

УДК 613.65

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ СПОРТСМЕНОВ (БОРЦОВ)

© 2019 г. И. П. Зайцева^{1, *}, О. Н. Зайцев²

¹Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

²Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия

*E-mail: irisha-zip@yandex.ru

Поступила в редакцию 07.04.2017 г.

После доработки 28.03.2018 г.

Принята к публикации 01.06.2018 г.

Напряженность обменных процессов при физических нагрузках возрастает, что ведет к увеличению потребности в макро- и микроэлементах. Проведена оценка элементного состава волос 54 юношей-борцов с различным уровнем физической нагрузки: высокой, средней и низкой. Для элементного анализа использовали проксимальные части прядей волос длиной 3–4 см. Анализ проводили методом ИСП-МС. Показано, что занятие спортом отражается в виде повышенного содержания в волосах юношей целого ряда химических элементов. Так отмечено, что интенсивная физическая нагрузка сопряжена с повышением содержания макроэлементов Ca, Mg, P, K, Na, эссенциальных микроэлементов Fe, Mn, Co, Mo, условно эссенциальных микроэлементов B, Li, Sb, а также токсикантов Pb и Cd. При этом в волосах снижается содержание Cu, Se и токсиканта Hg. Можно предположить, что наиболее подвержен изменениям во время занятий борьбой обмен макроэлементов. При этом повышенное содержание макроэлементов в волосах скорее свидетельствует об их усиленном “кругообороте”, метаболизме у спортсменов, а не об их избытке. В статье рассматриваются возможные причины и взаимосвязи выявленных изменений. Показатели обмена макро- и микроэлементов у спортсменов должны быть под пристальным вниманием спортивных врачей из-за повышенного риска развития нарушений по целому ряду элементов, в особенности, макроэлементов-электролитов. При этом необходим персонализированный подход к определению элементного статуса спортсменов в виду того, что различные виды спорта по-разному отражаются на обмене макро- и микроэлементов. Это позволит более тонко оценивать эффекты повышенной физической нагрузки на индивидуальные показатели метаболизма, своевременно выявлять и корректировать неблагоприятные сдвиги, которые могут приводить к снижению уровня физических резервов, адаптации к занятию спортом и уменьшению риска заболеваемости и травм.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, волосы, борцы, спортсмены, физическая нагрузка.

DOI: 10.1134/S013116461901017X

Элементный статус – содержание макро- и микроэлементов в волосах – является отражением происходящих в организме человека биохимических процессов. Согласно современным представлениям, элементный состав волос лучше других биоиндикаторных сред отражает длительное воздействие на человека как повышенных концентраций комплекса химических элементов, так и обеспечение физиологических потребностей в них. Хорошо известно, что элементный состав волос, отбираемых для анализа (длина около 3–4 см от корня) отражает статус за период предшествующих анализу 3–6 мес [1, 2].

Отклонения в содержании химических элементов, вызванные экологическими, профессиональными, климатогеографическими факторами

или заболеваниями, приводят к широкому спектру нарушений в состоянии здоровья [3].

У спортсменов при больших нагрузках напряженность обменных процессов резко возрастает, а значит, увеличивается и потребность в макро- и микроэлементах [4, 5]. Заболевания, вызванные дефицитом, избытком или дисбалансом микроэлементов в организме, постоянно возрастает [3, 6].

На примере профессиональных футболистов показано формирование дисбаланса макро- и микроэлементов, что может быть одним из факторов, отрицательно влияющих на их функциональные параметры, формировать повышенный риск заболеваний и предпосылки для ускорения патологических процессов после окончания спортивной карьеры [7]. Обнаруженная общая закономер-

ность у спортсменов при анализе динамики элементного состава волос в виде возрастания в конце сезона количества и выраженности дефицитов эссенциальных химических элементов, а после отдыха (восстановительный период) их снижения, подтверждает влияние физической нагрузки на обмен макро- и микроэлементов в организме [8, 9].

