

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.5

УДК: 612.821; 612.82/.83

Запредельное торможение и работоспособность при экстремальной деятельности человека

А.А. Артеменков

ФГБОУ ВО Череповецкий государственный университет, Правительство РФ, г. Череповец, Россия

РЕЗЮМЕ

В данном обзоре обобщены сведения о запредельном торможении поведения человека в экстремальных условиях. Показано, что корковые клетки имеют предел работоспособности, при достижении которого развивается запредельное торможение, предохраняющее организм от чрезмерного истощения. В основе запредельного торможения лежит деятельность кортико-спинальных нейронных механизмов. На скорость развития запредельного торможения влияет эмоциональное возбуждение. Анатомическим субстратом формирования запредельных состояний служат нейронные сети коры, подкорковых образований (базальных ядер, лимбической системы), структур стволовой части мозга. Одним из нейромодуляторов обеспечения запредельных психических состояний является дофамин. Кортиксин и милдронат повышают работоспособность мозга в экстремальных условиях. Стимуляция центральной нервной системы (ЦНС) уменьшает центральное утомление и, следовательно, повышает работоспособность. Гипоксия мозга, напротив, снижает эффективность физических упражнений при экстремальной деятельности. В дезадаптивном состоянии в ЦНС преобладают тормозные процессы и у человека быстрее возникает утомление и запредельное торможение.

Ключевые слова: нейробиология, экстремальные условия, запредельное торможение, работоспособность, утомление, дезадаптация

Для цитирования: Артеменков А.А. Запредельное торможение и работоспособность при экстремальной деятельности человека // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 5-15. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.5.

Protective inhibition and workability during extreme human activity

Aleksey A. Artemenkov

P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia

ABSTRACT

This review summarizes information on the protective inhibition of human behavior in extreme conditions. It has been shown that cortical cells have a limit of working capacity, upon reaching which protective inhibition develops, which protects the body from excessive exhaustion. The basis of the protective inhibition is the activity of corticospinal neuronal mechanisms. Emotional arousal affects the speed of development of the protective inhibition. The neural networks of the cortex, subcortical formations (basal nuclei, limbic system), and the structures of the brain stem are the anatomical substrate for the formation of transcendental states. One of the neuromodulators providing the transcendental mental states is dopamine. Cortixin and Mildronate increase brain efficiency in extreme conditions. Stimulation of the central nervous system reduces central fatigue and, consequently, increases working capacity. Hypoxia of the brain, on the contrary, reduces the effectiveness of physical exercises in extreme activities. In the disadaptive state, the inhibitory processes prevail in the central nervous system and the fatigue and the protective inhibition occur more quickly.

Key words: neurobiology, extreme conditions, protective inhibition, working capacity, fatigue, disadaptation

For citation: Artemenkov AA. Protective inhibition and workability during extreme human activity. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):5-15. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.5.

1.1 Введение

В нынешних социально-экономических условиях современному человеку довольно часто приходится выполнять умственные и физические нагрузки на пределе своих резервных возможностей. Зачастую трудовая, спортивная, служебная и иная деятельность человека в экстремальных условиях связана с возникновением запредельных психических состояний. Можно без сомнения утверждать, что различные формы запредельного

напряжения вызывают дезинтеграцию высшей нервной деятельности человека и нередко приводят к ошибочным действиям. То обстоятельство, что поведение человека в экстремальных условиях реализуется в зависимости от преобладания возбуждательного или тормозного процесса, указывает на сложную организацию деятельности в таких условиях.

В этой связи следует обратиться к работам великих русских физиологов И.М. Сеченова и И.П. Павлова,

определивших развитие физиологии ВНД и нейробиологии на много лет вперед. Мы имеем в виду значимое открытие И.М. Сеченовым процесса торможения в головном мозге лягушки. По этому поводу он говорил, что всякое противодействие чувственному раздражению должно заключаться в игре механизмов, задерживающих отраженные движения [1]. Следует напомнить, что И.П. Павлов сформулировал представление о пределе работоспособности нервных клеток и открыл запредельное торможение. Он показал, что интенсивность условного раздражителя возрастает до некоторого предела, после которого рефлекторный ответ не усиливается, а происходит его уменьшение или полное затормаживание рефлекса. Торможение, развивающееся в коре мозга в ответ на действие сильных, частых (сверхмаксимальных или длительных монотонных) раздражителей, он назвал запредельным торможением [2].

Главенствующая роль запредельного торможения поведения во всех видах деятельности человека, особенно связанных с экстремальными условиями среды, наводит нас на мысль о том, что здесь мы имеем дело с новым направлением физиологических (нейробиологических) исследований, которое правильно было бы назвать как «физиологию запредельных состояний». Никто не станет отрицать, что запредельные состояния животных и человека реализуются в ходе интегративной деятельности мозга. В чрезвычайных условиях деятельности человека задействованы многочисленные анатомические структуры и функциональные связи головного и спинного мозга, а также нейромедиаторные и гормональные процессы. Весь этот комплекс системообразующей деятельности обеспечивается центральной интеграцией функций. Мы не сомневаемся в том, что выявление закономерностей деятельности коры головного мозга при возникновении запредельных состояний человека и торможение или инициация поведения являются одной из актуальных задач нейронаук.

Эти и другие обстоятельства побуждают нас к более глубокому изучению пределов работоспособности корковых нейронов головного мозга человека и к всестороннему нейробиологическому анализу запредельных форм психических состояний. Мы полагаем, что именно выявление закономерностей нейроадаптивных преобразований мозга и организация поведения человека в экстремальных условиях будут определять его успехи в достижении самых высоких результатов в различных сферах деятельности.

Цель данной работы – обобщение сведений по возникновению запредельного торможения и работоспособности человека при экстремальной деятельности.

Нейрофизиология и психофизиология запредельных состояний

И.П. Павлов указывал, что запредельное торможение, не будучи само утомлением, выступает в роли охранителя корковой клетки и предупреждает дальнейшее

чрезмерное и опасное разрушение этой исключительной клетки [3].

В современном понимании данного явления некоторые авторы [4] указывают, что запредельное торможение, возникающее на сверхсильный раздражитель, можно рассматривать как генетически обусловленное торможение поведения. Функциональная роль такого торможения всегда направлена на обеспечение выживания организма в постоянно меняющихся условиях среды. Это позволяет предположить, что в поведенческом плане перевозбуждение, возникшее в ходе интенсивной деполаризации нейронов, возможно, лежит в основе запредельного торможения.

Есть основания полагать, что многолетняя экстремальная мышечная деятельность человека сопровождается специфической нейрональной адаптацией на корковом и спинальном уровнях ЦНС. В этих процессах принимают участие облегчающие и тормозные кортикоспинальные механизмы управления мышечным сокращением. Примечательно, что у высококвалифицированных спортсменов, по сравнению с низкоквалифицированными, не имеющими адаптации к экстремальной деятельности, в ответах на магнитную стимуляцию, выполняемую на фоне изометрического сокращения разной величины и длительности, на корковом уровне происходит большее повышение возбудимости корковых нейронов, меньшее снижение времени центрального моторного проведения и, как следствие, менее выраженное интракортикальное торможение [5].

Некоторые авторы считают [6], что угнетение соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга можно рассматривать как проявление запредельного (защитного) торможения афферентного звена нервной системы. Совершенно очевидно, что запредельное торможение (предельное ограничение) может ограничивать поведенческую деятельность человека при обучении. Бессилие в преодолении возникших трудностей (сложность учебного материала, большая учебная нагрузка, недостаточный багаж знаний ученика, неправильный выбор способа обучения и т.д.) тормозит учебную деятельность. Кроме того, эмоциональное напряжение обучающихся, особенно в экстремальной ситуации экзамена, способствует формированию в ЦНС запредельного торможения и нарушению баланса процессов возбуждения и торможения [7, 8].

Кроме того, психоэмоциональное напряжение в экстремальных условиях вызывает иррадиацию возбуждения в ЦНС. Оно является помехой для нормальной жизнедеятельности и для процесса концентрации возбуждения в необходимых областях нервной системы. Все это приводит вначале к снижению когнитивных функций, а затем – к запредельному торможению в коре больших полушарий [9].

Мы не сомневаемся в том, что перспективным является информационный подход к изучению проблемы развития запредельных состояний человека. По мнению

М.М. Хананашвили [10], в восходящем эволюционном ряду имеет место возрастание роли приспособительной деятельности головного мозга к усложняющейся информационной среде (сочетанию трех факторов – объема информации, фактора времени и уровня мотивации). Согласно теории переходного состояния М.М. Хананашвили, вслед за действием на организм патогенного раздражителя выявляется состояние, непосредственно предшествующее устойчивой патологии. Это состояние имеет бифункциональную природу (биологически положительная, защитная и биологически негативная защитная реакция организма). В этой связи К.В. Судачковым [11] сделана попытка построения церебральной архитектуры системной организации психической деятельности, объединяющей физиологические и информационные (идеальные) процессы в их тесном взаимодействии.

Топографическая организация коры представляет собой пространственную структуру для множества крупномасштабных сетей и характеризует спектр нейродинамики от унимодальной до гетеромодальной активности в функциональном метаанализе [12]. Это позволяет обрабатывать трансмодальную информацию, не связанную с непосредственным сенсорным входом.

Зарубежными авторами [13] показано, что у людей есть четкие пределы в их способности решать сложные проблемы в ходе рассуждений. Считается, что такие ограничения возникают из-за гибкой перегруппировки функциональных сетей мозга. Менее ясно, как такие адаптивные изменения связаны с устойчивыми внутренними сетями мозга и поведенческими характеристиками. Имеющиеся данные доказывают, что гибкость в нейронных сетях мозга человека является неотъемлемой частью достижения успешных результатов на разных уровнях когнитивной деятельности.

Представляет интерес изучение эндокринных и метаболических процессов у военнослужащих специальной полиции при экстремальной деятельности. Было показано, что пребывание военнослужащих в зоне местного вооруженного конфликта оказало заметное влияние на структуру их адаптивных реакций. Гормональная дисрегуляция и снижение эффективности защитных систем организма были наиболее выраженными в течение осенне-зимнего сезона. Нарушенная эндокринная регуляция зимой (весной) приводила к нежелательным изменениям липидного обмена и к увеличению нагрузки на защитную функцию, опосредованную с помощью биологически активных радикалов [14].

Нет сомнения в том, что в условиях оптимальной адаптации к обучению процессы возбуждения и торможения в коре головного мозга и в подкорковых образованиях (прежде всего в структурах лимбической системы и гипоталамуса) уравновешены. При таком состоянии нервных процессов у студентов регистрируется высокая физическая работоспособность. Напротив, у некоторых обучающихся, при длительной афферентной сенсорной

стимуляции мозговых образований при запредельном психическом напряжении и /или чрезмерном моторном возбуждении, доминантный очаг возбуждения может сформироваться в двигательном анализаторе. Из моторной коры по нисходящим нервным путям модулирующие влияния могут оказывать тормозящее или возбуждающее действие на подкорковые нервные центры, ответственные за эмоционально-вегетативные функции. При этом формируются разные типы дезадаптивных реакций, снижающие эффективность мышечной деятельности [15]. И все же можно констатировать, что лица, обладающие высоким уровнем подвижности и силы нервных процессов, характеризуются успешностью в учебной деятельности, устойчивостью к стрессу в отличие от обучающихся с низкими показателями подвижности и силы нервных процессов [16].

Показано [17], что выработка динамических стереотипных движений при последовательной монотонной работе по сборке картинки из 20 пазлов происходит к пятой попытке, при этом время работы в среднем уменьшается с 2,23 до 0,87 мин. С шестой попытки время сборки пазлов начинает расти, что свидетельствует о развитии утомления и запредельного торможения в ЦНС. В свою очередь, длительность работоспособности нейронов коры и фаза утомления при выполнении велоэргометрической нагрузки (мощностью 3 Вт/кг) у девушек ниже, чем у юношей. Период наступления утомления и запредельного торможения у девушек возникает раньше, чем у юношей. Нижний и верхний пределы работоспособности нейронов коры головного мозга у девушек ниже, чем у юношей.

Во время выполнения ступенчато-возрастающей нагрузки у 45,0% девушек запредельное торможение наступает через 6-7 мин после начала выполнения физической нагрузки при мощности нагрузки 130-150 Вт. Нижний предел работоспособности нейронов коры находится на уровне 70 Вт, а верхний – на уровне 190 Вт. Анализ данных работы показал, что деятельность нейронов двигательной зоны коры за верхним пределом работоспособности может быть описана термином «запредельная работоспособность». В связи с этим выдвинута гипотеза о произвольной возбудимости пирамидных нейронов коры мозга в период запредельной работоспособности. Главный вывод состоит в том, что биологическое значение запредельной работоспособности сводится к увеличению длительности мышечной деятельности при запоздывании утомления.

Таким образом, у корковой клетки действительно есть предел работоспособности, предохраняющий ее от чрезмерного истощения при действии на организм сверхсильных, длительных и монотонных раздражителей. Запредельное торможение поведения обеспечивает выживание организма в непрерывно меняющихся условиях среды обитания. Очевидно и то, что в нейроадаптации к экстремальным условиям среды принимают участие различные кортикоспинальные механизмы.

Нейроанатомия, нейрохимия и нейрофармакология запредельных состояний

Имеющиеся в литературе данные все больше указывают на то, что запредельные состояния связаны с деятельностью корково-подкорковых образований, стволовых и спинальных структур мозга и их нейронных сетей. Выявлено, что нейрональные процессы целостной деятельности мозга в норме и в сложных для организма условиях они всегда имеют нейромедиаторное и гормональное сопровождение. Приведем факты, доказывающие это утверждение. Так, результаты экспериментов, проведенных на беспородных собаках, показывают, что воздействие однократных двигательных нагрузок «до отказа» со стандартной скоростью бега, равной 15 км/ч, приводит к состоянию перенапряжения в клетках переднего рога спинного мозга, красного ядра и пирамидных клеток V слоя моторной коры. Скорость бега животных в этих условиях является определяющим фактором структурно-функциональных перестроек элементов центральной нервной системы [18].

Результаты экспериментов, проведенных на крысах-самцах линии Вистер, показывают, что комбинированное холодовое и болевое воздействие (плавание в воде при температуре + 7 °С со свинцовым грузилом массой, составляющей 10% от массы тела, и введение под дошвенный апоневроз 2%-ного раствора формалина) снижают адаптационные возможности организма, быстрее приводят к дезадаптации, негативно влияют на ресурсы вегетативной регуляции. Примечательно, что курсовое введение кортексина (10 инъекций) способствует активации ферментных систем нейронов, оптимизирует баланс возбуждающих и тормозных аминокислот, повышает биоэнергетику мозга, предотвращает образование свободных радикалов, приводит к удлинению времени плавания и нормализации показателей стрессовой реакции. Из этого можно заключить, что использование кортексина в экстремальных ситуациях повышает физическую работоспособность, стимулирует выносливость и выживание животных и, по-видимому, человека [19].

Известно, что спинной мозг беспозвоночных и позвоночных животных содержит сети нейронов, которые могут вызывать поведенческие локомоторные акты. Чтобы легко реагировать на экстремальные экологические условия, эти нервные сети должны быть гибкими и в то же время надежными. Эти свойства нейронных сетей обеспечивают нейромодуляторы (в частности, дофамин), играющие ключевую роль регуляции спинальных нейронных сетей [20].

У более высокоорганизованных организмов, например, у человека, нейромодуляторы также снижают эффективность двигательных функций при экстремальной деятельности. В этой связи важно подчеркнуть, что, например, у водолазов и подводников при начальном токсическом воздействии кислорода и азота на мозг нарушаются функции межнейрональных синапсов, что со-

провождается снижением физической работоспособности, психофизиологических показателей и памяти [21].

В этом отношении перспективным направлением исследований является грамотное нейрофармакологическое сопровождение запредельных состояний для минимизации ущерба здоровью. Согласно данным работы [22], однократный прием милдроната в дозе 250 мг студентами, при наличии у них синдрома дефицита внимания и гиперреактивности, повышает концентрацию внимания, силу нервных процессов и в целом стимулирует умственную работоспособность, не влияя на активность вегетативной нервной системы и гемодинамику.

На основе гипотезы о функциональной надежности регуляторных систем организма с использованием интегрального логарифмического показателя разработан надежный метод прогнозирования индивидуальной резистентности организма (по показателям гормональной регуляции) [23]. Доказано влияние нитратов на реакцию поглощения кислорода во время различных физических нагрузок у людей. Причем этот эффект может зависеть от интенсивности нагрузки. Однако не выявлено влияние нитратов на лактат плазмы крови при любой интенсивности тренировки. Нитраты не оказывали влияния на время истощения организма при сильной физической нагрузке. Очевидно, добавка нитратов уменьшала медленную компоненту поглощения кислорода только при выполнении упражнений с различной интенсивностью, что может указывать на зависящий от интенсивности эффект действия нитратов на реакцию поглощения кислорода [24].

В работе [25] в качестве модели исследования связанных с физической активностью изменений активности мозга использовались экстремальные упражнения (Ultra Triathlon). Было установлено, что работа мозга ассоциируется с поведенческими состояниями (например, сном) и модифицируется физической активностью, хотя на сегодняшний день неясно, какие компоненты (например, гормоны гипоталамо-гипофизарной и надпочечниковой систем или цитокины) связаны с физическими упражнениями.

Результаты исследований, представленные в работе [26], показывают, что комбинированные фармакологические и генетические манипуляции разблокируют временную фазовую модуляцию молекулярных циркадных часов супрахиазматического ядра мыши. Задача исследования состояла в объединении фармакологических и генетических манипуляций для стимулирования часового механизма супрахиазматического ядра к своим пределам. Показано, что циркадные колебания в экспрессии генов направляют электрическую активность супрахиазматического ядра. Есть основания полагать, что регуляция времени супрахиазматическим ядром поддерживается автономным транскрипционно-поступательным контуром обратной связи.

Таким образом, функциональные нейронные сети мозга демонстрируют значительную временную измен-

чивость и динамическую реконфигурацию даже в состоянии покоя. Известно, что временная изменчивость мозговой сети отражает динамическую реконфигурацию области мозга на отдельные функциональные модули в разное время и может указывать на гибкость и адаптивность мозга. При этом первичная и унимодальная сенсорно-моторная кора демонстрирует низкую временную изменчивость, в то время как трансмодальные области, включая области гетеромодальных ассоциаций и лимбическую систему, имеют высокую изменчивость. Мера изменчивости также может быть потенциально полезна как предиктор для обучения и нейронной реабилитации [27].

Таким образом, можно допустить, что анатомическим субстратом, участвующим в формировании предельных состояний у высших животных и человека, являются корково-подкорковые, стволовые и спинальные образования ЦНС. Выявлено, что нейромодулятор дофамин играет ключевую роль в обеспечении деятельности нейронных сетей мозга в экстремальных условиях. Показано, что гормональный статус человека во многом определяет резистентность организма к физическим нагрузкам, обеспечивает изменчивости мозговой нейронной сети и отдельных функциональных модулей коры мозга.

Работоспособность, утомление и запредельное торможение

Известно, что работоспособность человека определяется пределом функционирования корковых нейронов. Существуют разные подходы к пониманию механизмов работоспособности и утомления при физических и умственных нагрузках. Экспериментальные данные свидетельствуют в пользу того, что нейрофизиологическим механизмом утомления является развитие тормозного процесса в коре, в подкорковых образованиях и в стволовой части головного мозга. Иначе говоря, торможение формируется в ЦНС в результате истощения нервных структур и играет защитную (охранительную) роль. Тем не менее развиваемое торможение в нервной системе сопровождается ухудшением функций висцеральных органов и снижением работоспособности [28].

Как показали исследования [29], при интенсивной и длительной деятельности корковых клеток головного мозга в первую очередь истощается и ослабевает процесс внутреннего торможения, который ведет к нарушениям уравновешенности нейродинамических процессов и двигательной координации.

Мы не сомневаемся в том, что неблагоприятные условия труда существенно снижают предел работоспособности корковых нейронов. Согласно данным [30], у вахтовых рабочих начиная с 11–12-х суток напряженного труда в экстремальных условиях регистрируется прогрессивное утомление управляющих структур ЦНС, для компенсации которого организм задействует функциональные резервы. Критической точкой, определяющей начало развития непреодолимого утомления, а следова-

тельно, и прогрессивного снижения работоспособности у вахтовых рабочих можно считать 30–35-е сутки.

В настоящее время имеются данные о влиянии зрительных нагрузок на нервно-психическое утомление. Как полагают исследователи, 60-минутная зрительно-интеллектуальная нагрузка вызывает снижение показателей работоспособности корковых нейронов и психомоторной подвижности. После нагрузки такой продолжительности наблюдаются субъективные признаки зрительного утомления (астенопии), изменение полей зрения, снижение остроты зрения [31].

Заметим, что А.А. Ухтомский [32] разграничивал торможение и утомление. Он считал, что торможение – это срочная задержка возбуждения, результат встречи тормозимого и тормозящего возбуждений. Отметим, что в динамике умственной работоспособности человека существенную роль играют индивидуально-типологические различия личности. Не оспаривается тот факт, что в учебной деятельности лицам с хорошей умственной работоспособностью присущи подвижность торможения и преобладание процесса внутреннего возбуждения. Успешность обучения может быть обусловлена усидчивостью, которой в большей степени обладают лица с доминированием внутреннего и внешнего торможения. Аккуратность и сдержанность связаны с инертностью процессов возбуждения и торможения. Работу, требующую большой концентрации внимания, более успешно выполняют студенты, которые обладают слабой нервной системой с преобладанием внутреннего торможения или уравновешенностью, а также инертностью нервных процессов. Задания, не требующие напряженного внимания, лучше выполняют обучающиеся с инертностью возбуждения, с сильной нервной системой и преобладанием внутреннего торможения. При выполнении учебной работы монотонного характера у лиц с сильной нервной системой быстрее наступает снижение работоспособности, чем у студентов со слабой нервной системой [33].

Очевидно то, что длительная и напряженная работа в процессе обучения приводит к последовательной смене возбуждательного и тормозного процессов, к ослаблению внутреннего торможения, ведущего к уравновешиванию нервных процессов, иррадиации процесса возбуждения с вовлечением в деятельность других центров коры головного мозга. Совершенно очевидно, что этиопатогенетическим механизмом возникновения утомления в экстремальных условиях учебной деятельности является изменение регуляции физиологических систем организма. Это, в свою очередь, нарушает устойчивость вегетативных функций и приводит к рассогласованию физиологических параметров, к нарушению координации двигательных актов, к снижению работоспособности и регрессу рабочих навыков. Можно заметить, что измененная афферентация, поступающая в ЦНС, приводит к усилению нарушений высшей нервной деятельности [34].

Как показали исследования, тестирование сенсомоторных реакций в условиях спортивной и учебной деятельности позволило определить психофизиологический статус студентов-спортсменов, который характеризуется средней силой нервной системы, подвижностью нервных процессов, уравновешенностью возбуждения и торможения [35].

Следует все же признать, что сила возбуждения отражает работоспособность нервной клетки и проявляется функциональной выносливостью, то есть способностью нервной системы выдерживать длительное (или кратковременное, но сильное) возбуждение, не переходя в противоположное состояние торможения. Сила торможения понимается как работоспособность нервной системы при реализации торможения и проявляется способностью к выработке различных тормозных условно-рефлекторных реакций [36].

Можно заметить, что в условиях адаптации к обучению с увеличением учебной нагрузки начальные признаки утомления вызывают развитие состояния торможения в коре головного мозга, биологически необходимого для предотвращения истощения энергетических запасов нервных клеток. В результате этого в ЦНС наблюдается снижение возбудимости и ослабление деятельности нервных центров [37].

Не так давно авторы работы [38] установили, что чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга приводит к повышению возбудимости спинальных нейронных сетей у лиц с двигательными нарушениями различного генеза. Такая активация ЦНС способствует увеличению амплитудных характеристик вызванных моторных ответов скелетных мышц.

Важно отметить, что при стимуляции головного мозга выявляется его пластическая природа. Но пока неясно, как воздействие постоянного тока влияет на преодоление спринтерской дистанции. Для решения этой проблемы проведено исследование влияния постоянного тока на эффективность езды на спринте у здоровых добровольцев. Оказалось, что увеличение средней мощности катодных воздействий постоянного тока может быть результатом снижения центральной усталости. Таким образом, метод стимулов может улучшить физическую работоспособность и преодоление спринтерской дистанции [39].

В настоящее время высказывается мнение о том, что недостаточная доступность кислорода в мозговой ткани является важным фактором, способствующим развитию центральной усталости во время физических напряженных упражнений. Проверка этой гипотезы показала, что супраспинальные процессы усталости увеличились после локомоторных упражнений при острой гипоксии и что возникшие изменения напрямую связаны с сокращением церебральной доставки кислорода и с оксигенацией тканей. Причина снижения эффективности физических упражнений при острой тяжелой гипоксии, вероятно, кроется в нарушении работы двигатель-

ной коры вследствие уменьшения доставки кислорода в головной мозг [40].

