

РОЛЬ ЖЕЛЕЗА В ПОДДЕРЖАНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ФОРМЫ СПОРТСМЕНОВ

А.Л. Горбачев

д.б.н., профессор, вед. науч. сотрудник, Северо-Восточный государственный университет (г. Магадан)
E-mail: gor000@mail.ru

Представлены данные литературы о роли макро- и микроэлементов (железо, кальций, магний, калий, цинк, хром, селен и др.) в поддержании и восстановлении физической работоспособности спортсменов. Особое место отведено анализу роли железа в поддержании физической формы. Приведены данные о распределении железа в организме, формах его транспорта и запасаения. Показаны клинические методы определения обеспеченности организма железом. Отмечены животные и растительные продукты питания, необходимые для восполнения запасов железа. Рассмотрены основные формы железодефицитных состояний, критерии их диагностики и симптомы проявления. Проанализирована спортивная анемия. Даны рекомендации по контролю уровня железа и представлены некоторые фармакологические и парафармакологические препараты, необходимые для восстановления уровня железа и поддержания физического статуса спортсменов.

Ключевые слова: спорт, микроэлементы, железо, физический статус.

Для цитирования: Горбачев А.Л. Роль железа в поддержании физической формы спортсменов. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2019;22(1):17–27. <https://doi.org/10.29296/25877313-2019-01-03>

Международный олимпийский комитет (МОК) не запрещает применение минеральных добавок. Их использование является законным и этическим.

Достижения в современном спорте невозможны без максимальных физических нагрузок и чрезвычайного нервно-эмоционального напряжения. Увеличение объема интенсивных тренировочно-соревновательных периодов у квалифицированных спортсменов имеют физиологические пределы (во многих видах спорта атлеты достигли предела своих функциональных возможностей) и дальнейшее наращивание физических нагрузок неизменно приводит к перенапряжению функциональных систем и формированию патологических процессов [1, 2].

Напряженность энергообменных процессов у спортсменов сопровождается увеличенным расходом метаболических ресурсов и требует соответственно повышенной потребности в макронутриентах (белки, жиры, углеводы) и микронутриентах – минорных физиологических веществах, в частности в витаминах и минералах.

Микронутриенты задействованы в регуляции энергетического обмена, нервной функции и сокращении мышц, регулировании окислительных процессов, поддержании структурно-функционального статуса костной ткани и крови, контроле электролитного баланса и иммунных реакций. Отмечены положительные корреляции между содержанием в крови и волосах минералов (Ca, Mg, P) и

функциональными резервами физически активных мужчин [3].

Несбалансированность рационов питания и усиленный расход основных нутриентов у спортсменов приводят к формированию их эндогенного дефицита, что отражается на качестве тренировочного процесса, соревновательного и восстановительного периодов и может ухудшить здоровье атлетов [4–6].

Поскольку при физических напряжениях ускоряются практически все обменные процессы, для оптимального функционирования необходимо повышенное поступление макро- и микронутриентов, в том числе минералов (микроэлементов). Показано, что во время физических нагрузок степень энергетического обмена в скелетной мышце увеличивается в 20–100 раз [7, 8], что требует высоких концентраций соответствующих элементов – железа, кобальта, кальция, играющих ключевую роль в энергетическом обмене.

Микроэлементы не являются прямым источником энергии, однако принимают участие в обменных процессах, выступают в роли кофакторов в ферментативных реакциях, а также проявляют антиоксидантное действие (селен, железо, кальций и др.).

Согласно современным представлениям, большинство случаев нарушений минерального обмена

у спортсменов можно отнести к разряду профессиональных, т.е. связанных с повышенными энерготратами. При интенсивных физических нагрузках и высокой напряженности обменных процессов у квалифицированных спортсменов отмечается усиленный расход витаминов, микроэлементов. Их повышенная экскреция из организма под воздействием мышечной нагрузки объясняется усилением окислительно-восстановительных реакций, вовлечением в распад металлолигандных комплексов и выведением их из организма. Аналогичные изменения элементного статуса спортсменов отмечаются и при сбрасывании (контроле) веса.

Данные литературы свидетельствуют, что для усиления, поддержания и восстановления физической работоспособности наиболее важными элементами являются железо, кальций, магний, калий, цинк, хром и селен [9–12].

Необеспеченность организма спортсмена микроэлементами при их активном обмене, нарушении всасывания или недостаточном поступлении с пищей может привести к развитию дефицитных полимикроэлементозов. Такие факторы снижают активность иммунной системы, физическую работоспособность, увеличивают сроки восстановления после мышечной работы. По мнению А.В. Скального, у спортсменов отмечается повышенная частота развития гипозэлементозов, т.е. патологических процессов, связанных с дефицитом магния, цинка, железа, марганца, селена и меди [13].

Подавляющее большинство специалистов в области спортивного питания и спортивной фармакологии считают, что потери биоактивных элементов приводят к нарушению гомеостаза, лимитируя жизненно важные функции спортсменов [14, 15]. Поэтому атлеты, испытывающие на тренировках запредельные физические нагрузки, должны обязательно принимать препараты спортивного питания (витаминно-минеральные комплексы), в первую очередь, железо, кальций и антиоксидантные витамины [5, 7, 16, 15, 10, 17–26].

РОЛЬ ЖЕЛЕЗА В ОРГАНИЗМЕ СПОРТСМЕНОВ

Одним из ключевых «спортивных» минералов является железо. Этот эссенциальный микроэлемент играет витальную роль, находясь в составе биологически активных соединений, преимущественно ферментов, которые обеспечивают транспорт электронов (цитохромы, железосеропротеиды), транспорт и депонирование кислорода (гемоглобин, миоглобин), транспорт и депониро-

вание железа (трансферрин, гемосидерин, ферритин), принимают участие в формировании активных центров окислительно-восстановительных ферментов (оксидазы, гидроксилазы, супероксиддисмутаза и др.) [27]. Железо также вовлечено в процессы пролиферации и иммунной защиты, выступает в роли антиоксидантов, удаляя биохимически агрессивные свободные радикалы [5].

Концентрация железа в сыворотке крови зависит от его всасывания в желудочно-кишечном тракте, от накопления в селезенке, костном мозге и скелетных мышцах (миоглобин), а также от синтеза и распада гемоглобина и выделения из организма его метаболитов. Для объективной и полной оценки обмена железа в организме спортсменов рекомендуется сочетанный подход, включающий в себя как прямое определение железа в индикаторных биосубстратах (кровь, волосы, моча), так и оценку концентрации железосодержащих белков. В клинике для оценки обеспеченности организма железом анализируют трансферрин, трансферриновый рецептор и ферритин. Принципиально другой метод описывается в национальных рекомендациях по диагностике и профилактике железодефицитной анемии, разработанных в США. CDC-критерии (Centers for Disease Control) предусматривают регистрацию всего двух доступных параметров – снижения концентрации гемоглобина (Hb) и гематокрита (Ht).