На основании ранее проведенных нами исследований по изучению влияния физической нагрузки на обмен макро- и микроэлементов в различных биосредах девушек-спортсменок выявлены характерные дисэлементозы [10, 11]. Так при интенсивной физической нагрузке у спортсменок выявлено избыточное накопление в волосах макроэлементов (кальция, калия, магния, натрия), микроэлементов (хрома, железа, марганца и ряда токсичных элементов на фоне дефицита меди, кремния и ванадия, а также более низкого уровня токсичных олова и ртути. Однако необходимо учитывать гендерные различия в обмене химических элементов.

Известно, например, что, начиная с периода полового созревания и до пожилого возраста, элементный состав волос женщин достоверно отличается повышенным содержанием кальция (в 1.8 раза), магния (в 1.7 раза), меди и цинка, а элементный состав мужчин — повышенным содержанием натрия, калия (в 1.6 раза), железа (в 2 раза), хрома (в 1.4 раза), мышьяка (в 1.3 раза), алюминия (в 2.3 раза), свинца (в 1.5 раза) и кадмия (в 1.4 раза). В то же время, содержание в волосах йода, марганца, селена от пола не зависит [12].

В данной работе проведена оценка элементного состава волос юношей-спортсменок с различным уровнем физической нагрузки.

МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие 54 чел: 22 студента-спортсмена с высокой физической активностью, занимающихся самбо и дзюдо 4 и более раз в нед., 16 студентов со средней физической активностью, занимающихся 2–3 раза в нед. Контролем служили 16 студентов с низкой физической активностью.

Образцы волос получали путем состригания с 3–5 участков на затылочной части головы в количестве около 50–100 мг. Пробы помещали в специальные пакеты, затем в конверты с идентификационными записями. Для элементного анализа волос использовали проксимальные части прядей длиной 3–4 см, пробоподготовку проводили согласно МУК4.1.1482-03, МУК4.1.1483-03 “Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой”, разработанным в АНО “Центр биотиче-

ской медицины” (г. Москва) и утвержденным МЗ РФ в 2003 г.

Анализ волос на содержание макро- и микроэлементов проводили в клинико-диагностической лаборатории АНО “Центр биотической медицины” по медицинской технологии “Выявление и коррекция нарушений минерального обмена организма человека” (Регистрационное удостоверение № ФС-2007/128 от 09 июля 2007 г.). Анализ проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (ИСП-МС) на приборе *Nexion 300D + NWR213* (*Perkin Elmer*, США).

Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи программных пакетов *Microsoft Excel XP* (*Microsoft Corp.*, США) и *Statistica 6.0* (*StatSoft Inc.*, США). Ввиду того, что распределение значений изучаемых признаков в выборке оказалось отличным от нормального, в работе в качестве описательных характеристик помимо средних значений использовали медианы. Парное сравнение групп проводили с использованием *U*-критерия Манна–Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ элементного состава волос юношей из различных групп выявил целый спектр различий (табл. 1). Так, различия в содержании макроэлементов однонаправлены для пары кальция и фосфор: в группе с высокой физической активностью содержание данных элементов достоверно выше по сравнению с группой малоактивных юношей. Для пары макроэлементов калия и натрия характерно значительно более высокое накопление в волосах у юношей с высокой активностью в сравнении с группой средней физической активности.

Достоверные различия между группами выявлены для следующих микроэлементов: медь, железо, кобальт, марганец, селен. Содержание железа и марганца в группе с высокой физической активностью выше не только по сравнению с группой низкой активности, но и по сравнению с группой средней активности. А для меди и селена характерна обратная зависимость: в группе с низкой активностью содержание данных микроэлементов в волосах выше, чем у высокоактивной группы.

Содержание в волосах кадмия и свинца было более высоким в группе с высокой физической активностью по сравнению с двумя другими группами. Однако для ртути наблюдается обратная закономерность — содержание данного токсиканта в волосах юношей в группе с высокой активностью достоверно ниже средней группы.

