

ПРОБЛЕМНАЯ СТАТЬЯ

**ДЕФИЦИТ ЦИНКА У СПОРТСМЕНОВ:
ОБЗОР**

**ZINC DEFICIENCY IN SPORTSMEN:
A REVIEW**

А.А. Скальный¹, В.В. Скальный²

A.A. Skalny¹, V.V. Skalny²

¹ ФГБУН Институт токсикологии ФМБА России, Санкт-Петербург

² Оренбургский государственный университет, Оренбург

¹ Federal State Scientific Institution «Institute of Toxicology», Federal Medico-Biological Agency, St. Petersburg, Russia

² Orenburg State University, Orenburg, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: адаптация, цинк, изменения уровня цинка, профессиональный спорт.

KEYWORDS: adaptation, zinc, zinc level changes, professional sports.

РЕЗЮМЕ. В статье приводятся литературные данные об изменениях уровня цинка у спортсменов в связи с профессионально обусловленными повышенными физическими и психоэмоциональными нагрузками.

ABSTRACT. A review on the zinc deficiency in professional sportsmen as a result of high physical and psychoemotional loading is presented.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс адаптации организма спортсменов к повышенным физическим и психоэмоциональным нагрузкам представляет собой сложное явление, затрагивающее различные уровни функциональной интеграции. При этом в совокупности адаптационных процессов, звеньев и механизмов адаптации на фоне повышающихся требований к организму спортсменов весьма часто возникают ситуации локального истощения адаптационного резерва, что вызывает отраженное напряжение смежных и прежде всего регуляторных звеньев адаптационного процесса. Перспектива развития процесса зависит как от сбалансированного питания спортсменов, так и от содержания в нем витаминов, макро- и микроэлементов.

Минеральные вещества наряду с белками углеводами, жирами и витаминами являются жизненно важными компонентами пищи человека, необходимыми для построения структур живых

тканей и осуществления биохимических и физиологических процессов, лежащих в основе жизнедеятельности организма.

Согласно современным представлениям, большинство случаев нарушения обмена макро- и микроэлементов у спортсменов можно отнести к разряду профессиональных или профессионально обусловленных, т.е. связанных с повышенными физическими и психоэмоциональными нагрузками на организм.

Установлено, что спортсменам для сохранения спортивной формы и работоспособности необходимо достаточное снабжение организма микроэлементами, в частности цинком. Дефицит цинка относительно часто встречается у спортсменов, так как физические перегрузки повышают потребность в этом микроэлементе (МЭ) из-за потерь с потом и мочой (Gleeson, 2000a,b; Konopka, 2001).

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЦИНКА

Цинк является эссенциальным микроэлементом, вовлеченным в ряд жизненно важных биохимических процессов, он требуется для деятельности более чем 300 ферментов. Цинксодержащие ферменты участвуют во многих процессах макронутриентного метаболизма, особенно в клеточном ответе. Кроме того, такие цинксодержащие ферменты, как карбоангидраза и лактатдегидрогеназа (ЛДГ), вовлечены в метаболизм при физических нагрузках, в то время как супероксиддисмутаза (СОД) защищает организм от повреждения свободными радикалами (Wilborn et al, 2004).

* Адрес для переписки:

Скальный Андрей Анатольевич

E-mail: andrey_sk@microelements.ru

А. Micheletti с соавт. (2001) в своей статье указали, что цинк участвует в биохимических процессах поддержания таких жизненных функций, как клеточное дыхание, воспроизведение ДНК, сохранение клеточной целостности и обезвреживание свободных радикалов. Связанные с цинком участки в белках часто имеют искаженную четырехгранную или треугольную бипирамидальную геометрическую форму, состоящую из серы цистеина, азота гистидина или кислорода аспартата и глутамата, или их комбинации. Цинк в белках может или участвовать непосредственно в химическом катализе, или играть важную роль в поддержании структуры белка и стабильности.

Цинк необходим для функционирования многих металлоферментов (Hambidge et al., 1986), которые участвуют в широком спектре метаболических процессов. Цинкзависимые ферменты делятся на три типа. К первому типу относятся ферменты, в которых цинк непосредственно входит в структуру белка или его активный центр. Ферменты второго типа структурно с цинком не связаны, но их активность индуцируется и регулируется цинк-фингер протеинами или факторами транскрипции, вспомогательными белками экспрессии ДНК. Третья группа объединяет ферменты, активность которых регулируется посредством ингибирования цинком. Последняя группа изучена недостаточно. Кроме того, цинк имеет и не связанные с ферментами функции (da Silva, Williams, 2001).

ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЦИНКА У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОВ

При плановом контроле статуса цинка А. Cordova, F. Navas (1998) выявили волнообразное изменение концентрации металла у спортсменов: падение уровня цинка по времени следовало непосредственно вслед за началом интенсивных тренировок и удерживалось 1–2 мес. после ответственных соревнований. Другие авторы выявили большое значение уровня сывороточного цинка у профессиональных футболистов для реологической картины крови (Khaled et al., 1997), а при исследовании восстановления нейроэндокринной функции на примере изучения женщин, занимающихся легкой атлетикой (бег), установили синергичное благоприятное действие при одновременной коррекции цинком и витамином Е (Singh et al., 1999). Относительный дефицит цинка и селена отмечен А.Н. Катулиным (2004) у профессиональных футболистов.

