

29. *Palastanga, N.* Anatomy and human movement: structure and function / N. Palastanga, R. Soames / Edinburgh: Elsevier, 2012 — P. 201–403.
30. Possible role of the long dorsal sacroiliac ligament in women with peripartum pelvic pain / A. Vleeming [et al.] // Acta Obstet. Gynecol. Scand. — 2002. — Vol. 81, № 5. — P. 430–436.
31. *McGrath, C.* The long posterior sacroiliac ligament: A histological study of morphological relations in the posterior sacroiliac region / C. McGrath, H. Nicholson, P. Hurst // Joint Bone Spine. — 2009. — Vol. 76, № 1. — P. 57–62.
32. An anatomical ultrasound study of the long posterior sacroiliac ligament / A. E. Moore [et al.] // Clin. Anat. — 2010. — Vol. 23, № 8. — P. 971–977.
33. *Singh, R.* Bony projection from the posterior superior iliac spine / R. Singh // EJBS. — 2013. — Vol. 6, № 1. — P. 37–38.
34. A functional-anatomical approach to the spine-pelvis mechanism: interaction between the biceps femoris muscle and the sacrotuberous ligament / J-P. VanWingerden [et al.] // Eur. Spine J. — 1993. — Vol. 2, № 3. — P. 140–144.
35. *Woodley, S. J.* Anatomy in practice: the sacrotuberous ligament / S. J. Woodley, E. Kennedy, S. Mercer / N. Z. J. Physiotherapy. — 2005. — Vol. 33, № 3. — P. 91–94.
36. The sacrotuberous and the sacrospinous ligament — a virtual reconstruction / N. Hammer [et al.] // Ann. Anat. — 2009. — Vol. 191, № 4. — P. 417–425.
37. *Vleeming, A.* The sacrotuberous ligament: a conceptual approach to its dynamic role in stabilizing the sacroiliac joint / A. Vleeming, R. Stoeckart, J. Snijders // Clinical Biomechanics. — 1989. — Vol. 4, № 4. — P. 201–203.
38. The morphometric study of the sacrospinal and sacrotuberous ligaments correlated with the morphometry of the pelvis / R. Seizeur [et al.] // Surg. Radiol. Anat. — 2005. — Vol. 27, № 6. — P. 517–523.
39. *Prescher, A.* Anatomical and radiological observations concerning ossification of the sacrotuberous ligament: is there a relation to spinal diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH)? / A. Prescher, K. Bohndorf // Skeletal Radiol. — 1993. — Vol. 22, № 8. — P. 581–585.
40. *Bhanup, S.* Bilateral ankylosis of sacro-iliac joint with ossified sacrospinous, sacrotuberous and transverse acetabular ligaments / S. Bhanu, D. Sankar // International J. Anatom. Variations. — 2011. — Vol. 4. — P. 123–127.
41. Unilateral partial ossification of sacrotuberous ligament: anatomico-radiological evaluation and clinical implications / J. Arora [et al.] // Romanian J. Morphology and Embryology. — 2009. — Vol. 50, № 3. — P. 505–508.
42. *Saluja, P. G.* The incidence of ossification of the sacrococcygeal joint / P. G. Saluja // J. Anat. — 1988. — Vol. 156. — P. 11–15.
43. *Mohammad, S. A.* The frequency of ossification of the sacrococcygeal joint in Iraqis / S. A. Mohammad, M. A. Abd-alla / Tikrit Med. J. — 2007. — Vol. 13, № 1. — P. 95–98.

Поступила 25.09.2013

УДК 577.118

ХИМИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (лекция)

В. А. Филиппова, А. В. Лысенкова

Гомельский государственный медицинский университет

Представленная лекция является сокращенным изложением курса химии биогенных элементов, изучаемых студентами лечебных факультетов медицинских университетов Республики Беларусь. Теоретическим фундаментом данной темы служат основные концепции биогеохимии — науки о взаимосвязи живого и неживого вещества, созданной академиком В. И. Вернадским в 30-е годы XX века. Особое внимание уделено вопросам взаимосвязи атомного строения, химических свойств и биологической роли химических элементов, играющих важную роль в жизнедеятельности живых систем.