Среднее содержание железа в организме человека составляет 4,5–5 г. Порядка 75% (примерно 2,5 г) от его общего количества входит в состав гемоглобина, 20% железа – резервные (костный мозг, печень, макрофаги), 4% – в составе миоглобина, приблизительно 1% содержится в ферментах, катализирующих процессы дыхания.

Норма железа в крови мужчины составляет от 12 до 31 мкмоль/л при концентрации гемоглобина 130–170 г/л, что значительно выше, чем для женщин. Это связано с действием тестостерона, обеспечивающего активность анаболических процессов в мужском организме и возможность преодоления повышенных физических нагрузок.

Необходимый уровень железа в организме мужчин находится в интервале 15–200 мкг/кг, у женщин – 12–150 мкг/кг. Согласно нормам, рекомендуемым немецким обществом нутрициологов (Deutsche Gesellschaft für Ernährung, DGE), суточная потребность в железе для мужчин и женщин в возрасте от 25 до 51 года – 10 и 15 мг соответственно, что составляет 5–7 мг железа на 1000

ккал. У спортсменов суточная потребность в данном элементе на 20% выше.

По рекомендации отдела по пищевым продуктам и питанию (Food and Nutrition Board, FNB) Института медицины США и Научного комитета по пищевым продуктам (Scientific Committee on Food, SCF) Европейского союза, максимально допустимая суточная доза железа составляет 45 мг. Порог токсичности для человека равен 200 мг/сут.

В организме человека нет специальных механизмов для выведения железа. В основном железо выделяется через кожу и кишечник [28]. При физических нагрузках и усилении обменных процессов железо «уходит» с потом, мочой, калом, кишечным эпителием, менструальной кровью. Кроме этого, оно теряется с волосами, ногтями.

Общее количество выделяемого железа у здорового человека (мужчины) составляет примерно 0,6–1 мг в сутки; из организма женщин выделяется порядка 1,5 мг. Такое же количество в норме усваивается из пищи. Отличие составляет менструальный период, когда потребление железа должно составлять приблизительно 4 мг в день.

Из пищи при нормальном рационе всасывается не более 1–3 мг железа. Однако суточная потребность организма в железе – примерно 30 мг. Для предупреждения железодефицита организм утилизирует эндогенное железо, в основном из разрушенных в селезенке эритроцитов. Фибробласты селезенки разрушают гемоглобин на гем и белковую часть (несвязанный билирубин) с высвобождением железа, которое связывается с трансферрином и транспортируется в плазму крови [29].

С пищей организм получает преимущественно неорганическое закисное железо (Fe^{+2}). Под влиянием агрессивных факторов желудочно-кишечного тракта может происходить окисление двухвалентного железа в трехвалентное ($Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3}$). Наиболее активным окислителем железа является соляная кислота. Поэтому медицинская промышленность выпускает препараты железа в энтерорастворимых капсулах, что предотвращает окисление железа в желудке [29].

Следует иметь в виду, что железо из пищи усваивается не полностью, приблизительно 5–10% от его содержания в рационе. При этом железо гема (мясные продукты, птица, рыба) всасывается на 20–50%, негемная же форма железа (зерновые, гречневая крупа, бобовые, фрукты, овощи, молочные продукты) абсорбируется значительно слабее, усваиваясь примерно на 5%, причем на этот про-

цесс влияет множество факторов. В частности, снижение всасывания железа из мясной пищи наблюдается в присутствии молочных продуктов (кальций – антагонист железа) и на фоне хронического воспалительного процесса.

Поступление железа блокируется марганцем, соевым белком, отрубями пшеницы, фитином, фосфатами, танином (чай), полифенолами, кофе. Всасывание улучшается лактозой, фруктозой, сорбитом, животными белками, цистеином, лизином, гистидином, соляной кислотой. Аскорбиновая кислота повышает биодоступность железа, восстанавливает его в хелатных комплексах и способствует трансформации трехвалентного железа в двухвалентное.

Дефицит железа может развиваться, при его поступлении менее 1 мг/сут. Нехватка железа – самый масштабный в мире пищевой дефицит. По данным Всемирной организации здравоохранения, железодефицитом страдают более 2 млрд человек. Выделяют два основных железодефицитных состояния: латентный дефицит железа (ЛДЖ) и железодефицитная анемия (ЖДА). При изучении распространенности в России железодефицитных состояний ЖДА выявлена у 7% юношей и 23% девушек, а ЛДЖ – у 35% юношей и 65% девушек. По данным этого обследования, здоровыми, без дефицита железа, оказались 58% юношей и только 11% девушек [30].

Лабораторно-клиническим критерием анемии является снижение концентрации гемоглобина (Hb) в крови ниже 140 г/л у мужчин и 130 г/л у женщин (по данным зарубежных авторов) и ниже 130 г/л у мужчин и 120 г/л у женщин (по данным отечественных специалистов). В настоящее время в диагностике анемии используются более высокие цифры нормального гемоглобина (в некоторых экономически развитых странах): у девушек $Hb \leq 120$ г/л; у юношей до 18 лет $Hb \leq 130$ г/л и у юношей старше 18 лет $Hb \leq 135$ г/л [30].

Железодефицитная анемия ухудшает качество жизни, способствует развитию иммунодефицитных состояний, снижает резистентность организма к инфекциям. У девушек с ЖДА формируются трофические нарушения в органах и тканях [31], часто поражаются висцеральные органы, в том числе сердце (анемическая кардиомиопатия) [32].

Общими признаками нехватки железа являются утомление, бледность и сниженная работоспособность. При дефиците железа отмечаются гипохромная анемия, кардиалгия, тахикардия; ча-

стое и поверхностное дыхание; извращение вкуса и аппетита; хейлоз и заеды; глоссит, стоматит, атрофический ринит (озена). При нарушении обмена железа отмечаются сухость и трещины кожи на руках и ногах, уплощенные, вогнутые ногти, их ломкость, поперечная исчерченность; нарушение роста волос (истончение, выпадение, раннее поседение); поражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, пищевода, желудка.

Исследования в области спортивной физиологии и медицины показали, что физические нагрузки на фоне несбалансированного по микроэлементному составу питания, существенно сокращают в организме запасы железа, что негативно влияет на физический статус. При отсутствии пищевой или фармакологической поддержки потери железа являются основой понижения физического статуса и формирования патологии. Так, установлена отрицательная корреляция между содержанием железа в волосах у военнослужащих и их адаптационным потенциалом [33]. Показано, что большинство спортсменов по таким показателям, как концентрация ферритина и сывороточного железа характеризуются истощением запасов железа [34].

