МЕДИЦИНСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ БУФЕРНЫХ РАСТВОРОВ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Эркинова Мохинур Элдпоровна,
Гаппарова Шодия Халим кизи,
Улугбекова Озодахон Улугбековна
Студенты 1-го курса лечебного факультета Самаркандского государственного медицинского университета
Научный руководитель:
Кодиров Бехзод Гофурович,
ассистент кафедры медицинской химии Самаркандского государственного медицинского университета
Samarkand, Uzbekistan

Аннотация. В статье рассматривается физиологическое и медицинское значение буферных систем в поддержании кислотно-основного равновесия организма человека. Описаны механизмы функционирования бикарбонатной, фосфатной и белковой буферных систем, включая гемоглобин. Рассмотрена роль лёгких и почек в регуляции pH, а также значение буферных систем в развитии ацидоза и алкалоза, лабораторной диагностике и фармацевтической практике.

Ключевые слова: буферные растворы, pH, кислотно-основное равновесие, бикарбонат, фосфат, гемоглобин, ацидоз, алкалоз, гомеостаз.

THE MEDICAL SIGNIFICANCE OF BUFFER SOLUTIONS IN THE HUMAN BODY

Erkinova Mohinur Eldorovna,
Gapparova Shodiya Khalim qizi,
Ulugbekova Ozodakhon Ulugbekovna
First-year students of the Faculty of General Medicine,
Samarkand State Medical University
Scientific Supervisor:
Bekhzod Gofurovich Kodirov,
Assistant Lecturer, Department of Medical Chemistry,
Samarkand State Medical University
Samarkand, Uzbekistan

Abstract. This article examines the physiological and medical significance of buffer systems in maintaining acid–base balance in the human body. The functions of bicarbonate, phosphate, and protein buffer systems, including hemoglobin, are described. The role of the lungs and kidneys in pH regulation and the importance of buffer systems in acidosis, alkalosis, laboratory diagnostics, and pharmaceutical practice are discussed.

Keywords: buffer solutions, pH, acid–base balance, bicarbonate, phosphate, hemoglobin, acidosis, alkalosis, homeostasis.

Введение

Поддержание постоянства внутренней среды организма, или гомеостаза, является необходимым условием нормального протекания физиологических и биохимических процессов. Важнейшим компонентом гомеостаза выступает кислотно-основное равновесие, от которого зависят активность ферментов, структура белков, клеточный метаболизм и транспорт веществ.

pH артериальной крови в норме составляет приблизительно 7,35–7,45. Даже небольшие отклонения от этого диапазона могут свидетельствовать о нарушении кислотно-основного равновесия [1–3].

Буферные системы препятствуют резким изменениям pH при поступлении кислот и оснований. Их действие взаимосвязано с функцией дыхательной системы и почек, обеспечивающих выведение углекислого газа и регуляцию содержания бикарбонатов.

Цель исследования - изучить физиологическое и медицинское значение буферных систем, их роль в поддержании кислотно-основного равновесия и применение в клинической практике.

Материалы и методы исследования

Статья носит теоретико-аналитический характер и основана на изучении научной литературы по медицинской химии, биохимии, физиологии и клинической медицине. Использованы методы анализа, сравнения и обобщения научной информации. Экспериментальные исследования не проводились.

Химическая сущность буферных растворов

Буферные растворы - это системы, способные уменьшать изменения pH при добавлении небольших количеств сильной кислоты или щёлочи. Обычно они состоят из слабой кислоты и её сопряжённого основания.

Основные реакции буферной системы можно представить следующим образом:

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

При добавлении кислоты:

$A^- + H^+ \rightarrow HA$

При добавлении щёлочи:

$HA + OH^- \rightarrow A^- + H_2O$

Эти реакции ограничивают изменение концентрации свободных ионов водорода.

Зависимость pH от соотношения компонентов буферной системы описывается уравнением Хендерсона–Хассельбаха:

$$\mathbf{pH = pKa + \log([A^-]/[HA])}$$

Буферная ёмкость зависит от концентрации компонентов и их соотношения. В организме буферные системы функционируют совместно с дыхательными и почечными механизмами регуляции.