Ключевые слова: биогенные элементы, биогеохимия, макро- и микроэлементы, биологические функции химических элементов.

CHEMISTRY OF BIOGENIC ELEMENTS (lecture)

V. A. Filippova, A. V. Lysenkova

Gomel State Medical University

The presented lecture is a short chemistry course on biogenic elements studied by medical students of higher schools of Belarus. The theoretical foundations of this topic are basic concepts of biogeochemistry, the science of the relation of the living and non-living matter developed by the academician V. I. Vernadsky in the 1930-s. Special attention was given to the relation of atomic structure, chemical properties and biological functions of chemical elements playing an essential role in life of living systems.

Key words: biogenic elements, biogeochemistry, macro- and microelements, biological functions of chemical elements.

Биогеохимия — это наука, изучающая распределение химических элементов и их миграцию в биосфере. Основным вопросом биогеохимии является вопрос о взаимосвязи живого и неживого вещества. Становление биогеохимии как науки произошло в 30-е годы XX века, ее основоположником явился академик В. И. Вернадский [1, 2]. Анализируя содержание элементов в земной коре

и в живых организмах, ученые пришли к выводу, что одни и те же элементы входят в состав как живых, так и неживых объектов. Вероятно, что в живом организме когда-нибудь будут найдены все элементы периодической системы (ПС), обнаруженные к настоящему времени в неживой природе. Тем не менее, простой взаимосвязи между содержанием элементов в живой и неживой

природе не существует. Так, восемь химических элементов составляют 98 % массы земной коры. К ним относятся кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий и магний. В живых организмах преобладают шесть элементов, названных органогенами: углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера, на которые приходится 97,4 % биомассы. В земной коре преобладают металлы, а в живых организмах — неметаллы. В разных геосферах химические элементы распределены неравномерно. Из основных элементов биомассы только кислород и кальций широко представлены в земной коре. Такие элементы как кремний, алюминий и железо, находящиеся в земной коре в наибольших количествах, в биомассе представлены в невысоких концентрациях [3].

Согласно теории А. П. Виноградова, живые организмы легко накапливают те химические элементы, которые образуют газы и пары атмосферы или водорастворимые соединения с главными ионами гидросферы (H^+ , OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}). Например, углерод — это макроэлемент, так как образуемые им оксиды CO и CO_2 — газы; кремний — это микроэлемент, так как SiO_2 — нерастворимое в воде твердое вещество [1, 2, 4].

Таблица 1 — Наиболее токсичные металлы

IV Б	V Б	VI Б	VII Б	Fe	VIII Б	Ni*	I Б	II Б
Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Co	Pd	Cu	Zn
Hf	Ta	W	Re	Os	Rh	Pt	Ag	Cd*
					Ir		Au	Hg*

*Выделены металлы, признанные остротоксичными

На токсичность химического элемента влияет степень его окисления в соединении: чем выше степень окисления элемента, тем выше его токсичность. Так, ионы хрома Cr^{3+} являются малотоксичными, а анионы CrO_4^{2-} и $Cr_2O_7^{2-}$, содержащие Cr^{6+} , высокотоксичны.

Изучая влияние химических элементов на живые организмы, А. П. Виноградов сформулировал понятие о **биогеохимической провинции**. Это часть биосферы, характеризующаяся экстремальными геохимическими условиями и определенными постоянными реакциями организмов на них (эндемические заболевания, возникновение мутантов, уродства и др.).

В настоящее время проявления истинного дефицита микроэлементов для человека доказаны для железа, меди, цинка, марганца, хрома, молибдена и кобальта, а также фтора, йода и селена. В большинстве случаев это связано с особенностями биогеохимических провинций. Например, в Васюганье — недостаток меди, а в Бурятии и Прикаспийской низменности — кобальта. Белорусское Полесье характеризует-

ся крайне низким содержанием йода, что приводит к массовым случаям заболевания щитовидной железы (эндемический зоб) [3].

