (pH= 3,4). Вычислите буферную емкость сыворотки крови по кислоте и основанию.

РЕЗУЛЬТАТЫ:

ВЫВОДЫ: