ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ РАВНОВЕСИЕ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

Абдурашидова Одина Азамат кизи,

Турдимурадова Гулбахор Саидмурод кизи,

Наимов Озодбек Фарходжон угли

Студенты 1-го курса лечебного факультета Самаркандского государственного медицинского университета

Научный руководитель:

Кодиров Бехзод Гофурович

Ассистент кафедры медицинской химии Самаркандского государственного медицинского университета

Самарканд, Узбекистан

Аннотация. В данной статье освещены физиологические и биохимические основы кислотно-основного равновесия в организме человека, естественные буферные системы, участвующие в его поддержании, а также функциональное значение органов. Поддержание стабильной концентрации ионов водорода в крови и тканях имеет важное значение для активности ферментов, метаболических процессов в клетках, транспорта газов и гомеостаза внутренней среды. В статье проанализированы механизмы функционирования бикарбонатной, фосфатной, белковой и гемоглобиновой буферных систем, выведение углекислого газа через лёгкие, удаление кислот почками, а также косвенное влияние продуктов питания на кислотно-основное равновесие. Кроме того, рассмотрена согласованная деятельность естественных физиологических механизмов и их значение в медицине.

Ключевые слова: кислотно-основное равновесие, гомеостаз, буферные системы, бикарбонат, фосфат, гемоглобин, почки, лёгкие, метаболизм, электролиты, физиологическая регуляция.

NATURAL SOURCES THAT MAINTAIN ACID–BASE BALANCE IN THE HUMAN BODY

Abdurashidova Odina Azamat kizi,

Turdimuradova Gulbahor Saidmurod kizi,

Naimov Ozodbek Farxodjon ugli

First-year students of the Faculty of General Medicine,

Samarkand State Medical University

Scientific Supervisor:

Kodirov Bekhzod Gofurovich

Assistant Lecturer, Department of Medical Chemistry,

Samarkand State Medical University

Samarkand, Uzbekistan

Abstract. This article highlights the physiological and biochemical foundations of acid–base balance in the human body, the natural buffer systems involved in maintaining it, and the functional significance of various organs. Maintaining a stable concentration of hydrogen ions in the blood and tissues is essential for enzyme activity, cellular metabolic processes, gas transport, and homeostasis of the internal environment. The article analyzes the mechanisms of action of the bicarbonate, phosphate, protein, and hemoglobin buffer systems, the elimination of carbon dioxide through the lungs, the excretion of acids by the kidneys, and the indirect influence of dietary products on acid–base balance. Furthermore, it examines the coordinated activity of natural physiological mechanisms and their significance in medicine.

Keywords: acid–base balance, homeostasis, buffer systems, bicarbonate, phosphate, hemoglobin, kidneys, lungs, metabolism, electrolytes, physiological regulation.

Введение

Нормальная жизнедеятельность организма человека зависит от поддержания физико-химических показателей внутренней среды в

определённых пределах. Среди этих показателей особое значение имеет кислотно-основное равновесие. Это обусловлено тем, что многие биохимические реакции в клетках, каталитическая активность ферментов, пространственная структура белков и транспорт веществ через биологические мембраны зависят от концентрации ионов водорода.

Кислотно-основное равновесие представляет собой поддержание физиологически оптимального соотношения между кислотами и основаниями во внутренней среде организма. В артериальной крови значение pH обычно находится в пределах 7,35–7,45. Значительные отклонения от этих границ могут отрицательно влиять на функциональное состояние клеток. Снижение pH крови связано с развитием ацидоза, а его повышение - с развитием алкалоза. С клинической точки зрения процессы ацидоза и алкалоза могут сопровождаться изменением значения pH крови либо протекать при сохранении pH в пределах нормы благодаря компенсаторным механизмам.
Кислотно-основное равновесие в организме обеспечивается не одним органом или химическим соединением. В этом процессе совместно участвуют буферные системы крови и тканей, дыхательная система, почки, внутриклеточные метаболические процессы и различные электролиты. Благодаря их согласованной деятельности кислые продукты, образующиеся в процессе обмена веществ, нейтрализуются или выводятся из организма.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что нарушения кислотно-основного равновесия могут наблюдаться при дыхательной недостаточности, заболеваниях почек, некоторых осложнениях сахарного диабета, тяжёлом обезвоживании и других патологических состояниях. Поэтому изучение естественных источников и физиологических механизмов, обеспечивающих поддержание данного равновесия, имеет важное значение для медицинской химии, биохимии, физиологии и клинической медицины.