Отмечено достоверно более низкое содержание бора в волосах юношей со средней физической активностью по сравнению с группами вы-

Таблица 1. Содержание в волосах макро- и микроэлементов у юношей с различной физической активностью, *Me* (*q25–q75*)*, мкг/г

Химические элементы	Группа 1 (высокая активность)	Группа 2 (средняя активность)	Группа 3 (низкая активность)	<i>p</i> , группа		
				3/2	1/2	1/3
Токсичные и потенциально токсичные микроэлементы						
As	0.0301 (0.0233–0.0387)	0.021 (0.021–0.0431)	0.0347 (0.021–0.0719)	0.220	0.163	0.765
Ag	0.072 (0.04–0.142)	0.041 (0.031–0.059)	0.03 (0.019–0.058)	0.259	0.322	0.053
Al	6.6 (5.7–8.8)	5.1 (3.3–8.6)	5.7 (3.6–12.2)	0.851	0.204	0.515
Bi	0.0127 (0.0003–0.076)	0.0274 (0.0139–0.0352)	0.0245 (0.0181–0.0457)	0.730	0.405	0.378
Cd	0.0309 (0.0189–0.0521)	0.0104 (0.0069–0.0223)	0.0143 (0.0054–0.0294)	0.821	0.002	0.002
Hg	0.26 (0.179–0.531)	0.51 (0.429–1.099)	0.528 (0.192–1.995)	0.734	0.023	0.287
Pb	1.199 (0.692–2.012)	0.354 (0.232–0.759)	0.605 (0.204–0.907)	0.572	0.001	0.005
Sb	0.0236 (0.0088–0.0908)	0.0153 (0.0056–0.0367)	0.0111 (0.0084–0.016)	0.369	0.322	0.045
Sn	0.081 (0.071–0.107)	0.078 (0.05–0.134)	0.086 (0.043–0.164)	0.910	0.929	0.976
Tl	0.0002 (0.0002–0.0005)	0.0004 (0.0002–0.0005)	0.0004 (0.0003–0.0009)	0.255	0.306	0.107
Условно эссенциальные микроэлементы						
B	0.538 (0.378–0.817)	1.395 (0.856–1.947)	0.558 (0.325–1.004)	0.010	0.002	0.929
Li	0.0121 (0.0102–0.0156)	0.0153 (0.006–0.0511)	0.006 (0.006–0.0114)	0.027	0.403	0.018
Ni	0.19 (0.125–0.284)	0.18 (0.139–0.45)	0.214 (0.116–0.318)	0.546	0.723	0.929
Si	19 (14.9–35.4)	21.1 (17–28.3)	18 (13.5–24.2)	0.429	0.882	0.657
Sr	1.37 (0.59–4.44)	0.76 (0.52–1.24)	0.7 (0.48–1.95)	0.908	0.166	0.275
V	0.024 (0.0162–0.0403)	0.024 (0.0085–0.0683)	0.0342 (0.007–0.083)	0.940	0.679	0.813
Ge	0.0009 (0.0009–0.0085)	0.0009 (0.0009–0.0049)	0.0032 (0.0009–0.0067)	0.680	0.788	0.572
Rb	0.0456 (0.0279–0.0878)	0.0958 (0.0497–0.2344)	0.0879 (0.0239–0.2565)	0.836	0.191	0.418
Макроэлементы						
Ca	529 (389–1047)	545 (349–749)	376 (265–525)	0.142	0.442	0.023
K	261.6 (64.9–447.1)	92 (33.1–196.8)	84 (27.3–208.4)	0.763	0.048	0.110
Mg	48 (33–77)	41 (17–82)	35 (24–54)	0.792	0.359	0.092
Na	472.5 (106.1–1226.1)	102.4 (51.3–172)	229.6 (92.1–339)	0.132	0.005	0.051
P	175 (158–189)	157 (144–180)	157 (150–169)	0.706	0.139	0.017
Эссенциальные микроэлементы						
Co	0.0146 (0.0091–0.0235)	0.0101 (0.0064–0.0148)	0.007 (0.0051–0.0153)	0.327	0.110	0.036
Cr	0.418 (0.338–0.628)	0.236 (0.138–0.537)	0.356 (0.265–0.506)	0.474	0.071	0.147
Cu	11 (9.1–13.1)	15.7 (11.6–21.5)	13.2 (11.3–24.6)	0.910	0.020	0.036
Fe	18.2 (13–20)	12.8 (9.9–14.5)	10.4 (8.6–12.3)	0.152	0.013	0.003
I	0.429 (0.159–0.838)	0.716 (0.231–2.295)	0.372 (0.15–1.375)	0.595	0.300	0.813
Mn	0.595 (0.421–0.937)	0.186 (0.144–0.283)	0.275 (0.13–0.464)	0.291	0.000	0.005
Mo	0.0326 (0.0285–0.0473)	0.0306 (0.0215–0.0339)	0.024 (0.0231–0.0368)	0.765	0.219	0.052
Se	0.306 (0.285–0.363)	0.404 (0.31–0.556)	0.369 (0.315–0.467)	0.734	0.021	0.012
Zn	193 (171–232)	199 (154–247)	197 (187–244)	0.474	0.790	0.329

