INNOVATIONS IN TECHNOLOGY AND SCIENCE EDUCATION
ISSN 2181-371X
https://science-research.org.uz/index.php/ITSE

БИОЛОГИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ d- ЭЛЕМЕНТЫ

М.А. Кадиров
Ташкентский государственный медицинский университет
Доцент кафедры Медицинской и биологической химии, медицинской биологии, биофизики и медицинской информатики

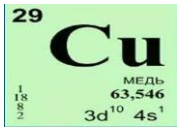
Аннотация: В статье рассматривается значение биологически важных d-элементов, относящихся к переходным металлам, в жизнедеятельности живых организмов. Описаны их химические свойства, формы существования в биосистемах и роль в составе белков, ферментов и коферментов. Особое внимание уделено железу, меди, цинку, марганцу, кобальту и молибдену, которые участвуют в процессах дыхания, кроветворения, антиоксидантной защиты, регуляции обмена веществ и передачи биологически важной информации. Показано, что дефицит или избыток этих элементов может приводить к нарушению метаболизма и развитию патологических состояний. Материал может быть полезен студентам и специалистам в области биохимии, медицинской и биоорганической химии.

Ключевые слова: биологически важные d-элементы, биогенные элементы, элементы, составляющие основу живых организмов, и элементы, дефицит которых приводит к патологическим состояниям.

Введение

Живые организмы состоят из ограниченного числа химических элементов, которые получили название биогенных. Они формируют основу биомолекул, определяют строение клеток и тканей, а также обеспечивают протекание всех жизненно важных биохимических процессов. К числу основных биогенных элементов относятся углерод, водород, кислород, азот, сера и фосфор, которые образуют макроэргические соединения, белки, липиды, углеводы и нуклеиновые кислоты. В то же время микроэлементы, такие как железо, цинк, медь, марганец и др., выполняют функции кофакторов ферментов, участвуют в регуляции метаболизма и поддержании гомеостаза. Изучение химии биогенных элементов позволяет понять взаимосвязь между их строением, свойствами и биологической ролью, что имеет важное значение для биологии, медицины и фармации.

d-элементы являются физиологически активными. Многие из них считаются жизненно необходимыми, так как стимулируют процесс кроветворения или оказывают выраженное влияние на него. Они входят в состав многих ферментов, участвуют в биоредокс процессах в живой клетке. Среди них важное место принадлежит переходным элементам, т.е. элементам, которые имеют незаполненные d подуровни. К ним относятся Cu, Zn, Mn, Fe, Co, Ni, Cr, Mo и др.



Медь - незаменимый d- элемент I группы. Это микроэлемент, который имеет важное значение для жизнедеятельности организма. Физиологическим депо является печень, кости, головной мозг. В живых клетках медь почти целиком находится в комплексе с белком. Медь может инактивировать фермент, катализирующий разрушение инсулина – инсулиназу.

В организме человека массой 70кг содержится 72мг меди; в крови – 1,01мг/л; в костной ткани – (1-26) ·10–4 %; в мышечной ткани – 1 ·10–3 %.

Медь принимает участие в важных процессах:

- является катализатором ряда клеточных процессов, в особенности углеводного обмена; усиливает водный, газовый и минеральный обмен;
- медь повышает активность некоторых гормонов, участвует в ферментном окислении, тканевом дыхании, иммунных процессах, пигментации;

- входит в состав медьсодержащих ферментов и энзимов (цитохромоксидаза и др.), витамина B1;
- блокирует SH- группы белков и ферментов (пепсин, амилаза и др.);
- образует комплексы с белками – купропротеины (цитохромоксидаза, церулоплазмин и др.);
- участвует в кроветворении (эритропоэз, синтез гема);
- стимулирует работу желез внутренней секреции, обладает инсулиноподобным действием;
- повышает проницаемость мембран митохондрий.

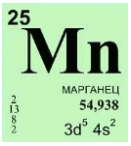
К продуктам, богатым медью, относятся: чечевица, раки, крабы, печень, сердце, хлебопродукты, картофель, чай, кофе, какао, сливы, орехи, арахис, пшеница.

Болезнь Менкеса и Вильсона

Болезнь Менкеса - нарушение клеточного транспорта меди, при котором наблюдается замедление роста, патология нервной системы, а также характерное закручивание волос, за что это состояние также называют «болезнью курчавых волос». При дефиците меди в организме может отмечаться рождение недоношенных детей, которые в раннем неонатальном периоде часто страдают гипотермией и непрямой гипербилирубинемией. Длительность жизни детей с болезнью Менкеса невелика, обычно они погибают, не достигая 3-летнего возраста. Частая причина смерти — пневмония. Некоторые дети умирают внезапно в отсутствие выраженной острой патологии.