В связи с многогранной физиологической ролью железа, следствием его дефицита являются негативные последствия, а у спортсменов – не только профессиональные. Нарушение обмена железа считается неблагоприятным прогностическим признаком в отношении заболеваемости (анемия, сахарный диабет II типа, ожирение, иммунодефицит и новообразования) и демографических показателей населения [21, 35]. У спортсменов выделяют особую полидефицитную (или спортивную) анемию. Ее основой является дефицит железа, сопровождаемый, как правило, дефицитом цинка, меди [22], что можно расценивать как комплексный микроэлементоз. По поводу этиологии спортивной анемии высказываются различные точки зрения: гемолиз эритроцитов в капиллярах нижних конечностей (бег, спортивная ходьба), повышенная деструкция эритроцитов в результате увеличения их хрупкости, чрезмерная активизация эритропоэза после больших физических нагрузок и другие причины. Некоторые специалисты склонны рассматривать нарушения обмена железа как самостоятельные клинические формы – анемия бегунов, спортивная анемия. По данным отечественных и зарубежных специалистов, нарушения обмена железа, главным образом дефицитного характера, наиболее широко распространены у атлетов, специали-

зирующихся в видах спорта с длительными аэробными и аэро-анаэробными нагрузками [36].

При этом большинство специалистов склонны считать, что основным триггером спортивной анемии является дефицит железа, причинами которого могут быть вегетарианство, бедная железом диета (особенно у женщин-спортсменок), сниженное всасывание железа, его усиленные потери в составе пота, мочи и через пищеварительный тракт.

Спортивная анемия приводит к снижению спортивных результатов, а крайняя степень железодефицита – к мышечной атонии. Нередко у спортсменов возникает несоответствие нагрузкам утомление, ухудшающее их работоспособность и здоровье. Это может быть связано как с перетренированностью, так и с дефицитом железа.

Снижение уровня гемоглобина, понижение кислородной емкости крови и развитие тканевой гипоксии может иметь тяжелые последствия для спортсменов, занятых в видах спорта на выносливость. Дефицит железа способствует появлению хронической усталости (синдром «ленивых ног»), более тяжелому течению хронических болезней и ранней смерти при хронических заболеваниях.

Показано, что спортивная анемия обостряется в периоды соревнований и предшествующих им интенсивных тренировок. Анемия наиболее часто регистрируется у бегунов (в первую очередь у женщин) на длинные и сверхдлинные дистанции. Выявлена прямая связь между потерями железа у ультрамарафонцев и длительностью прохождения дистанции. Считается, что основной причиной потери железа (крови) при сверхфизических напряжениях является микрогематурия вследствие больших физиологических нагрузок на почки. Особенно актуальна проблема железодефицита и проявления симптомов спортивной анемии у женщин-спортсменок, основой которой является аменорея.

В литературе имеются данные, что в весенне-летний период у людей, в том числе и у спортсменов высокой квалификации, появляются признаки скрытого дефицита железа. Это объясняют недостаточным потреблением железа с пищей на фоне низкой обеспеченности организма аскорбиновой кислотой (витамин С). Такие состояния в весенний период приводят к снижению клеточного и гуморального иммунитета.

В случае диагностирования спортивной анемии, в первую очередь следует исключить причины, не связанные с физическими нагрузками (кровопотери при недиагностированных заболеваниях

желудочно-кишечного тракта, длительное донорство, дисменорея и др.) и очаги хронической инфекции. Если же скрытые потери крови исключены, и сам вид спортивной специализации предполагает наличие спортивной анемии, то в целях ее купирования необходимо значительно снизить объемы выполняемых тренировочных нагрузок [37].

Далее важно обеспечить достаточное поступление железа с пищей. Натуральные источники железа: красное мясо, мясные субпродукты (печень, почки), продукты из цельного зерна, бобовые, соя, гречневая крупа и пшено. В приморских регионах хорошим источником железа являются морские водоросли (морская капуста ламинария), содержащие спектр минералов моря. Для эффективного усвоения железа необходимы медь, кобальт и витамин С.

Для быстрого восстановления уровня железа железосодержащей диеты недостаточно. Чтобы устранить его дефицит необходим ежедневный прием фармакологических препаратов в дозе 80–100 мг элементарного железа. При глубоком дефиците назначают лечение препаратами железа из расчета 3 мг/кг массы тела в сутки.

Фармакологические препараты железа могут быть назначены только после лабораторного подтверждения железодефицитного характера анемии. Минимальный комплекс необходимых для этого обследований – определение содержания сывороточного железа и железосвязывающей способности сыворотки крови. Комплексным препаратом для коррекции уровня железа является ферромакс (Финляндия): таблетки (18 мг железа, 4 мг цинка, 1 мг меди). Антианемической активностью обладают активферрин (железа фосфат), конферон (стимулятор гемопоэза), сорбифер (сульфат железа + аскорбиновая кислота), фенюльс (железа сульфат – 100 мг, аскорбиновая кислота, 60 мг), тотема (комбинированный препарат, содержащий железо в виде глюконата, марганец, медь).

Показана эффективность использования витаминно-минеральных комплексов для профилактики железодефицитных состояний у спортсменов. Хорошие результаты получены при использовании Геримакса (9 витаминов, 8 минералов, настойка корня женьшеня), препаратов Витрум, Центрум, Дуовит (11 витаминов, 8 минералов), аскорбиновой кислоты – 120 мг один раз в день [8].

Многие спортсмены с целью предотвратить истощение железа профилактически используют фармакологические препараты железа в суточной

дозе 80–100 мг как средство от усталости. Но подобная практика без контроля (спортивного) врача может нанести вред здоровью (гемосидероз). В профилактических целях назначают 50 мг элементарного железа в сутки в течение 1–3 мес. [23].

Известно, что спортсмены мирового класса, для усиления производства красной крови и повышения уровня гемоглобина, используют технику «Live high, train low». Атлеты интенсивно тренируются на уровне моря, но живут в специально построенных высотных домах (уровень среднегорья с пониженным атмосферным давлением). В условиях среднегорья пониженное парциальное давление кислорода (pO_2) стимулирует производство в организме эритропоэтина (ЭПО) – гормона, способствующего синтезу красной крови, и соответственно повышению концентрации гемоглобина [38]. Существует другая методика повышения уровня гемоглобина в горных условиях. Спортсмены тренируются в условиях среднегорья (до 2500 м) при пониженном парциальном давлении кислорода, что приводит к усилению эритропоэза. Следствием этого является укрепление выносливости и, соответственно, повышение спортивных результатов при спуске атлетов на равнину [23].

Известно, что члены национальных сборных команд и отдельные высококвалифицированные атлеты во многих западных странах (а теперь уже и в России) регулярно проходят обследование на содержание микроэлементов [7, 33, 39]. Это позволяет своевременно выявлять (пре)дефицит определенных элементов и проводить соответствующую коррекцию биохимического профиля, что улучшает (поддерживает) спортивную форму атлетов.

Основным биологическим субстратом для элементного анализа являются волосы. По сравнению с анализом крови, слюны или мочи многоэлементный анализ волос имеет определенные преимущества. Основными из них являются высокое содержание микроэлементов в волосах, неинвазивность отбора проб, удобство их транспортировки. Кроме того, в отличие от внутренней среды организма (кровь) содержание элементов в волосах не подвержено жесткому гомеостатическому контролю.