Во время исследования [41] также изучалось влияние максимальной физической нагрузки на оксигенацию головного мозга при синдроме хронической усталости. Полученные данные свидетельствуют о том, что измененная церебральная гемодинамика и ухудшение оксигенации крови могут способствовать снижению нагрузки и при синдроме хронической усталости.

Совсем недавно было установлено, что в период обучения студенты, имеющие среднеслабый и слабый типы нервной системы, отличаются низкой подвижностью нервных процессов и сильно предрасположены к быстрому развитию утомления. Высокая инертность формирования условно-рефлекторных реакций обусловлена, скорее всего, сложностью реализации дифференцировочного торможения корковых нейронов, отражением чего служит высокий уровень ошибочных реакций в работе [42].

Оригинальным является исследование [43], в котором оценивалось влияние низкой относительной влажности окружающей среды на физическую работоспособность и перцептивные реакции во время переноски груза в жаркой среде. Было установлено, что низкая относительная влажность окружающей среды улучшает кардиореспираторные, терморегуляторные и перцептивные реакции во время переноски груза.

Проанализируем сердечно-сосудистые и нервно-вегетативные реакции, возникающие у юношей-велосипедистов при выполнении теста до истощения организма. Согласно работе [44], спортсмены достигали максимального напряжения и высокоуровневой эффективности тогда, когда ЧСС, потребление кислорода и величина воспринятого напряжения увеличивались, а интервалы RR уменьшались. Эти результаты указывают на существование сильной связи между уменьшением сердечного сигнала и способностью воспринимать человеком максимум напряжения.

Таким образом, прогрессивное утомление в ЦНС возникает при достижении предела работоспособности корковых нейронов. Причем утомление может развиваться в различных анализаторах. Надо признать, что на уровень работоспособности нейронов мозга и скорость развития утомления существенно влияют индивидуально-типологические свойства нервной системы и церебральная оксигенация крови.

Запредельные формы пограничных состояний психической дезадаптации

И.П. Павлов в своих работах указывал на то, что корковая клетка, как сторожевой пункт организма, владеет высшей реактивностью, а, следовательно, стремительной функциональной разрушаемостью, быстрой утомляемостью. Эти исключительные особенности нервных клеток лежат в основе эмоционального реагирования человека при формировании различных форм

запредельных психических состояний. Так, считается, что вариантами эмоционального выгорания являются «перевозбуждение» и «торможение» – последовательное единство процессов развития возбуждения и запредельного торможения [45].

Есть основания полагать, что при возникновении предстартового невроза и запредельного торможения в ЦНС у спортсменов изменяется биоэлектрическая активность коры головного мозга. Почвой для таких изменений является спектр патогенетических механизмов, связанных с работой головного мозга. При возникновении психогенных обратимых расстройств регистрируемые паттерны на ЭЭГ имеют определенный «вид», принимая электрофизиологическую форму, не характерную для оптимального старта или успешного выступления [46].

Мы прекрасно знаем, что оперативно-служебные и служебно-боевые задачи в экстремальных условиях сопряжены с риском для жизни и здоровья человека. Сотрудники правоохранительных органов имеют высокие риски развития психической дезадаптации. Выяснилось, что дезадаптированные лица имеют низкий уровень работоспособности, высокое нервно-психическое напряжение, неустойчивое внимание, недостаточную вработываемость и психическую устойчивость, измененный вегетативный дисбаланс, низкую толерантность к стрессу, склонность к профессиональному выгоранию, конфликтность, неадекватность поведения, агрессивность, расстройство сна, слабость и повышенную истощаемость нервной системы [47].

Сходные данные были получены при изучении дезадаптивных реакций у курсантов вузов МЧС России. Было показано, что после воздействия стресс-факторов в условиях имитации чрезвычайных ситуаций у обучающихся выявляются изменение скорости переключения, концентрации и избирательности внимания, повышение уровня тревожности, появление растерянности в сочетании с выраженными вегетативными реакциями [48].

Существует мнение, что функциональные системы организма обучающихся испытывают разную степень напряжения в зависимости от формы контроля знаний. Так, установлено, что под влиянием значительных учебных нагрузок и эмоциональных факторов снижается функциональная подвижность нервных процессов. Эмоциональный стресс, возникающий в экстремальной ситуации (при сдаче студентами экзаменов), порождает высокий уровень ситуативной тревожности [49].

По сведениям других авторов [50], информационные перегрузки в учебной деятельности неразрывно связаны с появлением эмоциональных, физиологических и поведенческих симптомов стресса (нервного напряжения, недовольства собой, раздражительности, приступов гнева, потери сна, нехватки времени на отдых). Результаты исследования, в котором приняли участие лица молодого возраста (студенты университета) [51], показали, что сила торможения и подвижность нервных процессов у

обучающихся, находящихся в состоянии дезадаптации, ниже, чем у адаптированных студентов. Процесс возбуждения в корковых клетках у полностью дезадаптированных студентов сменяется торможением (и наоборот) не так быстро, как у адаптированных. Низкая психомоторная активность дезадаптированных и частично адаптированных студентов проявляется при минимальном коэффициенте умственной работоспособности. Также обнаружено, что в состоянии дезадаптации выявляется повышенная утомляемость, истощаемость и расшатанность нервной системы.

На наш взгляд, теоретически вероятно включение психологических, физических и функциональных компонентов в формирование определенного типа дезадаптации. Как оказалось, каждому типу дезадаптации в головном мозге соответствует определенная матрица вовлеченных и не вовлеченных в дезадаптивный процесс нейронов. На основе имеющихся сведений высказано предположение о том, что в организации дезадаптивного поведения на корковом уровне участвуют различные нейронные группы лобной, височной и моторной коры; на уровне подкорковых образований и стволовой части – базальные ядра, лимбическая система, таламус, гипоталамус, ретикулярная формация и мозжечок [52].

Таким образом, запредельные состояния психической дезадаптации можно рассматривать как пограничные состояния между нормой и патологией. Лица, находящиеся в состоянии дезадаптации, имеют, как правило, пониженную работоспособность, слабую нервно-психическую устойчивость, высокую тревожность, выраженные психовегетативные расстройства, низкую моторную активность, зависимое поведение. Существование различного рода дезадаптивных проявлений, влияющих на поведение, объясняется вовлечением в дезадаптивный процесс нейронных групп головного мозга.

Заключение

Подводя итоги рассмотрения проблемы возникновения и развития запредельных состояний, формирующихся у человека при экстремальной деятельности, можно сказать, что данная проблема заслуживает пристального внимания и всестороннего анализа. Это связано, прежде всего, с тем, что запредельные психические состояния все чаще возникают в повседневной деятельности человека. Более того, при неконтролируемых умственных и физических нагрузках запредельные состояния нередко несут угрозу здоровью человека, способствуя переутомлению и развитию патологических состояний.

К сожалению, на сегодняшний день многие вопросы интегративной деятельности мозга в экстремальных условиях среды и при экстремальной деятельности человека далеки от решения. В этой области исследования все еще больше вопросов, чем имеющихся на них ответов. Мы, как и прежде, не можем точно сказать, какими механизмами обеспечивается согласованная деятельность

мозга в чрезвычайной ситуации, какова последовательность адаптивных реакций человека на экстремальную нагрузку и как организуется его поведение в той или иной ситуации. Более того, пока нет четкой ясности в вопросе о том, какие анатомические образования мозга являются субстратом запредельных состояний человека. Далека от решения также проблема медиаторного и гормонального обеспечения различных форм запредельных психических состояний.

Центральной задачей исследований запредельных психических состояний и поведения человека является выделение и изучение механизмов модуляции нейронных сетей различных образований мозга и прослеживание функциональных связей между ними. Здесь большие

перспективы мы связываем с нейрофармакологическим обеспечением «запредельной работоспособности» (термин впервые был использован в работе [4]).

К настоящему времени еще не в полной мере изучены пределы работоспособности корковых нейронов в различных условиях среды и не определена так называемая критическая точка – момент наступления запредельного торможения и утомления при экстремальных умственных и физических нагрузках. Хотелось бы надеяться, что мы все же придем к полному пониманию этиопатогенетических механизмов возникновения и развития пограничных (запредельных) состояний психической дезадаптации, которые снижают работоспособность и дезорганизуют поведение человека.

Список литературы

1. Сеченов И.М. Избранные произведения. М., 1953. 333 с.
2. Павлов И.П. Избранные труды. М., 1951. 616 с.
3. Павлов И.П. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. М., 2017. 480 с.
4. Шульгина Г.И. Нейрофизиологическое и нейромедиаторное обеспечение торможения поведения в норме и в условиях патологии // Журнал высшей нервной деятельности. 2010. Т.60, №6. С. 643-56.
5. Фомин Р.Н., Селяев М.В. Нейрональная адаптация кортикоспинальных механизмов управления мышечным сокращением у спортсменов // Физиология человека. 2011. Т.37, №6. С. 76-88.
6. Финченко С.Н., Капилевич Л.В., Васильев В.Н. Влияние контрастного массажа на характеристики зрительных и соматосенсорных вызванных потенциалов головного мозга // Вестник Томского государственного университета. 2013. №366. С. 132-4.
7. Курманкулов Ш.Ж., Бешкепирова В.К. Факторы, учитываемые при организации успешного (качественного) обучения учащихся // Педагогика и современность. 2016. №1. С. 27-31.
8. Соловьев В.Н. Эмоциональное напряжение у студентов в стрессовой ситуации экзамена // Успехи современного естествознания. 2004. №3. С. 93-6.
9. Мельгуй Н.В., Колосова О.Н., Николаева Е.Н. Хронобиологические особенности психоэмоционального напряжения студентов в условиях высоких широт // Наука и образование. 2016. №3. С. 91-5.
10. Хананашвили М.М. Теория переходного состояния между нормой и патологией // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2012. №1. С. 3-12.
11. Судаков К.В. Системная организация психической деятельности // Психологический журнал. 2013. Т.34, №6. С. 72-81.
12. Margulies D.S., Ghosh S.S., Goulas A. et al. Situating the default-mode network along a principal gradient of macroscale cortical organization // Proc Natl Acad Sci U S A. 2016. Vol.113, №44. P. 12574-9.
13. Hearne L.J., Cocchi L., Zalesky A. et al. Reconfiguration of Brain Network Architectures between Resting-State and Complexity-Dependent Cognitive Reasoning // J Neurosci. 2017. Vol.37, №35. P. 8399-8411.
14. Barabash L.V., Levitskiĭ E.F., Khon V.B. et al. Effect of extreme conditions on seasonal patterns of endocrine and metabolic processes // Klin Med (Mosk). 2009. Vol.87, №7. P. 47-9.

References

1. Sechenov IM. Selected works. Moscow, State Educational and Pedagogical Publishing House of the Ministry of Education of the RSFSR, 1953. 333 p. Russian.
2. Pavlov IP. Selected works. Moscow, Publishing House of the APN RSFSR, 1951. 616 p. Russian.
3. Pavlov IP. Lectures on the work of the cerebral hemispheres. Moscow, Publishing House «E», 2017. 480 p. Russian.
4. Shulgina GI. Neurophysiological and neurotransmitter support of inhibition of behavior in normal and pathological conditions. Journal of Higher Nervous Activity. 2010;60(6):643-56. Russian.
5. Fomin RN, Selyaev MV. Neuronal adaptation of corticospinal mechanisms for controlling muscle contraction in athletes. Human physiology. 2011;37(6):76-88. Russian.
6. Finchenko SN, Kapilevich LV, Vasiliev VN. The effect of contrast massage on the characteristics of visual and somatosensory evoked potentials of the brain. Bulletin of Tomsk State University. 2013;(366):132-34. Russian.
7. Kurmankulov ShZh, Beshkempirova VK. Factors that are taken into account when organizing successful (quality) teaching of students. Pedagogy and modernity. 2016;(1):27-31. Russian.
8. Soloviev VN. Emotional tension in students in the stressful situation of the exam. Advances in modern natural science. 2004;(3):93-6. Russian.
9. Melgui NV, Kolosova ON, Nikolaeva EN. Chronobiological features of psychoemotional tension of students in high latitudes. Science and education. 2016;(3):91-5. Russian.
10. Hananashvili MM. Theory of the transitional state between norm and pathology. Pathological physiology and experimental therapy. 2012;(1):3-12. Russian.
11. Sudakov KV. Systemic organization of mental activity. Psychological journal. 2013;34(6):72-81. Russian.
12. Margulies DS, Ghosh SS, Goulas A et al. Situating the default-mode network along a principal gradient of macroscale cortical organization. Proc Natl Acad Sci U S A. 2016;113(44):12574-9.
13. Hearne LJ, Cocchi L, Zalesky A et al. Reconfiguration of Brain Network Architectures between Resting-State and Complexity-Dependent Cognitive Reasoning. J Neurosci. 2017;37(35):8399-8411.
14. Barabash LV, Levitskiĭ EF, Khon VB et al. Effect of extreme conditions on seasonal patterns of endocrine and metabolic processes. Klin Med (Mosk). 2009;87(7):47-9.

15. **Артеменков А.А.** Запредельное торможение двигательной активности у человека в состоянии дезадаптации // Наука России: Цели и задачи. Сборник научных трудов по материалам II международной научно-практической конференции. Ч.2. Изд. НИЦ «Л-Журнал». 2017. С. 25-7.
16. **Ядрищенская Т.В., Долгих Н.П.** Психофизиологические особенности студентов и когнитивные стили обучения // Проблемы высшего образования. 2016. №1. С. 243-6.
17. **Артеменков А.А.** Изучение пределов работоспособности корковых нейронов в условиях выработки динамического стереотипа и при экстремальных физических нагрузках // Экстремальная деятельность человека. 2017. №2. С. 74-8.
18. **Эрастов Е.Р.** Морфофункциональная организация элементов центральной нервной системы при воздействии индивидуально дозированных двигательных нагрузок // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2016. №2. С. 200-7.
19. **Леонтьев О.В., Душенин В.Г., Кузьмин С.Г.** Адаптация при комбинированном (холодовом и болевом) воздействии в эксперименте // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2017. №2. С. 126-9.
20. **Sharples S.A., Koblinger K., Humphreys J.M. et al.** Dopamine: a parallel pathway for the modulation of spinal locomotor networks // Front Neural Circuits. 2014. Vol.8. P. 55.
21. **Медведев Л.Г., Стаценко А.В., Апчел В.Я. и др.** Механизм нарушений функций мозга при кислородном отравлении и азотном наркозе у водолазов и подводников // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2012. №2. С. 74-8.
22. **Попова О.В., Циркин В.И., Нуреев И.Т. и др.** Влияние милдроната на состояние центральной нервной системы у студентов с признаками синдрома дефицита внимания и гиперреактивностью // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. №6. С. 105-12.
23. **Ушаков И.Б., Штембер А.С.** Резистентность организма к экстремальным факторам: физиологические основы, регуляция, прогнозирование // Успехи физиологических наук. 2011. Т.42, №3. С. 26-45.
24. **Ghiarone T., Ataide-Silva T., Bertuzzi R. et al.** Effect of acute nitrate ingestion on V₂O₂ response at different exercise intensity domains // Appl Physiol Nutr Metab. 2017. Vol.28. P. 1-8.
25. **Menicucci D., Gentili C., Piarulli A. et al.** Brain connectivity is altered by extreme physical exercise during non-REM sleep and wakefulness: indications from EEG and fMRI studies // Arch Ital Biol. 2016. Vol.154, №4. P. 103-17.
26. **Patton A.P., Chesham J.E., Hastings M.H.** Combined Pharmacological and Genetic Manipulations Unlock Unprecedented Temporal Elasticity and Reveal Phase-Specific Modulation of the Molecular Circadian Clock of the Mouse Suprachiasmatic Nucleus // J Neurosci. 2016. Vol.36, №36. P. 9326-41.
27. **Zhang J., Cheng W., Liu Z. et al.** Neural, electrophysiological and anatomical basis of brain-network variability and its characteristic changes in mental disorders // Brain. 2016. Vol.139, №8. P. 2307-21.
28. **Маслов Н.Б., Блощинский И.А., Галушкина Е.А. и др.** Концептуальные подходы к оценке функционального состояния специалистов в процессе их профессиональной деятельности // Экология человека. 2012. №4. С. 16-24.
29. **Бодров В.А.** Развитие учения о профессиональном утомлении человека. Часть II. Теоретические положения проблемы утомления // Психологический журнал. 2010. Т.31, №4. С. 83-93.
30. **Сарычев А.С.** Критерии оценки работоспособности у вахтовиков в заполярье // Журнал медико-биологических исследований. 2013. №2. С. 55-63.
15. **Artemenkov AA.** Excessive inhibition of motor activity in a person in a state of disadaptation. Science of Russia: Goals and objectives. Collection of scientific papers, based on the materials of the II International Scientific and Practical Conference. Part 2. Ed. Research Center «L-Magazine». 2017:25-7. Russian.
16. **Yadrishchenskaya TV, Dolgikh NP.** Psychophysiological characteristics of students and cognitive styles of learning. Problems of higher education. 2016;(1):243-6. Russian.
17. **Artemenkov AA.** Study of the limits of the efficiency of cortical neurons in conditions of development of a dynamic stereotype and under extreme physical stress. Extreme human activity. 2017;(2):74-8. Russian.
18. **Erastov ER.** Morphofunctional organization of the central nervous system elements under the influence of individually-dosed motor loads. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2016;(2):200-7. Russian.
19. **Leontyev OV, Doshenin VG, Kuzmin SG.** Adaptation with combined (cold and painful) effects in the experiment. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2017;(2):126-9. Russian.
20. **Sharples SA, Koblinger K, Humphreys JM et al.** Dopamine: a parallel pathway for the modulation of spinal locomotor networks. Front Neural Circuits. 2014;8:55.
21. **Medvedev L, Statsenko AV, Apchel VYa, Baklanov DV, Dmitruk VI, Lupanov AI.** The mechanism of violations of brain functions in oxygen poisoning and nitrogen anesthesia in divers and submariners. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2012;(2):74-8. Russian.
22. **Popova OV, Tsirkin VI, Nureev I, Zlokazova MV, Trukhina SI.** Effect of Mildronate on the state of the central nervous system in students with signs of attention deficit disorder and hyperreactivity. Bulletin of the Nizhny Novgorod University. N.I. Lobachevsky. 2010;(6):105-12. Russian.
23. **Ushakov IB, Shtember AS.** Resistance of the organism to extreme factors: physiological basis, regulation, prediction. Successes of physiological sciences. 2011;42(3):26-45. Russian.
24. **Ghiarone T, Ataide-Silva T, Bertuzzi R et al.** Effect of acute nitrate ingestion on V₂O₂ response at different exercise intensity domains. Appl Physiol Nutr Metab. 2017;28:1-8.
25. **Menicucci D, Gentili C, Piarulli A et al.** Brain connectivity is altered by extreme physical exercise during non-REM sleep and wakefulness: indications from EEG and fMRI studies. Arch Ital Biol. 2016;154(4):103-17.
26. **Patton AP, Chesham JE, Hastings MH.** Combined Pharmacological and Genetic Manipulations Unlock Unprecedented Temporal Elasticity and Reveal Phase-Specific Modulation of the Molecular Circadian Clock of the Mouse Suprachiasmatic Nucleus. J Neurosci. 2016;36(36):9326-41.
27. **Zhang J, Cheng W, Liu Z et al.** Neural, electrophysiological and anatomical basis of brain-network variability and its characteristic changes in mental disorders. Brain. 2016;139(8):2307-21.
28. **Maslov NB, Bloschinsky IA, Galushkina EA, Rogovnov DYu.** Conceptual approaches to assessing the functional state of specialists in the process of their professional activities. Ecology of man. 2012;(4):16-24. Russian.
29. **Bodrov VA.** Development of the doctrine of occupational fatigue rights. Part II. Theoretical implications of fatigue. Psychological journal. 2010;31(4):83-93. Russian.
30. **Sarychev AS.** Criteria for assessing the working capacity of shift workers in the Arctic. Journal of Biomedical Research. 2013;(2):55-63. Russian.

31. Сазонов Е.Н., Владимиров Л.П., Демидова О.В. и др. Влияние зрительной нагрузки на состояние зрительной сенсорной системы и психофизиологические показатели учащихся высшей школы // Дальневосточный медицинский журнал. 2014. №1. С. 89-91.
32. Ухтомский А.А. Избранные труды. М., 2012. 369 с.
33. Давоян К.Р. Влияние физической культуры на повышение работоспособности студента // Вестник Ессентукского института управления, бизнеса и права. 2015. №10. С. 90.
34. Редько А.В., Бачериков Е.Л., Камскова Ю.Г. Исследование утомления у студентов в процессе учебной деятельности // Человек. Спорт. Медицина. 2008. №19. С. 36-7.
35. Макунина О.А. Комплексная оценка психофизиологического статуса студентов-спортсменов в условиях сочетанной деятельности // Современные проблемы науки и образования. 2015. №2. С. 254-64.
36. Голубкова Г.И. Влияние индивидуальных психофизиологических особенностей на успеваемость студентов // Медицинская сестра. 2009. №3. С. 38-9.
37. Воробьева Т.Г., Дементьева Е.В., Турманидзе В.Г. и др. Психофизиологическая адаптация студентов в период обучения // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2016. №2. С. 59-65.
38. Якупов Р.Н., Котова Е.Ю., Балькин Ю.М. и др. Влияние чрескожной электростимуляции спинного мозга и механотерапии на возбудимость спинальных нейронных сетей и локомоторные функции пациентов с нарушениями мозгового кровообращения // Ульяновский медико-биологический журнал. 2016. №4. С. 121-8.
39. Sasada S., Endoh T., Ishii T. et al. Polarity-dependent improvement of maximal-effort sprint cycling performance by direct current stimulation of the central nervous system // Neurosci Lett. 2017. Vol.657. P. 97-101.
40. Goodall S., González-Alonso J., Ali L. et al. Supraspinal fatigue after normoxic and hypoxic exercise in humans // J Physiol. 2012. Vol.590, №11. P. 2767-82.
41. Patrick Neary J., Roberts A.D., Leavins N. et al. Prefrontal cortex oxygenation during incremental exercise in chronic fatiguesyndrome // Clin Physiol Funct Imaging. 2008. Vol.28. №6. P. 364-72.
42. Михайлова Л.А., Орлов С.Н. Особенности нейродинамических процессов у студентов с различным типом работоспособности нервной системы // Современные проблемы науки и образования. 2016. №2. С. 8-16.
43. Mekjavic I.B., Ciuha U., Grönkvist M. et al. The Effect of Low Ambient Relative Humidity on Physical Performance and Perceptual Responses during Load Carriage // Front Physiol. 2017. Vol.8. P. 451.
44. Blasco-Lafarga C., Camarena B., Mateo-March M. Cardiovascular and Autonomic Responses to a Maximal Exercise Test in Elite Youngsters // Int J Sports Med. 2017. Vol.38, №9. P. 666-74.
45. Савельев С.И., Зайцев В.М., Котова Г.Н. Основы многомерного подхода к изучению синдрома выгорания среди молодого поколения современного общества // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. 2014. №1-2. С. 175-8.
46. Астахов Д.Б. Предстартовый невроз и запредельное торможение центральной нервной системы (ЦНС) в соревновательный период у самбистов. Современные методы диагностики и коррекции // Экстремальная деятельность человека. 2016. №3. С. 21-4.
47. Корехова М.В., Новикова И.А. Особенности психофизиологической адаптации сотрудников органов внутренних дел // Журнал медико-биологических исследований. 2015. №3. С. 77-88.
31. Sazonov EN, Vladimirova LP, Demidova OV, Emelyanenko NS, Kalinina SF, Plecheva LI. Influence of visual load on the state of the visual sensory system and psychophysiological indicators of students in higher education. Far Eastern Medical Journal. 2014;(1):89-91. Russian.
32. Ukhtomsky AA. Selected works. Moscow, The book on Demand, 2012. 369 p. Russian.
33. Davoyan KR. The influence of physical culture on improving the student's efficiency. Bulletin of the Yessentuki Institute of Management, Business and Law. 2015;(10):90-4. Russian.
34. Redko AV, Bacherikov EL, Kamskova YuG. Study of fatigue in students in the process of learning activities. Human. Sport. Medicine. 2008;(19):36-7. Russian.
35. Makunina OA. Comprehensive assessment of the psychophysiological status of student athletes in conditions of combined activities. Modern problems of science and education. 2015;(2):254-64. Russian.
36. Golubkova GI. Influence of individual psychophysiological features on students' performance. Nurse. 2009;(3):38-9. Russian.
37. Vorobyova TG, Dementieva EV, Turmanidze VG, Turmanidze AV. Psychophysiological adaptation of students in the period of training. Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2016;(2):59-65. Russian.
38. Yakupov RN, Kotova EYu, Balykin YuM, Mashin VV, Balykin MV, Gerasimenko YuP. Effect of percutaneous electrostimulation of the spinal cord and mechanotherapy on the excitability of spinal neural networks and the locomotor functions of patients with impaired cerebral circulation. Ulyanovsk Medical Biological Journal. 2016;(4):121-8. Russian.
39. Sasada S, Endoh T, Ishii T et al. Polarity-dependent improvement of maximal-effort sprint cycling performance by direct current stimulation of the central nervous system. Neurosci Lett. 2017;657:97-101.
40. Goodall S, González-Alonso J, Ali L et al. Supraspinal fatigue after normoxic and hypoxic exercise in humans. J Physiol. 2012;590(11):2767-82.
41. Patrick Neary J, Roberts AD, Leavins N et al. Prefrontal cortex oxygenation during incremental exercise in chronic fatigue syndrome. Clin Physiol Funct Imaging. 2008;28(6):364-72.
42. Mikhailova LA, Orlov SN. Features of neurodynamic processes in students with different types of working capacity of the nervous system. Modern problems of science and education. 2016;(2):8-16. Russian.
43. Mekjavic IB, Ciuha U, Grönkvist M et al. The Effect of Low Ambient Relative Humidity on Physical Performance and Perceptual Responses during Load Carriage. Front Physiol. 2017;8:451.
44. Blasco-Lafarga C, Camarena B, Mateo-March M. Cardiovascular and Autonomic Responses to a Maximal Exercise Test in Elite Youngsters. Int J Sports Med. 2017;38(9):666-74.
45. Savelyev SI, Zaitsev VM, Kotova GN. Fundamentals of the multidimensional approach to the study of the burnout syndrome among the younger generation of modern society. Ecology of the Central Black Earth region of the Russian Federation. 2014;(1-2): 175-8. Russian.
46. Astakhov DB. Pre-articulate neurosis and transcendental inhibition of the central nervous system (CNS) in the competitive period in the Sambo wrestlers. Modern methods of diagnosis and correction. Extreme human activity. 2016;(3):21-4. Russian.
47. Koryokhova MV, Novikova IA. Features of psychophysiological adaptation of employees of law enforcement bodies. Journal of Biomedical Research. 2015;(3):77-86. Russian.

