

# ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ФУТБОЛИСТОВ

### PECULIARITIES OF HAIR ELEMENTAL COMPOSITION IN PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS

**З.Г. Орджоникидзе<sup>1</sup>, А.Н. Катулин<sup>1</sup>, А.В. Скальный<sup>2</sup>**  
**G.Z. Ordzhonikidze<sup>1</sup>, A.N. Katulin<sup>1</sup>, A.V. Skalny<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Московский научно-практический центр спортивной медицины Департамента здравоохранения, г. Москвы, ул. Земляной Вал, 53, Москва 107120 Россия.

<sup>3</sup> АНО «Центр Биотической медицины», а/я 56, Москва 125047 Россия.

<sup>1</sup> Moscow Scientific-Practical Center of Sport Medicine, 53 Zemlyanoy Vai Str., Moscow 107120 Russia.

<sup>3</sup> ANO "Center for Biotic Medicine", P.O. Box 56, Moscow 125047 Russia.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** макроэлементы, микроэлементы, анализ волос, спорт, футболисты.

**KEY WORDS:** major elements, trace elements, hair analysis, sport, football players.

**РЕЗЮМЕ:** Методами ИСП-АЭС и ИСП-МС изучено содержание 24 макро- и микроэлементов (K, Na, Ca, Mg, P, Co, Cr, Si, Fe, Mn, Zn, Se, As, Li, Sn, V, Si, Ti, Ni, Al, Cd, Pb, Hg, Sr) в образцах волос 149 профессиональных футболистов. Обнаружен повышенный уровень большинства изученных элементов у спортсменов по сравнению с контрольной группой мужчин, не занимающихся спортом. Изучена связь элементного портрета с игровой специализацией футболистов. У вратарей обнаружена наибольшая концентрация в волосах Mg, Ca, K, Na, Mn, Si, Cr, Ti наименьшая — Co; у защитников — наибольшая концентрация Si, Co, Zn, Se, Al, As и наименьшая — K, Pb, Sn; у нападающих наблюдался максимальный уровень Fe, Li, Sn и минимальный — Zn и Si; полузащитники характеризовались минимальным содержанием большинства элементов: Ca, Mg, Na, P, Mn, Cr, Fe, Ni, Li, Ti, Al, As, Cd.

**ABSTRACT:** Concentration of 24 major and trace elements (K, Na, Ca, Mg, P, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn, Se, As, Li, Sn, V, Si, Ti, Ni, Al, Cd, Pb, Hg, Sr) in hair of 149 professional football players was investigated by ICP-AES and ICP-MS methods. In comparison with control group of non-sporting men, in sportsmen increased level of most elements was found. Relation between hair elemental portrait and playing specialization of the sportsmen was studied. Goalkeepers were found to have the highest hair content of Mg, Ca, K, Na, Mn, Si, Cr, Ti and the lowest Co; back players — highest Cu, Co, Zn, Se, Al, As, lowest K, Pb, Sn; forwards — highest Fe, Li, Sn, lowest Zn and Si; halfbacks were characterized by minimal concentration of most elements: Ca, Mg, Na, P, Mn, Cr, Fe, Ni, Li, Ti, Al, As, Cd.

#### Введение

В последние годы ученые и практики, работающие в области спортивной медицины, обращают повышенное внимание на роль обеспеченности спортсменов эссенциальными химическими элементами — микронутриентами в достижении более высоких спортивных результатов и сохранении их здоровья (Насолодин и др., 1997; Сейфуллаидр., 2003).

Экстремальный характер физических и психологических нагрузок у профессиональных спортсменов обуславливает наличие ряда особенностей в обмене веществ, потребностях и обеспеченности организма микронутриентами.

Так, исследования элементного анализа волос у пловцов сборной России, участвовавших в летней Олимпиаде в Атланте (1996 год), проведенные в Центре Биотической Медицины, выявили у спортсменов недостаток магния и избыток меди, связанные с повышенными нагрузками, а также всасыванием меди кожей и слизистыми из воды в бассейнах (Скальный и др., 2000).

Цинкдефицитные состояния у спортсменов сопровождаются полидефицитную спортивную анемию. Кhaled с соавторами (Khaled et al., 1997), выявили важное значение уровня сывороточного уровня цинка у профессиональных футболистов для реологической картины крови. Сингх с соавторами (Singh et al., 1999) при исследовании восстановления нейроэндокринной функции на примере изучения женщин, занимающихся легкой атлетикой (бег), установили синергизм при одновременной коррекции цинком и витамином E.