Несмотря на то, что прогрессирующее загрязнение окружающей среды ограничивает использование волос в качестве биосубстрата для анализа микроэлементов, использование элементного анализа волос в качестве токсикологических, клинических, экологических, судебно-медицинских и спортивно-медицинских исследований ста-

новятся все более значимыми [38]. Ведущими количественными методами элементного анализа волос и других биосубстратов являются атомная эмиссионная спектрометрия (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрия (МС-ИСП) с индуктивно связанной аргонной плазмой.

Известно, что в условиях Севера энергетические и пластические процессы у спортсменов протекают с большим расходом макронутриентов, а также витаминов и минералов относительно спортсменов из регионов с благоприятным климатом. Повышенный расход микроэлементов у жителей Севера вообще и у спортсменов в частности связан с акклиматизационным дефицитом жизненно важных элементов. Это касается, прежде всего, железа, кальция, магния, селена и некоторых других элементов. Первостепенное место в формировании акклиматизационного дефицита занимает железо. Показано, что высокая встречаемость железодефицитных состояний у жителей Севера обусловлена повышенной потребностью организма в железе вследствие усиления анаболических и катаболических процессов под воздействием экстремальных факторов внешней среды, особенно холода [40]. В регионах Севера при воздействии на организм низких температур у жителей развивается анемия – снижение относительно объема красной крови (гематокрита), уровня гемоглобина. Это состояние называют «холодовая болезнь» или «полярная анемия» и связывают с акклиматизационным дефицитом железа [41, 42].

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Учитывая данные о распространенности железодефицитных состояний у жителей Севера, представлялось актуальным исследовать содержание железа у спортсменов, проживающих в северном регионе. С этой целью изучен элементный состав волос группы юношей-спортсменов (31 человек) в возрасте 19–22 года, проживающих в г. Магадане. Юноши занимались разными видами спорта: боксом, пауэрлифтингом, плаванием, беговыми лыжами, горными лыжами, имели спортивную квалификацию в ранге кандидатов в мастера спорта и мастеров спорта и наблюдались в Магаданском областном Центре медицинской профилактики.

Группа исследуемых отобрана по следующим критериям: все атлеты субъективно жаловались на понижение энергетика, усталость, частые простудные заболевания и объективно – на остановку

роста спортивных результатов. Контрольной группой (30 юношей) служили «неспортсмены» – юноши этой же возрастной группы, не занимающиеся спортом.

Со всеми исследуемыми проведено предварительное собеседование, все они дали согласие на проведение клинического анализа крови и определение элементного статуса по анализу волос. Забор крови и ее клинический анализ проведены в Центре медицинской профилактики (г. Магадан); проанализированы содержание эритроцитов и уровень гемоглобина. Элементный состав волос определен методами АЭС-ИСП и МС-ИСП в Центре биотической медицины (Москва).

По данным исследования, отклонений в показателях гематокрита и уровня гемоглобина у магаданских спортсменов не отмечено. Содержание эритроцитов у атлетов, независимо от вида спорта, находилось в пределах $4,49\text{--}5,70 (5,23 \pm 0,04) \times 10^{12}$. Сопоставимые показатели красной крови были и у юношей, не занимающихся спортом.

Уровень гемоглобина у спортсменов колебался в пределах $150\text{--}182 (162,64 \pm 1,85)$ г/л. Отмечена прямая корреляционная связь ($p < 0,05$) между содержанием эритроцитов и концентрацией гемоглобина ($r=0,87$). У неспортсменов интервал гемоглобина был уже: $140\text{--}165 (151,21 \pm 1,58)$ г/л.

При анализе элементного состава волос в группе неспортсменов достоверных отклонений железа от нормативных показателей не отмечено. Общая черта элементного статуса неспортсменов – пониженное содержание кальция, магния и йода. Эти особенности отражают общую характеристику элементного профиля жителей г. Магадана и объяснимы использованием чрезвычайно мягкой питьевой воды (Ca, Mg) и эндемией зоба на территории региона (I). В волосах некоторых спортсменов также были выражены низкие показатели Ca, Mg и I.

Элементный анализ волос спортсменов выявил у 19 человек (61%) высокое содержание железа, превышающее известные нормативы в 7–10 раз (рис. 1). Из данных спортивно-медицинской литературы известно о зависимости между профессиональной специализацией спортсменов и элементным составом волос [10].

Подобные отношения у магаданских атлетов не выявлены. Но, независимо от вида спорта, отмечена прямая связь между интенсивностью тренировочного процесса и повышенным содержанием железа.