Цель исследования - научный анализ значения естественных буферных систем, физиологических органов и пищевых факторов, участвующих в поддержании кислотно-основного равновесия в организме человека.

Задачи исследования: раскрыть химические основы кислотно-основного равновесия; охарактеризовать свойства основных буферных систем; объяснить регуляторную роль лёгких и почек; оценить влияние воды, минеральных веществ и компонентов пищи на кислотно-основное равновесие.

Материалы и методы исследования

Статья носит теоретико-аналитический характер и подготовлена на основе изучения литературы по биохимии, физиологии и клинической медицине, посвящённой механизмам регуляции кислотно-основного равновесия в организме человека. В процессе исследования использовались методы анализа научных источников, сравнения, обобщения и объяснения физиологических процессов на основе химических механизмов.

В ходе анализа основными направлениями исследования были определены принципы функционирования бикарбонатной, фосфатной, белковой и гемоглобиновой буферных систем, выведение углекислого газа посредством дыхания, реабсорбция бикарбоната и выведение ионов водорода почками, а также влияние продуктов питания на кислотную нагрузку организма.

Химическая сущность кислотно-основного равновесия

Основным показателем кислотно-основного равновесия является pH, который выражается отрицательным десятичным логарифмом активности ионов водорода в растворе: $\mathbf{pH = -\lg a(H^+)}$

В разбавленных растворах активность ионов водорода можно приблизительно выражать через их концентрацию. Однако поскольку биологические жидкости имеют сложный состав, показатель pH зависит также от взаимодействия между ионами и особенностей среды. В организме кислоты образуются из двух основных источников. Первый источник - образование углекислого газа в процессе клеточного метаболизма. Углекислый газ вступает в реакцию с водой, в результате чего может образовываться угольная кислота, которая затем диссоциирует с образованием ионов водорода и бикарбоната. Второй источник - нелетучие кислоты, образующиеся в

результате метаболизма серосодержащих аминокислот, фосфорсодержащих соединений и других веществ.

В регуляции кислотной нагрузки организма важную роль играют три взаимосвязанных механизма: химические буферные системы, выведение углекислого газа посредством дыхания и удаление кислотных эквивалентов через почки. Буферные системы являются механизмом быстрой защиты, тогда как лёгкие и почки активно регулируют кислотно-основное равновесие.

Основными показателями кислотно-основного состояния являются значение pH артериальной крови, парциальное давление углекислого газа и концентрация бикарбоната. Эти показатели взаимосвязаны и описываются уравнением Гендерсона–Гассельбаха.

Основные естественные буферные системы организма

Бикарбонатная буферная система

Бикарбонатная буферная система занимает основное место в поддержании кислотно-основного равновесия плазмы крови. Её действие основано на равновесии между угольной кислотой и ионами бикарбоната.

При увеличении количества кислых веществ ионы бикарбоната связывают ионы водорода, препятствуя чрезмерному повышению их свободной концентрации. При увеличении количества щелочных веществ угольная кислота может отдавать ионы водорода, препятствуя чрезмерному повышению значения pH среды. Важной особенностью бикарбонатной системы является то, что её компоненты регулируются различными физиологическими механизмами. Углекислый газ выводится через лёгкие, а бикарбонат реабсорбируется в почках и при необходимости вновь образуется организмом. Поэтому данная система считается открытой буферной системой, регулируемой физиологическими механизмами.