Примечание: *Me* – медиана, *q25* – нижний квартиль, *q75* – верхний квартиль. Полуширным отмечены значения *p* < 0.05, свидетельствующие о достоверности отличий.

сокой (в 2.6 раза) и низкой активности (в 2.5 раза). В группе юношей с низкой физической активностью достоверно более низкое содержание в волосах лития по сравнению с другими исследуемыми группами.

Для таких элементов как барий и сурьма имеет место повышенное накопление в волосах юношей в группе с высокой физической активностью по сравнению с малоактивной группой.

Как видно из полученных результатов, группа юношей со средней физической активностью не является показательной, т.к. в нее входят люди с различными физическими данными и при статистическом анализе нет возможности учесть все особенности обследуемого контингента.

Таким образом, занятие спортом отражается в виде повышенного содержания в волосах юношей макроэлементов Ca, Mg, P, K, Na, эссенциальных микроэлементов Fe, Mn, Co, Mo, условно эссенциальных микроэлементов B, Li, Sb, а также токсикантов Pb и Cd. При этом в волосах снижается содержание Cu, Se и токсиканта Hg.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Повышенная физическая нагрузка у юношей-борцов не вызвала достоверных изменений показателей содержания в волосах таких эссенциальных микроэлементов как цинк, йод, хром, условно-эссенциальных микроэлементов никеля, серебра, кремния, рубидия, висмута, германия, ванадия и стронция, токсикантов алюминия и олова. Однако из полученных результатов видно, что обмен макроэлементов во время занятий борьбой в значительной степени подвержен изменениям. При этом повышенное содержание макроэлементов в волосах скорее свидетельствует об их усиленном “кругообороте”, метаболизме у спортсменов [13], а не об их избытке. Косвенным подтверждением этому может служить исследование, в котором показано, что под влиянием токсической нагрузки повышение уровня макроэлементов в волосах может отражать их увеличенный отток из организма [14].

Также в повышенных количествах в волосах борцов обнаруживаются микроэлементы, для которых объединяющим является влияние на кровотворение и тканевое дыхание (железо, марганец, кобальт, медь), обмен мочевой кислоты, серосодержащих соединений (молибден). Важно отметить, что повышение содержания железа, марганца, молибдена в волосах коррелируется со снижением уровня их функционального антагониста меди [15], а тяжелых металлов свинца и кадмия – со снижением уровня селена.

