

ПРОБЛЕМНАЯ СТАТЬЯ

ПОТРЕБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА В ЦИНКЕ И ЕГО ИСТОЧНИКИ (ОБЗОР)

*Е.В. Сальникова**

Оренбургский государственный университет

РЕЗЮМЕ. В статье обобщены литературные данные об эссенциальном микроэлементе цинке, о его содержании в биосфере, основных функциях в организме человека и суточных нормах потребления. Цинк имеет наибольшую способность накапливаться в растениях. В свою очередь растения черпают цинк из почвы, в которых его содержание колеблется от 10 до 30 мг/кг в карбонатных почвах и песчаниках, и от 40 до 60 мг/кг в кислых почвах.

Цинк необходим для всех жизненных процессов в организме человека. Он входит в состав более 300 ферментов, он участвует в процессах роста, деления и дифференцировки клеток. Недостаток цинка в организме человека приводит к аллергическим заболеваниям, выпадению волос, хронической усталости, бесплодию, импотенции. Дефицит цинка (гипоцинкоз) природного происхождения распространен в Португалии, Иране, Египте, Турции, Панаме и ряде других стран. Он также встречается у населения России. Также причинами дефицита цинка в организме являются недоедание, недостаток в рационе мяса, рыбы, морепродуктов и т.п. Жителям, проживающим в регионах с низким содержанием цинка в почве, продуктах питания и питьевой воде, рекомендуется употреблять разнообразные продукты с высоким содержанием цинка. Человек получает цинк в основном с пищей, а также из препаратов и БАДП. Цинк обнаружен во всех группах пищевых продуктов. Помимо мясо- и рыбопродуктов, цинком богаты грибы, фасоль, пшеничные зародыши, отруби, семена подсолнечника и тыквы (130–202 мг/кг сухой массы). Рекомендуемый суточный уровень потребления цинка в России, США и странах ЕС колеблется от 7,2 до 15 мг. Для жителей России оптимальный уровень потребления цинка – 12 мг/день для взрослых и 4,6 мг/день для детей, при условии, что 0,1 мг цинка поступает в организм с вдыхаемым воздухом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цинк, микроэлемент, биосфера, уровень потребления, продукты питания, заболеваемость.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени практически все химические элементы, которые находятся в окружающей среде (биосфере), обнаружены и в организме человека. Химические элементы так же важны и незаменимы в питании, как белки, жиры, витамины. При их избытке или недостатке возникают специфические нарушения, приводящие к расстройствам здоровья и заболеваниям (Авцын, 1987). Одной из наиболее приемлемых на сегодня классификаций является деление содержащихся в организме химических элементов на несколько групп, в зависимости от их количества и участия в жизненно важных для организма процессах (Скальный, Рудаков, 2004). Это биоэлементы – органогены (их содержание в организме измеряется в килограммах), биоэлементы – макроэлементы (содержание измеряется в граммах) и микроэлементы (содержание измеряется в долях грамма).

Микроэлементы поступают в организм и содержатся в нем в незначительных количествах; тем не менее роль их для процессов жизнедеятельности огромна. Среди микроэлементов выделяются так называемые эссенциальные (цинк, медь, железо, йод, кобальт, хром, марганец, молибден, селен), условно эссенциальные (бром, бор, фтор, мышьяк, никель, литий, ванадий, кремний), ультрамикроэлементы (серебро, золото, платина, цезий и ртуть) (Москалев, 1986; Шафран и др., 2011). Цинк является многофункциональным микроэлементом, как для иммунной системы, так и организма в целом, поэтому проблема коррекции обмена цинка весьма актуальна.

ЦИНК – ЭССЕНЦИАЛЬНЫЙ МИКРОЭЛЕМЕНТ

Цинк – биологически активный эссенциальный для всех форм жизни микроэлемент. Todd W.R. с соавт. (1934) в опытах на крысах впервые

* Адрес для переписки:

Сальникова Елена Владимировна
E-mail: salnikova_ev@mail.ru

продемонстрировали эссенциальность цинка. Животные, которые участвовали в эксперименте, содержались на диете с дефицитом цинка. Для того чтобы предотвратить последствия этого дефицита требовалось так мало цинка, что на протяжении многих лет полностью отвергалась возможность возникновения его дефицита в естественных условиях.

Впервые эссенциальность цинка для человека была показана в 1963 г. Тогда же был описан дефицит цинка в организме человека, который проявляется в задержке роста, нейросенсорных расстройствах, нарушениях иммунитета (Prasad, 1963). Позже эссенциальность цинка подтвердили (Агаджанян и др., 2001; Скальный, 2003; Оберлис и др., 2008). В течение последних 50 лет стало очевидно, что дефицит цинка в организме человека широко распространен.