Фосфатная буферная система

Фосфатная буферная система основана на равновесии между ионами дигидрофосфата ($H_2PO_4^-$) и гидрофосфата (HPO_4^{2-}).

При повышении кислотной нагрузки ионы гидрофосфата связывают ионы водорода, образуя дигидрофосфат. Напротив, при увеличении количества щелочных веществ дигидрофосфат может отдавать ионы водорода.

Хотя количество фосфатной буферной системы в плазме крови меньше по сравнению с бикарбонатной системой, она имеет важное значение во внутриклеточной жидкости и почечных канальцах. В почках фосфатные ионы связывают ионы водорода и способствуют их выведению с мочой. Этот процесс является составной частью способности почек выводить кислоты.

Фосфаты также входят в состав костной ткани, клеточных мембран, нуклеиновых кислот и АТФ. Поэтому фосфатный обмен важен не только для регуляции pH, но и для энергетического обмена и функционирования клеток.

Белковая буферная система

В составе белков имеются функциональные группы, обладающие кислотными и основными свойствами. Карбоксильные группы способны отдавать ионы водорода, а аминогруппы - связывать их. Благодаря этому свойству белки относятся к естественным буферным компонентам биологических сред.

Альбумин и другие белки плазмы крови ограничивают изменения pH посредством связывания или отдачи ионов водорода. Внутри клеток белковая буферная система имеет особое значение благодаря высокой концентрации белков. Буферные свойства белков зависят от их аминокислотного состава, степени ионизации и значения pH среды.

Белки также участвуют в ферментативных реакциях, транспортных процессах и межклеточной передаче сигналов. Резкое изменение pH среды может влиять на заряд и пространственную структуру белковых молекул. Поэтому белковая буферная система является важным защитным фактором, обеспечивающим стабильность внутренней среды организма.

Основные органы, обеспечивающие кислотно-основное равновесие

Физиологическая роль лёгких

Лёгкие являются органом, который быстро участвует в регуляции кислотно-основного равновесия. Углекислый газ, образующийся в процессе метаболизма в клетках, транспортируется кровью к лёгким и выводится во внешнюю среду во время выдоха. При изменении частоты и глубины дыхания изменяется также количество углекислого газа в крови.

Регуляторный механизм лёгких действует очень быстро. Однако лёгкие непосредственно не выводят нелетучие кислоты. Их основная функция заключается в регулировании равновесия бикарбонатной буферной системы посредством выведения углекислого газа.

Роль почек в кислотно-основном равновесии

Почки имеют важное значение в долгосрочной регуляции кислотно-основного равновесия. Они реабсорбируют большую часть бикарбоната, поступившего в клубочковый фильтрат, выделяют ионы водорода в просвет почечных канальцев и выводят из организма образовавшиеся нелетучие кислоты.

В почках ионы водорода связываются с помощью фосфатной и аммонийной буферных систем и выводятся с мочой. В процессе аммониогенеза из глутамина образуется аммоний, что повышает способность организма выводить ионы водорода и способствует возвращению нового бикарбоната в кровь. Эти функции почек особенно важны при длительной кислотной нагрузке. При нарушении функции почек выведение кислот и восстановление бикарбонатного равновесия ограничиваются, что может привести к развитию метаболического ацидоза.

Значение продуктов питания и воды в поддержании кислотно-основного равновесия.

Вода и электролиты

Вода является основным компонентом внутренней среды организма и играет важную роль в метаболических реакциях, транспорте электролитов и выведении веществ через почки. Употребление достаточного количества воды

способствует поддержанию нормального кровообращения, почечной перфузии и образования мочи.

Натрий, калий, хлорид, бикарбонат, фосфат и другие электролиты участвуют в функционировании клеток и регуляции кислотно-основного равновесия. Например, бикарбонат является основным буферным компонентом плазмы крови, а распределение ионов калия внутри и вне клеток взаимосвязано с обменом ионов водорода.