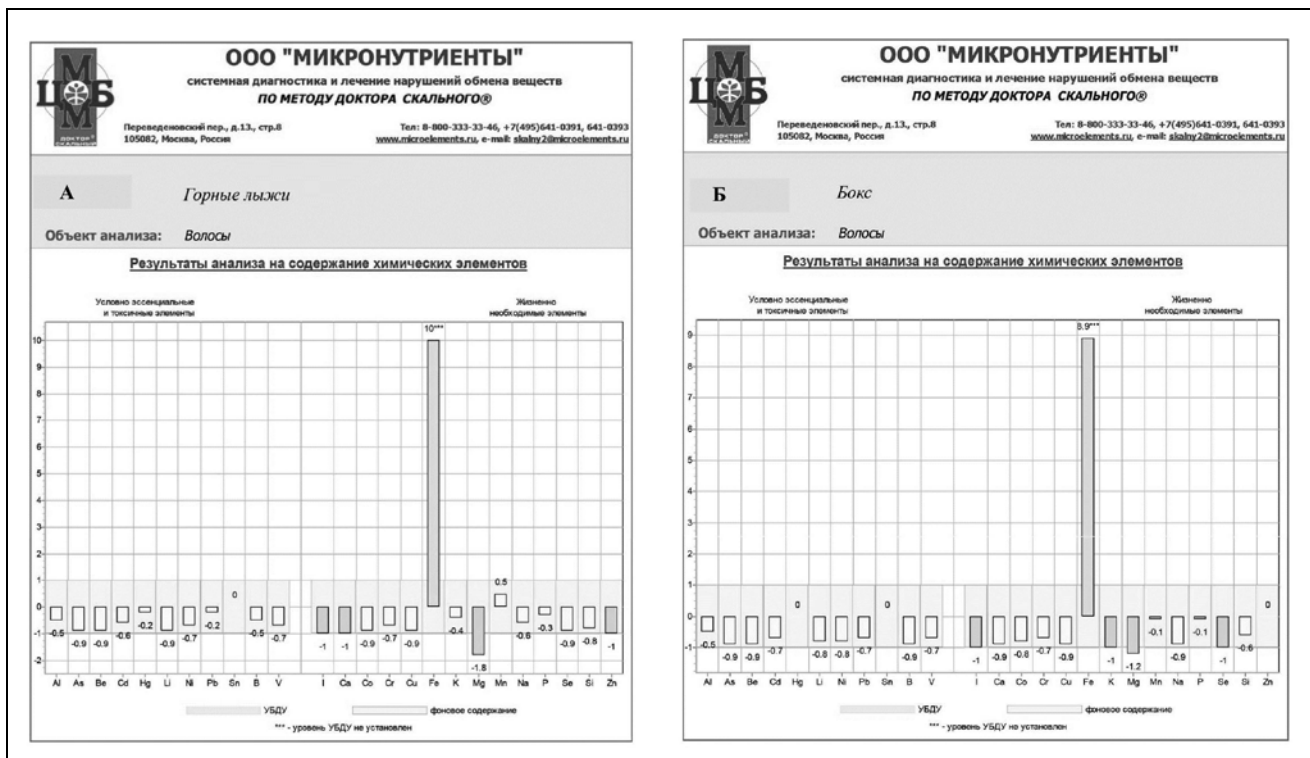


Рис. 1. Повышенное содержание железа в волосах юношей-спортсменов

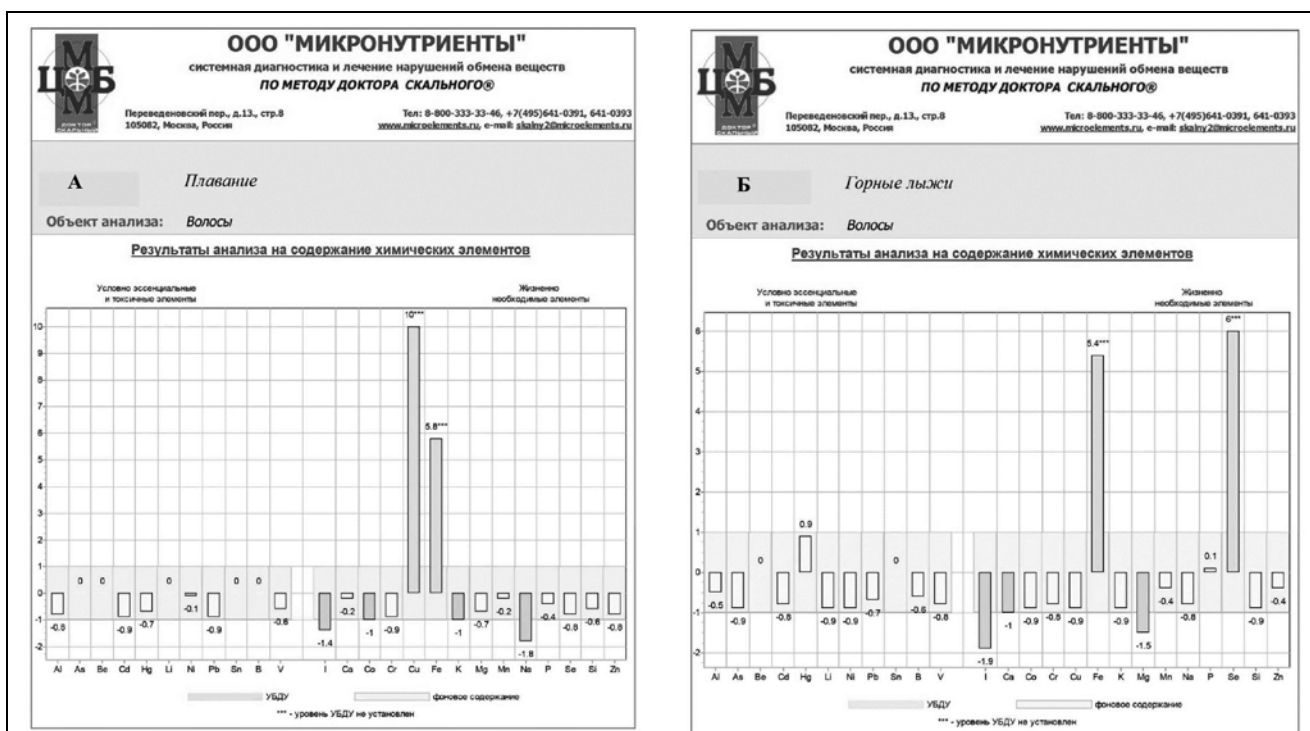


Рис. 2. Сочетанный дисбаланс железа, меди, селена, йода, магния и других элементов у юношей, занимающихся различными видами спорта

Полученные данные согласуются с исследованием элементного профиля волос девушек-спортсменок, где продемонстрировано более чем в три раза увеличение железа в волосах спортсменок по сравнению с показателями железа у девушек с низкой физической активностью [8].

Существует точка зрения, согласно которой повышение содержания эссенциальных элементов в волосах, в частности железа, следует рассматривать как показатель усиленного кругооборота элементов в организме, приводящий к возникновению их дефицита. Поэтому высокие показатели железа в волосах спортсменов трактовались как выведение железа из организма и формирование его (пре)дефицита.

Учитывая, что морфобиохимические параметры производных железа – содержание эритроцитов и уровень гемоглобина находились в пределах нормы, можно предполагать наличие у магаданских спортсменов скрытого железодефицита, который может быть основой спортивной анемии.

По литературным сведениям, у спортсменов отмечены разнонаправленные нарушения обмена железа. Наряду с данными о взаимосвязи интенсивной физической нагрузки и формировании железодефицита, имеются сведения об обратном эффекте [34]. В частности, избыток железа (ферритин > 200 мкг/л) обнаружен у многих марафонцев, велосипедистов. В то же время спортсмены значительно больше предрасположены к снижению сывороточного железа (< 60 мкг/дл) [43].

У исследованных магаданских спортсменов степень дисбаланса – повышения или понижения уровней отдельных элементов – находилась в прямой зависимости от степени физической активности спортсменов. Аналогичные данные получены ранее на примере девочек г. Магадана, активно занимающихся спортом [44].

Причем с повышением спортивных нагрузок у магаданских юношей-атлетов формировался комплексный дисбаланс элементов: отклонение от нормы нескольких элементов: железа, меди, селена, йода, магния и других элементов (рис. 2), что предрасполагает к развитию спортивной анемии и специфических форм патологии (иммунодефицитные состояния, сердечно-сосудистые заболевания и др.).

На основании результатов исследования можно считать, что жалобы спортсменов на утомляемость, простудные заболевания и остановку роста спортивных результатов обусловлены напряжением обменных процессов, усиленным расходом микро-

нутриентов, отсутствием их должной пищевой и фармакологической компенсации и формированием (пре)дефицита железа и других эссенциальных элементов (селен, медь, йод).

Считается, что железосодержащие добавки не улучшают физический потенциал спортсменов с нормальными уровнями гемоглобина и железа. Тем не менее тренированные спортсмены с нормальным статусом гемоглобина, для увеличения физической выносливости используют препараты железа [38].