Относительный дефицит меди на фоне повышенного содержания цинка и повышенного уровня железа, марганца, молибдена и кобальта, харак-

терных для представителей мужского пола [16], может быть отражением выраженной маскулинизации юношей-борцов. Справедливо предположить, что наблюдаемое снижение уровня меди в биоиндикаторных субстратах может являться следствием интенсификации экскреции данного металла, вызванной физической нагрузкой [17].

Повышение перечисленных химических элементов в волосах, как правило, совпадает с повышением их уровня в сыворотке крови и цельной крови (свинец) [18–20]. Тем не менее, данные по обмену эссенциальных и токсичных микроэлементов при больших физических нагрузках противоречивы [21, 22].

Выявленное повышение содержания в волосах кадмия и свинца при интенсивной физической нагрузке возможно объясняется профессиональными контактами. Интересно, что в волосах юношей отмечен одновременно более низкий уровень двух микроэлементов-антагонистов ртути и селена, что можно расценить как индикатор общих для обоих микроэлементов сдвигов в метаболизме. Выраженным антагонистом меди является кадмий, они конкурируют за связь с металлотеоинеином. Содержание токсиканта в волосах спортсменов-борцов повышено по сравнению с группой низкой активности. В России и за рубежом проведены многочисленные исследования, в которых показана прямая зависимость между уровнем нагрузки популяции и индивидуума Pb (свинец), As (мышьяк), Hg (ртуть), Cd (кадмий), Ni (никель), Cr (хром) и концентрациями этих элементов в волосах [23], профессиональной специализацией спортсменов и элементным составом волос [24]. Токсичные и условно токсичные элементы, обладая рядом негативных свойств, способны лимитировать физические резервы организма, путем реализации универсальных механизмов токсичности, таких как окислительный стресс, воспаление [25] и в некоторых случаях эндоплазматический стресс [26]. Учитывая роль данных процессов в развитии декомпенсации при интенсивной физической нагрузке [27], лимитирование воздействия токсичных металлов и металлоидов на организм спортсменов является важной задачей.

Полученные данные о повышенном содержании железа в волосах при интенсивной физической нагрузке, с одной стороны, согласуются с данными экспериментальных [28], и клинических исследований [29], с другой стороны существует большое количество работ, указывающих на дефицит железа и тенденцию к повышенному расходу его у профессиональных спортсменов [30]. В частности, было показано, что интенсивная физическая нагрузка оказывает существенное влияние на обмен железа в организме, сопровождаясь увеличением потребности в поступлении данного металла с пищей [31, 32].

Содержание кобальта в волосах юношей из группы высокой физической активности достоверно выше по сравнению с группой низкой активности. Этот факт подтверждает гипотезу о роли кобальта в физической выносливости [33]. Кроме этого, ранее было показано, что дети с пониженными функциональными резервами характеризуются снижением уровня сывороточного кобальта [34]. Одним из объяснений взаимосвязи уровня кобальта и физической формы может быть то, что кобальт стимулирует эритропоэз, и, следовательно, повышает выносливость к физической активности [35].

Выявленное снижение содержания меди и селена в волосах борцов требует пристального внимания. Известно, что дефицит меди является одним из отрицательных факторов, влияющих на заболеваемость пневмонией ($r = 0.50$, $p < 0.05$) [36]. Показана связь между высокой частотой дефицита меди в популяции (взрослые) и распространением остеопороза ($r = 0.51$; $p < 0.05$) [37, 38]. На популяционном уровне показано, что низкий уровень в волосах меди, отражающий в определенной степени низкую обеспеченность этим элементом рациона питания повышает риск смертности и, соответственно, сокращение продолжительности жизни у взрослых. Ранее было показано, что повышение частоты дефицита селена коррелирует ($r = 0.56$; $p < 0.02$) с ростом заболеваемости пневмониями у взрослых, так как нехватка этого универсального антиоксиданта сочетается с повышенным накоплением в организме тяжелых металлов олова и никеля, тропных к легочной ткани [39].