Биогенными называются химические элементы в той или иной форме входящие в состав биомассы и выполняющие в ней определенные жизненные функции.

К важнейшим биогенным элементам относятся:

- **шесть неметаллов-органогенов;**
- **десять биометаллов (металлов жизни) — натрий, калий, магний, кальций, а также железо, кобальт, медь, цинк, марганец и молибден.**

По содержанию в биомассе химические элементы делятся на:

- **макроэлементы** (более 10^{-2} % масс.). К ним относятся неметаллы-органогены и хлор, а так же биометаллы, s-блока;
- **микроэлементы** (10^{-3} – 10^{-3} % масс.), например, биометаллы, d-блока, а также никель, хром, кремний, бор и др.;
- **ультрамикроэлементы** (менее 10^{-5} % масс.); например, ртуть, золото и др.

Между содержанием элемента в организме и его положением в ПС установлена определенная взаимосвязь. Так, в группах сверху вниз происходит увеличение токсичности химических элементов и их соединений и, как следствие, уменьшение содержания в биомассе (таблица 1).

Биогеохимия явилась фундаментом для современной экологической химии, изучающей вопросы, связанные с характеристикой основных химических токсикантов, методами борьбы с ними, изысканием новых экологически чистых источников энергии [5].

К наиболее опасным токсикантам относятся:

- **углекислый газ**, источниками которого являются тепловые электростанции и промышленные предприятия. Избыток CO_2 в атмосфере создает парниковый эффект;
- **угарный газ**, источниками которого являются металлургические предприятия, транспорт и переработка нефти;
- **сернистый газ**, попадающий в атмосферу в результате функционирования предприятий энергетики и химической промышленности, нефтеперерабатывающих заводов. Диоксид серы — одна из причин появления кислотных дождей;

- оксиды азота NO и NO₂ выбрасываются в атмосферу двигателями внутреннего сгорания, реактивными двигателями, химическими предприятиями. Они относятся к веществам, способствующим разрушению озонового слоя Земли и провоцирующим возникновение кислотных дождей;

- высокотоксичный металл ртуть попадает в биосферу при производстве лаков и красок, в результате процессов обогащения руд и деятельности фабрик целлюлозно-бумажной промышленности;

- основными источниками свинца, вызывающего тяжелые отравления (сатурнизм), является химическая и горнодобывающая промышленность;

- сельское хозяйство является источником загрязнения окружающей среды фосфатами, гербицидами и пестицидами;

- добыча, транспортировка и переработка нефти создают серьезную угрозу для экологии. Основными источниками загрязнения нефтью и нефтепродуктами почв и поверхностных вод являются нефтепромыслы на суше и континентальном шельфе;

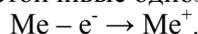
- радиационное загрязнение — наиболее опасный вид физического загрязнения окружающей среды, связанный с воздействием на человека и другие виды организмов радиационного излучения. В развитых странах радиационное загрязнение представляет наибольшую опасность вследствие того, что один из основных источников этого вида загрязнения — ядерная энергетика в последнее время развивается наиболее быстрыми темпами. По оценкам экспертов, этот вид загрязнения среды в нашей стране и в других государствах СНГ находится на втором месте после химического. Проблемы радиационного загрязнения биосферы наиболее остро встали перед мировым сообществом после аварии на Чернобыльской атомной станции в апреле 1986 г. Наиболее опасными радионуклидами являются стронций и цезий, которые трудно выводятся из организма. Обладая периодом полураспада, приблизительно равным средней продолжительности жизни человека, они создают опасность возникновения онкологических заболеваний и генетических нарушений.

