

ЦИНК-ДЕФИЦИТНЫЕ СОСТОЯНИЯ У ЛИКВИДАТОРОВ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

Выполнена лабораторная диагностика обеспеченности цинком организма ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) с целью выявления распространенности цинк-дефицитного состояния и предложить соответствующие корректирующие мероприятия. В ходе выполнения работы проведено амбулаторное обследование 461 ликвидатора последствий аварии на ЧАЭС, проживающих в Северо-Западном регионе России, в том числе 124 человека были обследованы 2 раза: 10 лет тому назад и в настоящее время. Средний возраст ликвидаторов при первом обследовании составил $(48,0 \pm 2,5)$ лет. Оценку содержания цинка во внутренней среде организма осуществляли путем анализа химического состава биопроб волос методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Результаты дают основание констатировать, во-первых, широкую распространенность дефицита цинка у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС и, во-вторых, нарастание дефицита цинка с увеличением возраста обследуемых, что необходимо учитывать при разработке профилактических и индивидуальных лечебных программ оздоровления.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, Чернобыльская АЭС, ликвидатор последствий аварии, цинк, макро-, микроэлемент, биоэлементный статус, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой.

Введение

Многие исследователи минерального обмена среди анализируемых эссенциальных биоэлементов особое внимание уделяют цинку, что связано с его уникальной биологической ролью, главным образом, его участием во многих ферментных системах. К настоящему времени идентифицировано около 300 ферментов, нуждающихся в цинке для выполнения своих функций [1, 8, 11]. Цинк является единственным металлом, представленным в каждом классе ферментов, и не может быть заменен никаким другим металлом. Он катализирует многочисленные реакции, входит в состав лидаз (более 20 ферментов), фосфотрансфераз (более 10 ферментов). Цинк необходим для всех процессов, связанных с усиленным клеточным делением (рост, заживление ран, сперматогенез), активно участвует в метаболизме нуклеиновых кислот и синтезе белков, оказывает ингибирующее действие на рибонуклеазу, НАДФ-оксидазу, снижает активность АТФазы в макрофагах, индуцирует биохимические реакции, действуя сам как фермент, расщепляя фосфодиэстеразные мостики РНК, стабилизи-

руя структуру ДНК. Он необходим для всех фаз клеточного цикла.

Цинку отводят важную роль в структуре и функции биомембран, росте и метаболизме костной ткани, проведении нервных импульсов, обмене полиненасыщенных жирных кислот, метаболизме простагландинов, повышении уровня энергетических процессов, в метаболизме и обеспечении действия гормонов гипоталамуса, надпочечников, поджелудочной и предстательной желез, семенников [1, 2, 6, 9–11].

Такое многообразие функций цинка в физиологических и патофизиологических процессах может быть обеспечено только при условии его достаточного содержания в организме и, следовательно, при соблюдении, как минимум, оптимального поступления цинка с пищей.

В целом, основной причиной экзогенного дефицита цинка является недостаточное его поступление с пищей и нерациональное соотношение в рационе между протеинами, липидами, минералами. Дефицит цинка достаточно распространен в мире, даже в высокоразвитых странах. Зависимость от поступления цинка с пищей, практически от-

Шантырь Игорь Игнатьевич – д-р мед. наук, проф., зав. науч.-исслед. отд. биоиндикации, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А. М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2); e-mail: shantyr@arcerm.spb.ru;

Яковлева Мария Владимировна – канд. биол. наук, зав. науч.-исслед. лаб. элементного анализа, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А. М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2); e-mail: iakorobok@mail.ru;

Власенко Мария Александровна – канд. биол. наук, науч. сотр. лаб. элементного анализа, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А. М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2); e-mail: vlasenkomaria@gmail.com.

сутствие резерва в организме, высокая потребность в нем определяют значительную распространенность дефицита цинка [8, 9].