Магаданским юношам-атлетам была рекомендована железосодержащая диета (печень, красное мясо, фрукты), прием витаминно-минеральных комплексов, железосодержащих препаратов из разряда спортивного питания и повторную микроэлементную диагностику физиологического статуса.

ВЫВОДЫ

1. Проведенный элементный анализ волос у атлетов г. Магадана, занимающихся разными видами спорта, выявил у большинства исследуемых высокое содержание железа. Независимо от вида спорта отмечена связь между интенсивностью физической нагрузки и повышенным уровнем железа. У многих спортсменов, наряду с железом, отмечены отклонения от нормы других элементов: меди, селена, йода, магния, что можно расценивать как формирование спортивных полимикрорезультатов.
2. Высокие показатели железа в волосах спортсменов трактовали как усиленный метаболизм железа, его выведение из организма и формирование (пре)дефицита железа. Высказано предположение о наличии у магаданских спортсменов скрытого железодефицита, который может быть основой спортивной анемии. Спортсменам даны рекомендации по компенсации дефицита железа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Матвеев Л.П.* Общая теория спорта и ее прикладные аспекты / СПб.: Лань. 2005. 277 с.
2. *Солодков А.С., Левшин И.В., Поликарпочкин А.Н., Мясников А.А.* Физиологические механизмы и закономерности восстановительных процессов в спорте в различных климатических и географических условиях // *Экология человека*. 2010. № 6. С. 36–41.
3. *Zaitseva I.P., Nikonorov A.A., Grabeklis A.R., Skalny A.V.* Association of trace element and mineral status with functional reserves of the organism in physically active men // *J. of Trace Elements in medicine and Biology*. V. 41S1. 2017. P. 86.

4. Алиджанова И.Э., Нотова С.В., Кияева Е.В., Мирошников С.В. К вопросу об особенностях изменения макро- и микроэлементного обмена на фоне интенсивной физической нагрузки // Вестник ОГУ. 2011. № 15 (134). С. 19–21.
5. Троегубова Н.А., Рылова Н.В., Самойлов А.С. Микронутриенты в питании спортсменов // Гастроэнтерология. 2014. № 1(77). С. 46–49.
6. 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. 1–11.
7. Цыган В.Н., Скальный А.В., Мокеева Е.Г. Спорт. Иммунология. Питание. СПб.: ЭЛБИ-СПб. 2012. 240 с.
8. Зайцева И.П. Элементный профиль девушек-спортсменок // Микроэлементы в медицине. 2013. Т.14. № 3. С. 36–39.
9. Мирзоев О.М. Восстановительные средства в системе подготовки спортсменов. М.: Физкультура и спорт, СпортАкадемПресс. 2005. 220 с.
10. Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Громова О.А. Макро- и микроэлементы в физической культуре и спорте. М.: КМК. 2000. 71 с.
11. Похачевский А.Л., Петров А.Б., Анкудинов Н.В. Определение степени переносимости физической нагрузки при подготовке квалифицированных борцов-самбистов // Теория и практика физической культуры. 2010. № 6. С. 35.
12. Lukaski H.C. Micronutrients (magnesium, zinc, copper): are mineral supplements needed for athletes? // Int. sport nutr. 1995. № 2. P. 74–83.
13. Скальный А.В. Физиологические аспекты применения макро- и микроэлементов в спорте. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ. 2005. 210 с.
14. Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Катулин А.Н. Питание в спорте: макро- и микроэлементы. М.: Городец. 2005. 144 с.
15. Дубровский В.И. Спортивная медицина. М.: ВЛАДОС. 2002. 512 с.
16. Сейфулла Р.Д. Лекарства для спортсменов. // Черный пояс: М., 1998. № 2. С. 51 с.
17. Арансон М.В. Питание для спортсменов. М.: Физкультура и спорт. 2001. 224 с.
18. Португалов С.И. Специализированное спортивное питание / Спорт, медицина, здоровье. 2001. № 1. С. 44–47.
19. Дидур М.Д. Недопинговые фармакологические средства спортивной медицины. Пособие для врачей спортивной медицины и студентов факультетов спортивной медицины. СПб, Кафедра физических методов лечения и спортивной медицины СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. 2002. 44 с.
20. Орджоникидзе З.Г., Громова О.А., Скальный А.В. Значение микроэлементов для достижения высоких спортивных результатов и сохранения здоровья спортсменов // Микроэлементы в медицине, 2001. Т. 2. Вып. 2. С. 40–45.
21. Насолодин В.В., Гладких И.П., Мещеряков С.И. Обеспечение организма спортсменов микроэлементами при большой физической нагрузке // Гигиена и санитария. 2001. № 1. С. 54–56.
22. Катулин А.Н. Опыт применения дополнительного перорального питания для улучшения обмена макро- и микроэлементов у спортсменов // Микроэлементы в медицине. 2004. Т. 5. Вып. 1. С.16–20.
23. Кулиненко О.С. Фармакологическая помощь спортсмену. Коррекция факторов, лимитирующих спортивный результат. Изд. 1-е. М.: Советский спорт. 2006. 240 с.
24. Зайцева И.П. Эффективность использования витаминно-минеральных комплексов для профилактики железодефицитных состояний у спортсменов // Гигиена и санитария. 2010. № 4. С. 66–69.
25. Каркищенко Н.Н., Каркищенко В.Н., Люблинский С.Л. и др. Роль микроэлементов в спортивном питании и безопасность металлохелатов // Биомедицина. 2013. № 2. С. 12–41.
26. Семенова Н.В., Ляпин В.А., Василевская Е.С., Готвальд А.Р., Елохова Ю.А. Витаминно-минеральная коррекция рациона питания спортсменов // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2017. Т. 12. № 1. С. 175–187.
27. Родионова Л.В. Физиологическая роль макро- и микроэлементов // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2005. № 6(44). С. 195–199.
28. Guinote I., Fleming R., Silva R. Using skin to assess iron accumulation in human metabolic disorders. Ion Beam Analysis. 2006. V. 249. P. 697–701.
29. Подколзин А.А., Гуревич К.Г. Действие биологически активных веществ в малых дозах. М.: изд-во КМК. 2002. 170 с.
30. Румянцев А.Г., Чернов В.М. Проблема дефицита железа в Российской Федерации: решенные и нерешенные задачи / Социально-медицинские аспекты экологического состояния Центрального экономического района России / Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, г. Тверь, 25–26 октября 2007 г. Тверь: ООО «Изд-во «Триада», 2007. С. 177–182.
31. Тихомиров А.Л., Сарсания С.И. Рациональная терапия и современные принципы диагностики железодефицитных состояний в акушерско-гинекологической практике // Фарматека. 2009. № 1. С. 32–39.
32. Огороков А.Н. Диагностика внутренних заболеваний. Т.8. Диагностика болезней сердца и сосудов. Болезни миокарда. Сердечная недостаточность. М.: Медицинская литература. 2004. 414 с.
33. Зайцева И.П., Грабеклис А.Р., Детков В.Ю., Фесюн А.Д. Зависимость показателей физического развития и функциональной подготовленности от элементного статуса организма // Микроэлементы в медицине. 2016. Т. 17. Вып. 4. С.16–20.
34. Зайцева И.П., Тиньков А.А., Детков В.Ю., Скальный А.В. Состояние обмена железа при повышенных физических нагрузках // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2017. Т. 20. № 7. С. 35–45.
35. Скальная М.Г., Скальный А.В. Микроэлементы: биологическая роль и значение для медицинской практики. Сообщение 2. Железо // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии // 2015. № 2. С. 19–27.
36. Дурманов Н.Д., Филимонов А.С. Диагностика и коррекция нарушений обмена железа в спорте высших достижений /