Основные буферные системы организма

Бикарбонатная буферная система

Бикарбонатная система играет ведущую роль в поддержании pH крови и внеклеточной жидкости. Она основана на равновесии между углекислым газом, угольной кислотой и бикарбонат-ионами:

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

Реакция ускоряется ферментом карбоангидразой в эритроцитах. Углекислый газ выводится через лёгкие, а содержание бикарбоната регулируется почками.

Для оценки кислотно-основного состояния крови используется уравнение:

$$\mathbf{pH = 6{,}1 + \log([HCO_3^-]/(0{,}03 \times PaCO_2))}$$

Снижение концентрации бикарбоната или повышение парциального давления CO_2 способствует снижению pH. Таким образом, бикарбонатная система обеспечивает химическую защиту организма от изменений кислотности и тесно связана с дыхательной и выделительной системами [1, 3].

Фосфатная буферная система

Фосфатный буфер особенно важен во внутриклеточной жидкости и почечных канальцах. Его основные компоненты - дигидрофосфат- и гидрофосфат-ионы:

$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$

Гидрофосфат-ионы связывают избыток водородных ионов, а фосфатная система участвует в выведении кислот с мочой. Несмотря на ограниченный вклад в буферизацию плазмы крови, она имеет существенное значение для поддержания внутриклеточного pH и почечной регуляции кислотно-основного равновесия.

Белковая и гемоглобиновая буферные системы

Белки обладают амфотерными свойствами: в зависимости от pH они способны присоединять или отдавать протоны. Белки клеток и плазмы, включая альбумин, участвуют в поддержании кислотно-основного равновесия.

Особое значение имеет гемоглобин эритроцитов. В тканях он связывает часть водородных ионов, образующихся при превращении CO_2 в бикарбонат. В лёгких процессы связывания кислорода способствуют высвобождению протонов, которые взаимодействуют с бикарбонатом с образованием CO_2 и воды. Углекислый газ затем удаляется при выдохе.

Таким образом, гемоглобиновая система одновременно участвует в транспорте газов и стабилизации pH крови [1, 3].

Роль лёгких и почек в регуляции pH

В поддержании кислотно-основного равновесия участвуют химические буферы, дыхательная система и почки.

Лёгкие регулируют содержание CO_2. При усилении вентиляции выведение углекислого газа увеличивается, что способствует повышению pH. При недостаточной вентиляции CO_2 накапливается, и pH снижается. Такие изменения могут приводить соответственно к респираторному алкалозу или ацидозу.

Почки обеспечивают долговременную регуляцию кислотно-основного состояния. Они реабсорбируют бикарбонат, секретируют ионы водорода и выводят

кислоты с мочой. Нарушение почечной функции может снижать способность организма удалять кислоты и повышать риск метаболического ацидоза.

Совместное действие буферных систем, лёгких и почек обеспечивает стабильность внутренней среды организма.

Клиническое значение буферных систем

Недостаточность компенсаторных механизмов может приводить к нарушениям кислотно-основного равновесия.

Ацидемия характеризуется снижением pH артериальной крови ниже 7,35, а **алкалемия** - повышением pH выше 7,45. Причины этих состояний могут быть метаболическими или респираторными.

Метаболический ацидоз связан со снижением концентрации бикарбоната, накоплением кислот или потерей оснований. Респираторный ацидоз возникает при недостаточной вентиляции и накоплении CO_2. Метаболический алкалоз может развиваться при потере ионов водорода, например при продолжительной рвоте, а респираторный алкалоз - при гипервентиляции.

Важным методом диагностики является анализ газового состава артериальной крови, включающий определение pH, $PaCO_2$ и показателей бикарбоната. Результаты оценивают совместно с электролитами, функцией почек и клиническим состоянием пациента.

В инфузионной терапии и фармации буферные системы имеют значение для поддержания стабильности лекарственных препаратов, регулирования их растворимости и обеспечения совместимости с биологической средой. Применение растворов бикарбоната возможно по определённым клиническим показаниям и требует оценки причины и тяжести нарушения.

Значение буферных систем для клеточного метаболизма и фармации

Активность ферментов зависит от pH среды, поскольку изменение концентрации водородных ионов может влиять на заряд и пространственную структуру белковых молекул. Поэтому поддержание внутриклеточного pH необходимо для нормального протекания метаболических реакций.