Таблица 1. Содержание некоторых макроэлементов в волосах профессиональных футболистов (мг/кг,  $M \pm m$ ).

Элемент	Вратарь n = 13	Защитник n = 54	Нападающий n = 35	Полузащитник n = 47	Футболисты, все о n = 149	Москвичи n = 490
Ca	1606 ± 364	1138 ± 137	1139 ± 173	930 ± 68	<b>1113 ± 75</b>	<b>630 ± 24</b>
K	291 ± 79	172 ± 20	205 ± 35	198 ± 30	199 ± 16	166 ± 13
Md	155 ± 45	108 ± 25	88 ± 16	80 ± 6	<b>98 ± 11</b>	<b>61 ± 3</b>
Na	702 ± 191	477 ± 78	455 ± 64	414 ± 71	<b>472 ± 43</b>	<b>279 ± 19</b>
P	193 ± 24	164 ± 6	165 ± 5	161 ± 4	166 ± 3	168 ± 3

Примечание: Здесь и далее жирным шрифтом выделены достоверные отличия ( $p < 0,005$ ).

Известно, что хром участвует в регуляции углеводного обмена, деятельности сердечной мышцы и сосудов. Дефицит хрома, как показал Баннер (Bunner, McGinnis, 1998), провоцирует у профессиональных спортсменов гипогликемические состояния.

Нами (Скальный и др., 2000) установлены различия в элементном составе волос футболистов различных команд высшей лиги, причем обнаружено, что число дисбалансов в «элементном портрете» футболистов ассоциируется с положением команды в турнирной таблице чемпионата страны.

Из сообщений в спортивных периодических изданиях известно, что многие спортсмены за рубежом при подготовке к соревнованиям, особенно по циклическим видам спорта, часто обследуются в специализированных клиниках на предмет выявления дисбалансов микронутриентов с последующей целенаправленной коррекцией установленных отклонений по специально разрабатываемым программам. Так, в США, услугами только одной из компаний, выполняющих анализы волос, крови и мочи на содержание макро- и микроэлементов, пользуются более 50 чемпионов и призеров олимпийских игр. Согласно сообщениям прессы, футболисты ФК «Байер» (ФРГ) и других клубов регулярно проходят обследование по оценке элементного статуса.

Целью настоящей работы явилось установление особенностей в элементном составе волос как диагностического биосубстрата, пригодного для неинвазивной оценки баланса химических элементов в организме человека, у футболистов.

## Материалы и методы

Для анализа на содержание химических элементов по отработанной нами ранее методике (Скальный, 2000) в течение 1999-2003 гг. были отобраны 149 проб волос у мужчин-футболистов в командах высшей лиги национального чемпионата России. Возраст спортсменов был от 18 до 35 лет. Контролем служили 490 образцов волос практически здоровых мужчин в возрасте 18-35 лет, которые не занимались регулярно спортом.

Определение элементного состава волос проводилось методами ИСП-МС и ИСП-АЭС по методи-

ке, утвержденной МЗ РФ (Иванов и др., 2003; Подунова и др., 2003а,б).

В волосах определяли содержание 24 химических элементов: K, Na, Ca, Mg, P, Co, Cr, Si, Fe, Mn, Zn, Se, As, Li, Sn, V, Si, Ti, Ni, Al, Cd, Pb, Hg, Sr.

Статистическую обработку проводили с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel XP и Statistica 5.5.

## Результаты и обсуждение

Элементный состав волос профессиональных футболистов в целом существенно отличается от показателей здоровых мужчин, не занимающихся спортом. Главное отличие заключается в повышенной концентрации большинства изучаемых химических элементов. В значительной степени это относится к макроэлементам (табл. 1). Так, концентрация Ca, Mg и Na в волосах спортсменов увеличена соответственно в 1,8, 1,6 и 1,7 раз. В то же время, уровень K и P фактически равен контролю. В свою очередь, из-за существенных различий в содержании отдельных ХЭ у футболистов, по сравнению с контролем значительно изменены соотношения концентраций в волосах  $Ca/K$ ,  $Ca/P$  (2,3 и 1,68 против 6,7 и 3,75 раз, соответственно), тогда как соотношение  $Ca/Mg$  не отличается от контроля (11,3 против 10,3).