- Метод. рекомендации для врачей клубов. Континентальная хоккейная лига. М.: Физкультура и Спорт. 2010. 84 с.
37. Макарова Г.А. Спортивная медицина: Учебник. М.: Советский спорт. 2003. 480 с.
 38. Williams M.H. Dietary Supplements and Sports Performance: Minerals // J. Int. Soc. Sports Nutr. 2005. 2(1). P. 43–49.
 39. Pozebon D., Scheffler G.L., Dressler V.L. Elemental hair analysis: A review of procedures and applications // Anal. Chim. Acta. 2017. V. 992. P. 1–23.
 40. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г., Милованов А.П. Патология человека на Севере. М. 1985. 416 с.
 41. Марачев А.Г., Жаворонков А.А. Акклиматизационный дефицит железа // Физиология человека. 1987. Т. 13. № 4. С. 640–646.
 42. Агаджанян Н.А., Марачев А.Г., Бобков Г.А. Экологическая физиология человека. М.: Крук. 1998. 416 с.
 43. Mettler S., Zimmermann M. B. Iron excess in recreational marathon runners // Eur. J. Clin. Nutr. 2010. V. 64. № 5. P. 490–494.
 44. Луговая Е.А., Максимов А.Л. Особенности микроэлементного профиля девочек г. Магадана, активно занимающихся спортом // Валеология. 2006. № 2. С. 93–102.

Поступила 25 июня 2018 г.

THE ROLE OF IRON IN MAINTENANCE OF THE PHYSICAL FORM OF SPORTSMEN

© A.L. Gorbachev, 2019

A.L. Gorbachev

Dr.Sc. (Biol.), Professor, Leading Research Scientist, North Eastern State University (Magadan)

E-mail: gor000@mail.ru

The literature data on the role of macroelements and trace elements (iron, calcium, magnesium, potassium, zinc, chromium, selenium, etc.) in maintaining and restoring the physical performance of athletes are presented.

A special role is given to the analysis of the role of iron in maintaining the physical form. The data on the distribution of iron in the body, the forms of its transportation and storage are given. Clinical methods for determining the level of iron in the body are shown. The animals and plant products necessary for the replenishment of iron reserves were noted.

The main forms of iron deficiency states, the criteria for their diagnosis and symptoms of manifestation are presented. Separately, sports anemia is analyzed. The results of the study of athletes of different sports of the city of Magadan are shown: the parameters of red blood (hemoglobin, the number of erythrocytes) and the elemental status of athletes with an emphasis on iron content.

Elemental analysis of athletes' hair revealed in most subjects a high iron content exceeding the known standards by 7–10 times. Regardless of the sport, there is a direct correlation between the intensity of physical activity and the elevated iron content. High parameters of iron in the hair of athletes are interpreted as increased circulation of iron, removal of it from the body and formation (before) of iron deficiency. Given that the red blood cells and the hemoglobin level were in the normal range, it was suggested that Magadan athletes have a hidden iron deficiency, which can be the basis of sports anemia. Recommendations for controlling iron levels are given and some (para-) pharmacological preparations necessary for restoring the level of iron and maintaining the physical status of athletes are presented.

Key words: sport, trace elements, iron, physical status.

For citation: Gorbachev A.L. The role of iron in maintenance of the physical form of sportsmen. Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2019;22(1):17–27. <https://doi.org/10.29296/25877313-2019-01-03>

REFERENCES

1. Matveev L.P. Obshchaya teoriya sporta i ee i prikladnye aspekty / SPb.: Lan'. 2005. 277 s.
2. Solodkov A.S., Levshin I.V., Polikarpochkin A.N., Myasnikov A.A. Fiziologicheskie mekhanizmy i zakonomernosti vosstanovitel'nykh processov v sporte v razlichnykh klimaticheskikh i geograficheskikh usloviyakh // Ekhologiya cheloveka. 2010. № 6. S. 36–41.
3. Zaitseva I.P., Nikonov A.A., Grabeklis A.R., Skalny A.V. Association of trace element and mineral status with functional reserves of the organism in physically active men // J. of Trace Elements in medicine and Biology. V. 41S1. 2017. P. 86.
4. Alidzhanova I.Eh., Notova S.V., Kiyayeva E.V., Miroshnikov S.V. K voprosu ob osobennostyakh izmeneniya makro- i mikroehlementnogo obmena na fone intensivnoj fizicheskoy nagruzki // Vestnik OGU. 2011. № 15 (134). S. 19–21.
5. Troegubova N.A., Rylova N.V., Samojlov A.S. Mikronutrienty v pitanii sportsmenov // Gastroehnterologiya. 2014. № 1(77). S. 46–49.
6. 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. 1–11.
7. Cygan V.N., Skalny A.V., Mokeeva E.G. Sport. Immunitet. Pitanie. SPb.: EHLBI-SPb. 2012. 240 s.
8. Zajceva I.P. Ehlementnyj profil' devushek-sportsmenok // Mikroehlementy v medicine. 2013. T.14. № 3. S. 36–39.
9. Mirzoev O.M. Vosstanovitel'nye sredstva v sisteme podgotovki sportsmenov. M.: Fizkul'tura i sport, SportAkademPress. 2005. 220 s.
10. Skalny A.V., Ordzhonikidze Z.G., Gromova O.A. Makro- i mikroehlementy v fizicheskoy kul'ture i sporte. M.: KMK. 2000. 71 s.
11. Pohachevskij A.L., Petrov A.B., Ankinov N.V. Opredelenie stepeni perenosimosti fizicheskoy nagruzki pri podgotovke kvalificirovannykh borcov-sambistov // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2010. № 6. S. 35.