Болезнь Вильсона – генетическая патология, при которой нарушается обмен меди в организме, что характеризуется чрезмерным накоплением меди в органах и токсическим воздействием её на весь организм. Причиной болезни является генетический дефект веществ, которые принимают участие в обменных процессах организма, в частности, в обмене меди.

Основным признаком болезни является присутствие трех групп симптомов, характерных для поражения печени, нервной системы и глаз. У больного отмечается: желтуха, увеличение размеров печени, тяжесть и боль в правом подреберье, нарушение координации движений, депрессия, агрессивное поведение, снижение памяти, медная катаракта.



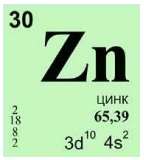
Марганец является биогенным d - элементом VII группы. Марганец – необходимый для жизнедеятельности организма микроэлемент. Он принадлежит к числу немногих элементов, способных существовать в различных состояниях окисления, однако в биологических системах реализуются только два: Mn^{2+} и Mn^{3+}, иногда Mn^{4+}. Вероятность образования и существования в организме анионных форм марганца практически незначительна из-за ярко выраженных их окислительных свойства. Mn^{2+}, ввиду сходства с Mg^{2+}, может заменять его в комплексах с ДНК.

В организме человека массой 70кг содержится 12мг марганца; в крови – 0,0016-0,075мг/л; в костной ткани – $(0,2\text{-}10)\cdot10^{-4}$ %; в мышечной ткани – $(0,2\text{-}2,3)\cdot10^{-2}$ %.

Марганец принимает участие в важных процессах:

- ускоряет синтез ДНК, активирует процессы окисления, протекающие в клетках и тканях, входит в состав металлопротеинового комплекса ферментов (пируватдекарбоксилазы, супероксидисмудазы и др.);
- способствует нормальному росту и развитию молодых организмов, участвует в росте костей, соединительной ткани, эмбриональном развитии внутреннего уха;
- активатор ферментов (карбоксилаза и др.) и энзимов; стимулирует синтез холестерина и жирных кислот;
- участвует в кроветворении, синтезе витамина C, инсулина;
- регулирует работу органов репродукции, влияет на сперматогенез;
- вытесняет из организма Fe, замещает Mg в клеточных ферментативных реакциях.

К продуктам, богатым марганцем, относятся: ананасы, арбуз, банан, темный рис, овес, хлебопродукты, печень, почки, орехи, соя, чай, красная свекла, помидор, соя, фасоль, горох, картофель, морковь, перец, баклажаны, помидоры, горох.



Цинк является биогенным d- элементов II группы. Это незаменимый для жизни микроэлемент. Цинк оказывает нормализующее действие на сахарный обмен, поэтому входит в состав инсулина. Он активно участвует в таких жизненно важных процессах как обмен углеводов, белков и жиров. Ионы цинка активируют щелочную фосфатазу. Полагают, что ион цинка сохраняет структуру фермента и фиксирует определенные остатки аминокислот. Цинк участвует в кроветворении и деятельности желез внутренней секреции, содействует удалению из организма CO_2. В организме человека наибольшее количество цинка в сетчатке глаза, сперме, печени и мышцах. В организме человека массой 70кг содержится 2-3г цинка; в крови – 7,0мг/л; в костной ткани – $(0,75\text{-}1,7)\cdot10^{-2}$%; в мышечной ткани – $2,4\cdot10^{-2}$%.

Цинк принимает участие в важных процессах:

- входит в состав многих ферментов: карбоангидразы (ускоряющей разложение гидрокарбонатов в крови, обеспечивая скорость процесса дыхания и газообмена), супероксид дисмутазы (разрушающей свободные радикалы), лактатдегидрогеназы, щелочной фосфатазы и др.;
- является катализатором клеточных процессов;
- участвует в обмене нуклеиновых кислот и образовании их спиральной структуры;
- входит в состав инсулина, регулирующего уровень сахара в крови;
- участвует в формировании костной и хрящевой тканей, способствует восстановлению тканей;
- стимулирует работу тимуса, влияет на образование и созревание Т-лимфоцитов;
- дополнительный прием Zn уменьшает продолжительность простудных заболеваний;
- способствует усвоению и эффективности витаминов группы В;
- антидепрессант.

К продуктам, богатым цинком, относятся: чечевица, раки, крабы, печень, птица, говядина, чай, кофе, сливы, различные крупы, яичные желтки, сыр.



Железо, кобальт и никель относятся к d- элементам семейства железа. Эти элементы являются физиологически активными и незаменимыми.