G. Casimiro-Lopes с соавт. (2009) обнаружили, что у мужчин с лептином в плазме крови связан цинк ($r = 0,82$; $p < 0,05$), в то время как у женщин с ним связана медь плазмы ($r = 0,66$; $p < 0,05$). Результаты показывают, что у молодых дзюдоистов утеряны различия уровней лептина по половому признаку. Цинк и медь плазмы и энер-

гетический баланс могут быть вовлечены в регуляцию обмена лептина.

В исследовании J. Koury с соавт. (2004) было проведено сравнение биохимических индексов антиокислительного статуса цинка и меди и их связи у элитных спортсменов различных видов нагрузки: аэробный с высоким воздействием (троеборье, $n = 10$ и бегуны-марафонцы, $n = 12$), анаэробный с высоким воздействием (бегуны-спринтеры, $n = 9$) и анаэробный с низким воздействием (пловцы на короткую дистанцию, $n = 13$). Также было оценено влияние общего поступления пищи и строения тела. Поступление цинка и меди не отличалось по группам спортсменов и не затрагивало измеренные биохимические индексы. Стайеры с сильно выраженным аэробным типом нагрузок имели более высокие индексы антиокислительной защиты (эритроцитарный цинк, активность СОД и металлотионеин), чем таковые коротких дистанций с низко выраженным типом; возможно, адаптация антиокислительной способности зависит от вида нагрузок. Достоверные корреляции наблюдались у всех спортсменов между уровнем эритроцитарного цинка, активностью СОД и металлотионеином, что свидетельствует о важности адекватного статуса цинка для антиокислительной защиты при интенсивных нагрузках.

В экспериментальном исследовании А. Ozturk с соавт. (2003) изучали влияние дефицита цинка и его дополнительного приема на перекисное окисление липидов и уровень глутатиона в крови и в некоторых тканях крыс, участвовавших в плавании. Результаты исследования позволяют предположить, что и нагрузка плаванием, и дефицит цинка увеличивают перекисное окисление липидов в тканях, и что прием цинка предотвращает эти нарушения за счет активации антиоксидантной системы.

К. Matsumoto с соавт. (2011) описали инсулиноподобную деятельность комплекса Zn (II). Можно предположить, что Zn(VU)(2)Cl(2) и Zn(VC)Cl(2) будут полезными биологически активными добавками к пище для предотвращения метаболического синдрома за счет уменьшения жировой ткани внутренних органов или ускорения скорости кровотока.

J. Koury с соавт. (2007) показали, что процент жировой массы был отрицательно связан с уровнем цинка в плазме ($r = -0,62$; $p = 0,05$) в нетренированном состоянии. Кроме того, процент жировой массы был отрицательно связан с соотношением Zn/Cu в плазме ($r < -0,78$, $p < 0,001$). Эти результаты согласуются с возможной функцией цинка как липид-мобилизующего фактора и меди как ограничивающего фактора в энергетическом обмене.

Результаты исследования, полученные М. Visser с соавт. (2011), свидетельствуют, что уровень гликогена печени, который снижался во время выполнения плавательного упражнения, был восстановлен назначением цинка и что диабет, вызванный у крыс, купирован защитным действием цинка.

При помощи собственного разработанного метода количественного определения клеточного цинка Iu. Ieshchenko (2009) показал, что изменения фазы в содержании цинка в клетке происходят во время стресса. Накопление цинка в клетках в первой фазе сопровождалось увеличением уровня кортикостерона и кортикотропина в крови. Уменьшение концентрации цинка в клетках во второй фазе сопровождалось снижением уровней этих гормонов. Дефицит цинка в клетках наблюдался после удаления надпочечников и инсулярного аппарата. Исправление клеточного дефицита цинка было достигнуто в первой фазе путем инъекций адреналина и преднизолона, а во второй – назначением инсулина. Положительная корреляция изменений содержания цинка в гиппокампе и уровня кортикотропина в крови указывает на возможную функциональную связь между гиппокампом и гипофизом.

ОСОБЕННОСТИ КЛИНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ЦИНКДЕФИЦИТНЫХ СОСТОЯНИЙ У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОВ

У спортсменов выделяют особую полидефицитную, или так называемую спортивную анемию. Лидирующую позицию среди дефицитных элементов у спортсменов с анемией занимает дефицит железа, сопровождающийся, как правило, дефицитом цинка и меди (Braun et al., 2000). Спортивная анемия сопровождается снижением спортивных результатов, а крайняя степень заболевания приводит к мышечной атонии.

При дефиците цинка специфически снижается Т-клеточный иммунитет, поэтому спортсмены с дефицитом цинка не только чаще болеют простудными и инфекционными заболеваниями, но и страдают от низкой способности организма к заживлению ран, длительно восстанавливаются после травм (Swinkels et al., 1994; Oberleas, 1996; Цыган и др., 2012).