СОДЕРЖАНИЕ ЦИНКА В БИОСФЕРЕ

Микроэлемент цинк обнаружен в продуктах растительного происхождения и в хлебопродуктах, источником которых является почва. Приведем средние значения содержания цинка (в мг/кг) в биосфере и накопление в растениях по А.П. Виноградову и Д.П. Малюге (Орлов, 1998):

Литосфера	85
Почва	50
Растения (в золе).....	900
Накопление цинка	20/1

Видно, что цинк имеет наибольшую способность накапливаться в растениях. Этот микроэлемент обладает высоким сродством с биологически активными соединениями растительных тканей. Хорошим биоиндикатором на цинк являются мхи, содержание данного элемента в которых составляет 0,860 мг/г (Неменко и др., 1981).

Содержание цинка в растениях зависит от содержания его в почве, сорта и типа растения (Спицына и др., 2013). Животное и человек получают цинк из кормов, продуктов питания, лекарственных препаратов и пищевых добавок (Бургер, 1995). В дикой природе животные, поедая растения, обычно получают достаточное количество цинка. В свою очередь растения черпают цинк из почвы, в которых его содержание колеблется от 10 до 30 мг/кг в карбонатных почвах и песчаниках, и от 40 до 60 мг/кг в кислых почвах. По данным А.Н. Аристархова (2000), в России 95,5 % от площади 44 млн. га плодородных почв содержат недостаточное количество подвижных форм цинка.

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ И СУТОЧНЫЕ НОРМЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЦИНКА

Цинк необходим для всех форм жизни организма человека. Он входит в состав более 300 ферментов, участвует в регуляции экспрессии ряда генов и в процессах синтеза и распада белков, углеводов, жиров и нуклеиновых кислот. Наибольшее внимание привлекают два цинксодержащих фермента: карбоангидраза и карбоксипептидаза А. Роль карбоангидраза в человеческом организме заключается в поддержании кислотно-щелочного равновесия. Фермент карбоксипептидаза А в белках катализирует гидролиз концевой пептидной связи в процессе пищеварения.

Цинк участвует в процессах роста, деления и дифференцировки клеток, он необходим для нормального роста волос, ногтей и кожи, а также при заживлении ран. Известно, что он участвует в биологических и химических реакциях с некоторыми элементами (Валиев, 2011).

При физиологических условиях цинк в расторе находится в виде гидратированного иона Zn^{2+} , который, не способен проходить непосредственно через липидные слои биологических мембран, вследствие наличия у него высокой гидрофильности и заряда. Преимущественно цинк отлагается в костной системе и мышцах. В печени отложение этого микроэлемента доходит до 500–600 мг/1 кг веса.

В организм человека цинк попадает с пищей. Ранее установлено, что у взрослого человека цинка содержится всего 1,5–2 г, что наполовину меньше количества железа и в 10–20 раз больше содержания меди (Валиев, 2011). Дефицит цинка в организме развивается при поступлении этого элемента 1 мг/день и менее, а при поступлении 600 мг/день наблюдается порог токсичности.

В различных странах рекомендуемый уровень потребления цинка варьируется в следующих пределах: в Великобритании от 9,0 до 9,7 мг/сут; в Канаде от 9 до 12 мг/сут; в США от 12 до 15 мг/сут; в Японии 7,2 мг/сут и 14 мг/сут в Нидерландах (Асадулин, 2001). Нормальному усвоению цинка мешает большое употребление клетчатки. Если в рационе питания слишком много фруктов и овощей, то только 20 % цинка всосется в кишечнике. У вегетарианцев, склонность к недостатку цинка, выражена больше, чем у людей, имеющих разнообразный рацион. Известно, что в Индии преимущественно вегетарианское питание, поэтому суточное потребление цинка несколько выше, чем в других странах и составляет 16 мг/сут (Хабаров и др., 2012).

Для жителей России оптимальная интенсивность потребления цинка составляет 12 мг/день для взрослых и 4 – 6 мг/день для детей, с учетом 0,1 мг цинка, поступающего с вдыхаемым воздухом. (Нормы физиол. потреб. 2008). Целиком покрывается эта норма приемом воды и смешанной пищи. Несмотря на изменяющуюся, на протяжении жизни потребность в калориях, потребность в цинке остается примерно одинаковой (Halsted et al., 1974).