Кроме того, важным моментом является выраженное влияние дефицита меди и селена на антиоксидантную систему организма, работа которых подвержена напряжению в процессе адаптации к повышенным физическим нагрузкам (Cu, Zn-супероксиддисмутаза, церулоплазмин, глутатионпероксидаза) и синтез соединительной ткани [40]. Наблюдаемое снижение содержания меди и селена в волосах может быть вызвано как возрастанием потребности организма в этих элементах, так и усилением их экскреции [41].

Полученные данные о содержании макро- и микроэлементов в волосах студентов находятся в пределах российских референтных значений [42–44], что позволяет экстраполировать выявленные взаимосвязи на общую популяцию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных данных можно предположить, что высокая физическая нагрузка, в частности, регулярные занятия борьбой, оказывают существенное влияние на обмен электролитов, микроэлементов, влияющих на кроветворе-

ние и антиоксидантный статус организма (селен, медь). Типичным элементным портретом исследуемой группы юношей является повышенное содержание в волосах железа, марганца, кобальта, меди, молибдена, а также токсикантов свинца и кадмия на фоне более низких показателей меди и селена, а также ртути.

Широкое внедрение в практику спортивной медицины персонализированного подхода к определению элементного статуса спортсменов позволит более тонко оценивать эффекты повышенной физической нагрузки на индивидуальные показатели метаболизма, своевременно выявлять и корректировать неблагоприятные сдвиги, которые могут приводить к снижению уровня физических резервов, адаптации к занятию спортом и уменьшению риска заболеваемости и травм.

Работа выполнена в рамках проекта № 544 в рамках базовой части государственного задания на НИР Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Pangborn J.* Mechanisms of detoxification and procedures for detoxification. Chicago: Doctor's Data, 1994. 143 p.
2. *Passwater R.A., Cranton E.M.* Trace elements, hair analysis and nutrition. New Canaan: Keats Publ., 1983. 420 p.
3. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Руш М.А., Строчкова Л.С.* Микроэлементы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
4. *McClung J.P., Gaffney-Stomberg E., Lee J.J.* Female athletes: A population at risk of vitamin and mineral deficiencies affecting health and performance // *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2014. V. 28. № 4. P. 388.
5. *Радыш И.В., Скальный А.В.* Введение в медицинскую элементологию. М.: РУДН, 2015. 200 с.
6. *Bailey R.L., West Jr K.P., Black R.E.* The epidemiology of global micronutrient deficiencies // *Annals of Nutrition and Metabolism.* 2015. V. 66. Suppl. 2. P. 22.
7. *Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Катулин А.Н.* Элементный статус профессиональных футболистов и его коррекция. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005. 127 с.
8. *Фесенко А.Г., Скальный А.В., Панкова Н.Б. и др.* Элементный статус и динамика функционального развития организма девушек-регбисток в соревновательный период // *Микроэлементы в медицине.* 2011. Т. 12. № 1–2. С. 27.
9. *Цыган В.Н., Скальный А.В., Мокеева Е.Г.* Спорт. Иммунология. Питание. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. 240 с.
10. *Зайцева И.П.* Элементный профиль волос девушек-спортсменок // *Микроэлементы в медицине.* 2013. Т. 14. № 3. С. 36.
11. *Зайцева И.П., Скальный А.А.* К вопросу об обосновании необходимости оценки и коррекции эле-