На практике о цинк-дефицитном состоянии судят не столько по его клинической картине, что встречается в развитых странах достаточно редко, а по показателям лабораторной диагностики.

Цель исследования – представить результаты лабораторной диагностики содержания цинка в биологических пробах ликвидаторов последствий аварии (ЛПА) на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС), проживающих в Северо-Западном регионе России, для выявления распространенности цинк-дефицитного состояния и предложить соответствующие корректирующие мероприятия.

Материал и методы

Работу выполняли в научно-исследовательской лаборатории элементного анализа Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никитина МЧС России.

Всего обследовали 461 участника ЛПА на ЧАЭС, проживающих на территории Северо-Западного региона РФ, в том числе 124 человека были обследованы 2 раза: 10 лет тому назад и в настоящее время. Средний возраст ликвидаторов при первом обследовании составил $(48,0 \pm 2,5)$ лет.

Определение содержания цинка проводили в биопробах волос на квадрупольном масс-спектрометре с аргонной плазмой (X-SERIES II ICP-MS) в соответствии с методическими указаниями, утвержденными Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации [7].

Статистический анализ результатов исследований провели с использованием программного комплекса Statistica 6.1. Для непрерывных переменных рассчитали средние значения, стандартные отклонения, 95% доверительные интервалы, медианы, q^{25} – нижний квартиль, q^{75} – верхний квартиль.

Результаты и их анализ

Результаты определения концентрации цинка в волосах ЛПА в разные временные периоды представлены в таблице.

Выявлены достоверные различия относительных величин распространенности дефицита цинка у ЛПА на ЧАЭС, проведенные в настоящее время и 10 лет тому назад ($p < 0,05$). Результаты дают основание констатировать, во-первых, широкую распространенность дефицита цинка у ЛПА на ЧАЭС и, во-вторых, нарастание дефицита цинка с увеличением возраста обследуемых. В ранее проведенных исследованиях было показано, что с увеличением возраста обследуемых происходило снижение уровня цинка в организме [4].

Полученные результаты отражают актуальность решения проблемы цинк-дефицитных состояний у ЛПА на ЧАЭС, что необходимо учитывать при разработке профилактических и индивидуальных лечебных программ оздоровления.

Выявленные цинк-дефицитные состояния, как правило, не носят выраженного клинического характера и могут проявляться следующей симптоматикой: утомляемостью, раздражительностью, депрессивным состоянием, снижением массы тела, расслоением ногтей, сухостью и ломкостью волос, снижением инсулина, частыми простудными заболеваниями, анемией, лимфоцитопенией, ослаблением функций печени, предстательной и поджелудочной желез [2, 3–6, 9]. Целенаправленная лабораторная диагностика биоэлементного статуса таких пациентов помогает исключить участие цинка в этих проявлениях.

В случае установления дефицита необходимо в первую очередь обеспечить ежедневное поступление цинка с пищей в достаточном количестве, ориентируясь на методические рекомендации МР 2.3.1.2432–08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

При этом следует учитывать, что усвоение цинка из пищевых продуктов различно и в значительной мере зависит от содержания животного белка в пище. Из смешанных рационов питания усваивается всего 10–30% цинка. Низкобелковый рацион не только снижает всасывание цинка, но и увеличивает выведение эндогенного цинка. Поэтому дефицит цинка на фоне низкобелкового питания особенно неблагоприятен [4]. Следует учесть

Концентрация цинка в пробах волос ЛПА на ЧАЭС в разные периоды времени

Период обследования	Количество	Показатель, мкг/г			Распространенность дефицита, %
		Me	q^{25}	q^{75}	
В настоящее время	337	62,32	38,57	100,10	59
10 лет тому назад	124	80,17	59,20	97,45	41

и тот факт, что на всасывание цинка из желудочно-кишечного тракта влияет соотношение с некоторыми минералами, с которыми цинк вступает в конкурентные отношения: кальций, железо, медь, кадмий и свинец.