Недостаточное потребление цинка приводит к циррозу печени, половой дисфункции, вторичному иммунодефициту, анемии, наличию пороков развития плода. Экспериментально установлено, что высокие дозы цинка способны нарушать усвоение меди и тем способствовать развитию анемии (Скальный, Рудаков, 2004).

ИСТОЧНИКИ ЦИНКА В ПРОДУКТАХ

Цинк обнаружен во всех группах пищевых продуктов: хлебе и крупах, мясе и молочных продуктах. В 1985 году Hazell Т. установил, что основным источником легкоусвояемого цинка является птица, мясо и рыба. В грибах, проросших зернах пшеницы и отрубях обнаружено наибольшее количество цинка, в подсолнечных и тыквенных семечках от 130 до 202,3 мг/кг сухого вещества. В других продуктах значительно меньше и составляет: 11,3 мг в картофеле, 100,0 мг в луке и коровьем молоке - примерно 3 мг/ 1 литр. Цинка содержится от 8 до 20 мг/кг в некоторых зерновых, дрожжах, неочищенном рисе, чесноке и яйцах. В ячменной, овсяной муке, в мясе цыплят и кроликов, орехах, зеленом чае от 20 до 50 мг/кг. Цинка мало в ягодах и фруктах. В арбузе и гранатах обнаружено максимальное количество цинка (Авцын и др., 1991).

Благотворно влияют на обеспеченность организма цинком белковые продукты животного происхождения (субпродукты, морепродукты, постное красное мясо), витамин А, а также агенты-хелаторы: комплексоны, аминокислоты гистидин и лизин, фосфопептиды казеина и др. Короткие пептиды и свободные аминокислоты, а также фосфопептиды казеина, которые образуются при его ограниченном протеолизе, способны усиливать кишечное всасывание цинка, а также ряда других микроэлементов.

Цинковая недостаточность (гипоцинкоз) зарегистрирована в Португалии, Иране, Египте, Турции, Панаме и некоторых других странах. Среди населения России она также встречается (Коровина и др., 2004). Причиной эндемического гипоцинкоза является недостаток цинка в почве и пищевых продуктах. На территории нашей

страны не зарегистрированы такие клинически выраженные симптомы дефицита цинка, как инфантилизм - отставание умственного, физического и полового развития, гипоасмия и гипогейзия (снижение обонятельных и вкусовых ощущений), которые встречаются в Иране, Египте и некоторых других странах.

К снижению содержания цинка в организме приводит избыточное поступление в организм радиоактивных изотопов свинца, кадмия, меди (функциональных антагонистов цинка), особенно на фоне с дефицитом белка (Скальный, Рудаков, 2004). Биодоступность меди может нарушать большое количество потребляемого цинка. У лиц, принимающих 150 мг цинка в день в течение 2 лет, развиваются признаки дефицита меди. Всасыванию цинка у животных мешает высокий уровень пищевого кальция, хотя дополнение в рацион людей солей кальция обычно не нарушает баланс цинка. При беременности женщинам дополнительно назначают фолиевую кислоту, если потребление цинка с пищей недостаточное (Оберлис и др., 2008).

Старение организма, которое связано с обеднением рациона питания, нарушением всасывания и ускоренным выведением микроэлемента из организма приводит в итоге к дефициту цинка. С возрастным дефицитом цинка связывают развитие артериальной гипертензии и вторичного иммунодефицита, атрофические изменения во всех органах и системах, развитие импотенции, так как цинкзависимым является ангиотензинпревращающий фермент (Cook-Mills, Fraker, 1993).

Цинковая недостаточность у жителей России характеризуется следующими симптомами: анемия, аллергические заболевания, снижение аппетита и остроты зрения, выпадение волос, хроническая усталость, дефицит массы, бесплодие, импотенция (Элементный статус..... ч. 4, 2013). Люди, имеющие дефицит цинка, часто болеют простудными и инфекционными заболеваниями, так как у них понижен Т-клеточный иммунитет. Повышенному риску развития дефицита цинка подвергаются спортсмены, больные сахарным диабетом, вегетарианцы, а также жители злоупотребляющие алкоголем (Скальный, Рудаков, 2004).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Причинами низкого поступления цинка в организм человека являются неполноценное питание, недостаток мяса, рыбы, и других продуктов. Поэтому, жителям, проживающим в регионах с низким содержанием цинка в питьевой воде и продуктах питания можно рекомендовать следующее:

1) употреблять продукты с высоким содержанием цинка: грибы, пророщенную пшеницу, цельные злаки, бобовые, орехи, подсолнечные и тыквенные семечки. Вегетарианцам необходимо добавить в этот список молочные продукты и яйца;

2) употреблять цельные продукты, не прошедшие промышленную обработку. Например, белая мука в процессе переработки теряет большую часть цинка;

3) не стоит дополнять диету, основанную на бобовых и цельных злаках, большими количествами пшеничных отрубей, так как это может нарушить нормальный процесс усвоения минеральных веществ.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Авцын А.П. Микроэлементозы человека. Клиническая медицина. 1987. Т. 65. № 6. С. 36–43.