- ментного статуса при постоянном повышении уровня физической нагрузки // Вестник восстановительной медицины. 2013. № 6. С. 55.
12. *Зайцева И.П.* Влияние физической нагрузки на содержание макро- и микроэлементов в волосах девушек // Микроэлементы в медицине. 2015. Т. 16. № 1. С. 36.
 13. *Pašalić A., Jusupovic F., Rudić A. et al.* Habits of fluid and electrolytes intake in elite athletes // Journal of Health Sciences. 2015. V. 5. № 1. P. 15.
 14. *Grabeklis A.R., Skalny A.V., Nechiporenko S.P., Lakarova E.V.* Indicator ability of biosubstances in monitoring the moderate occupational exposure to toxic metals // J. Trace Elem. Med. Biol. 2011. V. 25. Suppl 1: S41.
 15. *Скальный А.В., Рудаков И.А.* Биоэлементы в медицине. М.: Оникс 21 век: Мир, 2004. 272 с.
 16. *Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Катулин А.Н.* Питание в спорте: макро- и микроэлементы. М.: Городец, 2005. 144 с.
 17. *Braakhuis A.J.* Effect of vitamin C supplements on physical performance // Current sports medicine reports. 2012. V. 11. № 4. P. 180.
 18. *Зайцева И.П., Агаджанян Н.А., Скальный А.В. и др.* Влияние профессиональной физической нагрузки различного уровня у девушек-спортсменок на содержание макро- и микроэлементов в различных биоиндикаторных средах // Теория и практика физической культуры. 2016. № 6. С. 45.
 19. *Скальный А.В., Лакарова Е.В., Кузнецов В.В., Скальная М.Г.* Аналитические методы в биоэлементологии. СПб.: Наука, 2009. 264 с.
 20. *Grabeklis A.R., Skalny A.V., Nechiporenko S.P., Lakarova E.V.* Indicator ability of biosubstances in monitoring the moderate occupational exposure to toxic metals // J. Trace Elem. Med. Biol. 2011. V. 25. Suppl 1: S41.
 21. *Speich M., Pineau A., Ballereau F.* Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity // Clin. Chim. Acta. 2001. V. 312. № 1–2. P. 1.
 22. *Volpe S.L., Nguyen H.* Vitamins, Minerals, and Sport Performance // Ed. Maughan R.J. The Encyclopaedia of Sports Medicine: An IOC Medical Commission Publication. 2013. V. 19. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.
 23. *Скальный А.В.* Физиологические аспекты применения макро- и микроэлементов в спорте. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005. 210 с.
 24. *Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Катулин А.Н.* Питание в спорте: макро- и микроэлементы. М.: Городец, 2005. 144 с.
 25. *Jotova K., Valko M.* Advances in metal-induced oxidative stress and human disease. Toxicol // Science and Education Publishing. 2011. V. 283. № 2–3. P. 65.
 26. *Kitamura M., Hiramatsu N.* The oxidative stress: endoplasmic reticulum stress axis in cadmium toxicity // Biometals. 2010. V. 23. № 5. P. 941.
 27. *Deldicque L., Hespel P., Francaux M.* Endoplasmic reticulum stress in skeletal muscle: origin and metabolic consequences // Exercise and sport sciences reviews. 2012. V. 40. № 1. P. 43.
 28. *Zhao J., Fan B., Wu Z. et al.* Serum zinc is associated with plasma leptin and Cu–Zn SOD in elite male basketball athletes // J. Trace Elements in Medicine and Biology. 2015. V. 30. P. 49.
 29. *Pasricha S.R., Low M., Thompson J. et al.* Iron supplementation benefits physical performance in women of reproductive age: a systematic review and meta-analysis // The J. nutrition. 2014. V. 144. № 6. P. 906.
 30. *Koehler K., Braun H., Achtzehn S. et al.* Iron status in elite young athletes: gender-dependent influences of diet and exercise // European Journal of Applied Physiology. 2012. V. 112. № 2. P. 513.
 31. *Троегубова Н.А., Рылова Н.В., Самойлов А.С.* Микронутриенты в питании спортсменов // Практическая медицина. 2014. № 1. С. 46.
 32. *Latunde-Dada G.O.* Iron metabolism in athletes - achieving a gold standard // European Journal of Haematology. 2013. V. 90. № 1. P. 10.
 33. *Lippi G., Franchini M., Guidi G.C.* Blood doping by cobalt. Should we measure cobalt in athletes? // J. Occupational Medicine and Toxicology. 2006. V. 1. № 1. P. 18.
 34. *Детков В.Ю., Скальный А.В., Карганов М.Ю. и др.* Дефицит кобальта у детей с низким уровнем функциональных резервов // Технологии живых систем. 2013. Т. 10. № 7. С. 22.
 35. *Jelkmann W.* The disparate roles of cobalt in erythropoiesis, and doping relevance // Open J. Hematology. 2012. V. 3. № 1. P. 1.
 36. *Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю. и др.* Элементный статус населения России. Ч. 3: Элементный статус населения Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. СПб.: Медкнига “ЭЛБИ-СПб”, 2012. 447 с.
 37. *Скальная М.Г., Скальный А.В.* Микроэлементы: биологическая роль и значение для медицинской практики. Сообщение 1. Медь // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015. № 1. С. 15.
 38. *Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю. и др.* Элементный статус населения России. Ч. 4: Элементный статус населения Приволжского и Уральского федеральных округов. СПб.: Медкнига “ЭЛБИ-СПб”, 2013. 575 с.
 39. *Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю. и др.* Элементный статус населения России. Ч. 5: Элементный статус населения Сибирского и Дальневосточного федерального округов. СПб.: Медкнига “ЭЛБИ-СПб”, 2014. 543 с.
 40. *Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А.В.* Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.
 41. *Margaritis I., Rousseau A.S., Hininger I. et al.* Increase in selenium requirements with physical activity loads in well-trained athletes is not linear // Biofactors. 2005. V. 23. № 1. P. 45.
 42. *Фесюн А.Д., Белевитин А.Б., Панкова Н.Б. и др.* Взаимосвязь элементного статуса и функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у прак-