48. **Земкова А.А.** Психокоррекция дезадаптивных реакций, возникающих при тренировках в условиях имитаций чрезвычайных ситуаций у курсантов вузов МЧС России // Личность в экстремальных условиях и кризисных ситуациях жизнедеятельности. 2016. №6. С. 208-16.

49. **Челышкова Т.В., Хасанова Н.Н., Гречишкина С.С. и др.** Особенности функционального состояния центральной нервной системы студентов в процессе учебной деятельности // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2008. №9. С. 71-7.

50. **Зотова О.М., Егорова Т.С., Юшин В.В. и др.** Информационные перегрузки как фактор риска для здоровья студентов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2014. №4. С. 77-83.

51. **Артеменков А.А.** Формирование запредельных форм психических состояний в учебной деятельности // Вопросы психологии экстремальных ситуаций. 2017. №2. С. 23-9.

52. **Артеменков А.А.** Общебиологические подходы к системной организации пограничных состояний психической дезадаптации // Научное обозрение. 2017. №5. С. 10-6.

48. **Zemkova AA.** Psychocorrection of disadaptive reactions arising during training in conditions of imitations of emergencies among cadets at EMERCOM of Russia. Personality in extreme conditions and crisis situations of life. 2016;(6):208-16. Russian.

49. **Chelyshkova TV, Khasanova NN, Grechishkina SS, Namitokova AA, Kornik GG, Frolova VA.** Features of the functional state of the central nervous system of students in the process of educational activity. Bulletin of the Adyghe State University. Series 4: Natural-mathematical and technical sciences. 2008;(9):71-7. Russian.

50. **Zotova OM, Egorova TS, Yushin VV, Zotov VV.** Information overloads as a risk factor for students' health. Izvestiya South-Western State University. Series: Engineering and technology. 2014;(4):77-83. Russian.

51. **Artemenkov AA.** Formation of the suprising forms of mental states in educational activity. Questions of psychology of extreme situations. 2017;(2):23-9. Russian.

52. **Artemenkov AA.** General biology approaches to the systemic organization of borderline states of mental disadaptation. Scientific review. 2017;(5):10-6. Russian.

Информация об авторе:

Артеменков Алексей Александрович, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта факультета биологии и здоровья человека ФГБОУ ВО Череповецкий государственный университет. (+7 (911) 516-21-40, basis@live.ru)

Information about the author:

Aleksey A. Artemenkov, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sport of the Faculty of Biology and Human Health of the Cherepovets State University. (+7 (911) 516-21-40, basis@live.ru)

Поступила в редакцию: 14.08.2018

Принята к публикации: 11.09.2018

Received: 14 August 2018

Accepted: 11 September 2018

Эндокринный аспект перетренированности спортсменов

*З.Г. Орджоникидзе¹, Н.А. Демидов², В.И. Павлов¹, В.А. Бадтиева¹, А.С. Резепов³,
О.С. Волкова⁴, С.Г. Плотников⁵, М.В. Гвинианидзе¹*

*¹ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ, Клиника Спортивной Медицины, Департамент здравоохранения г. Москвы,
г. Москва, Россия*

²ГБУЗ Больница г. Московский, Департамент здравоохранения г. Москвы, г. Москва, Россия

³ПФК «Арсенал», г. Тула, Россия

⁴ООО «Профи-Клиник», г. Владивосток, Россия

*⁵ГБУ Центр спортивной подготовки по легкой атлетике, Департамент спорта г. Москвы,
г. Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Стремление к достижению целей тренировочного процесса при нерациональном применении физических нагрузок способно приводить к снижению адаптационных и резервных возможностей спортсмена. Следствием развивающихся при этом изменений со стороны эндокринной, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, может быть развитие синдрома перетренированности. До настоящего времени в литературе отсутствует единый подход к определению, диагностике, лечению и профилактике синдрома перетренированности. Недостаточно изучены, в первую очередь, эндокринные аспекты развития синдрома перетренированности, в частности отсутствует четкое понимание степени участия различных гормональных механизмов в его патогенезе, неоднозначны представления о возможностях использования определения уровней гормонов для диагностики данного состояния. Целью данной публикации является краткое изложение и систематизация имеющихся концепций в отношении эндокринных аспектов синдрома перетренированности.

Ключевые слова: синдром перетренированности, спортсмен, перегрузка, восстановление, тестостерон, кортизол, пролактин

Для цитирования: Орджоникидзе З.Г., Демидов Н.А., Павлов В.И., Бадтиева В.А., Резепов А.С., Волкова О.С., Плотников С.Г., Гвинианидзе М.В. Эндокринный аспект перетренированности спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 16-21. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.16.

Endocrine aspect of overtraining in athletes

*Zurab G. Ordzhonikidze¹, Vladimir I. Pavlov¹, Nikolay A. Demidov², Victoria A. Badtieva¹,
Aleksandr S. Rezepov³, Oksana S. Volkova⁴, Sergey G. Plotnikov⁵, Mamuka V. Gvinianidze¹*

¹Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine, Sports Medicine Clinic, Moscow, Russia

²Moscovskiy City Hospital, Moscow, Russia

³«Arsenal» Professional Football Club, Tula, Russia

⁴«Profi-Clinic» LLC, Vladivostok, Russia

⁵Moscomsport Center for Athletic Training in Track and Field Athletics, Moscow, Russia

ABSTRACT

Striving to achieve the goals of the training process with the irrational use of physical activity can lead to a decrease in the adaptive and reserve capabilities of the athlete. The development of changes in the endocrine, cardiovascular and central nervous systems may result in the development of overtraining syndrome. There is no unified approach to the definition, diagnosis, treatment and prevention of overtraining syndrome in the literature up to the present day. The endocrine aspects of the development of the overtraining syndrome are not sufficiently studied. In particular, there is no clear understanding of the degree of involvement of various hormonal mechanisms in its pathogenesis and ideas about the possibilities of using hormone levels to diagnose this condition. The purpose of this publication is to summarize and systematize the available concepts regarding the endocrine aspects of the overtraining syndrome.

Key words: overtraining syndrome, athlete, overload, recovery, testosterone, cortisol, prolactin

For citation: Ordzhonikidze ZG, Demidov NA, Pavlov BI, Badtieva VA, Rezepov AC, Volkova OS, Plotnikov SG, Gvinianidze MV. Endocrine aspect of overtraining in athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):16-21. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.16.

Введение

Перетренированность (overtraining), синдром перетренированности – аккумуляция перегрузок, приводящая к длительному снижению работоспособности, не устранимому в течение, как минимум, 2-х недель облегченных тренировок или полного отдыха, которая может сопровождаться рядом психологических и соматических симптомов [1].

Перетренированность чаще всего связывают с нарушением координации взаимодействия коры головного мозга и подкорковых отделов [2-4], процессов суперкомпенсации, которые необходимы для эффективного тренировочного процесса [5]. Несомненную роль также играет дезадаптация гипоталамо-гипофизарной системы [6-8].

Патогенез перетренированности

Ошибки в построении тренировочного процесса, стремление в короткие сроки достичь высоких спортивных результатов могут приводить к кумуляции утомления, что становится важным фактором развития перетренированности, так как восстановление после таких состояний занимает длительное время.

Максимальный уровень утомления характерен для соревновательных нагрузок

Усталость, раздражительность, затруднение концентрации является нормальным для спортсменов после физических нагрузок и проходят при её снижении. Крайняя же степень проявления данных симптомов может являться признаком синдрома перетренированности - психосоматической патологии с вовлечением эндокринной и нервной систем.

Классификация синдрома перетренированности (overtraining syndrome)

Основопологающим в классификации перетренированности является соотношение процессов автономной (вегетативной) регуляции. Дисфункция вегетативной (автономной) нервной системы, или дисбаланс ее симпатического и парасимпатического звеньев на фоне дисрегуляции гипоталамо-гипофизарной системы является основой развития перетренированности. Выделяют две формы (фазы) перетренированности: симпатическую (адреналовую) и парасимпатическую.

Симпатическая фаза, по-видимому, является первой стадией перетренированности, идентична острой стрессовой реакции и прогрессирует до истощения симпатической активности вегетативной нервной системы [9, 10].

Симпатическая фаза характеризуется ростом частоты сердечных сокращений, уровня артериального давления и скорости метаболизма в покое, а также присутствием признаков психологического стресса.

Парасимпатическая фаза часто определяется как продолженное состояние перетренированности, или фаза истощения, что проявляется снижением работоспособности и отсутствием возможности выйти на оптимальный уровень физической готовности.

Для парасимпатической фазы характерны: низкая частота пульса в покое, реагирующая резким возрастанием на обычные нагрузки, нормальный уровень артериального давления с его избыточным ростом при физических нагрузках, нормальная скорость метаболизма и нормальная температура тела, а также отсутствие явных психологических признаков избыточного стресса.

Все существующие классификации перетренированности несут на себе значительный оттенок условности.

Диагностика перетренированности

Диагностика перетренированности представляет из себя сложную задачу из-за отсутствия четких критериев. Нередко диагноз ставится путем исключения других соматических заболеваний, таких как анемия, патология желудочно-кишечного тракта, астма и аллергия, сердечно-сосудистая патология, эндокринные нарушения (диабет, или нарушение толерантности к глюкозе, гипо- или гипертиреозидизм, надпочечниковая недостаточность и др.), инфекционные процессы, патология опорно-двигательного аппарата (в том числе, скелетных мышц), первичные психоневрологические расстройства.

Важным является получение сведений об изменении тренировочного режима. Снижение работоспособности с повышенной чувствительностью к утомлению (субъективная и объективная оценки) являются основными признаками перетренированности.

Эндокринные изменения

Достаточно давно высказывалось предположение, что перетренированность связана с центральной дисрегуляцией, вызванной изменениями гормонального фона, и что определение уровней гормонов крови может помочь диагностировать данное состояние [6-8, 11, 12].

Большинство авторов соглашается с тем, что синдром перетренированности следует рассматривать в связи с дезадаптацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси [6-8]. Например, ее адаптация к регулярным тренировкам характеризуется увеличением отношения адренокортикотропного гормона (АКТГ) к кортизолу только во время восстановления (из-за пониженной чувствительности гипофиза к кортизолу) [6, 13, 14] и модуляции чувствительности тканей к глюкокортикоидам [15, 16].

Еще в 1985 г. при обследовании спортсменов-марафонцев с синдромом перетренированности было выявлено изменение ответа гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси на стресс-стимул (инсулин-индуцированную гипогликемию), в виде снижения стимулированной секреции АКТГ, гормона роста, пролактина и кортизола [21]. Нормальный ответ на стресс-стимул восстанавливался после адекватного отдыха от тренировок. На основании полученных данных было предложено считать повышение кортизола менее чем до 180 нмоль/л в ответ на инсулин-индуцированную гипогликемию признаком развития синдрома перетренированности и основанием для снижения тренировочных нагрузок [21].

Современное развитие данное направление получило в 2017 г., когда были опубликованы результаты исследования EROS-HPA, в котором были сформулированы критерии подтверждения/исключения синдрома перетренированности: уровень кортизола через 30 минут после пробуждения >530 нг/дл – исключение; уровень кортизола на фоне теста с гипогликемией >20,5 мкг/дл – исключение, <17 мкг/дл (или повышение менее чем до 9,5 мкг/дл) – подтверждение; ответ АКТГ на стресс-тест >106 пг/мл (или повышение >70 пг/мл) – исключение, <35 пг/мл (или повышение <14,5 пг/мл) – подтверждение [18].

В зависимости от интенсивности и продолжительности тренировок тестостерон и кортизол, сигнализируя о преобладании процессов анаболизма или катаболизма, что явилось основанием для использования соотношения тестостерона/кортизола плазмы в диагностике состояния перетренированности. Было предложено считать маркером перетренированности соотношение свободный тестостерон/кортизол >30% или <0,35 x 10⁻³ [19], но в дальнейшем было показано, что соотношение тестостерон/кортизол указывает только на фактическое физиологическое состояние и не имеет большой диагностической ценности для верификации синдрома перетренированности [7, 20, 21].

Важное значение имеет динамика гормональных реакций, так как гормональный ответ во время тренировки и в фазе восстановления может значительно различаться. Кроме того, в ряде исследований показано, что гормональный ответ на тренировочную нагрузку отличается в зависимости от времени суток (повышение уровня тестостерона через 1 час после стандартной тренировочной нагрузки до 411,1+49.7 нмоль/л в 7.00, до 168.3+16.6 нмоль/л в 19.00 и до 162.8+46.9 в 24.00 от базового уровня в 135,9+12,2, 65,1+7,3, и 103,9+13,3 нмоль/л в 7.00, 19.00 и 24.00 соответственно), при этом повышение уровня гормона роста после физических упражнений не зависело от времени суток [22, 23].

Попытки использования для диагностики синдрома перетренированности оценки уровня тиреоидных гормонов также не привели к успеху, хотя был сделан вывод, что их концентрация важна для оценки общего состояния спортсмена [24].

Другие гормоны, такие как лептин, адипонектин и грелин, а также цитокины, такие как интерлейкин-6 (IL-6) и фактор некроза опухоли-альфа, также были исследованы в качестве потенциальных возможностей для мониторинга тренировочного процесса [25], но на настоящий момент нет научного подтверждения пригодности этих параметров для диагностики перегрузки или перетренированности.

Таким образом, использование базальных уровней центральных и периферических гормонов на сегодняшний день не имеет очевидной перспективы для диагностики синдрома перетренированности [26].

По этой причине, ряд исследователей [27, 28] выдвинули гипотезу о том, что тест с двумя блоками трени-

ровочной нагрузки с интервалом в 4 часа между ними, может быть использован для оценки способности восстановления спортсмена и полезен для обнаружения признаков перетренированности.

Результаты исследования продемонстрировали индуцированное физической нагрузкой повышение уровня АКТГ, пролактина и гормона роста. При этом, у спортсменов с синдромом перетренированности повышение уровня АКТГ после первого нагрузочного блока составило 289%, но после второго блока отмечалось снижение на 7%, что кардинально отличало их от здоровых спортсменов, у которых повышение уровня АКТГ составило 183% после первого тренировочного блока и 310% после второго блока [27].

В исследовании также была отмечена похожая динамика концентрации пролактина. Концентрация пролактина в крови спортсменов с синдромом перетренированности выросла на 46% после первого блока тренировочной нагрузки и на 14% после второго блока, при этом, у здоровых спортсменов, повышение уровня пролактина было значительно более выраженным, и составило 94% после первого блока нагрузки и на 182% после второго блока.

Также, у спортсменов с синдромом перетренированности отмечалось повышение уровня гормона роста после первого блока тренировочной нагрузки на 179%, после второго блока на 1233%, что говорит об отсутствии полного истощения гипофиза, но при этом при этом у здоровых спортсменов уровень гормона роста повысился значительно выше и после первого, и после второго блока тренировочной нагрузки (на 5730% и на 6892%, соответственно) [27].

Таким образом, атлеты с синдромом перетренированности имели значительное повышение концентрации уровня гормонов гипофиза после первого блока упражнений, после чего полное (или частичное в случае гормона роста) подавление по сравнению со здоровыми спортсменами после второго блока [27, 28]. Это может указывать на гиперчувствительность гипофиза к нагрузке у спортсменов с синдромом перетренированности, с последующим его истощением.

На современном этапе оценка уровня АКТГ, гормона роста и пролактина при тестировании с использованием двух тренировочных блоков, вероятно, является одним из наиболее эффективных методов диагностики синдрома перетренированности, но верификация данного диагностического подхода требует дальнейших исследований [27, 28].

Потенциальные проблемы с гормональными исследованиями

- Многие факторы влияют на концентрации гормонов в крови, включая факторы, связанные с условиями забора материала и/или хранением образцов:

- Забор материала на фоне стресса,
- Потребление пищи (состав питательных веществ и/или забор материала после приема пищи) может су-

щественно влиять на базовую концентрацию некоторых гормонов (кортизол, общий тестостерон), либо изменение их концентрации в ответ на упражнения (кортизол, гормон роста);

- Пульсовая секреция некоторых гормонов влияет на чувствительность тканей к этим гормонам;
- У женщин-спортсменов гормональный отклик будет зависеть от фазы менструального цикла;
- Аэробные и анаэробные нагрузки обычно вызывают различные эндокринные реакции;
- Уровни гормонов значительно различаются в состоянии покоя и последующей стимуляции;
- Суточные и сезонные вариации уровней гормонов;

Заключение

Эндокринная система является одной из основных систем, участвующих в ответах на острый стресс и адаптацию к хроническому стрессу. В такой адаптации задействовано большое разнообразие механизмов, действующих в том числе и за счет биологических эффектов гормонов. Тем не менее, базовые измерения уровней

гормонов не являются точным инструментом диагностики синдрома перетренированности из-за достаточно противоречивых результатов.

Острые гормональные ответы кортизола, АКТГ, гормона роста, пролактина на различные тесты стимуляции, как правило, являются менее выраженными у спортсменов с синдромом перетренированности, при этом дисфункциональные реакции, наблюдаемые при различных видах стимуляции, могут демонстрировать относительное истощение той или иной гормональной оси.

Результаты исследований с использованием нескольких блоков физических нагрузок могут представлять интерес для дальнейшего изучения с целью решения проблемы своевременной диагностики, профилактики и лечения синдрома перетренированности.

Необходимы дальнейшие исследования для введения в клиническую практику малоинвазивного, воспроизводимого теста оценки показателей функционирования эндокринной системы, дающего возможность достоверно диагностировать состояние перетренированности или предсказать его развитие.

Список литературы

1. Hawley C.J., Schoene R.B. Overtraining syndrome. A guide to diagnosis, treatment, and prevention // *The physician and sport medicine*. 2003. Vol.31, №6. P. 25-31.
2. Дембо А.Г. Влияние хронического физического перенапряжения на организм спортсмена // *Теория и практика физической культуры*. 1976. №3. С. 21-3.
3. Карпман В.Л. Спортивная медицина. М.: Физкультура и спорт, 1987. 304 с.
4. Макарова Г.А. Спортивная медицина. М.: Советский спорт, 2003. 480 с.
5. Meeusen R., Duclos M., Foster C., Fry A., Gleeson M., Nieman D.C., Raglin J., Rietjens G., Steinacker J., Urhausen A. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM) // *European Journal of Sport Science*. 2012. Vol.13, №1. P. 1-24.
6. Lehmann M., Foster C., Keul J. Overtraining in endurance athletes: a brief review // *Med Sci Sports Exerc*. 1993. Vol.25, №7. P. 854-62.
7. Urhausen A., Gabriel H., Kindermann W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining // *Sports Med*. 1995. №20. P. 251-76.
8. Meeusen R., Piacentini M.F., Busschaert B., Buysse L., De Schutter G., Stray-Gundersen J. Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status // *Eur J Appl Physiol*. 2004. №91. P. 140-6.
9. Heyes M.P., Garnett E.S., Coates G. Central dopaminergic activity influences rats ability to exercise // *Life Sci*. 1985. Vol.36, №7. P. 671-7.
10. Fry R., Morton A., Keast D. Overtraining in athletes: An update // *Sports Med*. 1991. №12. P. 32-65.
11. Kirwan J.P., Costill D.L., Flynn M.G. et al. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers // *Med Sci Sports Exerc*. 1988. Vol.20, №3. P. 255-9.
12. O'Connor P.J., Morgan W.P., Raglin J.S. Psychobiological effects of increased training in female and male swimmers // *Med Sci Sports Exerc*. 1991. Vol.23, №9. P. 1055-61.

References

1. Hawley CJ, Schoene RB. Overtraining syndrome. A guide to diagnosis, treatment, and prevention. *The physician and sport medicine*. 2003;31(6):25-31.
2. Dembo AG. Influence of chronic physical overstrain on the athlete's body. *Teoriya i praktika fizicheskoi kulturi (Theory and practice of physical culture)* 1976;(3);21-3. Russian.
3. Karpman VL. *Sports medicine*. Moscow, Physical culture and sports, 1987. 304 p. Russian.
4. Makarova GA. *Sports Medicine*. Moscow, Soviet sport, 2003. 480 p. Russian.
5. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman DC, Raglin J, Rietjens G, Steinacker J, Urhausen A. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*. 2012;13(1):1-24.
6. Lehmann M, Foster C, Keul J. Overtraining in endurance athletes: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(7):854-62.
7. Urhausen A, Gabriel H, Kindermann W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Med*. 1995;(20):251-76.
8. Meeusen R, Piacentini MF, Busschaert B, Buysse L, De Schutter G, Stray-Gundersen J. Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status. *Eur J Appl Physiol*. 2004;(91):140-6.
9. Heyes MP, Garnett ES, Coates G. Central dopaminergic activity influences rats ability to exercise. *Life Sci*. 1985;36(7):671-7.
10. Fry R, Morton A, Keast D. Overtraining in athletes: An update. *Sports Med*. 1991;(12):32-65.
11. Kirwan JP, Costill DL, Flynn MG et al. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc*. 1988;20(3):255-9.
12. O'Connor PJ, Morgan WP, Raglin JS. Psychobiological effects of increased training in female and male swimmers. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23(9):1055-61.