(Avtsyin A.P. [Human microelementoses]. *Klinicheskaya meditsina*. 1987, 65(6): 36–43 [in Russ]).

Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.

(Avtsyin A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. [Human microelementoses: etiology, classification, organopathology]. Moscow, 1991 [in Russ]).

Агаджанян Н.А., Скальный А.В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. Изд-е 2-е. М.: Изд. КМК. 2001. 83 с.

(Agadzhanjan N.A., Skalny A.V. [Chemical elements in the environment and the human ecological portrait]. 2nd ed. Moscow: KMK. 2001 [in Russ]).

Аристархов А.Н. Эколого-агрохимическое обоснование оптимизации питания растений и комплексного применения макро- и микроудобрений в агроэкосистемах. Диссертация в виде научного доклада доктора биологических наук. Москва, 2000. 88 с.

(Aristarkhov A.N. [Environmental and agrochemical substantiation of optimization of plant nutrition and integrated application of macro and microfertilizers in agro-ecosystems. PhD Thesis. Moscow, 2000 [in Russ]).

Бургер И.Х. Основы знаний о пищевых потребностях животных. В кн.: Waltham о кормлении домашних животных. Перев. с англ. Под ред. И. Бургера. М., 1995. С.7–35.

(Burger I.H. [Basic knowledge on nutritional needs of animals]. In: Burger I (ed.) [Waltham about feeding pets]. Transl from Eng. Moscow, 1995. 7–35 [in Russ]).

Валиев В.С. Биологическая роль цинка. Общая характеристика обмена цинка в организме [электронный ресурс]. URL: <http://ipenant.ru/ipencontent/index.php/biokhimiya-i-meditsina/blog/16-obmen-tsinka-vorganizme-cheloveka> (дата обращения: 30.04.2016).

(Valiev V.S. The biological role of zinc. General characteristics of zinc metabolism in the body [electronic source]. URL: <http://ipenant.ru/ipencontent/index.php/biokhimiya-i-meditsina/blog/16-obmen-tsinka-vorganizme-cheloveka> (accessed 30.04.2016) [in Russ]).

Коровина Н.А., Захарова И.Н., Заплатников А.Л., Обыкновенная Е.Г. Витамины и микроэлементы в практике врача-педиатра. РМЖ. 2004. № 1. С. 48.

(Korovina N.A., Zakharova I.N., Zaplatnikov A.L., Obynochnaya E.G. [Vitamins and trace elements in the practice of pediatrician]. *RMZh*. 2004, 1: 48 [in Russ]).

Москалев Ю.И. Минеральный обмен. М.: Медицина, 1985. 288 с.

(Moskalev Yu.I. [Mineral metabolism]. Moscow: Meditsina, 1985 [in Russ]).

Неменко Б.А. и др. Гигиена и санитария. 1981. № 1. С. 74–75.

(Nemenko B.A. et al. Hygiene and Sanitation. 1981, 1: 74–75. [in Russ]).

Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб. Наука, 2008. 544 с.

(Oberleas D., Harland B., Skalny A. [Biological role of macro- and trace elements in humans and animals]. Saint Petersburg: Nauka, 2008 [in Russ]).

Орлов Д.С. Микроэлементы в почвах и живых организмах. Соросовский образовательный журнал. 1998. № 1. С. 61–68.

(Orlov D.S. [Trace elements in soils and living organisms] *Sorosovskiy Obrazovatelnyy Zhurnal*. 1998, 1: 61-68 [in Russ]).

Скальный А.В., Кудрин А.В. Радиация, микроэлементы, антиоксиданты и иммунитет. М.: Лир Макет, 2000. 421 с.

(Skalny A.V., Kudrin A.V. [Radiation, trace elements, antioxidants and immunity]. Moscow, 2000 [in Russ]).

Скальный А.В., Рудаков И.Ф. Биоэлементы в медицине. М.: Изд. дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. 272 с.

(Skalny A.V., Rudakov I.F. [Bioelements in medicine]. Moscow, 2004 [in Russ]).