Сама вода не является мощным буфером, однако она создаёт среду для протекания химических реакций и обеспечивает эффективную работу систем, регулирующих кислотно-основное равновесие. Обезвоживание может привести к уменьшению объёма циркулирующей крови, изменению функции почек и в некоторых случаях к усилению нарушений кислотно-основного состояния.

Белковые продукты и минеральные вещества

Белки являются основным источником незаменимых аминокислот, необходимых организму, и участвуют в образовании ферментов, гормонов, транспортных белков и структурных компонентов тканей. Однако метаболизм белков, содержащих серосодержащие аминокислоты, может приводить к образованию таких продуктов, как сульфат, увеличивающих кислотную нагрузку организма. Это не означает, что белковые продукты вредны. У здорового человека почки и буферные системы регулируют кислотную нагрузку, возникающую при обычном питании. Важное значение имеют сбалансированность рациона и соблюдение индивидуальных медицинских рекомендаций при наличии заболеваний почек.

Медицинское значение нарушений кислотно-основного равновесия

Нарушения кислотно-основного равновесия в зависимости от механизма возникновения подразделяются на респираторные и метаболические формы. Респираторные нарушения преимущественно связаны с изменением выведения углекислого газа, тогда как метаболические нарушения

характеризуются изменением количества бикарбоната или накоплением нелетучих кислот.

Метаболический ацидоз может возникать вследствие тяжёлой почечной недостаточности, кетоацидоза, накопления молочной кислоты или потери бикарбоната. Респираторный ацидоз связан с недостаточной вентиляцией лёгких и накоплением углекислого газа в организме. Метаболический алкалоз чаще развивается вследствие потери кислот или увеличения количества бикарбоната, а респираторный алкалоз - в результате чрезмерного выведения углекислого газа. При диагностике этих состояний оценивают показатели газового состава артериальной или венозной крови, концентрацию бикарбоната, электролиты и другие лабораторные показатели с учётом клинической ситуации. Лечение направлено на устранение основной причины, поддержание дыхательной и почечной функций, а также восстановление водно-электролитного равновесия. Несмотря на важную роль естественных буферных систем в поддержании стабильности кислотно-основного равновесия, они не способны самостоятельно устранить все патологические состояния. Поэтому при сильной рвоте, тяжёлом обезвоживании, нарушениях дыхания, изменениях сознания или выраженных метаболических симптомах, связанных с сахарным диабетом, необходима медицинская оценка состояния пациента.

Результаты и обсуждение

Анализ изученных научных данных показывает, что кислотно-основное равновесие представляет собой многоуровневую систему физиологической регуляции. В этой системе буферные соединения, органы дыхания, почки и клеточный метаболизм выполняют взаимодополняющие функции.

Бикарбонатная буферная система является основным химическим механизмом поддержания стабильности pH плазмы крови и тесно связана с функциональной деятельностью лёгких и почек. Гемоглобин и другие белки играют важную роль в быстром буферировании, тогда как фосфатная система особенно важна во внутриклеточной среде и при выведении кислот почками.

Лёгкие способны быстро изменять кислотно-основное состояние организма посредством выведения углекислого газа. Почки осуществляют долгосрочную регуляцию путём сохранения бикарбоната, образования нового бикарбоната и выведения нелетучих кислот. Согласованность этих механизмов помогает организму поддерживать стабильность внутренней среды в различных физиологических условиях.

Достаточное поступление воды и электролитов, сбалансированное питание, а также нормальное функционирование почек и дыхательной системы создают необходимые условия для эффективного протекания этих процессов. Калий и метаболизируемые органические анионы, содержащиеся во фруктах и овощах, могут влиять на связанную с питанием кислотную нагрузку. Однако представление о том, что с помощью питания можно самостоятельно «ощелачивать» артериальную кровь, научно необоснованно.

Заключение

Поддержание кислотно-основного равновесия в организме человека является жизненно важным физиологическим процессом, обеспечивающим нормальную активность ферментов, клеточный метаболизм, транспорт газов и гомеостаз внутренней среды.