Классификация химических элементов

Исходя из современной квантово-механической интерпретации ПС, классификация химических элементов производится в соответствии с их электронной конфигурацией. Она основана на характере заполнения атомных орбиталей электронами. **В соответствии с этим принципом все элементы делятся на s-, p-, d- и f-блоки, или семейства [6].**

К s-блоку относятся химические элементы с электронной конфигурацией: внешнего энергетического уровня ns^x , где x принимает зна-

чения 1 или 2. Различают s^1 -элементы (щелочные металлы и водород) и s^2 -элементы (бериллий, магний, щелочноземельные металлы и гелий). Элементы s-блока — это металлы (исключение составляют H и He). Самыми активными из них являются щелочные металлы, легко отдающие валентный электрон и превращающиеся в устойчивые однозарядные катионы:



Их высокая металличность обусловлена большими атомными радиусами и наличием лишь одного валентного электрона на внешнем уровне. s^2 -Элементы уступают им по металличности, так как имеют меньшие атомные радиусы и большее число валентных электронов.

В группах s-элементов сверху вниз металличность атомов усиливается, что обусловлено увеличением атомных радиусов и уменьшением энергии ионизации. В своих соединениях s-металлы проявляют степени окисления +1 (щелочные) и +2 (Be, Mg и щелочноземельные металлы). К их важнейшим соединениям относятся:

- оксиды: Me_2O и MeO ;
- гидроксиды: $MeOH$ и $Me(OH)_2$;
- гидриды: MeH и MeH_2 ;
- соли.

Особое положение среди s-элементов занимает водород. Согласно современным представлениям, водород с электронной конфигурацией $1s^1$ нельзя отнести к какой-либо группе; его следует считать просто первым элементом ПС.

К важнейшим биогенным элементам s-блока кроме водорода относятся натрий, калий, кальций и магний. Все они являются макроэлементами. К высокотоксичным элементам относится барий. Например, высшей летальной дозой $BaCl_2$ является 1 г на 70 кг массы тела человека.

Биологическая роль важнейших биогенных s-элементов

Калий и натрий — одни из основных биогенных макроэлементов. Их содержание в организме человека составляет, соответственно, 140 и 100 г в расчете на массу тела в 70 кг. Калий содержится большей частью в клетках (до 40 раз больше, чем в межклеточном пространстве), а натрий находится преимущественно во внеклеточной жидкости (44 % от общего содержания данного элемента). Калий и натрий между собой функционально связаны и выполняют следующие функции:

- возникновение мембранного потенциала и мышечных сокращений;
- поддержание осмотической концентрации крови;
- поддержание кислотно-щелочного баланса;
- нормализация водного баланса.

Калий нормализует работу сердца, влияет на работу нервных и мышечных клеток, действует как иммуномодулятор. Натрий генерирует

нервные сигналы и обеспечивает мышечные сокращения. Он препятствует возникновению солнечных и тепловых ударов, обладает эффективным сосудорасширяющим действием [7].

По содержанию в организме человека **литий, рубидий и цезий** относят к микроэлементам. Биологическая роль **цезия** в организме до конца не известна, но ее изучение приобрело особую актуальность после аварии на ЧАЭС. Установлено стимулирующее влияние этого элемента на функции кровообращения и изучена эффективность применения его солей при гипотонии различного происхождения. Цезий-137 является одним из главных факторов радиоактивного загрязнения биосферы. В настоящее время это основной дозообразующий радионуклид на территориях, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. От его содержания и поведения во внешней среде зависит пригодность загрязненных территорий для полноценной жизни.

Водород — самый распространенный элемент в нашей вселенной, его доля составляет около 75 % по массе и 92 % по числу атомов. В отличие от кислорода, существующего как в природе, так и в организме в свободном виде, водород почти полностью находится в виде его соединений (основное соединение водорода — вода). Содержание водорода в организме человека составляет 10 % по массе, а по числу атомов 50 % (каждый второй атом в организме — водород). Водород как отдельный элемент не обладает биологической ценностью.

Кальций относится к химическим элементам, необходимым для организма человека и животных, находится как в связанном, так и ионизированном виде. Он является основным структурным компонентом костей, хрящей и зубов (97–99 % от общего содержания кальция в организме). Кальций принимает участие в процессе возбуждения нервной и мышечной ткани, в функционировании системы свертываемости крови, в клеточной регуляции проницаемости мембран. Он поддерживает нервно-мышечный тонус, сохранение сексуальной функции, а также устойчивость организма к внешним неблагоприятным факторам вредного воздействия [7].