Цинк при физиологических условиях существует в растворе в виде гидратированного иона Zn^{2+} , который, вследствие наличия заряда и высокой гидрофильности, не способен проходить непосредственно через липидные слои биологических мембран [9,10]. Поэтому для улучшения всасывания необходимо обеспечить разнообразие пищевого рациона. Как правило, продукты, богатые цинком, богаты клетчаткой и витаминами (особенно группы В).

Выводы

1. Выявленная распространенность дефицита цинка у участников аварийно-восстановительных работ на Чернобыльской АЭС может иметь значение в развитии у данной категории граждан соматической патологии.

2. Проблема восполнения недостаточности цинка в питании ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС Северо-Западного региона весьма актуальна.

3. Для поддержания необходимого уровня цинка у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС не исключены показания к систематическому приему витаминно-минеральных комплексов или биологически активных добавок к пище (БАДП) и минеральных вод.

Литература

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А. [и др.]. Микроэлементозы человека: этиология, класси-

фикация, органопатология. М. : Медицина, 1991. 496 с.

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

3. Бабенко Г. А. Микроэлементозы человека: патогенез, профилактика, лечение // Микроэлементы в медицине. 2001. № 2 (1). С. 2–5.

4. Бурцева Т. И., Рудаков И. А. Зависимость элементного состава волос от содержания биоэлементов в рационе питания // Микроэлементы в медицине. 2007. № 8. С. 57–60.

5. Власенко М. А. Элементный статус, показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы у сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2012. 24 с.

6. МУК 4.1.1483–03. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой : метод. указания : утв. гл. гос. сан. врачом России 29.06.3003 г. / С. И. Иванов, Л. Г. Подунова, В. Б. Скачков [и др.]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032531/>.

7. Некрасов В. И., Скальный А. В. Элементный статус лиц вредных и опасных профессий. М.: РОСМЭМ, 2006. 229 с.

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

9. Frausto da Silva J. J. R., Williams R. J. P. The biological chemistry of the elements: The inorganic chemistry of life. 2-nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2001. 575 p.

10. Oberleas D. Mechanism of zinc homeostasis // J. Inorg Biochem. 1996. Vol. 62, N4. P. 231–241.

11. Swinkels J. W., Kornegay E. T., Verstegen M. W. Biology of zinc and biological value of dietary organic zinc complexes and chelates // Nutr. Res. Rev. 1994. Vol. 7, N 1. P. 129–149.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Поступила 11.02.2016

Для цитирования. Шантырь И. И., Яковлева М. В., Власенко М. А. Цинк-дефицитные состояния ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в Северо-Западном регионе России // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2016. № 2. С. 89–92. DOI 10.25016/2541-7487-2016-0-2-89-92

Zinc deficiency in liquidators of the ChPP accident aftermath residing in the North-West region of Russia

Shantyr I. I., Yakovleva M. V., Vlasenko M. A.

Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia
(Academica Lebedeva Str., 4/2, St. Petersburg, 194044, Russia)

Igor Ignat'evich Shantyr – Dr. Med. Sci., Prof., Head of Bioindication division; e-mail: shantyr@arcern.spb.ru;
Maria Vladimirovna Yakovleva – PhD Biol. Sci., Head of Laboratory of element analysis; e-mail: iakorobok@mail.ru;
Maria Alexandrovna Vlasenko – PhD Biol. Sci., Researcher of Laboratory of element analysis; e-mail: vlasenkomaria@gmail.com.

Abstract. Zinc levels were assessed in liquidators of the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) accident aftermath in order to identify the prevalence of zinc deficiency and propose corrective measures. 461 liquidators of the ChPP accident aftermath (residents of the North-West region of Russia) were examined in outpatient settings including 124 people who were tested twice (10 years ago and at present). Their mean age was (48.0 ± 2.5) years. Zinc levels in the body were assessed using hair bioassays via mass spectrometry with inductively coupled plasma. The results show, firstly, the high prevalence of zinc deficiency in the liquidators of the ChNPP accident aftermath and, secondly, age-related increase in zinc deficiency; this should be considered when developing prevention and individual rehabilitation programs.