На основании проведённого анализа были сделаны следующие выводы:

1. Бикарбонатная, фосфатная, белковая и гемоглобиновая буферные системы ограничивают резкие изменения концентрации ионов водорода в организме и участвуют в поддержании стабильного значения pH.
2. Лёгкие осуществляют быструю регуляцию кислотно-основного состояния посредством выведения углекислого газа, а почки обеспечивают долгосрочное равновесие путём реабсорбции бикарбоната, образования нового бикарбоната и выведения нелетучих кислот.
3. Вода, электролиты, фрукты, овощи и другие продукты питания влияют на общее метаболическое состояние организма и его кислотную нагрузку. Однако у здорового человека значение pH крови поддерживается в пределах нормы преимущественно благодаря физиологическим механизмам регуляции.

4. Нарушения кислотно-основного равновесия могут быть важным признаком различных заболеваний. Поэтому знание его химических и физиологических механизмов имеет большое значение для клинической диагностики, лечения и профилактики.

В целом согласованная деятельность естественных буферных систем организма, лёгких, почек и метаболических процессов составляет основу кислотно-основного гомеостаза. Здоровое питание и достаточное потребление жидкости поддерживают нормальное функционирование этих механизмов, однако при патологических нарушениях они не могут заменить соответствующую медицинскую помощь.

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., Hoskins A. A. 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. Koeppen B. M., Stanton B. A. Berne & Levy Physiology. 7th ed. Philadelphia: Elsevier, 2018.
5. Hamm L. L., Nakhoul N., Hering-Smith K. S. Acid-Base Homeostasis. Clinical Journal of the American Society of Nephrology. 2015;10(12):2232–2242.
6. Kraut J. A., Madias N. E. Metabolic Acidosis: Pathophysiology, Diagnosis and Management. Nature Reviews Nephrology. 2010;6:274–285.
7. Adrogué H. J., Madias N. E. Management of Life-Threatening Acid-Base Disorders. New England Journal of Medicine. 1998;338:26–34.
8. Boron W. F. Regulation of Intracellular pH. Advances in Physiology Education. 2004;28(4):160–179.
9. Эргашева Н. О., Улашева С. М. ФУНКЦИИ И МЕДИЦИНСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ БУФЕРНЫХ СИСТЕМ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА // Экономика и социум. – 2026. – № 4-2 (143). – С. 1455–1460.

10. Sapaev J. et al. Development of automated water detection device // American Institute of Physics Conference Series. – 2022. – Т. 2432. – № 1. – С. 020018.
11. Эргашева Н. О., Улашева С. М. ФУНКЦИИ И МЕДИЦИНСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ БУФЕРНЫХ СИСТЕМ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА // Экономика и социум. – 2026. – № 4-2 (143). – С. 1455–1460.
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. 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.
14. Mustafoyev A. I. et al. Based on a Large Solar Device Technological Features of Selection of Local Raw Materials // American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture. – 2025. – Т. 3. – № 2. – С. 43–47.
15. Садинова Ш. У., Бахриев А. А. ЗНАЧЕНИЕ ЭКСТРАКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МЕДИЦИНЕ // Экономика и социум. – 2026. – № 4-2 (143). – С. 1422–1426.
16. Таджибаева Р. Д., Тожибоева М. Т. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ФАРМАЦИИ И ИХ ПОЛЕЗНОЕ ДЕЙСТВИЕ // Экономика и социум. – 2026. – № 4-2 (143). – С. 1434–1438.
17. 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.
18. Муратов И. М. и др. СУПЕРОКСИДНЫЙ КАТАЛИЗ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСАМИ ПОРФИРИНОВ И ФТАЛОЦИАНИНОВ // Universum: химия и биология. – 2022. – № 6-2 (96). – С. 41–44.
19. Fayzullayev N., Akmalaiuly K., Karjavov A. Catalytic synthesis of a line by acetylene hydration // Известия НАН РК. Серия химии и технологии. – 2020.
20. Karjavov A. R., Fayzullaev N. Determination of technological parameters of producing vinylchloride from acetylene // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2024.