Магний необходим для минерализации костей, синтеза белков; он участвует в мышечных сокращениях и передаче нервных импульсов.

Бериллий, стронций и барий относятся к микроэлементам. **Стронций** является остеотропом, то есть элементом, который накапливается избирательно в определенных тканях человека. Для него этим органом (тканью) является скелет. Принято считать, что стронций вреден для организма, однако вредное воздействие могут оказать лишь его радиоактивные изотопы, тогда как природный стронций малотоксичен. Его применяют для лечения остеопороза, поскольку этот элемент

способен укреплять костную ткань, снижая скорость ее разрушения [7]. При дефиците кальция и наличии радиоактивного стронция, организм накапливает в костях Sr-90, что актуально для белорусского Полесья. Радионуклид Sr-90 очень медленно выводится из организма, облучая костный мозг и вызывая соответствующие заболевания (лучевая болезнь и образование опухолей).

Элементами d-блока (или переходными элементами) называются элементы, атомы которых имеют электронную конфигурацию валентных электронов $ns^2(n-1)d^x$, где x принимает значения от 1 до 10. Исключение составляют серебро, медь, золото, хром, платина и некоторые другие элементы, для которых формула валентного слоя $ns^1(n-1)d^x$, где x принимает значения 5 или 10. Такое изменение электронной конфигурации атомов связано с **электронным проскоком**.

Элементы d-блока расположены в побочных подгруппах I B – VIII B; они являются металлами средней и низкой активности, уступая по металличности элементам s- и p-блоков. Особенностью d-элементов является наличие триад, относящихся к VIII B группе. Триады объединяют металлы с похожими физическими, химическими и даже биологическими свойствами. Например, триада железа включает железо, кобальт и никель, а в состав триады платиновых металлов входят рутений, родий, палладий, а также осмий, иридий и платина. К важнейшим соединениям d-элементов относятся:

- оксиды, которые могут носить основной (например, FeO, MnO), амфотерный (например, ZnO, Fe₂O₃, Cr₂O₃) и кислотный характер (например, CrO₃, Mn₂O₇);

- гидроксиды, проявляющие основные (Fe(OH)₂, Mn(OH)₂), амфотерные (Zn(OH)₂, Cr(OH)₃) и кислотные (H₂FeO₄, HMnO₄) свойства;

- гидриды, большинство из которых имеют переменный состав (например, TiH_{1,7}; TiH_{0,9}). Платиновые металлы образуют с водородом твердые растворы.

Для большинства d-элементов характерно многообразие степеней окисления атомов в соединениях. С ростом степени окисления увеличивается кислотность оксидов и гидроксидов, а также возрастают окислительные свойства атомов и их соединений.

d-Элементы являются лучшими комплексообразователями, так как для них характерны небольшие ионные радиусы и сравнительно высокие степени окисления. Самыми сильными комплексообразователями являются элементы триад. В биосистемах d-элементы присутствуют только в форме комплексных соединений с биолигандами.

Биологическая роль важнейших биогенных d-элементов

К биогенным элементам d-блока относятся железо, кобальт, молибден, медь, цинк и марганец.

нец. Они являются микроэлементами, выполняющими в организме многочисленные функции.

Существуют определенные диапазоны концентраций, в которых микроэлементы не-

обходимы живым организмам [8]. Избыток этих элементов для организма вреден, тогда как присутствие металлов, не имеющих биологической функции, вредно всегда (рисунок 1).

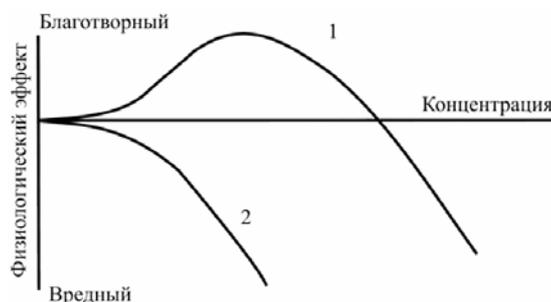


Рисунок 1 — Токсичность металлов. Кривая 1 характерна для биогенных микроэлементов, кривая 2 — для металлов, не имеющих биологической функции

Известно, что вредным является не только избыток, но и недостаток микроэлементов. Благотворный эффект начинается не просто с при-

сутствия микроэлемента в организме, а с некоторых его концентраций, отвечающих потребности в нем данного организма (рисунок 2).