Различия в элементном составе волос, особенно соотношений  $Na/K$  и  $Ca/P$  могут быть обусловлены как физиологическими особенностями организма спортсменов, вызванными повышенными физическими нагрузками, так и антропометрическими параметрами, значения которых в определенном смысле коррелируют с содержанием в волосах Na, K, Ca (Демидов, 2001). Футболисты, властные, отличаются от «контроля» более низким индексом массы тела и весом, что может способствовать формированию относительно более высокого уровня упомянутых макроэлементов.

При рассмотрении эссенциальных (жизненно важных) микроэлементов (табл.2.), у футболистов нами выявлены более высокие, по сравнению с контролем, значения концентраций в волосах всех показателей, кроме Zn и Se. Максимально повышенными в волосах спортсменов оказались concentra-

Таблица 2. Содержание некоторых эссенциальных микроэлементов в волосах профессиональных футболистов (мг/кг,  $M \pm m$ ).

Элемент	Вратарь n = 13	Защитник n = 54	Нападающий n = 35	Полузащитник n = 47	Футболисты, все'o n = 149	Москвичи n = 490
Co	0,07 ± 0,02	0,12 ± 0,03	0,1 ± 0,02	0,1 ± 0,02	<b>0,11 ± 0,01</b>	<b>0,07 ± 0</b>
Cr	1,12 ± 0,36	0,9 ± 0,19	0,94 ± 0,13	0,78 ± 0,07	<b>0,89 ± 0,08</b>	<b>0,66 ± 0,05</b>
Si	21,21 ± 2,58	23,32 ± 2,09	20,96 ± 3,36	21,65 ± 2	<b>22,05 ± 1,27</b>	<b>15,1 ± 0,65</b>
Fe	30,21 ± 6,23	26,17 ± 4,88	33,73 ± 6,27	20,74 ± 1,72	<b>26,58 ± 2,44</b>	<b>20,56 ± 1,75</b>
Mn	1,47 ± 0,49	1,22 ± 0,25	1,23 ± 0,25	0,77 ± 0,09	<b>1,1 ± 0,12</b>	<b>0,52 ± 0,03</b>
Zn	187 ± 14	204 ± 6	184 ± 8	196 ± 7	195 ± 4	187 ± 2
Se	1,33 ± 0,29	1,48 ± 0,15	1,43 ± 0,16	1,21 ± 0,14	1,37 ± 0,08	1,21 ± 0,12

Таблица 3. Содержание некоторых условно-эссенциальных микроэлементов в волосах профессиональных футболистов (мг/кг,  $M \pm m$ ).

Элемент	Вратарь n = 13	Защитник n = 54	Нападающий n = 35	Полузащитник n = 47	Футболисты, все'o n = 149	Москвичи n = 490
Li	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,04 ± 0	<b>0,05 ± 0</b>	<b>0,03 ± 0</b>
Ni	0,41 ± 0,12	0,72 ± 0,23	0,43 ± 0,1	0,36 ± 0,04	0,51 ± 0,09	0,41 ± 0,04
Sn	0,85 ± 0,19	0,71 ± 0,09	0,93 ± 0,14	0,82 ± 0,13	<b>0,81 ± 0,06</b>	<b>0,4 ± 0,04</b>
Ti	0,68 ± 0,18	0,53 ± 0,09	0,55 ± 0,08	0,52 ± 0,08	<b>0,55 ± 0,05</b>	<b>0,81 ± 0,04</b>
V	0,11 ± 0,03	0,12 ± 0,02	0,1 ± 0,02	0,12 ± 0,02	<b>0,11 ± 0,01</b>	<b>0,08 ± 0</b>
Si	81 ± 31	34,5 ± 5	32 ± 6	52 ± 7	<b>43 ± 4</b>	<b>32 ± 2</b>

ции Mn (в 2,1 раза), Co (1,6 раза), Si (1,5 раза) — важнейших МЭ в регуляции нейромедиаторных процессов, тканевого дыхания (Si, Mn), синтеза соединительной ткани (Si, Mn), а также обеспечения организма кислородом (Co, Si, Fe). Кроме того, Mn, Fe, Si влияют на активацию свободнорадикальных процессов, активируя ПОЛ ( $Cu^{2+}$ ;  $F e^{\wedge}$ ), активацию супероксиддисмутаз (Mn, Si), каталазы (Fe) и церулоплазмину (Si).