- тически здоровых людей (на примере военнослужащих внутренних войск МВД России – жителей г. Москвы) // Медицинский вестник МВД. 2010. № 5. С. 18.
43. *Skalny A.V., Skalnaya M.G., Tinkov A.A. et al.* Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population // Environmental monitoring and assessment. 2015. V. 187. № 11. P. 677.
44. *Skalny A.V., Skalnaya M.G., Tinkov A.A. et al.* Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population // Environmental toxicology and pharmacology. 2015. V. 40. № 1. P. 18.

Influence of Professional Physical Activity on the Element Status of Hair in Young Athletes (Wrestlers)

I. P. Zaitseva^{a, *} and O. N. Zaitsev^b

^a*Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia*

^b*Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia*

**E-mail: irisha-zip@yandex.ru*

The rate of metabolic processes during physical activities increases, which leads to increased consumption of macronutrients and trace elements. We studied the elemental composition of hair in 54 young wrestlers with different levels of physical activity (high, medium and low). The proximal parts of the hair strands with a length of 3–4 cm were used for elemental analysis. The analysis was performed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). It was found that physical activity leads to the increased content of a number of chemical elements in hair. For example, intensive physical exercise is associated with increased levels of macronutrients Ca, Mg, P, K, and Na; essential trace elements Fe, Mn, Co, and Mo; conditionally essential trace elements B, Li, and Sb; Pb and Cd. The content of Cu, Se and Hg is reduced. It can be suggested that the exchange of macronutrients is most susceptible to changes during wrestling. Increased level of macronutrients in hair rather reflects its intense metabolic activity in wrestlers than the excess of these elements. The article discusses the possible causes and correlations of the identified changes. Indicators of the exchange of macronutrients and trace elements in athletes must be controlled by sports physicians because of the increased risk of disorders associated with a number of elements, in particular electrolytes. A personalized approach to the determination of the elemental status is necessary since different types of sports have different impacts on the exchange of macronutrients and trace elements. This will provide a precise assessment of the effects of increased physical activity on the individual indicators of metabolism and the detection of disorders, which can lead to reduced levels of physical reserves, adaptation potential and increase the risk of diseases and injuries.

Keywords: macronutrients and trace elements, hair, wrestlers, athletes, physical activity.