В медицинской химии буферные растворы применяются для проведения реакций при заданном pH, исследования биологических образцов и калибровки лабораторных приборов. В фармацевтической технологии они помогают регулировать степень ионизации действующих веществ, их растворимость и химическую стабильность.

При разработке лекарственных форм необходимо учитывать состав препарата, буферную ёмкость, путь введения и биологическую совместимость. Эти факторы особенно важны для инъекционных и инфузионных препаратов.

Обсуждение

Анализ научной литературы показывает, что поддержание кислотно-основного равновесия обеспечивается совместным действием нескольких механизмов. Бикарбонатная система имеет большое значение для крови и

внеклеточной жидкости, фосфатная - для внутриклеточной среды и почечных канальцев, а белки и гемоглобин участвуют в связывании протонов.

Эффективность буферных систем зависит не только от их химического состава, но и от функционирования лёгких и почек. Поэтому при диагностике нарушений необходимо комплексно оценивать pH, $PaCO_2$, концентрацию бикарбоната, электролиты и клинические данные.

Заключение

Буферные системы являются важнейшим механизмом поддержания кислотно-основного равновесия и гомеостаза организма человека. Основную роль играют бикарбонатная, фосфатная и белковая системы, включая гемоглобиновый буфер.

Лёгкие обеспечивают регуляцию посредством выведения CO_2, а почки поддерживают долговременное равновесие за счёт реабсорбции бикарбоната и выведения кислот. Нарушение этих механизмов может приводить к развитию ацидоза и алкалоза.

Изучение буферных систем имеет важное значение для медицинской химии, биохимии, лабораторной диагностики и фармацевтической технологии. Понимание их механизмов помогает объяснять физиологические процессы и правильно интерпретировать показатели кислотно-основного состояния организма.

Список использованной литературы:

1. Hall J. E., Hall M. E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th ed. Philadelphia: Elsevier; 2021.
2. Nelson D. L., Cox M. M. Lehninger Principles of Biochemistry. 8th ed. New York: W. H. Freeman; 2021.
3. Boron W. F., Boulpaep E. L. Medical Physiology. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier; 2017.
4. Harris D. C. Quantitative Chemical Analysis. 10th ed. New York: W. H. Freeman; 2020.
5. Berg J. M., Tymoczko J. L., Gatto G. J. Jr., Stryer L. Biochemistry. 9th ed. New York: W. H. Freeman; 2019.
6. Kodirov B. et al. Silicon carbide synthesis in a solar oven from natural raw materials //E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2024. Т. 508. С. 01005.
7. Suvanova L. S. et al. Studying the technological possibilities of the large sun face in the localization of imported jewelry stones //American Institute of Physics Conference Series. 2022. Т. 2432. №. 1. С. 020016.
8. Муратов И. М. и др. СУПЕРОКСИДНЫЙ КАТАЛИЗ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСАМИ ПОРФИРИНОВ И ФТАЛОЦИАНИНОВ //Universum: химия и биология. 2022. №. 6-2 (96). С. 41-44.
9. Тургунов Д. Э., Рахманова Ф. Э., Каржавов А. Р. Терапевтическое применение и токсичность шафрана //Universum: медицина и фармакология. 2023. №. 4-5 (98). С. 47-51.

10. Fayzullayev N., Akmalaiuly K., Karjavov A. Catalytic synthesis of a line by acetylene hydration //Известия НАН РК. Серия химии и технологии. –2020.
11. Karjavov A. R., Fayzullaev N. Determination of technological parameters of producing vinylchloride from acetylene //AIP Conference Proceedings. –AIP Publishing, 2024.
12. Mustafoyev A. I. et al. Stabilization Processes Of Ceramic Materials Based On Local Raw Materials Processed In A Solar Device //Spanish Journal of Innovation and Integrity. 2025. Т. 40. С. 56-60.
13. Mustafoyev A. I. et al. Based on aLarge Solar Device Technological Features of Selection of Local Raw Materials //American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture. 2025. Т. 3. №. 2. С. 43-47.
14. Mustafoyev A. I. et al. Technological Capabilities of a Large Solar Facility //Innovative: International Multi-disciplinary Journal of Applied Technology. – 2025. Т. 3. №. 2. С. 42-46.