Усиленный метаболизм указанных МЭ может также отражать воздействие тренировочного процесса и соревнований, а также фармакологических средств на гемопоэз, скорость и объем циркуляции крови, процессы утилизации глюкозы (Mn, Cr). На фоне этих изменений внимание привлекает отсутствие достоверных различий между футболистами и контрольной группой по содержанию Zn и Se — важнейших элементов с биокаталитическими, иммуно- и гормоно модулирующими свойствами. К тому же селен является микроэлементом, обладающим выраженными антиоксидантными свойствами (регуляция активности ГПО), а также активирует Si-, Zn-СОД, карбоангидразу, влияет на активацию более 200 ферментов (ЛДГ, СДГ, ЩФ и множество других, в основном дегидрогеназ). Этот факт можно расценить как относительный дефицит Zn и Se у отечественных футболистов, который, по-видимому, не восполняется при существующих рационах питания и фармакологической поддержке спортсменов. Формирующиеся дисбалансы, например, Zn

и Si, могут повышать склонность спортсменов к иммунодефицитным состояниям, воспалительным процессам, болезням кожи, повышать их чувствительность к гипоксии (дефицит цинка). Даже относительный дефицит цинка может отрицательно влиять на скорость заживления ран и восстановление после травм и переломов костей. Соотношение Zn/Si, Zn/Fe у футболистов в 1,2-1,4 раза отличается от контроля, а эти МЭ известны своим антагонизмом при усвоении в ЖКТ, распределении в организме и воздействии на биохимические процессы. Уровень таких условно-эссенциальных элементов в волосах футболистов как As, Li, Sn, V, Si повышен (табл.3), тогда как Ti — снижен, а содержание Ni и Al не отличается от контроля. Обращает на себя внимание существенно повышенная концентрация в волосах кадмия (в 1,8 раза по сравнению с контролем), в то время как уровень свинца — наиболее значимого металла-поллютанта — практически не отклонен от контроля. Исходя из биологической роли химических элементов, можно предположить наличие определенной связи между относительно низким уровнем Zn в волосах и повышением содержания его антагонистов — Ca, Fe, и, особенно, Si и Cd; понижением концентрации селена и, соответственно, повышением As, Hg и Cd; относительным понижением концентрации P, Ti, Al, Sr, Pb и повышением — Ca и Mg.

Естественно, не стоит рассматривать все выявленные отклонения только с негативной точки зрения, так как они во многом, вероятно, носят адапта-

ционно-приспособительный к повышенным спортивным нагрузкам характер, отражают специфику физиологических процессов у профессионалов. Однако не исключено, что формирующиеся дисбалансы макро- и микроэлементов могут стать одним из факторов, отрицательно влияющих на функциональные параметры футболистов, повышенный риск заболеваний и формирующий предпосылки для ускорения патологических процессов после окончания спортивной карьеры.

Известно, что в зависимости от игровой специализации футболисты испытывают различные по объему и требованиям к функциональному состоянию организма нагрузки. В связи с этим, мы разделили всех обследуемых футболистов на группы в соответствии с выполняемыми игровыми функциями и сравнили элементный состав их волос. Как видно из данных, представленных в таблицах 1-3, между группами футболистов обнаруживаются существенные различия в показателях минерального обмена. Так, у вратарей наблюдается максимальная концентрация в волосах всех макроэлементов, а также  $Mn$ ,  $Si$ ,  $Cr$ ,  $Ti$ . Особенно выделяются вратари повышенным уровнем магния (в 1,7 раза выше, чем в среднем у полевых игроков), натрия (в 1,6 раза), кальция (в 1,5 раза) и калия (в 1,5 раза).

Среди микроэлементов максимально повышен уровень кремния и марганца (соответственно, в 2,0 и 1,4 раза по сравнению со средними значениями для полевых игроков). Интересным следует считать факт минимального содержания кобальта в волосах вратарей.

Для полузащитников, в свою очередь, наиболее свойственны минимальные (по отношению ко всем футболистам в целом) концентрации многих из изученных химических элементов. К ним относятся  $Ca$ ,  $Mg$ ,  $Na$ ,  $P$ , а также  $Mn$ ,  $Cr$ ,  $Fe$ ,  $Ni$ ,  $Li$ ,  $Ti$ ,  $Al$ ,  $As$ ,  $Cd$ .