Железо – жизненно важный d- элемент VIII группы периодической системы Д.И.Менделеева. Это самый распространенный элемент, выполняет важную функцию в физиологии растений, животных и человека. Основным депо являются эритроциты, печень, селезенка, костный мозг. Недостаток железа у растений нарушает азотистый и минеральный обмен, у животных вызывает микроцитарную анемию, у человека – алиментарную анемию – снижение уровня гемоглобина. 60 - 72% содержащегося в организме человека железа, находится в гемоглобине в виде хелатного комплекса с протопорфирином – гема. Гемоглобин выполняет две биологические функции: связывает молекулы кислорода и переносит из легких к мышцам, где они передаются молекулам миоглобина; после этого гемоглобин использует несколько аминогрупп для связывания молекул углекислого газа и переносит их обратно в легкие. В зависимости от связанного лиганда железо находится в том или ином валентном состоянии: Fe^{2+} - в гемоглобине, миоглобине; Fe^{3+} - в каталазе, оксидазах. В природе известно большое число железосодержащих белков. Они участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, осуществляют перенос электронов при фотосинтезе, фиксации азота, кислорода и т.д..

В организме человека массой 70кг содержится 4,2г железа; в крови– 447мг/л; в костной ткани – $0,03\text{-}3,8\cdot10^{-2}$%; в мышечной ткани – $1,8\cdot10^{-2}$%

Железо принимает участие в следующих важных процессах:

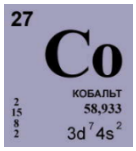
- входит в состав гемоглобина крови, необходим для «сцепки» его с кислородом; входит в состав мышечного миоглобина, стимулируя клеточное дыхание;
- входит в состав окислительных ферментов, транспортируя электроны (каталазы, пероксидазы, цитохрома и др.); входит в активный центр ряда других ферментов (гидролаз, супероксиддисмутаз);
- стимулирует внутриклеточные процессы обмена;
- является составной частью протоплазмы и клеточных ядер; трансферрин входит в состав лимфоцитов;

К продуктам, богатым железом, относятся: сушеные грибы, красное мясо (особенно кролика), темное мясо птицы (особенно индейки), печень, почки, пшеничная крупа, гречка, бобовые, арахис, миндаль, овощи.

Железодефицитная анемия

Железодефицитная анемия (малокровие) – патологический синдром, характеризующийся уменьшением количества эритроцитов и гемоглобина крови. Это заболевание является основной гипоксии тканей и органов, так как к клеткам доставляется мало кислорода. Железодефицитная анемия встречается как у взрослых людей, так и у детей. Для взрослого человека нормой является наличие в организме до 5 г железа. Недостаток железа приводит к снижению синтеза гемоглобина и кислородному голоданию всего организма. Симптоматика зависит от степени развития болезни, от возраста больного и продолжительности болезни.

Лечение железодефицитной анемии проводится длительным приёмом препаратов железа внутрь в умеренных дозах до нормализации уровня гемоглобина, затем пациента переводят на профилактические дозы. Для того чтобы восполнить уровень железа, необходимо включить в рацион питания пациента большое количество продуктов, содержащих железо.



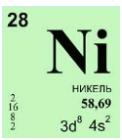
Кобальт d- элемент семейства железа, обладает высокой биологической активностью. Это жизненно необходимый микроэлемент. Основным депо являются печень, почки, кровь, селезенка, поджелудочная железа, гипофиз, щитовидная железа, яичники, костная ткань. Он входит в состав витамина В12 – цианокобаламина. В витамине B_{12} его содержится 4,0%.

В организме человека массой 70кг содержится 14мг кобальта; в крови – 0,0002-0,04мг/л; в костная ткани – $(0{,}01\text{-}0{,}04)\cdot10^{-4}$ %; в мышечной ткани – $(0{,}028\text{-}0{,}65)\cdot10^{-4}$ % .

Кобальт принимает участие в следующих важных процессах:

- влияет на рост и развитие организма;
- один из главных компонентов витамина B_{12};
- участвует в процессе кроветворения, стимулирует образование эритроцитов и гемоглобина, способствует извлечению Fe из депо, препятствует возникновению малокровия;
- обладает нейрофизиологическим действием: повышает возбудимость адренореактивных систем, снижает чувствительность хеморецепторов к ацетилхолину, угнетает нервно–мышечную передачу, обладает эпилептиформным эффектом;
- влияет на все виды обмена, участвует в распаде углеводов;
- угнетает дыхание тканей костного мозга, печени, почек;
- участвует в синтезе ряда ферментов (глициндипептидазы, холинистеразы, ацилазы), гормона щитовидной железы.

К продуктам, богатым кобальтом, относятся: печень, молоко, рыба, щавель, бобовые, мед, вода, пиво, груши, капуста.