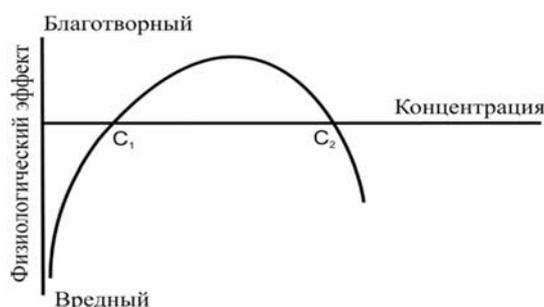


Рисунок 2 — Физиологический эффект микроэлементов

Таким образом, «кривая полезности» микроэлемента имеет три четко различающиеся части: левая, находящаяся по эффекту в отрицательной области, средняя — с положительным эффектом, после достижения некоторой пороговой концентрации C_1 и правая — с вредным эффектом избытка элемента, начиная с некоторого порогового значения C_2 .

Рассматривая физиологические функции микроэлементов, необходимо учитывать их нормальное содержание в организме человека, источники поступления в организм, а также последствия дефицита и токсичность при повышенном содержании в живых системах.

Кобальт содержится в организме взрослого человека в количестве 1–2 мг. Наибольшая концентрация кобальта приходится на печень (0,076–0,201 мг/кг), затем идут почки, поджелудочная железа и селезенка. Кобальт влияет на процессы кроветворения, участвует в обмене веществ, стимулирует образование в крови гемоглобина и эритроцитов, участвует в биосинтезе витамина B_{12} . Недостаток витамина B_{12} приводит к злокачественной анемии.

Медь содержится в организме в количестве 70–120 мг. Примерно по 30 % содержат в себе печень и мозг, а остальная масса распределена в мышцах, костях, крови и почках. Медь является жизненно важным элементом, который входит в состав многих ферментов, дыхательных пигментов. Она играет значительную роль в осуществлении важнейших физиологических процессов. Недостаток меди может быть причиной частых переломов, так как она является важной составляющей белкового каркаса костей. Дефицит меди грозит любителям полуфабрикатов и чрезмерно рафинированной пищи, а также сторонникам молочной диеты. При недостатке меди характерны быстрая утомляемость, постоянная и беспричинная головная боль, плохое настроение, раздражительность. Недостаток меди может привести к подагре, а избыток — к болезни Вильсона-Коновалова.

Железо — важнейший микроэлемент, содержание которого в организме взрослого человека около 4 г. Из них более половины (около 2,5 г) составляет железо гемоглобина, другая часть данного элемента депонируется в пе-

чени, селезенке и костном мозге. Железо принимает участие в кроветворении, дыхании, окислительно-восстановительных реакциях, иммунобиологических процессах. Чрезвычайно важная роль железа в организме человека определяется тем, что оно входит в состав гемоглобина крови и более чем сотни ферментов. Нарушение обмена и дефицит железа в организме приводит к развитию железодефицитной анемии. По данным ВОЗ, низкое содержание железа является одной из наиболее серьезных проблем современности. На земном шаре от дефицита железа страдает 4–5 млрд человек (66–80 % населения Земли). Недостаток железа — один из десяти глобальных факторов риска, являющийся причиной смерти 800 тыс. человек в год. Избыток железа приводит к заболеванию, называемому сидерозом. Чаще всего оно встречается у шахтеров, добывающих гематит (красный железняк, природный оксид железа), а также у рабочих литейных цехов, электросварщиков и др. Заболевание вызывает железосодержащая пыль, осаждающаяся на легких. Избыточное содержание железа в рационе питания тоже может стать причиной сидероза. Эта болезнь часто встречается у жителей племени банту в Южной Африке (они готовят пищу в железной посуде).