В частности, установлено, что дефицит цинка может лидировать в полидефицитной картине у спортсменов. В такой ситуации он характеризуется снижением аппетита, аллергическими заболеваниями, гиперактивностью, дерматитами, дефицитом массы тела, снижением остроты зрения, усилением выпадения волос (Grantham-McGregor, Ani, 1999).

У спортсменов дефицит цинка может привести к анорексии, существенной потере в веса, скрытой усталости с уменьшением выносливости и риском развития остеопороза (Micheletti et al, 2001).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, цинк играет важную роль в поддержании спортсмена: обладает эргогенными

свойствами, влияет на преодоление стресса, оказывает положительное действие на физическую работоспособность, способствует регуляции углеводного, белкового и липидного обмена.

ЛИТЕРАТУРА

Катулин А.Н. Элементный статус профессиональных футболистов и его коррекция. Дисс. канд. мед. наук. М., 2004. 121 с.

Цыган В.Н., Скальный А.В., Мокеева Е.Г. Спорт, иммунитет, питание. СПб., 2012. 240 с.

Bicer M., Gunay M., Akil M., Avunduk M.C., Mogulkoc R., Baltaci A.K. Effect of long-term intraperitoneal zinc administration on liver glycogen levels in diabetic rats subjected to acute forced swimming // *Biol Trace Elem Res.* 2011, 139(3):317–324.

Braun W.A., Flynn M.G., Carl D.L., Carroll K.K., Brickman T., Lambert C.P. Iron status and resting immune function in female collegiate swimmers // *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000, 10(4): 425–433.

Casimiro-Lopes G., de Oliveira-Junior A.V., Portella E.S., Lisboa P.C., Donangelo C.M., de Moura E.G., Koury J.C. Plasma leptin, plasma zinc, and plasma copper are associated in elite female and male judo athletes // *Biol Trace Elem Res.* 2009, 127(2):109–115.

Cordova A., Navas F.J. Effect of training on zinc metabolism: changes in serum and sweat zinc concentrations in sportsmen // *Ann Nutr Metab.* 1998, 42:274–282.

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.

Gleeson M. Mucosal immune responses and risk of respiratory illness in elite athletes // *Exerc Immunol Rev.* 2000a, 6:1–38.

Gleeson M. Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system. Overview: exercise immunology // *Immunol Cell Biol.* 2000b, 78:483–484.

Grantham-McGregor S.M., Ani C.C. The role of micronutrients in psychomotor and cognitive development // *Br Med Bull.* 1999, 55(3):511–527.

Hambidge K.M., Casey C.E., Krebs N.F. Zinc // Mertz W. (ed.) Trace Elements in Man and Animals, 5th Ed. New York: Academic Press. 1986, 2:1–137.

Ieshchenko Iu.V. Changes of cellular zinc content during stress // *Fiziol Zh.* 2009, 55(5):72–78.

Khaled S., Brun J.F., Micallef J.P., Bardet L., Casanas G., Monnier J.F., Orsetti A. Serum zinc and blood rheology in sportsmen (football players) // *Clin Hemorheol Microcirc.* 1997, 17:47–58.

Konopka P. Sporternaehrung. Muenchen: BLV Sportwissen, 2001. 191 p.

Koury J.C., de Oliveira K. de J., Lopes G.C., de Oliveira A.V. Jr., Portella E.S., de Moura E.G., Donangelo C.M. Plasma zinc, copper, leptin, and body composition are associated in elite female judo athletes // *Biol Trace Elem Res.* 2007, 115(1):23–30.

Matsumoto K., Motoyasu N., Sera K., Fujii T., Yoshikawa Y., Yasui H., Taniguchi H., Kajiwara N. Effects of Zn(II) complex with vitamins C and U, and carnitine on metabolic syndrome model rats // *Metallomics.* 2011, 3(7):683–685.

Micheletti A., Rossi R., Rufini S. Zinc status in athletes: relation to diet and exercise // *Sports Med.* 2001, 31(8):577–582.

Oberleas D. Mechanism of zinc homeostasis // *J Inorg Biochem.* 1996, 62(4):231–241.

Ozturk A., Baltaci A.K., Mogulkoc R., Oztekin E., Sivrikaya A., Kurtoglu E., Kul A. Effects of zinc deficiency

and supplementation on malondialdehyde and glutathione levels in blood and tissues of rats performing swimming exercise // *Biol Trace Elem Res.* 2003, 94(2):157–166.

Singh A., Papanicolaou D.A., Lawrence L.L., Howell E.A., Chrousos G.P., Deuster P.A. Neuroendocrine responses to running in women after zinc and vitamin E supplementation // *Med Sci Sports Exerc.* 1999, 31(4):536–542.

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, 7(1):129–149.

Wilborn C.D., Kerksick C.M., Campbell B.I., Taylor L.W., Marcello B.M., Rasmussen C.J., Greenwood M.C., Almada A., Kreider R.B. Effects of zinc magnesium aspartate (ZMA) supplementation on training adaptations and markers of anabolism and catabolism // *J Int Soc Sports Nutr.* 2004, 1(2):12–20.