Хабаров А.А., Будко Е.В., Лушов К.А., Горбачева Л.А., Ельцова Н.О. Цинк: актуальность и характеристики биодобавок (обзор литературы). Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 361.

(Khabarov A.A., Budko E.V., Lushov K.A., Gorbacheva L.A., Eltsova N.O. Zinc: topicality and characteristics of dietary supplements (review). // *Современные проблемы науки и образования*. 2012, 3: 361 [in Russ]).

Шафран Л.М., Пыхтева Е.Г., Большой Д.В. Металлотионины. Одесса: Изд-во «Черномор'я», 2011. 428 с.

Элементный статус населения России. Часть 4. Элементный статус населения Приволжского и Уральского федеральных округов. Под ред. А.В. Скального, М.Ф. Киселева. СПб.: Медкнига «Элби-СПб», 2013. 576 с.

(Elemental status of the population of Russia. Part 4. Elemental status of the population of the Volga and Ural Federal Districts]. Ed. by A.V. Skalny, M.F. Kiselev. Saint Petersburg: Medkniga «ELBI-SPb», 2013 [in Russ]).

Fraker P.J., King L.E. A distinct role for apoptosis in the changes in lymphopoiesis and myelopoiesis created by deficiencies of zinc. *FASEB J*. 2001, 15: 2572–2578.

Goyer R.A. Biology and nutrition of essential elements. In: Mertz W. (ed.) Risk assessment of essential elements. Washington DC: Int Life Sci Inst, 1994. 13–19.

Halsted J.A., Smith J.C. Jr., Irwin M.I. A conspectus of research on zinc requirements of man. *J Nutr.* 1974, 104(3): 345–378.

Hazell T. Minerals in foods: dietary sources, chemical forms, interactions, bioavailability. *World Rev Nutr Diet.* 1985, 46: 1–123.

Kaim W., Schwederski B. *Bioorganische Chemie.* Stuttgart: B.G. Teubner, 1995.

Merino R., Ding L., Veis D., Korsmeyer S., Nunez G. Development regulation of the Bcl-2 protein and susceptibility to

cell death in B-lymphocytes. *EMBO J.* 1994, 13: 683–691.

Passwater R.A., Cranton E.M. Trace elements, hair analysis and nutrition. New Canaan: Keats Publ. 1983.

Momcilovic B. The epistemology of trace element balance and interaction. Proc of TEMA-6, Pacific Grove, California. New York: Plenum Press, 1988. 173–176.

Prasad A.S. Zinc: an overview. *Nutrition.* 1995, 11(1 Suppl): 93–99.

Cook-Mills J., Fraker, P.J. Functional capacity of residual lymphocytes from zinc deficient adult mice. *Br J Nutr.* 1993, 69: 835–848.

Tarlinton D. B-cell differentiation in the bone marrow and the periphery. *Immunol Rev.* 1994, 137: 203–229.

HUMAN NEEDS FOR ZINC AND ITS SOURCES (REVIEW)

E.V. Salnikova

Orenburg State University, Pobedy ave., 13, Orenburg 460018, Russia

ABSTRACT. The article provides an overview of published data on the vital trace element zinc, its content in the biosphere, main functions in human body and the daily requirements. Zinc has a greatest ability to accumulate in plants. In turn, plants take zinc from soils where its content varies from 10 to 30 mg/kg in calcareous soils and from 40 to 60 mg/kg in acid soils. Zinc is essential for all vital processes in the human body. It is a part of more than 300 enzymes; it participates in the processes of growth, division and differentiation of cells. Zinc deficiency in the body leads to colds and infectious diseases, allergies, hair loss, chronic fatigue, infertility, impotence. Zinc deficiency (hypozincosis) of natural origin occurs in Portugal, Iran, Egypt, Turkey, Panama and some other countries. It is also found among the population of Russia. Also, the reasons for the low zinc in the body are malnutrition, lack of meat, fish, seafood and so on. Residents of regions with low zinc content in soil, food and drinking water should consume various foods rich of zinc. People get zinc mainly from food, medicines and food supplements. Zinc is found in all food groups. Besides meat and fish, high amounts of zinc are detected in mushrooms, beans, germinated wheat, bran, sunflower seeds and pumpkin (130–202 mg/kg dry matter). Recommended daily consumption of zinc in Russia, USA and EU countries ranges from 7.2 to 15 mg. For residents of Russia optimal intensity of zinc consumption is 12 mg/day for adults and 4.6 mg/day for children, given that 0.1 mg of zinc is supplied from the inhaled air.

KEYWORDS: zinc, trace element, biosphere, level of consumption, food, morbidity.