Марганец содержится в костях, печени, почках и сердце; его содержание колеблется от 12 до 20 мг. Он принимает участие в продуцировании и обмене нейромедиаторов в ЦНС, усиливает действие инсулина, поддерживает устойчивость структуры клеточных мембран, принимает участие в синтезе гормона щитовидной железы — тироксина, содействует нормализации энергетического баланса, улучшает работу иммунной системы и необходим для синтеза интерферона.

Молибден — биогенный микроэлемент, содержание которого в организме человека составляет около 9 мг. Его основная часть концентрируется в костной ткани, печени, почках, головном мозге, поджелудочной и щитовидной железах и надпочечниках. Молибден выполняет в организме следующие функции: способствует метаболизму белков, жиров и углеводов, активизирует ряд ферментов, необходимых для развития и роста организма, укрепляет зубную ткань, защищая зубы от разрушения и способствуя профилактике кариеса, ускоряет распад пуринов и вывод из организма мочевой кислоты.

В норме содержание **цинка** в организме человека составляет 2–3 г. Большая его часть находится в коже, печени, почках, в сетчатке глаза, а у мужчин, кроме того, в предстательной железе. Цинк входит в состав ферментов и комплексов, обеспечивающих важнейшие физиологические функции организма: синтез бел-

ков, заживление ран, активизацию иммунных реакций, стабильность сетчатки и прозрачность хрусталика глаза. По данным ВОЗ, у большей части населения нашей планеты наблюдается дефицит цинка в организме.

К **p-блоку** относятся элементы с общей формулой внешнего энергетического уровня ns^2np^x , где x принимает значения от 1 до 6. p-Элементы расположены в III A–VIII A группах. К ним относятся как металлы, так и неметаллы. Металлические свойства элементов ослабевают в периодах слева направо и усиливаются в группах сверху вниз. Неметаллические свойства элементов усиливаются в периодах и ослабевают в группах. Наиболее активными неметаллами являются галогены и халькогены.

Оксиды и гидроксиды p-элементов носят преимущественно кислотный характер. Исключения составляют соединения висмута (Bi_2O_3 и $Bi(OH)_3$), имеющие основной характер, а также амфотерные соединения ряда металлов p-блока (SnO и $Sn(OH)_2$, PbO и $Pb(OH)_2$, Al_2O_3 и $Al(OH)_3$). Высокой физиологической активностью обладают несолеобразующие оксиды, такие как N_2O , NO , CO .

Подобно d-элементам, p-элементы характеризуются многообразием степеней окисления атомов в их соединениях. С увеличением степени окисления атомов возрастает кислотность оксидов и гидроксидов элементов p-блока, а также окислительная способность их соединений.

Важнейшими биогенными элементами p-блока являются неметаллы-органогены: **углерод, кислород, азот, фосфор и сера**. Они, а также **хлор**, содержатся в организме человека в макроколичествах.

Биологическая роль важнейших биогенных p-элементов

Содержание **кислорода** составляет до 65 % массы тела человека, то есть более 40 кг у взрослого. Кислород — наиболее распространенный окислитель на Земле. В окружающей среде он представлен в двух формах: в виде соединений, входящих в состав земной коры, воды, оксидов, пероксидов, гидроксидов и солей, и в свободном виде, где кислород является важнейшим компонентом атмосферного воздуха (21 % по объему). Основной и фактически единственной функцией кислорода является его участие как окислителя в окислительно-восстановительных реакциях в организме. Кислород *in vivo* окисляет такие важнейшие компоненты пищи, как углеводы, жиры и белки, что сопровождается выделением энергии, необходимой для жизнедеятельности всех живых существ. В покое организм взрослого человека потребляет 1,8–2,4 г кислорода в минуту. Последствиями дефицита кислорода являются быстрая физическая и умственная утомляемость,

нарушения центральной нервной системы, тахикардия и одышка в покое или при незначительной физической нагрузке, потеря сознания.