13. **Duclos M., Corcuff J-B., Rashedi M., Fougere V., Manier G.** Trained versus untrained men: different immediate post-exercise responses of pituitary-adrenal axis // *Eur J Appl Physiol.* 1997. №75. P. 343-50.
14. **Duclos M., Corcuff J-B., Arsac L., Moreau-Gaudry F., Rashedi M., Roger P., Tabarin A., Manier G.** Corticotroph axis sensitivity after exercise in endurance-trained athletes // *Clin Endocrinol.* 1998. №8. P. 493-501.
15. **Duclos M., Minkhar M., Sarrieau A., Bonnemaïson D., Manier G., Mormede P.** Reversibility of endurance training-induced changes on glucocorticoid sensitivity of monocytes by an acute exercise // *Clin Endocrinol.* 1999. №1. P. 749-56.
16. **Duclos M., Gouarne C., Bonnemaïson D.** Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids // *J Appl Physiol.* 2003. №94. P. 869-75.
17. **Barron G., Noakes T., Levy W., Smidt C., Millar R.** Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes // *J Clin Endocrinol Metabol.* 1985. №60. P. 803-6.
18. **Flavio A. Cadegiani, Claudio E. Kater.** Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) Axis Functioning in Overtraining Syndrome: Findings from Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome (EROS) – EROS-HPA Axis // *Sports Med Open.* 2017. №3. P. 45.
19. **Adlercreutz H., Hiirkonen M., Kuoppasalmi K. et al.** Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise // *Int J Sports Med.* 1986. №7. P. 27-8.
20. **Duclos M.** A critical assessment of hormonal methods used in monitoring training status in athletes // *Intern Sport Med Journal.* 2008. Vol.9, №2. P. 56-66.
21. **Lehmann M., Petersen K.G., Liu Y., Gastmann U., Lormes W., Steinacker J.M.** Chronische und erschöpfende Belastungen im Sport – Einfluss von Leptin und Inhibin. [Chronic and exhausting training in sports – influence of leptin and inhibin] // *Dtsch Z Sportmed.* 2001. №51. P. 234-43.
22. **Kanaley J., Weltman J., Pieper K., Weltman A., Hartman M.** Cortisol and growth hormone responses to exercise at different times of day // *J Clin Endocrinol Metabol.* 2001. №86. P. 2881-9.
23. **De Graaf-Roelfsema E., Keizer H., Wijnberg I., van der Kolk J.** Hormonal responses to acute exercise, training and overtraining. A review with emphasis on the horse // *Vet. Q.* 2001. №29. P. 82-101.
24. **Justin X. Nicoll, Disa L. Hatfield, Kathleen J. Melanson, Christopher S. Nasin.** Thyroid hormones and commonly cited symptoms of overtraining in collegiate female endurance runners // *Eur J Appl Physiol.* 2018. Vol.118, №1. P. 65-73. DOI: 10.1007/s00421-017-3723-9.
25. **Jürimäe J., Mäestu J., Jürimäe T., Mangus B., von Duvillard S.** Peripheral signals of energy homeostasis as possible markers of training stress in athletes: a review // *Metabolism.* 2011. №60. P. 335-50.
26. **Flavio A. Cadegiani, Claudio E. Kater.** Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review // *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation.* 2017. №9. P. 14. DOI: 10.1186/s13102-017-0079-8.
27. **Meeusen R., Piacentini M.F., Busschaert B., Buyse L., De Schutter G., Stray-Gundersen J.** Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status // *Eur J Appl Physiol.* 2004. №91. P. 140-6.
28. **Meeusen R., Nederhof E., Buyse L., Roelands B., De Schutter G., Piacentini M.F.** Diagnosing overtraining in athletes using the two bout exercise protocol // *Br J Sports Med.* 2010. Vol. 44, №9. P. 642-8.
13. **Duclos M., Corcuff J-B., Rashedi M., Fougere V., Manier G.** Trained versus untrained men: different immediate post-exercise responses of pituitary-adrenal axis. *Eur J Appl Physiol.* 1997;(75):343-50.
14. **Duclos M., Corcuff J-B, Arsac L, Moreau-Gaudry F, Rashedi M, Roger P, Tabarin A, Manier G.** Corticotroph axis sensitivity after exercise in endurance-trained athletes. *Clin Endocrinol.* 1998;(8):493-501.
15. **Duclos M, Minkhar M, Sarrieau A, Bonnemaïson D, Manier G, Mormede P.** Reversibility of endurance training-induced changes on glucocorticoid sensitivity of monocytes by an acute exercise. *Clin Endocrinol.* 1999;(1):749-56.
16. **Duclos M, Gouarne C, Bonnemaïson D.** Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids. *J Appl Physiol.* 2003;(94):869-75.
17. **Barron G, Noakes T, Levy W, Smidt C, Millar R.** Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes. *J Clin Endocrinol Metabol.* 1985;(60):803-6.
18. **Flavio A Cadegiani, Claudio E Kater.** Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) Axis Functioning in Overtraining Syndrome: Findings from Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome (EROS) – EROS-HPA Axis. *Sports Med Open.* 2017;(3):45.
19. **Adlercreutz H, Hiirkonen M, Kuoppasalmi K et al.** Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. *Int J Sports Med.* 1986;(7):27-8.
20. **Duclos M.** A critical assessment of hormonal methods used in monitoring training status in athletes. *Intern Sport Med Journal.* 2008;9(2):56-66.
21. **Lehmann M, Petersen KG, Liu Y, Gastmann U, Lormes W, Steinacker JM.** Chronische und erschöpfende Belastungen im Sport – Einfluss von Leptin und Inhibin. [Chronic and exhausting training in sports – influence of leptin and inhibin]. *Dtsch Z Sportmed.* 2001;(51):234-43.
22. **Kanaley J, Weltman J, Pieper K, Weltman A, Hartman M.** Cortisol and growth hormone responses to exercise at different times of day. *J Clin Endocrinol Metabol.* 2001;(86):2881-9.
23. **De Graaf-Roelfsema E, Keizer H, Wijnberg I, van der Kolk J.** Hormonal responses to acute exercise, training and overtraining. A review with emphasis on the horse. *Vet. Q.* 2007;(29):82-101.
24. **Justin X Nicoll, Disa L Hatfield, Kathleen J Melanson, Christopher S Nasin.** Thyroid hormones and commonly cited symptoms of overtraining in collegiate female endurance runners. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(1):65-73. DOI: 10.1007/s00421-017-3723-9.
25. **Jürimäe J, Mäestu J, Jürimäe T, Mangus B, von Duvillard S.** Peripheral signals of energy homeostasis as possible markers of training stress in athletes: a review. *Metabolism.* 2011;(60):335-50.
26. **Flavio A Cadegiani, Claudio E Kater.** Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation.* 2017;(9):14. DOI: 10.1186/s13102-017-0079-8.
27. **Meeusen R, Piacentini MF, Busschaert B, Buyse L, De Schutter G, Stray-Gundersen J.** Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status. *Eur J Appl Physiol.* 2004;(91):140-6.
28. **Meeusen R, Nederhof E, Buyse L, Roelands B, De Schutter G, Piacentini MF.** Diagnosing overtraining in athletes using the two bout exercise protocol. *Br J Sports Med.* 2010;44(9):642-8.

Информация об авторах:

Орджоникидзе Зураб Гивиевич, 1-ый зам. директора ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ Департамента здравоохранения г. Москвы, д.м.н.

Павлов Владимир Иванович, зав. отделением функциональной диагностики и спортивной медицины Клиники Спортивной Медицины ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ Департамента здравоохранения г. Москвы, д.м.н.

Демидов Николай Александрович, врач-эндокринолог ГБУЗ Больница г. Московский Департамента здравоохранения г. Москвы, к.м.н. (+7 (906) 043-48-14, nicolay13@mail.ru)

Бадтиева Виктория Асланбековна, зав. Клиникой Спортивной Медицины ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ Департамента здравоохранения г. Москвы, д.м.н., проф., член-корр. РАН

Резепов Александр Сергеевич, врач, руководитель медицинского штаба ПФК «Арсенал»

Волкова Оксана Сергеевна, врач ООО «Профи-Клиник»

Плотников Сергей Геннадьевич, врач ГБУ Центр спортивной подготовки по легкой атлетике Москомспорта

Гвинианидзе Мамука Владимирович, младший научный сотрудник ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ Департамента здравоохранения г. Москвы

Information about the authors:

Zurab G. Ordzhonikidze, M.D., D.Sc. (Medicine), First Deputy Director of the Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine

Vladimir I. Pavlov, M.D., D.Sc. (Medicine), Head of the Functional Diagnostics and Sports Medicine Department of the Sports Medicine Clinic of the Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine

Nikolay A. Demidov, M.D., Ph.D. (Medicine), Endocrinologist of the Moscovskiy City Hospital (+7 (906) 043-48-14, nicolay13@mail.ru)

Victoria A. Badtieva, M.D., D.Sc. (Medicine), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Sports Medicine Clinic of the Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine

Aleksandr S. Rezepov, M.D., Head of Medical Staff of the «Arsenal» Professional Football Club

Oksana S. Volkova, M.D., Physician of the «Profi-Clinic» LLC

Sergey G Plotnikov, M.D., Physician of the Moscomsport Center for Athletic Training in Track and Field Athletics

Mamuka V. Gvinianidze, M.D., Junior Researcher of the Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine

Поступила в редакцию: 20.08.2018

Принята к публикации: 14.09.2018

Received: 20 August 2018

Accepted: 14 September 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.22

УДК: 612.128:616.74-003.93

Уровень креатинфосфокиназы крови как критерий восстановления у профессиональных футболистов в соревновательном периоде

В.Ю. Хайтин^{1,2}, С.В. Матвеев¹, М.Ю. Гришин²

¹ФГБОУВО Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Министерство здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

²АО ФК «Зенит», г. Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучение динамики фермента креатинфосфокиназы (КФК) у профессиональных футболистов в соревновательный период и разработка критериев и нормативов срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам. **Материалы и методы:** клинико-лабораторный мониторинг. В течение 2-х сезонов были обследованы 26 футболистов высокой спортивной квалификации (возраст: $26,7 \pm 3,1$ лет, рост: $181,5 \pm 5,8$ см, содержание жира в организме: $9,9 \pm 1,7$ %), участники Чемпионата России по футболу. Все спортсмены соответствовали критериям включения в исследование: участие в предсезонном сборе, соревновательном периоде, определение уровня КФК перед началом сезона и во всех временных точках после трёх игр в сезоне с подсчетом средней величины, участие минимум в 75 мин/матч (75-90 мин/матч), отсутствие жалоб со стороны мышечной системы. **Результаты:** выявлено двукратное увеличение уровня КФК на следующий день после матча, равномерное снижение концентрации фермента через 60-72 ч после матча с возвращением показателей к предыгровому уровню ($p < 0,05$). Установлено наличие взаимосвязи жалоб испытуемых на общую мышечную усталость с высокими показателями КФК. Выявлены факты многократного увеличения концентрации КФК в случаях зафиксированных мышечных повреждений. **Выводы:** определение уровня КФК у профессиональных футболистов позволяет контролировать и оценивать в динамике процессы восстановления спортсменов, выявлять случаи скрытых мышечных повреждений. Получены цифровые критерии срочной и долговременной нормальной адаптации спортсменов к физическим нагрузкам по содержанию КФК.

Ключевые слова: креатинкиназа, футбол, физические нагрузки, скелетные мышцы

Для цитирования: Хайтин В.Ю., Матвеев С.В., Гришин М.Ю. Уровень креатинфосфокиназы крови как критерий восстановления у профессиональных футболистов в соревновательном периоде // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 22-27. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.22.

The level of serum creatine phosphokinase as a criterion of recovery in professional soccer players during the competitive period

Vladimir Yu. Khaitin^{1,2}, Sergey V. Matveev¹, Mikhail Yu. Grishin²

¹Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Saint-Petersburg, Russia

²FC «Zenit», Saint-Petersburg, Russia

ABSTRACT

Objective: the aim of this study was to evaluate the dynamics of the enzyme creatine phosphokinase (CPK) in professional soccer players during the competitive period and to develop criteria and standards for the short and long-term adaptation of the athlete's body to physical exertion. **Materials and methods:** clinical and laboratory monitoring. During two seasons of the national championship 26 soccer players of high sports qualification (age: 26.7 ± 3.1 years, height: 181.5 ± 5.8 cm, fat content in the body: $9.9 \pm 1.7\%$) were examined. All athletes met the following criteria for inclusion in the study: participation in the pre-season, competition period; measurement of CPK level before the start of the season and at all time points after three games during the season; participation time – at least 75 minutes of the match (75-90 min/match); absence of muscle damage and complaints from the muscular system. **Results:** a twofold increase in the level of CPK was registered on the day after the match; a uniform decrease in the concentration of the enzyme was detected 60-72 hours after the match with the return of indicators to the pre-game level ($p < 0.05$). The relation between athlete's complaints for general muscular fatigue and high CPK values was established. There was a multiple increase in the concentration of CPK in cases of recorded muscle damage. **Conclusions:** determination of the CPK level in professional soccer players allows to monitor and evaluate the dynamics of the recovery process, to identify cases of hidden muscle damage. Digital criteria for urgent and long-term normal adaptation of athletes to physical loads based on the content of CPK were obtained.

Key words: creatine phosphokinase, soccer, football, physical exercise, skeletal muscle

For citation: Khaitin VYu, Matveev SV, Grishin MYu. The level of serum creatine phosphokinase as a criterion of recovery in professional soccer players during the competitive period. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):22-27. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.22.

1.1 Введение

Современный футбол характеризуется значительным количеством прыжков, ускорений и торможений, единоборств с мячом, сменой направления движения во время одной игры более чем 1200-1400 раз [1, 2]. Для выполнения специальных спортивных элементов требуются, в частности, выполнение большого количества эксцентрических сокращений [3], которые приводят к многочисленным мышечным микротравмам на различных уровнях опорно-двигательного аппарата, особенно во время выполнения прерывистых движений [4-6]. Интенсификация физических нагрузок требует адекватных и информативных методов контроля процесса адаптации к напряженной мышечной деятельности [7].

Креатинфосфокиназа (КФК) относится к ферментам класса фосфотрансфераз, осуществляет обратимый перенос фосфатного остатка между АТФ и креатином с образованием АДФ и креатинфосфата (рис. 1). Продукт этой реакции креатинфосфат играет важную роль в процессах метаболизма, обеспечивая энергией ряд биологически значимых превращений, в т. ч. мышечные сокращения и расслабления. У здоровых лиц общая активность креатинкиназы в крови представлена в основном изоферментом КК-ММ (94-96%), активность других изоферментов присутствуют в следовых количествах. КФК – внутриклеточный фермент, увеличение активности креатинкиназы в крови свидетельствует о повреждении или разрушении клеток, обогащенных ферментом.

Активное содержание фермента креатинфосфокиназы (КФК) в плазме крови используется как биохимический маркер мышечного напряжения при выполнении упражнений [8-10], для мониторинга адекватности тренировочной нагрузки [11]. КФК – значительное число мышечных микротравм приводит к большей секреции креатинкиназы в межклеточное пространство [12]. Концентрация КФК в зависимости от индивидуальных характеристик спортсмена [13] изменяется в течение 1-4-х дней после определенной нагрузки [14-16], и является индикатором тренировочного статуса и восстановления спортсмена [8, 17]. Активность общей КФК зависит от возраста, пола, расы, климатических условий, уровня тренированности спортсмена, групп мышц, участвующих в выполнении упражнения, объема нагрузок силового характера [13]. Однако большая внутри- и межиндивидуальная вариация затрудняет разработку надёжных физиологических значений для спортсменов [7].

Анализ научных исследований в футболе показал, что концентрация КФК, как маркера мышечного микротравматизма, может увеличиваться в течение 72 ч после игры [17, 18]. Однако большинство исследований проведено по однократному определению уровня КФК после отдельных матчей [9, 19], в то же время исследования динамики изменения уровня КФК у футболистов после игр в течение соревновательного периода недостаточно.

Теоретический анализ, обобщение литературных источников и практическая необходимость показали, что

проблема поиска объективных критериев переносимости физических нагрузок и восстановления – актуальна.

Цель исследования: изучить динамику фермента КФК у профессиональных футболистов в соревновательный период.

Задачи исследования:

1. Проанализировать динамику фермента КФК в крови у профессиональных футболистов в соревновательном периоде.

2. Отследить и выявить возможные закономерности поведения фермента КФК после футбольных матчей в соревновательном периоде.

3. Разработать критерии и нормативы срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам.

1.2 Материалы и методы

1. Анализ научной литературы.

2. Оценка композитного состава тела с определением содержания жира в организме проводилась на основе биоимпедансометрии с использованием In Body test.

3. Клинико-лабораторный мониторинг. В течение 2-х сезонов были обследованы 26 футболистов высокой спортивной квалификации (участники чемпионата России по футболу, Премьер-лига). Забор крови для определения КФК осуществлялся из пальца утром натощак в четырёх временных точках: перед началом тренировочного сбора (после 2-3 недель отпуска), в день перед матчем, 12-20 ч, 36-48 ч, 60-72 ч после 3-х матчей в сезоне (всего в настоящем исследовании выполнено 338 тестов). Для измерения использовали 32 μ л капиллярной крови из пальца кисти, тест-полоски для экспресс-анализа Roshe, портативный биохимический анализатор Reflotron Plus (Roshe Diagnostics, Швейцария). После обработки антисептиком и прокалывания пальца автоматическим ланцетом кровь забирали в гепаринизированный стеклянный капилляр и с помощью автоматической пипетки с фиксированным объемом (32 μ л) незамедлительно наносили на тест-полоску. Принцип измерения основан на рефлексивной фотометрии. Точность измерения составляет ± 5 %.

4. Рассчитывали среднюю арифметическую (\bar{X}); среднеквадратическое отклонение (σ). Обработка и анализ данных проводились общепринятыми статистическими методами с учетом пола и возраста. Для подтверждения нормального распределения значений был использован критерий Колмогорова-Смирнова. Достоверность различий статистических оценок предсезонных и постигровых значений КФК определяли при помощи ANOVA.

Все спортсмены соответствовали следующим критериям включения в исследование:

- содержание жира в организме как показатель тренированности ($9,9 \pm 1,7\%$);
- участие в предсезонном тренировочном сборе;
- участие в соревновательном периоде;
- определение уровня КФК перед началом сезона;

- определение КФК во всех временных точках после трёх игр, участие минимум в 75 мин/матч (75-90 мин/матч);
- отсутствие мышечных повреждений и жалоб со стороны мышечной системы

1.3 Результаты

В таблице 1 указаны антропометрические характеристики 26 обследованных спортсменов, при этом 10 из них выступали на позиции защитника, 10 – на позиции полузащитника и 6 нападающих. Средний возраст испытуемых составил 26,7±3,1 лет, вес – 76,3±8,3 кг, рост – 181,5±5,8 см. Содержание жира в организме, как критерий отличного физического состояния, – 9,9±1,7 %. По национальному признаку испытуемые были представлены: 16 – русские, 3 – бразильцы, 2 – бельгийцы, 1 – испанец, 1 – аргентинец, 1 – португалец, 1 – венесуэлец, 1 – итальянец.

Как видно из таблицы 2 и рисунка 1, концентрация КФК была выше во всех временных точках по сравнению с предсезонными значениями, BAS (p<0,05). Уровень КФК спустя 36-48 часов после матча (POST-2) был ниже, чем после 12-20 часов после матча (POST-1), и выше, чем спустя 60-65 часов (POST-3) (p <0,05). Не было обнаружено достоверных различий между концентрациями КФК в день накануне матча (PRE-1) и спустя 60-72 часа (POST-3), что может свидетельствовать о нормальном восстановлении к 3-4 суткам после проведенного матча.

В настоящем исследовании максимальные значения КФК наблюдались спустя 12-20 часов после окончания

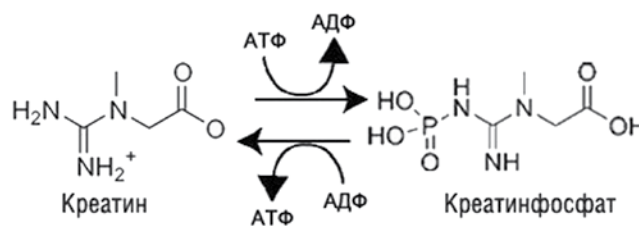


Рис. 1. Участие креатинфосфокиназы в биохимической реакции образования креатинфосфата

Fig. 1. Participation of creatine phosphokinase in the biochemical reaction of creatine phosphate formation

матча с возвращением к относительно нормальным значениям в течение 60-72 часов. Известно, что в соревновательном периоде можно выделить микроциклы, при этом продолжительность микроцикла фактически зависит от количества турниров, матчей, в которых команда участвует. В настоящем исследовании 12-20 часовой интервал после матча чаще всего был восстановительным для спортсменов, участвовавших в матче. При этом PRE-1, день перед матчем, в некоторых случаях совпадал с POST-3 (60-72 ч после матча). Этот факт предполагает, что тренировочный процесс влиял на кинетику КФК.

Наши результаты, как и результаты исследования Coelho D.B. [18], наиболее вероятно представляют реальную динамику изменения концентрации КФК в крови профессиональных футболистов в течение соревновательного периода, чем результаты, к примеру, однократного измерения после матчей [8, 9, 17].

Таблица 1

Антропометрические характеристики обследованных

Table 1

Anthropometric characteristics of the players studied

N	Возраст, лет/age, years	Вес, кг/Weight, kg	Рост, см/Height, cm	Содержание жира, %/Fat percentage
26	26,7±3,1	76,3±8,3	181,5±5,8	9,9±1,7

Таблица 2

Концентрация креатинфосфокиназы (Ед./л) в крови футболистов перед началом тренировочного сбора и в микроцикле соревновательного периода: BAS: после отпуска перед началом предсезонного тренировочного сбора; PRE-1: в день накануне матча; POST-1: 12-20 ч после матча; POST-2: 36-48 ч; POST-3: 60-72 ч.

Table 2

Creatine phosphokinase serum concentration (U/l) of soccer players before the start of the training camp and in the microcycle of the competitive period: BAS: after the holidays before the start of the pre-season training camp; PRE-1 – the day before match; POST-1: 12-20 h after match; POST-2: 36-48 h; POST-3: 60-72 h after.

Время/Time point	BAS	PRE-1	POST-1	POST-2	POST-3
X±SE	176,6±33,3	289,9±29,9	779,4±109,2	429,3±72,8	303,3±31,9
Минимально/min	121	221	670	305	244
Максимально/max	354	399	1290	701	499

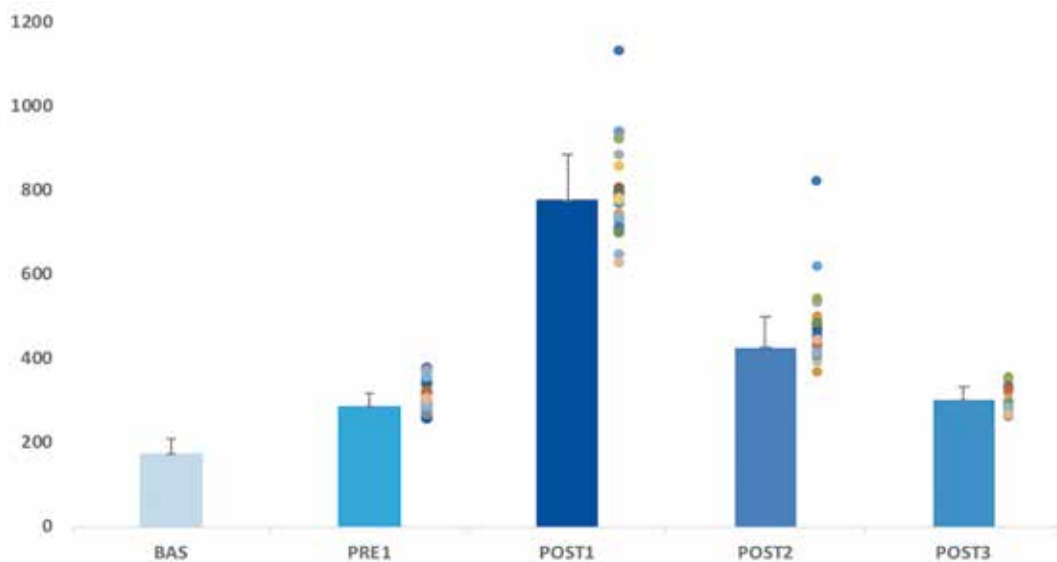


Рис. 1. Среднее значение концентрации креатинфосфокиназы (Ед./л) в крови футболистов перед началом тренировочного сбора и в микроцикле соревновательного периода (3 матча): BAS: после отпуска перед началом предсезонного тренировочного сбора; PRE-1: в день накануне матча; POST-1: 12-20 ч после матча; POST-2: 36-48 ч; POST-3: 60-72 ч

Fig. 1. Average creatine phosphokinase serum concentration (U/l) of soccer players before the start of the training camp and in the microcycle of the competitive period (3 matches): BAS: after the holidays before the start of the pre-season training camp; PRE-1 – the day before match; POST-1: 12-20 h after match; POST-2: 36-48 h; POST-3: 60-72 h after

Значительная вариация активности КФК обусловлена различной скоростью выброса фермента в кровь. Этот процесс зависит от состояния клеточных мембран и изменения их проницаемости под воздействием физических нагрузок, при условии отсутствия прямого повреждения мышечных волокон в случае травмы. Поэтому для поиска значений нормального восстановления одним из критериев включения спортсменов в исследование было отсутствие зафиксированных мышечных повреждений, сильных ушибов и жалоб на мышечную усталость и боль. Предполагается резкое увеличение концентрации КФК в крови при мышечных повреждениях. Однако данный вопрос требует дополнительных исследований.

1.4 Выводы

1. Футбол как вид спорта представляет высокоинтенсивную спортивную деятельность, при которой КФК является непрямым маркером мышечного микротравматизма, достигая пика своего значения к 12-24 ч после матча в течение соревновательного периода, снижаясь в

норме к 72 ч после матча (достигая исходного предыгрового значения).

2. Определение КФК у профессиональных высококвалифицированных футболистов позволяет контролировать и объективно оценивать в динамике процессы энергообеспечения, переносимости физических нагрузок, восстановления спортсменов, выявлять случаи скрытых мышечных повреждений.

3. Измерение концентрации КФК является простым и удобным методом контроля и оценки переносимости физической нагрузки, восстановления футболистов, а также скрининга на предмет скрытых мышечных повреждений.

4. Получены цифровые критерии срочной и долгосрочной адаптации футболистов к физическим нагрузкам в соревновательном периоде по уровню содержания КФК.

5. Требуется дальнейшее изучение динамики КФК у футболистов с учетом индивидуальных особенностей факторов, влияющих на КФК.