12. Lukaski H.C. Micronutrients (magnesium, zinc, copper): are mineral supplements needed for athletes? // *Int. sport nutr.* 1995. № 2. P. 74–83.
13. Skalny A.V. Fiziologicheskie aspekty primeneniya makro- i mikroelementov v sporte. Orenburg: IPK GOU OGU. 2005. 210 s.
14. Skalny A.V., Ordzhonikidze Z.G., Katulin A.N. Pitanie v sporte: makro- i mikroelementy. M.: Goroddec. 2005. 144 s.
15. Dubrovskij V.I. Sportivnaya medicina. M.: VLADOS. 2002. 512 s.
16. Sejfulla R.D. Lekarstva dlya sportsmenov. // *Chernyj poyas*. M., 1998. № 2. S. 51 s.
17. Aranson M.V. Pitanie dlya sportsmenov. M.: Fizkul'tura i sport. 2001. 224 s.
18. Portugalov S.I. Specializirovannoe sportivnee pitanie / *Sport, medicina, zdorov'e*. 2001. № 1. S. 44–47.
19. Didur M.D. Nedopingovye farmakologicheskie sredstva sportivnoj mediciny. Posobie dlya vrachej sportivnoj mediciny i studentov fakul'tetov sportivnoj mediciny. SPb, Kafedra fizicheskikh metodov lecheniya i sportivnoj mediciny SPbGMU im. akad. I.P. Pavlova. 2002. 44 s.
20. Ordzhonikidze Z.G., Gromova O.A., Skalny A.V. Znachenie mikroelementov dlya dostizheniya vysokih sportivnykh rezul'tatov i sohraneniya zdorov'ya sportsmenov // *Mikroelementy v medicine*, 2001. T. 2. Vyp. 2. S. 40–45.
21. Nasolodin V.V., Gladkih I.P., Meshcheryakov S.I. Obespechenie organizma sportsmenov mikroelementami pri bol'shoj fizicheskoy nagruzke // *Gigiena i sanitariya*. 2001. № 1. S. 54–56.
22. Katulin A.N. Opyt primeneniya dopolnitel'nogo peroral'nogo pitaniya dlya uluchsheniya obmena makaro- i mikroelementov u sportsmenov // *Mikroelementy v medicine*. 2004. T. 5. Vyp. 1. S.16–20.
23. Kulinenkov O.S. Farmakologicheskaya pomoshch' sportsmenu. Korrekciya faktorov, limitiruyushchih sportivnyj rezul'tat. Izd. 1-e. M.: Sovetskij sport. 2006. 240 s.
24. Zajceva I.P. Ehfektivnost' ispol'zovaniya vitaminno-mineral'nykh kompleksov dlya profilaktiki zhelezodeficitnykh sostoyanij u sportsmenov // *Gigiena i sanitariya*. 2010. № 4. S. 66–69.
25. Karkishchenko N.N., Karkishchenko V.N., Lyublinskij S.L. i dr. Rol' mikroelementov v sportivnom pitanii i bezopasnost' metallohelatov // *Biomedicina*. 2013. № 2. S. 12–41.
26. Semenova N.V., Lyapin V.A., Vasilevskaya E.S., Gotval'd A.R., Elohova YU.A. Vitaminno-mineral'naya korrekciya raciona pitaniya sportsmenov // *Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta*. 2017. T. 12. № 1. S. 175–187.
27. Rodionova L.V. Fiziologicheskaya rol' makro- i mikroelementov // *Byulleten' VSNK SO RAMN*. 2005. № 6(44). S. 195–199.
28. Guinote I., Fleming R., Silva R. Using skin to assess iron accumulation in human metabolic disorders. *Ion Beam Analysis*. 2006. V. 249. P. 697–701.
29. Podkolzin A.A., Gurevich K.G. Dejstvie biologicheskii aktivnykh veshchestv v malyh dozah. M.: izd-vo KMK. 2002. 170 s.
30. Rummyancev A.G., Chernov V.M. Problema deficita zheleza v Rossijskoj Federacii: reshennye i nereshennye zadachi / *Social'no-medicinskie aspekty ehkologicheskogo sostoyaniya Central'nogo ehkonomicheskogo rajona Rossii* / *Materialy Vseros. nauch. konf. s mezhdunar.uchastiem, g. Tver'*, 25-26 oktyabrya 2007 g. Tver': OOO «Izd-vo «Triada», 2007. S. 177–182.
31. Tihomirov A.L., Sarsaniya S.I. Racional'naya terapiya i sovremennye principy diagnostiki zhelezodeficitnykh sostoyanij v akushersko-ginekologicheskoy praktike // *Farmateka*. 2009. № 1. S. 32–39.
32. Okorokov A.N. Diagnostika vnutrennih zabolevanij. T.8. Diagnostika boleznej serdca i sudov. Bolezni miokarda. Serdechnaya nedostatocnost'. M.: Medicinskaya literatura. 2004. 414 s.
33. Zajceva I.P., Grabeklis A.R., Detkov V.Yu., Fesyun A.D. Zavisimost' pokazatelej fizicheskogo razvitiya i funkcional'noj podgotovlennosti ot ehlementnogo statusa organizma // *Mikroelementy v medicine*. 2016. T. 17. Vyp. 4. S.16–20.
34. Zajceva I.P., Tinkov A.A., Detkov V.Yu., Skalny A.V. Sostoyanie obmena zheleza pri povyshennykh fizicheskikh nagruzkah // *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii*. 2017. T. 20. № 7. S. 35–45.
35. Skalnaya M.G., Skalny A.V. Mikroelementy: biologicheskaya rol' i znachenie dlya medicinskoj praktiki. Soobshchenie 2. Zhelezo // *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii* // 2015. № 2. S. 19–27.
36. Durmanov N.D., Filimonov A.S. Diagnostika i korrekciya narushenij obmena zheleza v sporte vysshih dostizhenij / *Metod. rekomendacii dlya vrachej klubov. Kontinental'naya hokkejnaya liga*. M.: Fizkul'tura i Sport. 2010. 84 s.
37. Makarova G.A. Sportivnaya medicina: Uchebnik. M.: Sovetskij sport. 2003. 480 s.
38. Williams M.H. Dietary Supplements and Sports Performance: Minerals // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2005. 2(1). P. 43–49.
39. Pozebon D., Scheffler G.L., Dressler V.L. Elemental hair analysis: A review of procedures and applications // *Anal. Chim. Acta*. 2017. V. 992. P. 1–23.
40. Avsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Marachev A.G., Milovanov A.P. Patologiya cheloveka na Severe. M. 1985. 416 s.
41. Marachev A.G., Zhavoronkov A.A. Akklimatizacionnyj deficit zheleza // *Fiziologiya cheloveka*. 1987. T. 13. № 4. S. 640–646.
42. Agadzhanyan N.A., Marachev A.G., Bobkov G.A. Ehkologicheskaya fiziologiya cheloveka. M.: Kruk. 1998. 416 s.
43. Mettler S., Zimmermann M. B. Iron excess in recreational marathon runners // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2010. V. 64. № 5. P. 490–494.
44. Lugovaya E.A., Maksimov A.L. Osobennosti mikroelementnogo profilya devochek g. Magadana, aktivno zanimayushchihsya sportom // *Valeologiya*. 2006. № 2. S. 93–102.