Keywords: emergency, Chernobyl NPP, liquidators of accident aftermath, zinc, macro element, trace element, bioelemental status, mass spectrometry with inductively coupled plasma.

References

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A. [et al.]. Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya [Human microelementoses: etiology, classification, organopathology]. Moskva. 1991. 496 p. (In Russ.)
 2. Agadzhanian N. A., Skal'nyi A. V. Khimicheskie elementy v srede obitaniya i ekologicheskii portret cheloveka [Chemical elements in habitat and an ecological portrait of a human]. Moskva. 2001. 83 p. (In Russ.)
 3. Babenko G. A. Mikroelementozy cheloveka: patogenez, profilaktika, lechenie [Human microelementoses: pathogenesis, prophylactics, treatment]. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2001. Issue 2. Pp. 2–5. (In Russ.)
 4. Burtseva T. I., Rudakov I. A. Zavisimost' elementnogo sostava volos ot sodержaniya bioelementov v ratsionе pitaniya [The dependence of hair elemental composition on the content of bioelements in the diet]. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2007. Issue 8. Pp. 57–60. (In Russ.)
 5. Vlasenko M. A. Elementnyi status, pokazateli svobodnoradikal'nogo okisleniya i antioksidantnoi sistemy u sotrudnikov Federal'noi protivopozharnoi sluzhby MChS Rossii [Element status, indicators of free radical oxidation and antioxidant system in employees of the Federal fire service of EMERCOM of Russia]: Abstract dissertation PhD Med. Sci. Sankt-Peterburg. 2012. 24 p. (In Russ.)
 6. MUK 4.1.1483–03. Opredelenie sodержaniya khimicheskikh elementov v diagnostiruemykh biosubstratakh metodom mass-spektrometrii s induktivno svyazannoi argonovoi plazmoi [The definition of the content of chemical elements in the biosubstrates diagnosed by the method of mass spectrometry with inductively coupled argon plasma]. S. I. Ivanov, L. G. Podunova, V. B. Skachkov [et al.]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200032531/>. (In Russ.)
 7. Nekrasov V. I., Skal'nyi A. V. Elementnyi status lits vrednykh i opasnykh professii [Element status of persons engaged in harmful and hazardous occupations]. Moskva. 2006. 229 p.
 8. Oberlis D., Kharland B., Skal'nyi A. V. Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotnykh [The biological role of macro- and microelements in humans and animals]. Sankt-Peterburg. 2008. 544 p. (In Russ.)
 9. Frausto da Silva J. J. R., Williams R. J. P. The biological chemistry of the elements: The inorganic chemistry of life. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press. 2001. 575 p.
 10. Oberleas D. Mechanism of zinc homeostasis. *J. Inorg Biochem.* 1996. Vol. 62, N4. Pp. 231–241.
 11. Swinkels J. W., Kornegay E. T., Verstegen M. W. Biology of zinc and biological value of dietary organic zinc complexes and chelates. *Nutr. Res. Rev.* 1994. Vol. 7, N 1. Pp. 129–149.
- Received 11.02.2016

For citing. Shantyr I. I., Yakovleva M. V., Vlasenko M. A. Tsink-defitsitnye sostoyaniya likvidatorov avarii na Chernobyl'skoi AES v Severo-Zapadnom regione Rossii. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. . 2016. N 2. Pp. 89–92. (In Russ.)

Shantyr I. I., Yakovleva M. V., Vlasenko M. A. Zinc deficiency in liquidators of the Chernobyl NPP accident aftermath residing in the North-West region of Russia. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2016. N 2. Pp. 89–92. DOI 10.25016/2541-7487-2016-0-2-89-92