Список литературы

1. Stolen T, Chamari K., Castagna C., Wisloff U. Physiology of soccer: An update // Sports Medicine. 2005. Vol.35, № 6. P. 501-36. DOI: 10.2165/00007256-200535060-00004.
2. Sporis G., Jukic I., Milanovic L., Vucetic V. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players // Journal of Strength and Conditioning Research. 2010. Vol.24, №3. P. 679-86. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181c4d324.

References

1. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: An update. Sports Medicine. 2005;35(6):501-36. DOI: 10.2165/00007256-200535060-00004.
2. Sporis G, Jukic I, Milanovic L, Vucetic V. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2010;24(3):679-86. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181c4d324.

3. **Mougios V.** Reference intervals for serum creatine kinase in athletes // *British Journal of Sports Medicine*. 2007. Vol.41, №10. P. 674-8. DOI: 10.1136/bjism.2006.034041.
4. **Friden J., Lieber R.L.** Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions// *Cell and Tissue Research*. 1998. Vol.293, №1. P. 165-71.
5. **Thompson D., Williams C., Kingsley M., Nicholas C.W., Lakomy H.K., McArdle F.** Muscle Soreness and Damage Parameters after Prolonged Intermittent Shuttle-Running Following Acute Vitamin C Supplementation // *International Journal of Sports Medicine*. 2001. Vol.22, №1. P. 68-75. DOI: 10.1055/s-2001-11358.
6. **Thompson D., Nicholas C.W., Williams C.** Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running // *Journal of Sports Sciences*. 1999. Vol.17, №5. P. 387-95. DOI: 10.1080/026404199365902.
7. **Рыбина И.Л., Кузнецова З.М.** Использование активности креатинфосфокиназы в оценке срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2015. №3. С. 150-7. DOI: 10.14526/01_1111_41.
8. **Ispirlidis I., Fatouros I.G., Jamurtas A.Z., Nikolaidis M.G., Michailidis I., Douroudos I.** Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game // *Clinical journal of sport medicine*. 2008. Vol.18, №5. P. 423-31. DOI: 10.1097/JSM.ob013e3181818e0b.
9. **Coelho D.B., Cabido CET., Ciminelli VAL., Becker L.K., Oliveira E.C., Pereira E.R.** Comparison of different ways of expressing creatine kinase concentration of soccer players during a competitive season // *Motriz: Revista de Educacao Física*. 2016. Vol.22, №3. DOI: 10.1590/S1980-6574201600030006.
10. **Yamin C., Amir O., Sagiv M., Attias E., Meckel Y., Eynon N., Sagiv M., Amir R.E.** ACE ID genotype affects blood Creatine Kinase response to eccentric exercise // *Journal of Applied Physiology*. 2007. Vol.103, №6. P. 2057-61. DOI: 10.1152/jappphysiol.00867.2007.
11. **Lazarim F., Antunes-Neto J., Silva F., Nunes L., Cameron A., Cameron L.** The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship // *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009. Vol.12, №1. P. 85-90. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.10.004.
12. **Brancaccio P., Maffulli N., Limongelli F.M.** Creatine kinase monitoring in sport medicine // *British Medical Bulletin*. 2007. Vol.81-82, №1. P. 209-30. DOI: 10.1093/bmb/ldm014.
13. **Totsuka M., Nakaji S., Suzuki K., Sugawara K., Sato K.** Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise // *Journal of Applied Physiology*. 2002. Vol.93, №4. P. 1280-6. DOI: 10.1152/jappphysiol.01270.2001.
14. **Clarkson P.M., Kearns A.K., Rouzier P., Rubin R., Thompson P.D.** Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006. Vol.38, №4. P. 623-7. DOI: 10.1249/01.mss.0000210192.49210.fc.
15. **Clarkson P.M.** Case report of exertional rhabdomyolysis in a 12-year-old boy // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006. Vol.38, №2. P. 197-200. DOI: 10.1249/01.mss.0000183478.12106.04.
16. **Paschalis V., Koutedakis Y., Baltzopoulos V., Mougios Jamurtas A.Z., Giakas G.** Short vs. Long length of rectus femoris during eccentric exercise in relation to muscle damage in healthy males // *Clinical Biomechanics*. 2005. Vol.20, №6. P. 617-22. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2005.02.011.
17. **Ascensão A., Rebelo A., Oliveira E., Marques F., Pereira L., Magalhães J.** Biochemical impact of a soccer match – analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout re-
3. **Mougios V.** Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*. 2007;41(10):674-8. DOI: 10.1136/bjism.2006.034041.
4. **Friden J, Lieber RL.** Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell and Tissue Research*. 1998;293(1):165-71.
5. **Thompson D, Williams C, Kingsley M, Nicholas CW, Lakomy HK, McArdle F.** Muscle Soreness and Damage Parameters after Prolonged Intermittent Shuttle-Running Following Acute Vitamin C Supplementation. *International Journal of Sports Medicine*. 2001;22(1):68-75. DOI: 10.1055/s-2001-11358.
6. **Thompson D, Nicholas CW, Williams C.** Muscular so-reness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Journal of Sports Sciences*. 1999;17(5):387-95. DOI: 10.1080/026404199365902.
7. **Rybina IL, Kuznetsova ZM.** The use of creatine phosphokinase level in assessment of athletes urgent and long-term adaptation to training loads. *Pedagogic-psychological & medical-biological problems of physic and sport*. 2015;3(36):150-7. DOI: 10.14526/01_1111_41. Russian.
8. **Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I.** Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical journal of sport medicine*. 2008;18(5):423-31. DOI: 10.1097/JSM.ob013e3181818e0b.
9. **Coelho DB, Cabido CET, Ciminelli VAL, Becker LK, Oliveira EC, Pereira ER.** Comparison of different ways of expressing creatine kinase concentration of soccer players during a competitive season. *Motriz: Revista de Educacao Física*. 2016;22(3). DOI: 10.1590/S1980-6574201600030006.
10. **Yamin C, Amir O, Sagiv M, Attias E, Meckel Y, Eynon N, Sagiv M, Amir RE.** ACE ID genotype affects blood Creatine Kinase response to eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2007;103(6):2057-61. DOI: 10.1152/jappphysiol.00867.2007.
11. **Lazarim F, Antunes-Neto J, Silva F, Nunes L, Cameron A, Cameron L.** The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009;12(1):85-90. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.10.004.
12. **Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM.** Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*. 2007;81-82(1):209-30. DOI: 10.1093/bmb/ldm014.
13. **Totsuka M, Nakaji S, Suzuki K, Sugawara K, Sato K.** Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2002;93(4):1280-6. DOI: 10.1152/jappphysiol.01270.2001.
14. **Clarkson PM, Kearns AK, Rouzier P, Rubin R, Thompson PD.** Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006;38(4):623-7. DOI: 10.1249/01.mss.0000210192.49210.fc.
15. **Clarkson PM.** Case report of exertional rhabdomyolysis in a 12-year-old boy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006;38(2):197-200. DOI: 10.1249/01.mss.0000183478.12106.04.
16. **Paschalis V, Koutedakis Y, Baltzopoulos V, Mougios Jamurtas A.Z, Giakas G.** Short vs. Long length of rectus femoris during eccentric exercise in relation to muscle damage in healthy males. *Clinical Biomechanics*. 2005;20(6):617-22. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2005.02.011.
17. **Ascensão A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhães J.** Biochemical impact of a soccer match – analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery.

covery // Clinical Biochemistry. 2008. Vol.41, №10-11. P. 841-51. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008.

18. **Coelho D.B., Morandi R.F.** Creatine kinase kinetics in professional soccer players during a competitive season // Revista Brasileirs de Cineantropometria & Desempenho Humano. 2011. Vol.13, №3. P. 189-94. DOI: 10.5007/1980-0037.2011v13n3p189.

19. **Andersson H., Raastad T., Nilsson J., Paulsen G., Garte I., Kadi F.** Neuromuscular Fatigue and Recovery in Elite Female Soccer: Effects of Active Recovery // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2008. Vol.40, №2. P. 372-80. DOI: 10.1249/mss.0b013e31815b8497.

Clinical Biochemistry. 2008;41(10-11):841-51. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008.

18. **Coelho DB, Morandi RF.** Creatine kinase kinetics in professional soccer players during a competitive season. Revista Brasileirs de Cineantropometria & Desempenho Humano. 2011;13(3):189-94. DOI: 10.5007/1980-0037.2011v13n3p189.

19. **Andersson H, Raastad T, Nilsson J, Paulsen G, Garte I, Kadi F.** Neuromuscular Fatigue and Recovery in Elite Female Soccer: Effects of Active Recovery. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2008;40(2):372-80. DOI: 10.1249/mss.0b013e31815b8497.

Информация об авторах:

Хайтин Владимир Юрьевич, аспирант кафедры физических методов лечения и спортивной медицины ФГБОУ ВО Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Минздрава России, врач основного состава команды ФК «Зенит». ORCID ID: 0000-0002-9154-5174 (+7 (931) 000-02-08, khaitinvladimir@gmail.com)

Матвеев Сергей Владимирович, профессор кафедры физических методов лечения и спортивной медицины ФГБОУВО Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Минздрава России, д.м.н. ORCID ID: 0000-0001-5698-7850

Гришин Михаил Юрьевич, главный врач основного состава команды ФК «Зенит», к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-7517-6073

Information about the authors:

Vladimir Yu. Khaitin, M.D., Postgraduate Student of the Department of Physical Methods of Treatment and Sports Medicine of the Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Physician of the FC «Zenit» Main Team. ORCID ID: 0000-0002-9154-5174 (+7 (931) 000-02-08, khaitinvladimir@gmail.com)

Sergey V. Matveev, M.D., D.Sc. (Medicine), Head of the Department of Physical Methods of Treatment and Sports Medicine of the Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University. ORCID ID: 0000-0001-5698-7850

Mikhail Yu. Grishin, M.D., Ph.D. (Medicine), Head Physician the FC «Zenit» Main Team. ORCID ID: 0000-0002-7517-6073

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 21.08.2018

Принята к публикации: 28.09.2018

Received: 21 August 2018

Accepted: 28 September 2018

Эндокринный аспект перетренированности спортсменов

*З.Г. Орджоникидзе¹, Н.А. Демидов², В.И. Павлов¹, В.А. Бадтиева¹, А.С. Резепов³,
О.С. Волкова⁴, С.Г. Плотников⁵, М.В. Гвинианидзе¹*

*¹ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ, Клиника Спортивной Медицины, Департамент здравоохранения г. Москвы,
г. Москва, Россия*

²ГБУЗ Больница г. Московский, Департамент здравоохранения г. Москвы, г. Москва, Россия

³ПФК «Арсенал», г. Тула, Россия

⁴ООО «Профи-Клиник», г. Владивосток, Россия

*⁵ГБУ Центр спортивной подготовки по легкой атлетике, Департамент спорта г. Москвы,
г. Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Стремление к достижению целей тренировочного процесса при нерациональном применении физических нагрузок способно приводить к снижению адаптационных и резервных возможностей спортсмена. Следствием развивающихся при этом изменений со стороны эндокринной, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, может быть развитие синдрома перетренированности. До настоящего времени в литературе отсутствует единый подход к определению, диагностике, лечению и профилактике синдрома перетренированности. Недостаточно изучены, в первую очередь, эндокринные аспекты развития синдрома перетренированности, в частности отсутствует четкое понимание степени участия различных гормональных механизмов в его патогенезе, неоднозначны представления о возможностях использования определения уровней гормонов для диагностики данного состояния. Целью данной публикации является краткое изложение и систематизация имеющихся концепций в отношении эндокринных аспектов синдрома перетренированности.

Ключевые слова: синдром перетренированности, спортсмен, перегрузка, восстановление, тестостерон, кортизол, пролактин

Для цитирования: Орджоникидзе З.Г., Демидов Н.А., Павлов В.И., Бадтиева В.А., Резепов А.С., Волкова О.С., Плотников С.Г., Гвинианидзе М.В. Эндокринный аспект перетренированности спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 16-21. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.16.

Endocrine aspect of overtraining in athletes

*Zurab G. Ordzhonikidze¹, Vladimir I. Pavlov¹, Nikolay A. Demidov², Victoria A. Badtieva¹,
Aleksandr S. Rezepov³, Oksana S. Volkova⁴, Sergey G. Plotnikov⁵, Mamuka V. Gvinianidze¹*

¹Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine, Sports Medicine Clinic, Moscow, Russia

²Moscovskiy City Hospital, Moscow, Russia

³«Arsenal» Professional Football Club, Tula, Russia

⁴«Profi-Clinic» LLC, Vladivostok, Russia

⁵Moscomsport Center for Athletic Training in Track and Field Athletics, Moscow, Russia

ABSTRACT

Striving to achieve the goals of the training process with the irrational use of physical activity can lead to a decrease in the adaptive and reserve capabilities of the athlete. The development of changes in the endocrine, cardiovascular and central nervous systems may result in the development of overtraining syndrome. There is no unified approach to the definition, diagnosis, treatment and prevention of overtraining syndrome in the literature up to the present day. The endocrine aspects of the development of the overtraining syndrome are not sufficiently studied. In particular, there is no clear understanding of the degree of involvement of various hormonal mechanisms in its pathogenesis and ideas about the possibilities of using hormone levels to diagnose this condition. The purpose of this publication is to summarize and systematize the available concepts regarding the endocrine aspects of the overtraining syndrome.

Key words: overtraining syndrome, athlete, overload, recovery, testosterone, cortisol, prolactin

For citation: Ordzhonikidze ZG, Demidov NA, Pavlov BI, Badtieva VA, Rezepov AC, Volkova OS, Plotnikov SG, Gvinianidze MV. Endocrine aspect of overtraining in athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):16-21. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.16.

Введение

Перетренированность (overtraining), синдром перетренированности – аккумуляция перегрузок, приводящая к длительному снижению работоспособности, не устранимому в течение, как минимум, 2-х недель облегченных тренировок или полного отдыха, которая может сопровождаться рядом психологических и соматических симптомов [1].

Перетренированность чаще всего связывают с нарушением координации взаимодействия коры головного мозга и подкорковых отделов [2-4], процессов суперкомпенсации, которые необходимы для эффективного тренировочного процесса [5]. Несомненную роль также играет дезадаптация гипоталамо-гипофизарной системы [6-8].

Патогенез перетренированности

Ошибки в построении тренировочного процесса, стремление в короткие сроки достичь высоких спортивных результатов могут приводить к кумуляции утомления, что становится важным фактором развития перетренированности, так как восстановление после таких состояний занимает длительное время.

Максимальный уровень утомления характерен для соревновательных нагрузок

Усталость, раздражительность, затруднение концентрации является нормальным для спортсменов после физических нагрузок и проходят при её снижении. Крайняя же степень проявления данных симптомов может являться признаком синдрома перетренированности - психосоматической патологии с вовлечением эндокринной и нервной систем.

Классификация синдрома перетренированности (overtraining syndrome)

Основопологающим в классификации перетренированности является соотношение процессов автономной (вегетативной) регуляции. Дисфункция вегетативной (автономной) нервной системы, или дисбаланс ее симпатического и парасимпатического звеньев на фоне дисрегуляции гипоталамо-гипофизарной системы является основой развития перетренированности. Выделяют две формы (фазы) перетренированности: симпатическую (адреналовую) и парасимпатическую.

Симпатическая фаза, по-видимому, является первой стадией перетренированности, идентична острой стрессовой реакции и прогрессирует до истощения симпатической активности вегетативной нервной системы [9, 10].

Симпатическая фаза характеризуется ростом частоты сердечных сокращений, уровня артериального давления и скорости метаболизма в покое, а также присутствием признаков психологического стресса.

Парасимпатическая фаза часто определяется как продолженное состояние перетренированности, или фаза истощения, что проявляется снижением работоспособности и отсутствием возможности выйти на оптимальный уровень физической готовности.

Для парасимпатической фазы характерны: низкая частота пульса в покое, реагирующая резким возрастанием на обычные нагрузки, нормальный уровень артериального давления с его избыточным ростом при физических нагрузках, нормальная скорость метаболизма и нормальная температура тела, а также отсутствие явных психологических признаков избыточного стресса.

Все существующие классификации перетренированности несут на себе значительный оттенок условности.

Диагностика перетренированности

Диагностика перетренированности представляет из себя сложную задачу из-за отсутствия четких критериев. Нередко диагноз ставится путем исключения других соматических заболеваний, таких как как анемия, патология желудочно-кишечного тракта, астма и аллергия, сердечно-сосудистая патология, эндокринные нарушения (диабет, или нарушение толерантности к глюкозе, гипо- или гипертиреозидизм, надпочечниковая недостаточность и др.), инфекционные процессы, патология опорно-двигательного аппарата (в том числе, скелетных мышц), первичные психоневрологические расстройства.

Важным является получение сведений об изменении тренировочного режима. Снижение работоспособности с повышенной чувствительностью к утомлению (субъективная и объективная оценки) являются основными признаками перетренированности.

Эндокринные изменения

Достаточно давно высказывалось предположение, что перетренированность связана с центральной дисрегуляцией, вызванной изменениями гормонального фона, и что определение уровней гормонов крови может помочь диагностировать данное состояние [6-8, 11, 12].

Большинство авторов соглашается с тем, что синдром перетренированности следует рассматривать в связи с дезадаптацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси [6-8]. Например, ее адаптация к регулярным тренировкам характеризуется увеличением отношения адренокортикотропного гормона (АКТГ) к кортизолу только во время восстановления (из-за пониженной чувствительности гипофиза к кортизолу) [6, 13, 14] и модуляции чувствительности тканей к глюкокортикоидам [15, 16].

Еще в 1985 г. при обследовании спортсменов-марафонцев с синдромом перетренированности было выявлено изменение ответа гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси на стресс-стимул (инсулин-индуцированную гипогликемию), в виде снижения стимулированной секреции АКТГ, гормона роста, пролактина и кортизола [21]. Нормальный ответ на стресс-стимул восстанавливался после адекватного отдыха от тренировок. На основании полученных данных было предложено считать повышение кортизола менее чем до 180 нмоль/л в ответ на инсулин-индуцированную гипогликемию признаком развития синдрома перетренированности и основанием для снижения тренировочных нагрузок [21].

Современное развитие данное направление получило в 2017 г., когда были опубликованы результаты исследования EROS-HPA, в котором были сформулированы критерии подтверждения/исключения синдрома перетренированности: уровень кортизола через 30 минут после пробуждения >530 нг/дл – исключение; уровень кортизола на фоне теста с гипогликемией >20,5 мкг/дл – исключение, <17 мкг/дл (или повышение менее чем до 9,5 мкг/дл) – подтверждение; ответ АКТГ на стресс-тест >106 пг/мл (или повышение >70 пг/мл) – исключение, <35 пг/мл (или повышение <14,5 пг/мл) – подтверждение [18].

В зависимости от интенсивности и продолжительности тренировок тестостерон и кортизол, сигнализируя о преобладании процессов анаболизма или катаболизма, что явилось основанием для использования соотношения тестостерона/кортизола плазмы в диагностике состояния перетренированности. Было предложено считать маркером перетренированности соотношение свободный тестостерон/кортизол >30% или <0,35 x 10⁻³ [19], но в дальнейшем было показано, что соотношение тестостерон/кортизол указывает только на фактическое физиологическое состояние и не имеет большой диагностической ценности для верификации синдрома перетренированности [7, 20, 21].

Важное значение имеет динамика гормональных реакций, так как гормональный ответ во время тренировки и в фазе восстановления может значительно различаться. Кроме того, в ряде исследований показано, что гормональный ответ на тренировочную нагрузку отличается в зависимости от времени суток (повышение уровня тестостерона через 1 час после стандартной тренировочной нагрузки до 411,1+49.7 нмоль/л в 7.00, до 168.3+16.6 нмоль/л в 19.00 и до 162.8+46.9 в 24.00 от базового уровня в 135,9+12,2, 65,1+7,3, и 103,9+13,3 нмоль/л в 7.00, 19.00 и 24.00 соответственно), при этом повышение уровня гормона роста после физических упражнений не зависело от времени суток [22, 23].

Попытки использования для диагностики синдрома перетренированности оценки уровня тиреоидных гормонов также не привели к успеху, хотя был сделан вывод, что их концентрация важна для оценки общего состояния спортсмена [24].

Другие гормоны, такие как лептин, адипонектин и грелин, а также цитокины, такие как интерлейкин-6 (IL-6) и фактор некроза опухоли-альфа, также были исследованы в качестве потенциальных возможностей для мониторинга тренировочного процесса [25], но на настоящий момент нет научного подтверждения пригодности этих параметров для диагностики перегрузки или перетренированности.

Таким образом, использование базальных уровней центральных и периферических гормонов на сегодняшний день не имеет очевидной перспективы для диагностики синдрома перетренированности [26].

По этой причине, ряд исследователей [27, 28] выдвинули гипотезу о том, что тест с двумя блоками трени-

ровочной нагрузки с интервалом в 4 часа между ними, может быть использован для оценки способности восстановления спортсмена и полезен для обнаружения признаков перетренированности.

Результаты исследования продемонстрировали индуцированное физической нагрузкой повышение уровня АКТГ, пролактина и гормона роста. При этом, у спортсменов с синдромом перетренированности повышение уровня АКТГ после первого нагрузочного блока составило 289%, но после второго блока отмечалось снижение на 7%, что кардинально отличало их от здоровых спортсменов, у которых повышение уровня АКТГ составило 183% после первого тренировочного блока и 310% после второго блока [27].

В исследовании также была отмечена похожая динамика концентрации пролактина. Концентрация пролактина в крови спортсменов с синдромом перетренированности выросла на 46% после первого блока тренировочной нагрузки и на 14% после второго блока, при этом, у здоровых спортсменов, повышение уровня пролактина было значительно более выраженным, и составило 94% после первого блока нагрузки и на 182% после второго блока.

Также, у спортсменов с синдромом перетренированности отмечалось повышение уровня гормона роста после первого блока тренировочной нагрузки на 179%, после второго блока на 1233%, что говорит об отсутствии полного истощения гипофиза, но при этом при этом у здоровых спортсменов уровень гормона роста повысился значительно выше и после первого, и после второго блока тренировочной нагрузки (на 5730% и на 6892%, соответственно) [27].

Таким образом, атлеты с синдромом перетренированности имели значительное повышение концентрации уровня гормонов гипофиза после первого блока упражнений, после чего полное (или частичное в случае гормона роста) подавление по сравнению со здоровыми спортсменами после второго блока [27, 28]. Это может указывать на гиперчувствительность гипофиза к нагрузке у спортсменов с синдромом перетренированности, с последующим его истощением.

На современном этапе оценка уровня АКТГ, гормона роста и пролактина при тестировании с использованием двух тренировочных блоков, вероятно, является одним из наиболее эффективных методов диагностики синдрома перетренированности, но верификация данного диагностического подхода требует дальнейших исследований [27, 28].

Потенциальные проблемы с гормональными исследованиями

- Многие факторы влияют на концентрации гормонов в крови, включая факторы, связанные с условиями забора материала и/или хранением образцов:

- Забор материала на фоне стресса,
- Потребление пищи (состав питательных веществ и/или забор материала после приема пищи) может су-

щественно влиять на базовую концентрацию некоторых гормонов (кортизол, общий тестостерон), либо изменение их концентрации в ответ на упражнения (кортизол, гормон роста);

- Пульсовая секреция некоторых гормонов влияет на чувствительность тканей к этим гормонам;
- У женщин-спортсменов гормональный отклик будет зависеть от фазы менструального цикла;
- Аэробные и анаэробные нагрузки обычно вызывают различные эндокринные реакции;
- Уровни гормонов значительно различаются в состоянии покоя и последующей стимуляции;
- Суточные и сезонные вариации уровней гормонов;

Заключение

Эндокринная система является одной из основных систем, участвующих в ответах на острый стресс и адаптацию к хроническому стрессу. В такой адаптации задействовано большое разнообразие механизмов, действующих в том числе и за счет биологических эффектов гормонов. Тем не менее, базовые измерения уровней

гормонов не являются точным инструментом диагностики синдрома перетренированности из-за достаточно противоречивых результатов.

Острые гормональные ответы кортизола, АКТГ, гормона роста, пролактина на различные тесты стимуляции, как правило, являются менее выраженными у спортсменов с синдромом перетренированности, при этом дисфункциональные реакции, наблюдаемые при различных видах стимуляции, могут демонстрировать относительное истощение той или иной гормональной оси.

Результаты исследований с использованием нескольких блоков физических нагрузок могут представлять интерес для дальнейшего изучения с целью решения проблемы своевременной диагностики, профилактики и лечения синдрома перетренированности.

Необходимы дальнейшие исследования для введения в клиническую практику малоинвазивного, воспроизводимого теста оценки показателей функционирования эндокринной системы, дающего возможность достоверно диагностировать состояние перетренированности или предсказать его развитие.