Исходя из общепатологических представлений, относительно низкий уровень большинства макро- и микроэлементов в этой группе можно расценить как следствие максимальных физических и эмоциональных нагрузок, свойственных полузащитникам в наибольшей степени.

Возможно, эти данные служат указанием на необходимость коррекции подходов к организации питания и фармакологического обеспечения этой группы футболистов, что, конечно же, требует дальнейших углубленных исследований и доказательств с помощью лабораторных и функциональных показателей.

«Элементные портреты», полученные на полузащитников и нападающих, наиболее соответствуют усредненным показателям. Обращают на себя внимание максимальные концентрации в волосах защитников  $Si$ ,  $Co$ ,  $Zn$ ,  $Se$ ,  $Al$  и  $As$  и минимальные — макроэлемента-электролита калия и тяжелых металлов олова и свинца.

Нападающие отличаются от остальных футболистов максимальным уровнем  $Fe$ ,  $Li$ ,  $Sn$  тенденцией к пониженному содержанию  $Zn$  и  $Si$  в волосах.

Таким образом, нами впервые с помощью многоэлементного анализа волос выявлены особенности элементного статуса футболистов и его связь с игровой специализацией.

Дальнейшее углубленное изучение элементного обмена футболистов может привести к пересмотру и целенаправленной коррекции рационов питания для приведения их в соответствие игровой амплитуде, включению в фармпрограммы препаратов, регулирующих обмен макро- и микроэлементов.

## Литература

- Демидов В.А. 2001. Сравнительная эколого-физиологическая характеристика элементного гомеостаза жителей различных районов Московской области: Дис... канд. биол. наук. М. 128 с.
- Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Тутельян В. А., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А.Р., Кузнецов В. В. 2003. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). М.: ФЦГСЭН МЗ РФ. 56 с.
- Насолодин В.В., Русин В.Я., Воронин С.М. 1997. Профилактика дефицита микроэлементов в организме спортсменов // Сб. науч. трудов Ярославского ПИ. С. 24-25.
- Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А. Р., Кузнецов В.В., Маймулов В.Г., Лимин Б.В. 2003а. Методика определения микроэлементов в диагностирующих биосубстратах атомно-эмиссионной спектроскопией с индуктивно связанной аргоновой плазмой. Методические рекомендации. Утверждены ФЦГСЭН МЗ РФ 29.01.2003. М.: ФЦГСЭН МЗ РФ. 17 с.
- Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Скальный А.В., Демидов В. А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А.Р., Кузнецов В.В., Тимофеев П.В. 2003б. Методика определения микроэлементов в диагностируемых биосубстратах методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Методические рекомендации. Утверждены ФЦГСЭН МЗ РФ 26.03.2003. М.: ФЦГСЭН МЗ РФ. 24 с.
- Сейфулла Р.Д., Орджоникидзе З.Г., Орджоникидзе Г.З., Гершбург М.И., Исаева Е.Н., Кулес В.Г., Куликова Е.В., Лиошенко В.Г., Михайлова А.В., Насонов А.С., Панюшкин В.В., Португалов С.Н., Рожкова Е.А., Санинский В.Н., Сейфулла Н.Р., Скальный А.В., Хованцева Е. А., Эмирова Л.Р. 2003. Лекарства и БАД в спорте: Практическое руководство для спортивных врачей, тренеров и спортсменов. М.: Литтерра. 320 с.
- Скальный А.В. 2000. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов. Дисс. ... докт. мед. наук. М. 352 с.
- Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Громова О.А. 2000.

Макро и микроэлементы в физической культуре и спорте. М.: КМК. 71 с.

Bunner S.P., McGinnis R. 1998. Chromium-induced hypoglycemia//Psychosomatics. Vol.39. No.3. P.298-299.

Khaled S., Brun J.F., Micallel J.P., Bardet L., Cassanas G., Monnier J.F., Orsetti A. 1997. Serum zinc and blood rheology in sportsmen (football players) // Clin. Hemorheol. Microcirc. Vol. 17. No.1. P.47-58.

Singh A., Papanicolaou D.A., Lawrence L.L., Howell E.A., Chrousos G.P., Deuster P.A. 1999. Neuroendocrine responses to running in women after zinc and vitamin E, supplementation//Med. Sci. Sports Exerc. Vol.31. No.4. P.536-542.