Никель d- элемент семейства железа, обладает высокой биологической активностью. Это жизненно необходимый микроэлемент. По своему поведению в биосистемах близок к кобальту. Он концентрируется в печени, почках, поджелудочной железе, гипофизе, коже, в роговице глаз. В настоящее время

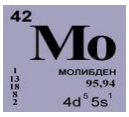
появляются данные о специфическом влиянии никеля на ферментативные процессы, например, обнаружено его вхождение в состав уреазы, участвующей в расщеплении мочевины.

В организме человека массой 70кг содержится 1мг никеля; в крови – 0,01-0,05г/л; в костной ткани – $0,7 \cdot 10^{-4}$ %; в мышечной тканы – $(1\text{-}2) \cdot 10^{-4}$ % .

Никель принимает участие в следующих важных процессах:

- стимулирует процессы кроветворения;
- угнетает нервно-мышечную передачу;
- канцероген;
- стимулирует ферментативные процессы.

К продуктам, богатым никелем, относятся: бобовые культуры горох, чечевица, фасоль, орехи.



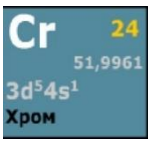
Молибден является физиологически активным d- элементом VI группы. Молибден имеет физиологическое значение и для растений, и для человека. В организме человека молибден концентрируется в печени, почках, надпочечнике, пигментной оболочке глаза. У растений он способствует усвоению азота, входит в состав фермента нитратредуктазы.

В организме человека массой 70кг содержится: в крови – 0,001мг/л; в костной ткани – $0,7 \cdot 10^{-4}$ %; в мышечной ткани– $0,018 \cdot 10^{-4}$ %.

Молибден принимает участие в следующих важных процессах:

- входит в состав некоторых ферментов (ксантиноксилазы, альдегидоксилазы, сульфатоксидазы), участвуя в тканевом дыхании;
- усиливает фосфорно-кальциевый обмен, влияет на углеводный, пуриновый обмен;
- участвует в синтезе витамина С; предупреждает подагру;
- регулирует внутрисекреторную функцию половых желез, помогая при импотенции и нормализуя менструальный цикл;

К продуктам, богатым молибденом, относятся: злаки, бобовые, молоко, морковь, капуста.



Хром - физиологически активный d- элемент VI группы. Хром широко распространен в растительном и животном мире, однако о его физиологической роли в настоящее время известно немного. В организме хром концентрируется в волосах и ногтях. Он входит в активный центр фермента трипсина.

В организме человека массой 70кг содержится 6-12мг хрома; в крови – 0,006-0,11 мг/л; в костной ткани $-(0,1\text{-}3,3) \cdot 10^{-4}$%; в мышечной ткани – $(2,4\text{-}8,4) \cdot 10^{-2}$% .

Хром принимает участие в важных процессах:

- влияет на углеводный баланс при диабете;
- стимулятор;
- фактор толерантности к глюкозе, обеспечивает организм энергией для превращения углеводов в глюкозу;
- способствует снижению уровня холестерина в крови;
- входит в состав фермента, который ускоряет усвоение инсулина;
- канцероген, особенно трех- и шестивалентный Cr, попадая в организм в виде паров и пыли вызывают рак легких.

К продуктам, богатым хромом, относятся: яблоки, устрицы, морские моллюски, отруби, говяжья печень, мясо птицы, перловая крупа, дрожжи, пиво, грейпфрутовый сок, пророщенная пшеница.

Список литературы

1. Алимходжаева Н.Т., ЮлдашевН.М., Акбарходжаева Х.Н., Таджиева Х. *Медицинская химия.* –URI: http://repository.tma.uz/xmlui/handle/1/1461 - 2021
2. Ахмедов Х.Х., Хидоятов Б.Х. *Медицинская химия*. – Ташкент: Фан, 2020. – 456 с.
3. Ленинджер А.Л. *Основы биохимии*. – М.: Мир, 2018. – 1248 с.
4. Корольков Д.В., Леснов Ф.И. *Биоорганическая химия*. – М.: Академия, 2019. – 432 с.
5. Жарков А.Ю. *Биологическая химия: учебное пособие*. – СПб.: Питер, 2021. – 512 с.
6. Voet D., Voet J.G. *Biochemistry*. – Hoboken: Wiley, 2019. – 1200 p.
7. Nelson D.L., Cox M.M. *Lehninger Principles of Biochemistry*. – 8th ed. – New York: W.H. Freeman, 2021. – 1340 p.
8. Fraga C.G. (Ed.). *Plant and Human Health, Volume 1: Phytochemistry and Molecular Aspects*. – Springer, 2018. – 715 p.
9. Underwood E.J., Suttle N.F. *The Mineral Nutrition of Livestock*. – 4th ed. – CABI Publishing, 2001. – 614 p.