Список литературы

1. Hawley C.J., Schoene R.B. Overtraining syndrome. A guide to diagnosis, treatment, and prevention // *The physician and sport medicine*. 2003. Vol.31, №6. P. 25-31.
2. Дембо А.Г. Влияние хронического физического перенапряжения на организм спортсмена // *Теория и практика физической культуры*. 1976. №3. С. 21-3.
3. Карпман В.Л. Спортивная медицина. М.: Физкультура и спорт, 1987. 304 с.
4. Макарова Г.А. Спортивная медицина. М.: Советский спорт, 2003. 480 с.
5. Meeusen R., Duclos M., Foster C., Fry A., Gleeson M., Nieman D.C., Raglin J., Rietjens G., Steinacker J., Urhausen A. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM) // *European Journal of Sport Science*. 2012. Vol.13, №1. P. 1-24.
6. Lehmann M., Foster C., Keul J. Overtraining in endurance athletes: a brief review // *Med Sci Sports Exerc*. 1993. Vol.25, №7. P. 854-62.
7. Urhausen A., Gabriel H., Kindermann W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining // *Sports Med*. 1995. №20. P. 251-76.
8. Meeusen R., Piacentini M.F., Busschaert B., Buysse L., De Schutter G., Stray-Gundersen J. Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status // *Eur J Appl Physiol*. 2004. №91. P. 140-6.
9. Heyes M.P., Garnett E.S., Coates G. Central dopaminergic activity influences rats ability to exercise // *Life Sci*. 1985. Vol.36, №7. P. 671-7.
10. Fry R., Morton A., Keast D. Overtraining in athletes: An update // *Sports Med*. 1991. №12. P. 32-65.
11. Kirwan J.P., Costill D.L., Flynn M.G. et al. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers // *Med Sci Sports Exerc*. 1988. Vol.20, №3. P. 255-9.
12. O'Connor P.J., Morgan W.P., Raglin J.S. Psychobiological effects of increased training in female and male swimmers // *Med Sci Sports Exerc*. 1991. Vol.23, №9. P. 1055-61.

References

1. Hawley C.J., Schoene R.B. Overtraining syndrome. A guide to diagnosis, treatment, and prevention. *The physician and sport medicine*. 2003;31(6):25-31.
2. Dembo A.G. Influence of chronic physical overstrain on the athlete's body. *Teoriya i praktika fizicheskoi kulturi (Theory and practice of physical culture)* 1976;(3);21-3. Russian.
3. Karpman V.L. *Sports medicine*. Moscow, Physical culture and sports, 1987. 304 p. Russian.
4. Makarova G.A. *Sports Medicine*. Moscow, Soviet sport, 2003. 480 p. Russian.
5. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman DC, Raglin J, Rietjens G, Steinacker J, Urhausen A. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*. 2012;13(1):1-24.
6. Lehmann M, Foster C, Keul J. Overtraining in endurance athletes: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1993;25(7):854-62.
7. Urhausen A, Gabriel H, Kindermann W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Med*. 1995;(20):251-76.
8. Meeusen R, Piacentini MF, Busschaert B, Buysse L, De Schutter G, Stray-Gundersen J. Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status. *Eur J Appl Physiol*. 2004;(91):140-6.
9. Heyes MP, Garnett ES, Coates G. Central dopaminergic activity influences rats ability to exercise. *Life Sci*. 1985;36(7):671-7.
10. Fry R, Morton A, Keast D. Overtraining in athletes: An update. *Sports Med*. 1991;(12):32-65.
11. Kirwan JP, Costill DL, Flynn MG et al. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Med Sci Sports Exerc*. 1988;20(3):255-9.
12. O'Connor PJ, Morgan WP, Raglin JS. Psychobiological effects of increased training in female and male swimmers. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23(9):1055-61.

13. **Duclos M., Corcuff J-B., Rashedi M., Fougere V., Manier G.** Trained versus untrained men: different immediate post-exercise responses of pituitary-adrenal axis // *Eur J Appl Physiol.* 1997. №75. P. 343-50.
14. **Duclos M., Corcuff J-B., Arsac L., Moreau-Gaudry F., Rashedi M., Roger P., Tabarin A., Manier G.** Corticotroph axis sensitivity after exercise in endurance-trained athletes // *Clin Endocrinol.* 1998. №8. P. 493-501.
15. **Duclos M., Minkhar M., Sarrieau A., Bonnemaïson D., Manier G., Mormede P.** Reversibility of endurance training-induced changes on glucocorticoid sensitivity of monocytes by an acute exercise // *Clin Endocrinol.* 1999. №1. P. 749-56.
16. **Duclos M., Gouarne C., Bonnemaïson D.** Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids // *J Appl Physiol.* 2003. №94. P. 869-75.
17. **Barron G., Noakes T., Levy W., Smidt C., Millar R.** Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes // *J Clin Endocrinol Metabol.* 1985. №60. P. 803-6.
18. **Flavio A. Cadegiani, Claudio E. Kater.** Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) Axis Functioning in Overtraining Syndrome: Findings from Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome (EROS) – EROS-HPA Axis // *Sports Med Open.* 2017. №3. P. 45.
19. **Adlercreutz H., Hiirkonen M., Kuoppasalmi K. et al.** Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise // *Int J Sports Med.* 1986. №7. P. 27-8.
20. **Duclos M.** A critical assessment of hormonal methods used in monitoring training status in athletes // *Intern Sport Med Journal.* 2008. Vol.9, №2. P. 56-66.
21. **Lehmann M., Petersen K.G., Liu Y., Gastmann U., Lormes W., Steinacker J.M.** Chronische und erschöpfende Belastungen im Sport – Einfluss von Leptin und Inhibin. [Chronic and exhausting training in sports – influence of leptin and inhibin] // *Dtsch Z Sportmed.* 2001. №51. P. 234-43.
22. **Kanaley J., Weltman J., Pieper K., Weltman A., Hartman M.** Cortisol and growth hormone responses to exercise at different times of day // *J Clin Endocrinol Metabol.* 2001. №86. P. 2881-9.
23. **De Graaf-Roelfsema E., Keizer H., Wijnberg I., van der Kolk J.** Hormonal responses to acute exercise, training and overtraining. A review with emphasis on the horse // *Vet. Q.* 2001. №29. P. 82-101.
24. **Justin X. Nicoll, Disa L. Hatfield, Kathleen J. Melanson, Christopher S. Nasin.** Thyroid hormones and commonly cited symptoms of overtraining in collegiate female endurance runners // *Eur J Appl Physiol.* 2018. Vol.118, №1. P. 65-73. DOI: 10.1007/s00421-017-3723-9.
25. **Jürimäe J., Mäestu J., Jürimäe T., Mangus B., von Duvillard S.** Peripheral signals of energy homeostasis as possible markers of training stress in athletes: a review // *Metabolism.* 2011. №60. P. 335-50.
26. **Flavio A. Cadegiani, Claudio E. Kater.** Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review // *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation.* 2017. №9. P. 14. DOI: 10.1186/s13102-017-0079-8.
27. **Meeusen R., Piacentini M.F., Busschaert B., Buyse L., De Schutter G., Stray-Gundersen J.** Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status // *Eur J Appl Physiol.* 2004. №91. P. 140-6.
28. **Meeusen R., Nederhof E., Buyse L., Roelands B., De Schutter G., Piacentini M.F.** Diagnosing overtraining in athletes using the two bout exercise protocol // *Br J Sports Med.* 2010. Vol. 44, №9. P. 642-8.
13. **Duclos M., Corcuff J-B., Rashedi M., Fougere V., Manier G.** Trained versus untrained men: different immediate post-exercise responses of pituitary-adrenal axis. *Eur J Appl Physiol.* 1997;(75):343-50.
14. **Duclos M., Corcuff J-B, Arsac L, Moreau-Gaudry F, Rashedi M, Roger P, Tabarin A, Manier G.** Corticotroph axis sensitivity after exercise in endurance-trained athletes. *Clin Endocrinol.* 1998;(8):493-501.
15. **Duclos M, Minkhar M, Sarrieau A, Bonnemaïson D, Manier G, Mormede P.** Reversibility of endurance training-induced changes on glucocorticoid sensitivity of monocytes by an acute exercise. *Clin Endocrinol.* 1999;(1):749-56.
16. **Duclos M, Gouarne C, Bonnemaïson D.** Acute and chronic effects of exercise on tissue sensitivity to glucocorticoids. *J Appl Physiol.* 2003;(94):869-75.
17. **Barron G, Noakes T, Levy W, Smidt C, Millar R.** Hypothalamic dysfunction in overtrained athletes. *J Clin Endocrinol Metabol.* 1985;(60):803-6.
18. **Flavio A Cadegiani, Claudio E Kater.** Hypothalamic-Pituitary-Adrenal (HPA) Axis Functioning in Overtraining Syndrome: Findings from Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome (EROS) – EROS-HPA Axis. *Sports Med Open.* 2017;(3):45.
19. **Adlercreutz H, Hiirkonen M, Kuoppasalmi K et al.** Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. *Int J Sports Med.* 1986;(7):27-8.
20. **Duclos M.** A critical assessment of hormonal methods used in monitoring training status in athletes. *Intern Sport Med Journal.* 2008;9(2):56-66.
21. **Lehmann M, Petersen KG, Liu Y, Gastmann U, Lormes W, Steinacker JM.** Chronische und erschöpfende Belastungen im Sport – Einfluss von Leptin und Inhibin. [Chronic and exhausting training in sports – influence of leptin and inhibin]. *Dtsch Z Sportmed.* 2001;(51):234-43.
22. **Kanaley J, Weltman J, Pieper K, Weltman A, Hartman M.** Cortisol and growth hormone responses to exercise at different times of day. *J Clin Endocrinol Metabol.* 2001;(86):2881-9.
23. **De Graaf-Roelfsema E, Keizer H, Wijnberg I, van der Kolk J.** Hormonal responses to acute exercise, training and overtraining. A review with emphasis on the horse. *Vet. Q.* 2007;(29):82-101.
24. **Justin X Nicoll, Disa L Hatfield, Kathleen J Melanson, Christopher S Nasin.** Thyroid hormones and commonly cited symptoms of overtraining in collegiate female endurance runners. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(1):65-73. DOI: 10.1007/s00421-017-3723-9.
25. **Jürimäe J, Mäestu J, Jürimäe T, Mangus B, von Duvillard S.** Peripheral signals of energy homeostasis as possible markers of training stress in athletes: a review. *Metabolism.* 2011;(60):335-50.
26. **Flavio A Cadegiani, Claudio E Kater.** Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation.* 2017;(9):14. DOI: 10.1186/s13102-017-0079-8.
27. **Meeusen R, Piacentini MF, Busschaert B, Buyse L, De Schutter G, Stray-Gundersen J.** Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status. *Eur J Appl Physiol.* 2004;(91):140-6.
28. **Meeusen R, Nederhof E, Buyse L, Roelands B, De Schutter G, Piacentini MF.** Diagnosing overtraining in athletes using the two bout exercise protocol. *Br J Sports Med.* 2010;44(9):642-8.

Информация об авторах:

Орджоникидзе Зураб Гивиевич, 1-ый зам. директора ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ Департамента здравоохранения г. Москвы, д.м.н.

Павлов Владимир Иванович, зав. отделением функциональной диагностики и спортивной медицины Клиники Спортивной Медицины ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ Департамента здравоохранения г. Москвы, д.м.н.

Демидов Николай Александрович, врач-эндокринолог ГБУЗ Больница г. Московский Департамента здравоохранения г. Москвы, к.м.н. (+7 (906) 043-48-14, nicolay13@mail.ru)

Бадтиева Виктория Асланбековна, зав. Клиникой Спортивной Медицины ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ Департамента здравоохранения г. Москвы, д.м.н., проф., член-корр. РАН

Резепов Александр Сергеевич, врач, руководитель медицинского штаба ПФК «Арсенал»

Волкова Оксана Сергеевна, врач ООО «Профи-Клиник»

Плотников Сергей Геннадьевич, врач ГБУ Центр спортивной подготовки по легкой атлетике Москомспорта

Гвинианидзе Мамука Владимирович, младший научный сотрудник ГАУЗ МНПЦ МРВиСМ Департамента здравоохранения г. Москвы

Information about the authors:

Zurab G. Ordzhonikidze, M.D., D.Sc. (Medicine), First Deputy Director of the Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine

Vladimir I. Pavlov, M.D., D.Sc. (Medicine), Head of the Functional Diagnostics and Sports Medicine Department of the Sports Medicine Clinic of the Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine

Nikolay A. Demidov, M.D., Ph.D. (Medicine), Endocrinologist of the Moscovskiy City Hospital (+7 (906) 043-48-14, nicolay13@mail.ru)

Victoria A. Badtieva, M.D., D.Sc. (Medicine), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Sports Medicine Clinic of the Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine

Aleksandr S. Rezepov, M.D., Head of Medical Staff of the «Arsenal» Professional Football Club

Oksana S. Volkova, M.D., Physician of the «Profi-Clinic» LLC

Sergey G Plotnikov, M.D., Physician of the Moscomsport Center for Athletic Training in Track and Field Athletics

Mamuka V. Gvinianidze, M.D., Junior Researcher of the Scientific and Practical Center of Medical Rehabilitation and Sports Medicine

Поступила в редакцию: 20.08.2018

Принята к публикации: 14.09.2018

Received: 20 August 2018

Accepted: 14 September 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.22

УДК: 612.128:616.74-003.93

Уровень креатинфосфокиназы крови как критерий восстановления у профессиональных футболистов в соревновательном периоде

В.Ю. Хайтин^{1,2}, С.В. Матвеев¹, М.Ю. Гришин²

¹ФГБОУВО Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Министерство здравоохранения РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

²АО ФК «Зенит», г. Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучение динамики фермента креатинфосфокиназы (КФК) у профессиональных футболистов в соревновательный период и разработка критериев и нормативов срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам. **Материалы и методы:** клинико-лабораторный мониторинг. В течение 2-х сезонов были обследованы 26 футболистов высокой спортивной квалификации (возраст: 26,7±3,1 лет, рост: 181,5±5,8 см, содержание жира в организме: 9,9±1,7 %), участники Чемпионата России по футболу. Все спортсмены соответствовали критериям включения в исследование: участие в предсезонном сборе, соревновательном периоде, определение уровня КФК перед началом сезона и во всех временных точках после трёх игр в сезоне с подсчетом средней величины, участие минимум в 75 мин/матч (75-90 мин/матч), отсутствие жалоб со стороны мышечной системы. **Результаты:** выявлено двукратное увеличение уровня КФК на следующий день после матча, равномерное снижение концентрации фермента через 60-72 ч после матча с возвращением показателей к предыгровому уровню (p<0,05). Установлено наличие взаимосвязи жалоб испытуемых на общую мышечную усталость с высокими показателями КФК. Выявлены факты многократного увеличения концентрации КФК в случаях зафиксированных мышечных повреждений. **Выводы:** определение уровня КФК у профессиональных футболистов позволяет контролировать и оценивать в динамике процессы восстановления спортсменов, выявлять случаи скрытых мышечных повреждений. Получены цифровые критерии срочной и долговременной нормальной адаптации спортсменов к физическим нагрузкам по содержанию КФК.

Ключевые слова: креатинкиназа, футбол, физические нагрузки, скелетные мышцы

Для цитирования: Хайтин В.Ю., Матвеев С.В., Гришин М.Ю. Уровень креатинфосфокиназы крови как критерий восстановления у профессиональных футболистов в соревновательном периоде // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 22-27. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.22.

The level of serum creatine phosphokinase as a criterion of recovery in professional soccer players during the competitive period

Vladimir Yu. Khaitin^{1,2}, Sergey V. Matveev¹, Mikhail Yu. Grishin²

¹Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Saint-Petersburg, Russia

²FC «Zenit», Saint-Petersburg, Russia

ABSTRACT

Objective: the aim of this study was to evaluate the dynamics of the enzyme creatine phosphokinase (CPK) in professional soccer players during the competitive period and to develop criteria and standards for the short and long-term adaptation of the athlete's body to physical exertion. **Materials and methods:** clinical and laboratory monitoring. During two seasons of the national championship 26 soccer players of high sports qualification (age: 26.7±3.1 years, height: 181.5±5.8 cm, fat content in the body: 9.9±1.7%) were examined. All athletes met the following criteria for inclusion in the study: participation in the pre-season, competition period; measurement of CPK level before the start of the season and at all time points after three games during the season; participation time – at least 75 minutes of the match (75-90 min/match); absence of muscle damage and complaints from the muscular system. **Results:** a twofold increase in the level of CPK was registered on the day after the match; a uniform decrease in the concentration of the enzyme was detected 60-72 hours after the match with the return of indicators to the pre-game level (p <0.05). The relation between athlete's complaints for general muscular fatigue and high CPK values was established. There was a multiple increase in the concentration of CPK in cases of recorded muscle damage. **Conclusions:** determination of the CPK level in professional soccer players allows to monitor and evaluate the dynamics of the recovery process, to identify cases of hidden muscle damage. Digital criteria for urgent and long-term normal adaptation of athletes to physical loads based on the content of CPK were obtained.

Key words: creatine phosphokinase, soccer, football, physical exercise, skeletal muscle

For citation: Khaitin VYu, Matveev SV, Grishin MYu. The level of serum creatine phosphokinase as a criterion of recovery in professional soccer players during the competitive period. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):22-27. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.22.

1.1 Введение

Современный футбол характеризуется значительным количеством прыжков, ускорений и торможений, единоборств с мячом, сменой направления движения во время одной игры более чем 1200-1400 раз [1, 2]. Для выполнения специальных спортивных элементов требуются, в частности, выполнение большого количества эксцентрических сокращений [3], которые приводят к многочисленным мышечным микротравмам на различных уровнях опорно-двигательного аппарата, особенно во время выполнения прерывистых движений [4-6]. Интенсификация физических нагрузок требует адекватных и информативных методов контроля процесса адаптации к напряженной мышечной деятельности [7].

Креатинфосфокиназа (КФК) относится к ферментам класса фосфотрансфераз, осуществляет обратимый перенос фосфатного остатка между АТФ и креатином с образованием АДФ и креатинфосфата (рис. 1). Продукт этой реакции креатинфосфат играет важную роль в процессах метаболизма, обеспечивая энергией ряд биологически значимых превращений, в т. ч. мышечные сокращения и расслабления. У здоровых лиц общая активность креатинкиназы в крови представлена в основном изоферментом КК-ММ (94-96%), активность других изоферментов присутствуют в следовых количествах. КФК – внутриклеточный фермент, увеличение активности креатинкиназы в крови свидетельствует о повреждении или разрушении клеток, обогащенных ферментом.

Активное содержание фермента креатинфосфокиназы (КФК) в плазме крови используется как биохимический маркер мышечного напряжения при выполнении упражнений [8-10], для мониторинга адекватности тренировочной нагрузки [11]. КФК – значительное число мышечных микротравм приводит к большей секреции креатинкиназы в межклеточное пространство [12]. Концентрация КФК в зависимости от индивидуальных характеристик спортсмена [13] изменяется в течение 1-4-х дней после определенной нагрузки [14-16], и является индикатором тренировочного статуса и восстановления спортсмена [8, 17]. Активность общей КФК зависит от возраста, пола, расы, климатических условий, уровня тренированности спортсмена, групп мышц, участвующих в выполнении упражнения, объема нагрузок силового характера [13]. Однако большая внутри- и межиндивидуальная вариация затрудняет разработку надёжных физиологических значений для спортсменов [7].

Анализ научных исследований в футболе показал, что концентрация КФК, как маркера мышечного микротравматизма, может увеличиваться в течение 72 ч после игры [17, 18]. Однако большинство исследований проведено по однократному определению уровня КФК после отдельных матчей [9, 19], в то же время исследования динамики изменения уровня КФК у футболистов после игр в течение соревновательного периода недостаточно.

Теоретический анализ, обобщение литературных источников и практическая необходимость показали, что

проблема поиска объективных критериев переносимости физических нагрузок и восстановления – актуальна.

Цель исследования: изучить динамику фермента КФК у профессиональных футболистов в соревновательный период.

Задачи исследования:

1. Проанализировать динамику фермента КФК в крови у профессиональных футболистов в соревновательном периоде.

2. Отследить и выявить возможные закономерности поведения фермента КФК после футбольных матчей в соревновательном периоде.

3. Разработать критерии и нормативы срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам.

1.2 Материалы и методы

1. Анализ научной литературы.

2. Оценка композитного состава тела с определением содержания жира в организме проводилась на основе биоимпедансометрии с использованием In Body test.

3. Клинико-лабораторный мониторинг. В течение 2-х сезонов были обследованы 26 футболистов высокой спортивной квалификации (участники чемпионата России по футболу, Премьер-лига). Забор крови для определения КФК осуществлялся из пальца утром натощак в четырёх временных точках: перед началом тренировочного сбора (после 2-3 недель отпуска), в день перед матчем, 12-20 ч, 36-48 ч, 60-72 ч после 3-х матчей в сезоне (всего в настоящем исследовании выполнено 338 тестов). Для измерения использовали 32 μ л капиллярной крови из пальца кисти, тест-полоски для экспресс-анализа Roshe, портативный биохимический анализатор Reflotron Plus (Roshe Diagnostics, Швейцария). После обработки антисептиком и прокалывания пальца автоматическим ланцетом кровь забирали в гепаринизированный стеклянный капилляр и с помощью автоматической пипетки с фиксированным объемом (32 μ л) незамедлительно наносили на тест-полоску. Принцип измерения основан на рефлексивной фотометрии. Точность измерения составляет ± 5 %.

4. Рассчитывали среднюю арифметическую (\bar{X}); среднеквадратическое отклонение (σ). Обработка и анализ данных проводились общепринятыми статистическими методами с учетом пола и возраста. Для подтверждения нормального распределения значений был использован критерий Колмогорова-Смирнова. Достоверность различий статистических оценок предсезонных и постигровых значений КФК определяли при помощи ANOVA.

Все спортсмены соответствовали следующим критериям включения в исследование:

- содержание жира в организме как показатель тренированности ($9,9 \pm 1,7\%$);
- участие в предсезонном тренировочном сборе;
- участие в соревновательном периоде;
- определение уровня КФК перед началом сезона;

- определение КФК во всех временных точках после трёх игр, участие минимум в 75 мин/матч (75-90 мин/матч);
- отсутствие мышечных повреждений и жалоб со стороны мышечной системы

1.3 Результаты

В таблице 1 указаны антропометрические характеристики 26 обследованных спортсменов, при этом 10 из них выступали на позиции защитника, 10 – на позиции полузащитника и 6 нападающих. Средний возраст испытуемых составил 26,7±3,1 лет, вес – 76,3±8,3 кг, рост – 181,5±5,8 см. Содержание жира в организме, как критерий отличного физического состояния, – 9,9±1,7 %. По национальному признаку испытуемые были представлены: 16 – русские, 3 – бразильцы, 2 – бельгийцы, 1 – испанец, 1 – аргентинец, 1 – португалец, 1 – венесуэлец, 1 – итальянец.

Как видно из таблицы 2 и рисунка 1, концентрация КФК была выше во всех временных точках по сравнению с предсезонными значениями, BAS (p<0,05). Уровень КФК спустя 36-48 часов после матча (POST-2) был ниже, чем после 12-20 часов после матча (POST-1), и выше, чем спустя 60-65 часов (POST-3) (p <0,05). Не было обнаружено достоверных различий между концентрациями КФК в день накануне матча (PRE-1) и спустя 60-72 часа (POST-3), что может свидетельствовать о нормальном восстановлении к 3-4 суткам после проведенного матча.

В настоящем исследовании максимальные значения КФК наблюдались спустя 12-20 часов после окончания

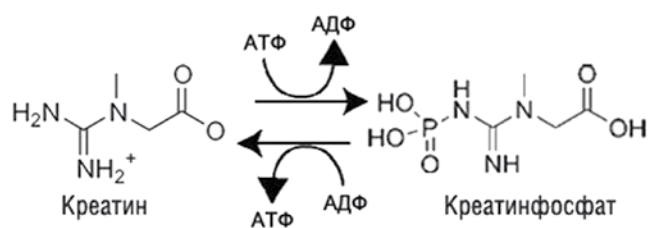


Рис. 1. Участие креатинфосфокиназы в биохимической реакции образования креатинфосфата

Fig. 1. Participation of creatine phosphokinase in the biochemical reaction of creatine phosphate formation

матча с возвращением к относительно нормальным значениям в течение 60-72 часов. Известно, что в соревновательном периоде можно выделить микроциклы, при этом продолжительность микроцикла фактически зависит от количества турниров, матчей, в которых команда участвует. В настоящем исследовании 12-20 часовой интервал после матча чаще всего был восстановительным для спортсменов, участвовавших в матче. При этом PRE-1, день перед матчем, в некоторых случаях совпадал с POST-3 (60-72 ч после матча). Этот факт предполагает, что тренировочный процесс влиял на кинетику КФК.

Наши результаты, как и результаты исследования Coelho D.B. [18], наиболее вероятно представляют реальную динамику изменения концентрации КФК в крови профессиональных футболистов в течение соревновательного периода, чем результаты, к примеру, однократного измерения после матчей [8, 9, 17].