Сера составляет 0,25 % массы тела человека и является составной частью клеток нервной, костной и хрящевой ткани, а также волос, кожи и ногтей. Она участвует в обменных процессах и способствует их нормализации, входит в состав ряда аминокислот, витаминов, ферментов и гормонов (в том числе инсулина), играет важную роль в поддержании кислородного баланса, улучшает работу нервной системы, стабилизирует уровень сахара в крови, повышает иммунитет, оказывает противоаллергическое воздействие, обладают радиопротекторным эффектом.

Фосфор относится к структурным (тканеобразующим) макроэлементам; его содержание в организме взрослого человека составляет около 700 г.

Большая часть фосфора (85–90 %) находится в костях и зубах, остальное — в мягких тканях и жидкостях. Около 70 % общего фосфора в плазме крови входит в состав фосфолипидов, 30 % представлено неорганическими соединениями. Остатки фосфорной кислоты содержатся в нуклеиновых кислотах и нуклеотидах, а также входят в состав аденозинтрифосфорной кислоты и креатинфосфата — важнейших аккумуляторов и переносчиков энергии. Фосфаты являются компонентами буферных систем организма, поддерживая его кислотно-щелочной статус.

Углерод составляет 18 % от общей массы тела, то есть более 12 кг для взрослого человека. Атомы углерода являются структурной основой всех органических соединений, образуя бесконечное множество различных веществ.

Как и другие элементы-органогены, углерод в виде отдельного элемента не имеет биологического значения, но его соединения играют важнейшую биологическую роль во всех живых организмах.

Массовая доля **азота** в организме человека составляет около 2,5 %. Он является составной частью аминокислот, пептидов, белков, нуклеотидов, гемоглобина, а также некоторых гормонов и медиаторов. Молекулярный азот, объемная доля которого в атмосфере составляет около 78 %, не играет заметной биологической роли. Несмотря на доступность азота для живых существ, человеческий организм не способен усваивать азот в молекулярной форме. Биологическая роль азота обусловлена действием его многочисленных соединений. В организм человека данный элемент в основном поступает в составе белков, пептидов и аминокислот (растительных и животных), а также в составе других азотсодержащих соединений.

Изучение химии биогенных элементов является важным этапом в подготовке будущего врача.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов / Ю. А. Ершов [и др.]. — М.: Высш. шк., 2005. — 560 с.
2. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ / Е. В. Барковский [и др.]; под общ. ред. Е. В. Барковского. — Минск: Выш. шк., 1997. — 176 с.
3. Пузаков, С. А. Химия / С. А. Пузаков. — М.: Медицина, 2006. — 624 с.
4. Зеленин, К. Н. Химия / К. Н. Зеленин. — СПб: Специальная литература, 1997. — 688 с.
5. Chang, R. Chemistry / R. Chang. — 4 th edn. University Science Books, USA, 2001. — 1065 p.
6. Shriver, D. F. Inorganic chemistry / D. F. Shriver, P. W. Atkins. — 3rd edn. // Oxford University Press, Oxford, UK, 1999. — 763 p.
7. Уильямс, Д. Металлы жизни / Д. Уильямс. — М.: Мир, 1975. — 236 с.
8. Микроэлементы человека / А. П. Авцы [и др.]. — М.: Медицина, 1991. — 496 с.

Поступила 25.06.2013

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

УДК 616.833.54:616.71-018.3-002]-009.7-073.756.8

КОРРЕЛЯЦИЯ БОЛЕВОГО СИНДРОМА И ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПОЯСНИЧНОМ ОСТЕОХОНДРОЗЕ

М. В. Олизарович

Гомельский государственный медицинский университет

Боль в нижней конечности является одним из ключевых симптомов поясничной радикулопатии. По ее характеру определяют уровень поражения и степень сдавления корешка.

Выраженность болевого синдрома учитывают при принятии решения о проведении хирургического вмешательства.

Проведено сопоставление выраженности корешковой боли при поясничной радикулопатии с данными томографического исследования позвоночника.

Ключевые слова: корешковая боль, компьютерная томография.