Таблица 1

Антропометрические характеристики обследованных

Table 1

Anthropometric characteristics of the players studied

N	Возраст, лет/age, years	Вес, кг/Weight, kg	Рост, см/Height, cm	Содержание жира, %/Fat percentage
26	26,7±3,1	76,3±8,3	181,5±5,8	9,9±1,7

Таблица 2

Концентрация креатинфосфокиназы (Ед./л) в крови футболистов перед началом тренировочного сбора и в микроцикле соревновательного периода: BAS: после отпуска перед началом предсезонного тренировочного сбора; PRE-1: в день накануне матча; POST-1: 12-20 ч после матча; POST-2: 36-48 ч; POST-3: 60-72 ч.

Table 2

Creatine phosphokinase serum concentration (U/l) of soccer players before the start of the training camp and in the microcycle of the competitive period: BAS: after the holidays before the start of the pre-season training camp; PRE-1 – the day before match; POST-1: 12-20 h after match; POST-2: 36-48 h; POST-3: 60-72 h after.

Время/Time point	BAS	PRE-1	POST-1	POST-2	POST-3
X±SE	176,6±33,3	289,9±29,9	779,4±109,2	429,3±72,8	303,3±31,9
Минимально/min	121	221	670	305	244
Максимально/max	354	399	1290	701	499

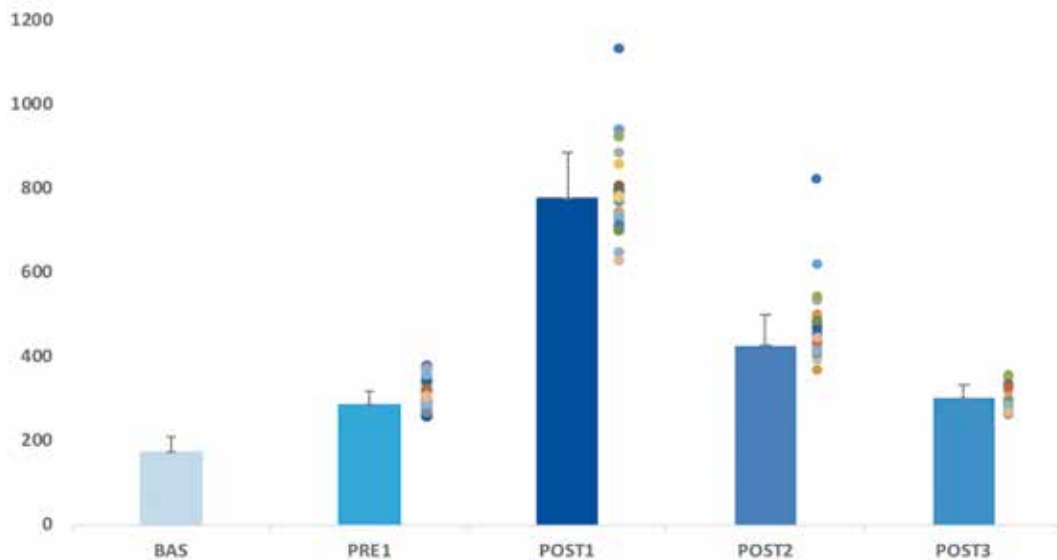


Рис. 1. Среднее значение концентрации креатинфосфокиназы (Ед./л) в крови футболистов перед началом тренировочного сбора и в микроцикле соревновательного периода (3 матча): BAS: после отпуска перед началом предсезонного тренировочного сбора; PRE-1: в день накануне матча; POST-1: 12-20 ч после матча; POST-2: 36-48 ч; POST-3: 60-72 ч

Fig. 1. Average creatine phosphokinase serum concentration (U/l) of soccer players before the start of the training camp and in the microcycle of the competitive period (3 matches): BAS: after the holidays before the start of the pre-season training camp; PRE-1 – the day before match; POST-1: 12-20 h after match; POST-2: 36-48 h; POST-3: 60-72 h after

Значительная вариация активности КФК обусловлена различной скоростью выброса фермента в кровь. Этот процесс зависит от состояния клеточных мембран и изменения их проницаемости под воздействием физических нагрузок, при условии отсутствия прямого повреждения мышечных волокон в случае травмы. Поэтому для поиска значений нормального восстановления одним из критериев включения спортсменов в исследование было отсутствие зафиксированных мышечных повреждений, сильных ушибов и жалоб на мышечную усталость и боль. Предполагается резкое увеличение концентрации КФК в крови при мышечных повреждениях. Однако данный вопрос требует дополнительных исследований.

1.4 Выводы

1. Футбол как вид спорта представляет высокоинтенсивную спортивную деятельность, при которой КФК является непрямым маркером мышечного микротравматизма, достигая пика своего значения к 12-24 ч после матча в течение соревновательного периода, снижаясь в

норме к 72 ч после матча (достигая исходного предыгрового значения).

2. Определение КФК у профессиональных высококвалифицированных футболистов позволяет контролировать и объективно оценивать в динамике процессы энергообеспечения, переносимости физических нагрузок, восстановления спортсменов, выявлять случаи скрытых мышечных повреждений.

3. Измерение концентрации КФК является простым и удобным методом контроля и оценки переносимости физической нагрузки, восстановления футболистов, а также скрининга на предмет скрытых мышечных повреждений.

4. Получены цифровые критерии срочной и долгосрочной адаптации футболистов к физическим нагрузкам в соревновательном периоде по уровню содержания КФК.

5. Требуется дальнейшее изучение динамики КФК у футболистов с учетом индивидуальных особенностей факторов, влияющих на КФК.

Список литературы

1. Stolen T, Chamari K., Castagna C., Wisloff U. Physiology of soccer: An update // Sports Medicine. 2005. Vol.35, № 6. P. 501-36. DOI: 10.2165/00007256-200535060-00004.
2. Sporis G., Jukic I., Milanovic L., Vucetic V. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players // Journal of Strength and Conditioning Research. 2010. Vol.24, №3. P. 679-86. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181c4d324.

References

1. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: An update. Sports Medicine. 2005;35(6):501-36. DOI: 10.2165/00007256-200535060-00004.
2. Sporis G, Jukic I, Milanovic L, Vucetic V. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2010;24(3):679-86. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181c4d324.

3. **Mougios V.** Reference intervals for serum creatine kinase in athletes // *British Journal of Sports Medicine*. 2007. Vol.41, №10. P. 674-8. DOI: 10.1136/bjism.2006.034041.
4. **Friden J., Lieber R.L.** Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions// *Cell and Tissue Research*. 1998. Vol.293, №1. P. 165-71.
5. **Thompson D., Williams C., Kingsley M., Nicholas C.W., Lakomy H.K., McArdle F.** Muscle Soreness and Damage Parameters after Prolonged Intermittent Shuttle-Running Following Acute Vitamin C Supplementation // *International Journal of Sports Medicine*. 2001. Vol.22, №1. P. 68-75. DOI: 10.1055/s-2001-11358.
6. **Thompson D., Nicholas C.W., Williams C.** Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running // *Journal of Sports Sciences*. 1999. Vol.17, №5. P. 387-95. DOI: 10.1080/026404199365902.
7. **Рыбина И.Л., Кузнецова З.М.** Использование активности креатинфосфокиназы в оценке срочной и долговременной адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2015. №3. С. 150-7. DOI: 10.14526/01_1111_41.
8. **Ispirlidis I., Fatouros I.G., Jamurtas A.Z., Nikolaidis M.G., Michailidis I., Douroudos I.** Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game // *Clinical journal of sport medicine*. 2008. Vol.18, №5. P. 423-31. DOI: 10.1097/JSM.ob013e3181818e0b.
9. **Coelho D.B., Cabido CET., Ciminelli VAL., Becker L.K., Oliveira E.C., Pereira E.R.** Comparison of different ways of expressing creatine kinase concentration of soccer players during a competitive season // *Motriz: Revista de Educacao Física*. 2016. Vol.22, №3. DOI: 10.1590/S1980-6574201600030006.
10. **Yamin C., Amir O., Sagiv M., Attias E., Meckel Y., Eynon N., Sagiv M., Amir R.E.** ACE ID genotype affects blood Creatine Kinase response to eccentric exercise // *Journal of Applied Physiology*. 2007. Vol.103, №6. P. 2057-61. DOI: 10.1152/jappphysiol.00867.2007.
11. **Lazarim F., Antunes-Neto J., Silva F., Nunes L., Cameron A., Cameron L.** The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship // *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009. Vol.12, №1. P. 85-90. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.10.004.
12. **Brancaccio P., Maffulli N., Limongelli F.M.** Creatine kinase monitoring in sport medicine // *British Medical Bulletin*. 2007. Vol.81-82, №1. P. 209-30. DOI: 10.1093/bmb/ldm014.
13. **Totsuka M., Nakaji S., Suzuki K., Sugawara K., Sato K.** Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise // *Journal of Applied Physiology*. 2002. Vol.93, №4. P. 1280-6. DOI: 10.1152/jappphysiol.01270.2001.
14. **Clarkson P.M., Kearns A.K., Rouzier P., Rubin R., Thompson P.D.** Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006. Vol.38, №4. P. 623-7. DOI: 10.1249/01.mss.0000210192.49210.fc.
15. **Clarkson P.M.** Case report of exertional rhabdomyolysis in a 12-year-old boy // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006. Vol.38, №2. P. 197-200. DOI: 10.1249/01.mss.0000183478.12106.04.
16. **Paschalis V., Koutedakis Y., Baltzopoulos V., Mougios Jamurtas A.Z., Giakas G.** Short vs. Long length of rectus femoris during eccentric exercise in relation to muscle damage in healthy males // *Clinical Biomechanics*. 2005. Vol.20, №6. P. 617-22. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2005.02.011.
17. **Ascensão A., Rebelo A., Oliveira E., Marques F., Pereira L., Magalhães J.** Biochemical impact of a soccer match – analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout re-
3. **Mougios V.** Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*. 2007;41(10):674-8. DOI: 10.1136/bjism.2006.034041.
4. **Friden J, Lieber RL.** Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell and Tissue Research*. 1998;293(1):165-71.
5. **Thompson D, Williams C, Kingsley M, Nicholas CW, Lakomy HK, McArdle F.** Muscle Soreness and Damage Parameters after Prolonged Intermittent Shuttle-Running Following Acute Vitamin C Supplementation. *International Journal of Sports Medicine*. 2001;22(1):68-75. DOI: 10.1055/s-2001-11358.
6. **Thompson D, Nicholas CW, Williams C.** Muscular so-reness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Journal of Sports Sciences*. 1999;17(5):387-95. DOI: 10.1080/026404199365902.
7. **Rybina II, Kuznetsova ZM.** The use of creatine phosphokinase level in assessment of athletes urgent and long-term adaptation to training loads. *Pedagogic-psychological & medical-biological problems of physic and sport*. 2015;3(36):150-7. DOI: 10.14526/01_1111_41. Russian.
8. **Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I.** Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical journal of sport medicine*. 2008;18(5):423-31. DOI: 10.1097/JSM.ob013e3181818e0b.
9. **Coelho DB, Cabido CET, Ciminelli VAL, Becker LK, Oliveira EC, Pereira ER.** Comparison of different ways of expressing creatine kinase concentration of soccer players during a competitive season. *Motriz: Revista de Educacao Física*. 2016;22(3). DOI: 10.1590/S1980-6574201600030006.
10. **Yamin C, Amir O, Sagiv M, Attias E, Meckel Y, Eynon N, Sagiv M, Amir RE.** ACE ID genotype affects blood Creatine Kinase response to eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2007;103(6):2057-61. DOI: 10.1152/jappphysiol.00867.2007.
11. **Lazarim F, Antunes-Neto J, Silva F, Nunes L, Cameron A, Cameron L.** The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009;12(1):85-90. DOI: 10.1016/j.jsams.2007.10.004.
12. **Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM.** Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*. 2007;81-82(1):209-30. DOI: 10.1093/bmb/ldm014.
13. **Totsuka M, Nakaji S, Suzuki K, Sugawara K, Sato K.** Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2002;93(4):1280-6. DOI: 10.1152/jappphysiol.01270.2001.
14. **Clarkson PM, Kearns AK, Rouzier P, Rubin R, Thompson PD.** Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006;38(4):623-7. DOI: 10.1249/01.mss.0000210192.49210.fc.
15. **Clarkson PM.** Case report of exertional rhabdomyolysis in a 12-year-old boy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006;38(2):197-200. DOI: 10.1249/01.mss.0000183478.12106.04.
16. **Paschalis V, Koutedakis Y, Baltzopoulos V, Mougios Jamurtas A.Z, Giakas G.** Short vs. Long length of rectus femoris during eccentric exercise in relation to muscle damage in healthy males. *Clinical Biomechanics*. 2005;20(6):617-22. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2005.02.011.
17. **Ascensão A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhães J.** Biochemical impact of a soccer match – analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery.

covery // Clinical Biochemistry. 2008. Vol.41, №10-11. P. 841-51. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008.

18. **Coelho D.B., Morandi R.F.** Creatine kinase kinetics in professional soccer players during a competitive season // Revista Brasileirs de Cineantropometria & Desempenho Humano. 2011. Vol.13, №3. P. 189-94. DOI: 10.5007/1980-0037.2011v13n3p189.

19. **Andersson H., Raastad T., Nilsson J., Paulsen G., Garte I., Kadi F.** Neuromuscular Fatigue and Recovery in Elite Female Soccer: Effects of Active Recovery // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2008. Vol.40, №2. P. 372-80. DOI: 10.1249/mss.0b013e31815b8497.

Clinical Biochemistry. 2008;41(10-11):841-51. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008.

18. **Coelho DB, Morandi RF.** Creatine kinase kinetics in professional soccer players during a competitive season. Revista Brasileirs de Cineantropometria & Desempenho Humano. 2011;13(3):189-94. DOI: 10.5007/1980-0037.2011v13n3p189.

19. **Andersson H, Raastad T, Nilsson J, Paulsen G, Garte I, Kadi F.** Neuromuscular Fatigue and Recovery in Elite Female Soccer: Effects of Active Recovery. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2008;40(2):372-80. DOI: 10.1249/mss.0b013e31815b8497.

Информация об авторах:

Хайтин Владимир Юрьевич, аспирант кафедры физических методов лечения и спортивной медицины ФГБОУ ВО Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Минздрава России, врач основного состава команды ФК «Зенит». ORCID ID: 0000-0002-9154-5174 (+7 (931) 000-02-08, khaitinvladimir@gmail.com)

Матвеев Сергей Владимирович, профессор кафедры физических методов лечения и спортивной медицины ФГБОУ ВО Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова Минздрава России, д.м.н. ORCID ID: 0000-0001-5698-7850

Гришин Михаил Юрьевич, главный врач основного состава команды ФК «Зенит», к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-7517-6073

Information about the authors:

Vladimir Yu. Khaitin, M.D., Postgraduate Student of the Department of Physical Methods of Treatment and Sports Medicine of the Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Physician of the FC «Zenit» Main Team. ORCID ID: 0000-0002-9154-5174 (+7 (931) 000-02-08, khaitinvladimir@gmail.com)

Sergey V. Matveev, M.D., D.Sc. (Medicine), Head of the Department of Physical Methods of Treatment and Sports Medicine of the Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University. ORCID ID: 0000-0001-5698-7850

Mikhail Yu. Grishin, M.D., Ph.D. (Medicine), Head Physician the FC «Zenit» Main Team. ORCID ID: 0000-0002-7517-6073

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 21.08.2018

Принята к публикации: 28.09.2018

Received: 21 August 2018

Accepted: 28 September 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.28

УДК: 572.08

Факторная структура телосложения женщин борцов и построение центильных шкал

М.М. Семенов, Д.Б. Никитюк

*ФГБУН Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии,
Министерство образования и науки РФ, г. Москва, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: представление множества показателей телосложения женщин-борцов в виде основных факторов и построение оценочных центильных шкал. **Материалы и методы:** материалом для исследования послужили результаты морфологических обследований сильнейших борцов – женщин вольного стиля, членов сборных команд России, участниц крупных международных соревнований (n=162). У всех спортсменок измеряли продольные, поперечные, обхватные размеры тела и кожно-жировые складки, а так же проводили биоимпедансный анализ состава тела. С учетом полученных данных определялись расчетные показатели: пропорции тела, состав тела, соматотип и т.д. Всего программа обследования включала 142 различных показателя, характеризующих телосложение спортсменок. **Результаты:** проведенный факторный анализ телосложения женщин-борцов выделил семь факторов, объясняющих 90,43% обобщенной дисперсии. Валидными показателями которых являются: тощая масса тела (кг); скелетно-мышечная масса (%); индекс длина предплечья (см)/длина руки (см); индекс тазогребневый диаметр (см) /акромиальный диаметр (см); жировая масса (%) «Матейка»; индекс обхват бедра (см) / длина голени с высотой стопы(см); и фазовый угол (град.). Кроме того, валидные показатели свидетельствуют о максимальной изменчивости и дисперсии по изучаемым показателям в данной спортивной специализации. Последнее дает основание использовать их для разработки оценочных центильных шкал. **Выводы:** Анализ факторной структуры телосложения женщин-борцов высокой квалификации показал, что она может быть описана с очень высокой надежностью (вклад 90,43%) семью факторами.

Ключевые слова: женщины борцы, телосложение, состав массы тела, центильные шкалы

Для цитирования: Семенов М.М., Никитюк Д.Б. Факторная структура телосложения женщин борцов и построение центильных шкал // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 28-33. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.28.

Features of body structure of female wrestlers and the construction of centile scales

Muradin M. Semenov, Dmitriy B. Nikityuk

Federal Research Centre for Nutrition and Biotechnology, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: presentation of various women wrestlers' body constitution indicators in the form of basic factors and creation of estimated centile scales. **Materials and methods:** the material for this study was the results of the morphological surveys of the strongest wrestlers - freestyle women athletes, members of the Russian national teams, that participate in major international competitions (n = 162). Longitudinal, transverse and circumference body sizes as well as skinfold thickness was measured and body composition was analyzed by bioimpedance method in all women athletes. Based on received data the following calculated indicators were determined: proportions of the body, body composition, somatotype etc. Generally, the survey program included 142 different indicators characterizing the body constitution of women athletes. **Results:** the factor analysis of women wrestlers' body constitution identified 7 factors that explained 90,43% of generalized variance. Lean body mass (kg), skeletal muscle mass (%), forearm length (cm)/arm length (cm) index, pelvis-and-crest diameter (cm)/acromial diameter (cm) index, fat mass (%) (according to Mateiko), femur circumference (cm)/tibia length (cm) and foot height (cm) index, phase angle (deg.) were considered as valid indicators. Furthermore, valid indicators represented a maximal variability and dispersion of studied indicators in this sports specialization. It gives the basis to use them for development of estimated centile scales. **Conclusions:** analysis factor structure of elite women wrestlers' body constitution indicated that it can be described by 7 factors with high significant reliability (90,43%).

Key words: women wrestlers, body constitution, body composition, centile scales

For citation: Semenov MM, Nikityuk DB. Features of body structure of female wrestlers and the construction of centile scales. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):28-33. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.28.

1.1 Введение

Целью спорта высших достижений является достижение максимально возможного спортивного результата от конкретного спортсмена. В связи отсутствием совершенных систем выявления одаренности в спорте, олимпийскими призерами становятся единицы. Спортивная специализация предъявляет специфические требования к различным системам организма спортсмена: морфологическим, функциональным, биолого-психологическим и т.д. и изучение этих систем крайне важна. Следует отметить, что недостаточно изученным в спортивной антропологии является телосложение женщин-борцов. За последние 80 лет исследователями разных стран выполнено большое количество работ на представителях разных видов спорта. Однако, эти работы были в основном, выполнены на спортсменах-мужчинах. В исследованиях посвященных женщинам-борцам, есть разные недостатки. В работе Пискова С.И. [1] особенности морфологического статуса женщин-борцов, при анализе телосложения, недостатком является то, что автор, не учитывая весовые категории, разбивает на группы по спортивной квалификации и сравнивает с контрольной группой. Такое сравнение не допустимо, так, как в группу с одинаковой квалификацией попадают спортсменки разных весовых категорий. Польские ученые [2], изучая телосложение сборной команды женщин по дзюдо, разделяют на три условные весовые группы, несмотря на то, что данный подход является корректным, следует отмерить выборку ученых, всего 13 человек. Анализ литературы выявил не достаточное количество публикаций, посвященных морфологическим особенностям спортсменок специализирующихся в вольной борьбе.

Целью исследований являлось изучение структуры факторов, определяющих телосложение спортсменок в данной спортивной специализации, и разработка оценочных центильных шкал с учетом новых утвержденных весовых категории в спортивной борьбе для Олимпийских Игр-2020 (Р-спорт, 24.08.2017).

1.2 Материалы и методы

Обследованы девушки и женщины-спортсменки, входящие в состав юношеской и взрослой команд России по вольной борьбе. В обследовании приняли участие 162 спортсменок, средний возраст в обследованных – 20 ± 3 лет. Квалификация спортсменок: заслуженных мастеров спорта – 3,8%, мастеров спорта международного класса – 10,5%, мастеров спорта – 34,6%, кандидатов в мастера спорта – 45,1%, перворазрядники – 6,0%. У всех измеряли продольные, поперечные, обхватные размеры тела и кожно-жировые складки, а также метод биоимпедансного анализа с помощью аппаратного устройства «МЕДАСС АВС-01» с программным обеспечением АВС01_0362[3, 4]. С учетом полученных данных определялись расчетные показатели: пропорции тела, состав тела, соматотип и т.д., всего программа обследования включала 142 различных показателя характеризующих

телосложение спортсменок. В качестве основных значимых показателей телосложения было выбрано 142 признака. Антропометрические измерения проводили по программе принятым в НИИ Антропологии МГУ, с использованием методических рекомендаций Бунака В.В. 1941; Мартиросова Э.Г. 1982, 2010; Лутовиновой Н.Ю., Уткиной М.И., Чтецова В.П. 1968 [5, 3, 4, 6], калиперометрия и биоимпедансометрия по Мартиросову Э.Г., 2010 [4, 7], соматотипирование по Хит-Картеру [8]. Статистическая обработка данных выполнялась с использованием программ Statistica 7 [9]. Факторный анализ проводился на слитом массиве с использованием метода «главных компонент» и с ротацией факторов по «варианс-макс» нормализованный. При проведении факторного анализа важным условием является соблюдение требования превышения выборки наблюдений над числом рассматриваемых признаков 5/1 [10].

С целью соблюдения данного условия проводился сначала факторный анализ «поблочно», а затем выделенные интегративные факторы и валидные показатели включали в общую матрицу для окончательного анализа. Таким образом, мы остановились на последовательном анализе структуры факторов для каждого из блоков.

При разработке центильных шкал, были использованы рекомендации Дерябина В.Е. [10]. При построении шкал в границы «средняя» входили 25 и 75 центили, что соответствовало 50% всех случаев. Границы «ниже среднего» и «выше среднего» определялись как 5 и 95 центили. «Низкие» и «высокие» значения находились соответственно ниже 5 и выше 95 центилей.

1.3 Результаты и их обсуждение

Результаты факторного анализа телосложения женщин борцов представлены в таблице 1. Было выделено 7 факторов телосложения спортсменок, которые в сумме определяют 90,43% обобщенной дисперсии. На первом факторе наибольшие факторные веса получили такие показатели, как тощая масса тела (кг) ($r=0,96$); общая вода (кг) ($r=0,96$); скелетно-мышечная масса(кг) ($r=0,96$); основной обмен (ккал) ($r=0,90$); масса тела(кг) ($r=0,88$); индекс физического развития «Вутчерка», ($r=0,86$); масса костной ткани (кг) ($r=0,82$); длина тела (см) ($r=0,82$); внеклеточная жидкость (кг) ($r=0,82$); обхват предплечья (см) ($r=0,81$). Данный фактор мы назвали- абсолютная активная масса тела. Вклад этого фактора в обобщенную дисперсию составляет – 37,39%.

На втором факторе наибольшие факторные веса выпали на следующие показатели скелетно-мышечная масса, % ($r=-0,93$); вода, % ($r=-0,93$); тощая масса тела, % ($r=-0,92$); индекс скелетно-мышечной массы, %/жировая масса, % ($r=-0,91$). Этот фактор мы назвали относительные показатели активной массы тела, вклад этого фактора в обобщенную дисперсию составляет – 16,05%.

На третьем факторе обнаружили себя с наибольшими факторными весами, индекс длина предплечья, см/длина руки, см ($r=-0,95$); индекс длина предплечья,

Таблица 1

Анализ факторных структур телосложения женщин борцов

Table 1

Analysis of factor structures of women's wrestlers

№	Название фактора и его вклад в обобщенную дисперсию в процентах/The name of the factor and its contribution to the generalized variance in percent	Валидные показатели и их факторные веса/ Valid indicators and its factor weights
1	Абсолютная активная масса тела/ Absolute active body weight – 37,39%	Тошная масса тела, кг ($r=0,96$); общая вода, кг ($r=0,96$); скелетно-мышечная масса, кг ($r=0,96$); основной обмен, ккал ($r=0,90$); масса тела, кг ($r=0,88$); индекс физического развития «Вутчерка», ($r=0,86$); масса костной ткани, кг ($r=0,82$); длина тела, см ($r=0,82$); внеклеточная жидкость, кг ($r=0,82$); обхват предплечья, см ($r=0,81$)
2	Относительные показатели активной массы тела / Relative active body weight– 16,05%;	Скелетно-мышечная масса, % ($r=-0,93$); вода, % ($r=-0,93$); тошная масса тела, % ($r=-0,92$); индекс скелетно-мышечной массы, %/жировая масса, % ($r=-0,91$)
3	Относительные размеры длины предплечья/ Relative forearm length– 7,21%;	Индекс длина предплечья, см/длина руки, см ($r=-0,95$); индекс длина предплечья, см/длина тела, см ($r=-0,95$)
4	Форма тела /Body shape– 6,12%;	Индекс тазогребневый диаметр, см/акромиальный диаметр, см ($r=0,87$); индекс акромиальный диаметр, см/длина тела, см ($r=-0,86$)
5	Развитие жировой массы тела/ The development of body fat mass– 10,09%;	Жировая масса, % «Матейка» ($r=0,93$); соматотип, компонент эндоморфии, бал ($r=0,89$); жировая масса, кг «Матейки» ($r=0,82$)
6	Пропорции нижней конечности/ Proportions of the lower limb– 7,52%;	Индекс обхват бедра, см/длина голени с высотой стопы, см ($r=0,92$); индекс обхват голени, см/длину голени с высотой стопы, см ($r=0,91$)
7	Уровень тренированности/Level of fitness– 6,05%;	Фазовый угол, град. ($r=0,94$)
Суммарный вклад составляет/The total contribution is – 90,43%		

Примечание: валидные признаки и их вес выделены в таблице жирным шрифтом

Note: valid signs and its weight are highlighted in bold in the tabl

см/длина тела, см ($r=-0,95$). Данный фактор мы назвали относительные размеры длины предплечья. Вклад этого фактора в обобщенную дисперсию составляет – 7,21%.

На четвертом факторе проявили себя с наибольшими факторными весами такие показатели как: индекс тазогребневый диаметр, см/акромиальный диаметр, см ($r=0,87$); индекс акромиальный диаметр, см/длина тела, см ($r=-0,86$). Этот фактор мы назвали формой тела. Вклад этого фактора в обобщенную дисперсию составляет – 6,12%.

На пятом факторе проявили себя с наибольшими факторными весами показатели жировая масса, % «Матейка» ($r=0,93$); соматотип, компонент эндоморфии, бал ($r=0,89$); жировая масса, кг «Матейки» ($r=0,82$). Этот фактор мы идентифицировали как развитие жировой массы тела. Вклад этого фактора в обобщенную дисперсию составляет – 10,09%.

На шестом факторе себя проявили с наибольшими факторными индексы обхват бедра, см/длина голени с высотой стопы, см ($r=0,92$); индекс обхват голени, см/длину голени с высотой стопы, см ($r=0,91$). Этот фактор мы идентифицировали как пропорции нижней конечности. Вклад этого фактора в обобщенную дисперсию составляет – 7,52%.

Седьмой фактор объясняет 6,05% в обобщенной дисперсии. Наибольшие факторный вес выпал на фазовый угол в градусах ($r=0,94$). Данный фактор мы назвали уровень тренированности. Фазовый угол во многом ученые связывают с кондиционными возможностями человека, здоровьем, тренированностью и в какой-то степени с уровнем физического развития [11-15].

Таким образом, факторная структура женщин борцов вольного стиля может быть описана 7-ю факторами. Валидными показателями являются: тошная масса тела, кг; скелетно-мышечная масса, %; индекс длина предплечья, см/длина руки, см; индекс тазогребневый диаметр, см/акромиальный диаметр, см; жировая масса, % «Матейка»; индекс обхват бедра, см/длина голени с высотой стопы, см; и фазовый угол, градусы.

Выявленные в факторном анализе спортсменок борцов семь факторов и выделенные на этих факторов валидные показатели, согласно природе факторного анализа, [10] интегративно отражают факторную структуру телосложения женщин-борцов и характеризуют всю совокупность изученных показателей телосложения. Кроме того, валидные показатели свидетельствуют о максимальной изменчивости и дисперсии по изучаемым показателям в данной спортивной специализации,

Таблица 2

Оценочная шкала морфологических показателей у женщин-борцов (весовые категории: 50, 53, 57, 62, 68 и 76 кг)

Table 2

Evaluation scale of morphological parameters in female wrestlers (weight categories: 50, 53, 57, 62, 68 and 76 kg)

Показатели/Parameters								
Весовые категории/ Weight categories	Оценочные варианты/ Evaluation options	Скелетно-мышечная масса/ Skeletal muscle mass, %	Жировая масса/Fat mass, %	Тощая масса тела, кг / Lean body mass, kg	Фазовый угол, градусы/ Phase angle, degrees	Индекс длины предплечья, см/длина руки, см / Forearm length /arm length index, cm	Индекс обхвата бедра, см/длина голени с высотой стопы, см/ Femur circum ference/tibia length and foot height index, cm	Индекс газорезный диаметр, см/ акромиальный диаметр, см/ Pelvis-and-crest diameter/ acromial diameter, index, cm
50 кг/50 kg n=39	Низкая/low	<35.9	<10.8	<35.5	<6.0	<29.3	<104.2	<63.6
	ниже средней/subaverage	36.0-39.3	10.9-14.2	35.6-38.3	6.1-6.6	29.4-31.1	104.3-115.5	63.7-69.0
	Средняя/average	39.4-44.1	14.3-19.1	38.4-42.4	6.7-7.7	31.2-33.8	115.6-131.3	69.1-76.7
	выше средней/above-average	44.2-47.5	19.2-22.6	42.5-45.2	7.8-8.3	33.9-35.6	131.4-142.6	76.8-82.1
	Высокая/high	47.6<	22.7<	45.3<	8.4<	35.7<	142.7<	82.2<
53 кг/53 kg n=41	Низкая/low	<36.5	<11.8	<41.1	<6.0	<29.1	<114.0	<65.6
	ниже средней/subaverage	36.6-39.6	11.9-16.2	41.2-43.7	6.1-6.8	29.2-30.5	114.1-122.7	65.7-70.4
	Средняя/average	39.7-44.1	16.3-22.4	43.8-47.3	6.9-8.0	30.6-32.7	122.8-134.9	70.5-77.3
	выше средней/above-average	44.2-47.3	22.5-26.8	47.4-49.8	8.1-8.8	32.8-34.2	135.0-143.6	77.4-82.1
	Высокая/high	47.4<	26.9<	49.9<	8.9<	34.3<	143.7<	82.2<
57 кг/57 kg n=33	Низкая/low	<36.5	<11.5	<44.3	<6.2	<29.5	<115.0	<68.5
	ниже средней/subaverage	36.6-39.6	11.6-16.3	44.4-46.8	6.3-6.8	29.6-30.9	115.1-123.7	68.6-72.5
	Средняя/average	39.7-44.0	16.4-23.0	46.9-50.4	6.9-7.6	31.0-33.0	123.8-136.0	72.6-78.1
	выше средней/above-average	44.1-47.1	23.1-27.7	50.5-53.0	7.7-8.2	33.1-34.4	136.1-144.7	78.2-82.1
	Высокая/high	47.2<	27.8<	53.1<	8.3<	34.5<	144.8<	82.2<
62 кг/62 kg n=27	Низкая/low	<35.5	<14.2	<46.3	<6.1	<29.5	<120.1	<66.3
	ниже средней/subaverage	35.6-38.1	14.3-17.8	46.4-48.7	6.2-6.7	29.6-30.8	120.2-128.3	66.4-70.5
	Средняя/average	38.2-41.8	17.9-22.8	48.8-52.2	6.8-7.6	30.9-32.6	128.4-139.8	70.6-76.3
	выше средней/above-average	41.9-44.4	22.9-26.3	52.3-54.6	7.7-8.2	32.7-33.9	139.9-148.0	76.4-80.5
	Высокая/high	44.5<	26.4<	54.7<	8.3<	34.0<	148.1<	80.6<
68 кг/68 kg n=7	Низкая/low	<34.3	<14.5	<47.7	<6.5	<30.1	<109.9	<63.8
	ниже средней/subaverage	34.4-36.9	14.6-18.7	47.8-50.3	6.6-7.3	30.2-31.7	110.0-121.2	63.9-68.4
	Средняя/average	37.0-40.6	18.8-24.6	50.4-53.9	7.4-8.4	31.8-34.1	121.3-137.0	68.5-74.8
	выше средней/above-average	40.7-43.2	24.7-28.8	54.0-56.4	8.5-9.1	34.2-35.7	137.1-148.3	74.9-79.4
	Высокая/high	43.3<	28.9<	56.5<	9.2<	35.8<	148.4<	79.5<
76 кг/76 kg n=15	Низкая/low	<32.4	<10.5	<49.6	<6.0	<29.6	<124.3	<69.5
	ниже средней/subaverage	32.5-35.5	10.6-17.0	49.7-53.4	6.1-6.7	29.7-31.4	124.4-130.5	69.6-73.2
	Средняя/average	35.6-40.0	17.1-26.0	53.5-58.8	6.8-7.8	31.5-34.0	130.6-139.1	73.3-78.5
	выше средней/above-average	40.1-43.1	26.1-32.5	58.9-62.6	7.9-8.5	34.1-35.8	139.2-145.3	78.6-82.2
	Высокая/high	43.2<	32.6<	62.7<	8.6<	35.9<	145.4<	82.3<

что дает нам основание использовать их для разработки оценочных центильных шкал.

В таблице 2 представлены оценочные шкалы морфологических показателей, выделенные факторным анализом для борцов-женщин шести олимпийских весовых категорий

Комплексная оценка по разработанным нами шкалам позволит строить морфологический профиль спортсменок, опираясь на который можно управлять процессом отбора в весовые категории, контролировать текущее морфофункциональное состояние спортсменок, проводить направленную коррекцию лабильных показателей, подбирать содержание, средства и методы коррекции состава массы тела, подбирать адекватный арсенал технических действий и в целом программировать процесс подготовки спортсменок.

1.4 Выводы

Разработанным нами комплексная оценка с использованием шкал позволит тренеру программировать индивидуальную подготовку спортсменок: это и выбор оптимального арсенала технических действий, в связи

с особенностями телосложения, и учитывать особенности телосложения потенциальных противников в данной весовой категории, оценивать целесообразность перехода спортсменки в другую весовую категорию, где ее индивидуальные морфологические особенности могут дать преимущество над спортсменками новой весовой категории. Кроме того, определение текущего состояния показателей фракций массы тела, позволят направленно планировать их коррекцию (наращивание мышечной массы тела, или снижение жировой), соответственно, выбирать средства и методы тренировки адекватные поставленным задачам и т.п. Использование профильной оценки в практике позволит также тренеру и спортсменке сравнивать свои показатели с таковыми для сильнейших спортсменок той же или другой весовой категории, в которую спортсменка планирует переходить, или с предполагаемыми противниками. Другими словами, оценочные внутригрупповые шкалы и их профильный анализ открывает перед творческим тренером и спортсменкой возможность объективизировать учебно-тренировочный процесс и в целом, процесс отбора и подготовки спортсменок.

Список литературы

1. Писков С.И. Особенности морфологического и гормонально-метаболического статуса спортсменок-борцов вольного стиля юношеского возраста. Автореф. канд. дис. Майкоп, 2009. 25 с.
2. Ягелло В., Волович Я. Строение тела представительниц сборной молодёжной команды Польши по дзюдо // Педагогіка, психологія та проблеми фізичного виховання і спорту. 2009. №12. С. 196.
3. Мартиросов Э.Г. Методы исследования в спортивной антропологии. М.: Физкультура и спорт, 1982. 199 с.
4. Мартиросов Э.Г., Руднев С.Г., Николаев Д.В. Применение антропометрических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе. Учебное пособие. М.: Физическая культура, 2010. 144 с.
5. Бунак В.В. Антропометрия. М.: Учпедгиз, 1941. 367 с.
6. Лутовинова Н.Ю., Уткина М.И., Чтецов В.П. Строение тела и спорт. М.: «Изд-во Московского университета», 1968. 236 с.
7. Мартиросов Э.Г., Семенов М.М., Мартиросова К.Э., Романова Т.Ф., Балучи Р. Морфологическая характеристика женщин-борцов вольного стиля // Вестн. Моск. ун-та. Сер. XXIII. Антропология. 2013. №2. С. 63-85.
8. Дерябин В.Е. Морфологическая типология телосложения мужчин и женщин. М., 2003. 311 с.
9. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд.: Учебник. М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. 512 с.
10. Дерябин В.Е. Краткий справочник по решению типовых задач биометрической обработки антропологических данных. М., 2005. 247 с.
11. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006. 248 с.
12. Lukaski H.C., Bolonchuk W.W., Siders W.A., Hall C.B. Fitness // J. Sports Med. Phys. 1990. Vol.30. P. 434-40.
13. Nagano M., Suita S., Yamanouchi T. The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children // J. Pediatr. Surg. 2000. Vol.35, №7. P. 1035-9.

References

1. Piskov SI. Features of the morphological and hormonal-metabolic status of junior freestyle women-wrestlers. Avtoref. kand. diss. Maykop, 2009. 25 p. Russian.
2. Yagello V, Volovich Y. Body structure of the representatives of the Polish national youth judo team. Pedagogy, psychology and problems of physical education and sports. 2009;(12):196. Ukrainian.
3. Martirosov EG. Research methods in sports anthropology. Moscow, Physical Education and Sport, 1982. 199 p.
4. Martirosov EG, Rudnev SG, Nikolaev DV. The use of anthropometric methods in sports, sports medicine and fitness. Manual. Moscow, Fizicheskaya kultura, 2010. 144 p. Russian.
5. Bunak VV. Anthropometry. Moscow, Uchpedgiz, 1941. 367 p. Russian.
6. Lutovina NY, Utkina MI, Chteczov VP. Body composition and sport. Moscow, «Publishing house of Moscow University», 1968. 236 p. Russian.
7. Martirosov EG, Semenov MM, Martirosova KE, Romanova TF, Baluchi R. Morphological characteristics of freestyle women wrestlers. Bulletin of Moscow University. XXIII. Anthropology. 2013;(2):63-85. Russian.
8. Deryabin VE. Morphological typology of men' and women' body constitution. Moscow, 2003. 311 p. Russian.
9. Khalafian AA. STATISTICA 6. Statistical data analysis. The third edition: textbook. Moscow, «Binom-press» LLC, 2007. 512 p. Russian.
10. Deryabin VE. A brief guide to solving typical problems of biometric processing of anthropological data. Moscow, 2005. 247 p. Russian.
11. Martirosov EG, Nikolaev DV, Rudnev SG. Technologies and methods for determining the human body composition. Moscow, Nauka, 2006. 248 p. Russian.
12. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Siders WA, Hall CB. Fitness. J. Sports Med. Phys. 1990;30:434-40.
13. Nagano M, Suita S, Yamanouchi T. The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. J. Pediatr. Surg. 2000;35(7):1035-9.

14. Selberg O., Selberg D. Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis // Eur. J. Appl. Physiol. 2002. Vol.86. P. 509-16.

15. Schwenk A., Beisenherz A., Romer K., Kremer G. et al. Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment // Am. J. Clin. Nutr. 2000. Vol.72, №2. P. 496-501.

Информация об авторах:

Семенов Мурадин Мудалифович, научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии Минобрнауки РФ. ORCID ID: 0000-0001-8039-529X (+7 (926) 362-67-03, muradin-81@mail.ru)

Никитюк Дмитрий Борисович, директор ФГБУН ФИЦ питания и биотехнологии Минобрнауки РФ, д.м.н., проф., член-корр. РАН. ORCID ID: 0000-0002-4968-4517

Information about the authors:

Muradin M. Semenov, Scientist of the Laboratory of Sports Anthropology and Nutrition of the Federal Research Centre for Nutrition and Biotechnology. ORCID ID: 0000-0001-8039-529X (+7 (926) 362-67-03, muradin-81@mail.ru)

Dmitriy B. Nikityuk, M.D., D.Sc (Medicine), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Centre for Nutrition and Biotechnology. ORCID ID: 0000-0001-9762-2647

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 17.09.2018

Принята к публикации: 29.09.2018

Received: 17 September 2018

Accepted: 29 September 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.34

УДК: 616.43/45-008.9, 616-003.96, 611.95, 617.55-053.2

Оценка адаптивного резерва сосудистой системы брюшной полости у детей в норме и при муковисцидозе

*Е.М. Спивак¹, О.С. Зайцева²**¹ФГБОУ ВО Ярославский государственный медицинский университет,
Министерство здравоохранения РФ, г. Ярославль, Россия**²ГОУ ЯО Детская клиническая больница №1, г. Ярославль, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: разработать методику оценки адаптивного резерва сосудистой системы брюшной полости у детей, основанную на определении гемодинамических показателей в абдоминальных артериях и венах в динамике функциональных проб. **Материалы и методы:** обследовано 48 здоровых детей и 33 ребенка со смешанной формой муковисцидоза 4-17 лет. Методом доплерографии определялись параметры кровообращения в абдоминальных сосудах (брюшной отрезок аорты, чревный ствол, верхняя брыжеечная, общая печеночная, селезеночная артерии, нижняя полая, воротная и селезеночная вены). Адаптивный резерв сосудистой системы оценивали с помощью постпрандиальной и дыхательной проб. **Результаты:** прием пищи и задержка дыхания у здоровых детей вызывают дилатацию абдоминальных сосудов и значительное увеличение объемной скорости кровотока. При наличии поражения печени наблюдается уменьшение адаптивного резерва регионарной гемодинамики брюшной полости, что проявляется снижением степени физиологической дилатации сосудов брюшной полости и отсутствием адекватного прироста величины объемной скорости кровотока после выполнения функциональных проб. **Выводы:** снижение адаптивного резерва сосудистой системы брюшной полости является ранним признаком поражения печени при муковисцидозе и предшествует появлению структурных нарушений органа.

Ключевые слова: муковисцидоз, брюшная полость; сосуды, адаптивный резерв, дети

Для цитирования: Спивак Е.М., Зайцева О.С. Оценка адаптивного резерва сосудистой системы брюшной полости у детей в норме и при муковисцидозе // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 34-39. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.34.

Evaluation of adaptive reserve of the vascular system of the abdominal cavity in healthy children and children with cystic fibrosis

*Eugeny M. Spivak¹, Olga S. Zaytseva²**¹Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia**²Children's Clinical Hospital №1, Yaroslavl, Russia*

ABSTRACT

Objective: to develop the methodology to assess the adaptive reserve of the vascular system of the abdominal cavity in children based on the determination of hemodynamic parameters in abdominal arteries and veins in the dynamics of the functional tests. **Materials and methods:** the study included 48 healthy children and 33 children with a mixed form of cystic fibrosis from 4 to 17 years old. Doppler method determined the parameters of blood circulation in the abdominal vessels (abdominal segment of the aorta, celiac trunk, superior mesenteric, common hepatic, the splenic artery, the lower hollow, portal, and splenic vein). Adaptive reserve of the vascular system was assessed using postprandial and respiratory testes. **Results:** eating and breath holding in healthy children caused a dilatation of the abdominal vessels and a significant increase in volumetric blood flow velocity. In the presence of liver damage, a decrease of adaptive reserve of regional hemodynamics of the abdominal cavity was registered. The main changing was a decrease in the degree of physiological dilation of the abdominal vessels and the lack of adequate growth of the values of volumetric blood flow velocity after performing the functional tests. **Conclusions:** reduction of adaptive reserve of the vascular system of the abdomen is an early sign of liver injury in cystic fibrosis and precedes the appearance of structural defects of the body.

Key words: cystic fibrosis, abdominal cavity, vessels, adaptive reserve, children

For citation: Spivak EM, Zaytseva OS. Evaluation of adaptive reserve of the vascular system of the abdominal cavity in healthy children and children with cystic fibrosis. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):34-39. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.34.

1.1 Введение

Исследование кровообращения в абдоминальных сосудах дает возможность оценить роль трофической составляющей в патогенезе гастроуденальных заболеваний [1, 2]. В частности, при поражениях печени различной природы, определение гемодинамических показателей сосудистой системы брюшной полости имеет важное преимущество перед стандартной эхогепатографией, так как описание только размеров, контуров и эхоструктуры печени не позволяет в полной мере определить характер морфофункциональных нарушений ее в условиях патологии [3-6]. Кроме того, большинство показателей, полученных при классическом ультразвуковом исследовании печени, являются качественными, не имеют количественного выражения, а их трактовка в значительной степени определяется квалификацией врача, и, следовательно, отличается известным субъективизмом [7-9].

Ценность диагностической информации, полученной при изучении особенностей регионарного кровообращения брюшной полости, существенно возрастает при оценке его адаптивных резервов, что достигается использованием функциональных проб, частности постпрандиальной. В абсолютном большинстве случаев она применяется для определения состояния поджелудочной железы; при этом рассчитывается прирост поперечных размеров органа после приема пищи [10, 11]. Одновременно практически неисследованным остается вопрос о характере адаптивных изменений кровообращения в абдоминальных сосудах и об информативной значимости функциональных проб у детей.

Цель исследования – разработать методику оценки адаптивного резерва сосудистой системы брюшной полости у детей, основанную на определении гемодинамических показателей в абдоминальных артериях и венах в динамике функциональных проб.

1.2 Материалы и методы

Обследовано 48 здоровых детей (25 мальчика и 23 девочки) в возрасте от 4 до 17 лет (средний возраст $12,4 \pm 1,1$ год). Регионарное кровообращение оценивали с помощью доплерографии абдоминальных артерий (брюшной отрезок аорты, чревный ствол, верхняя брыжечная, общая печеночная, селезеночная) и вен (нижняя полая, воротная и селезеночная) на ультразвуковом сканнере Vivid S5 (General Electric, США) конвексным датчиком с частотой 3,5 МГц в реальном масштабе времени. Исследование проводили утром строго натощак после предварительной подготовки пациента. Определяли диаметры сосудов (мм), максимальную (V_{\max}), минимальную (V_{\min}), среднюю ($V_{\text{сред}}$) линейные скорости кровотока (ЛСК) в см/сек; индекс резистентности (ИР) в усл. ед., объемную скорость кровотока (ОСК) в мл/мин. Для повышения точности измерений, рассчитывалось среднее из трех результатов. Адаптивный резерв сосудистой системы оценивали с помощью двух функциональных проб.

Постпрандиальная проба. После исходного доплерографического обследования (натощак) ребенок получал физиологический завтрак под строгим контролем медработника с целью исключения ложноотрицательных результатов. Через 30 минут доплерография проводилась повторно с оценкой динамики показателей.

Проба с задержкой дыхания на высоте вдоха. Натощак в положении ребенка лежа на спине при спокойном дыхании измеряли диаметр воротной и селезеночной вен, а также ЛСК и ОСК. Затем ребенок задерживал дыхание на высоте вдоха, и в это время повторно определяли указанные показатели с анализом их динамики.

Обследовано также 33 ребенка со смешанной формой муковисцидоза (МВ) в возрасте от 3 лет 7 месяцев до 17 лет (в среднем $12,3 \pm 1,2$ года), в том числе 23 мальчика и 10 девочек. Диагноз верифицирован генетически (наличие 2 мутаций в гене МВ) и с помощью потового теста. По результатам ультразвукового исследования все пациенты с МВ были распределены на 3 группы.

В I группу включили 15 детей с отсутствием изменений эхоструктуры печени. Контур органа были четкими и ровными, эхогенность паренхимы обычной, эхоструктура однородной и мелкозернистой.

II группу составили 11 пациентов с умеренными изменениями печени в виде жирового гепатоза и формирования перипортального фиброза. У всех отмечалась гепатомегалия чаще за счет левой ($n = 11$), реже правой ($n = 8$) долей, повышение эхогенности паренхимы, нередко при этом имело место обеднение сосудистого рисунка. Контур печени оставались ровными и четкими. В 6 случаях выявлено уплотнение стенок основного ствола и долевых ветвей воротной вены. Данные изменения сосудистой стенки сохранялись при повторных ультразвуковых исследованиях длительное время, что указывает на формирование перипортального фиброза.

III группу сформировали 7 детей со значительными изменениями эхоструктуры печени. Она была существенно увеличена, контуры приобретали неровность и бугристость. Эхогенность паренхимы повышена, эхоструктура неоднородная, тяжистая. Стенки сосудов портальной системы резко уплотнены, вокруг крупных ветвей воротной вены определяется гиперэхогенная муфта (признак перипортального фиброза). Сосудистый рисунок печени резко обеднен, деформирован. У 2 детей отмечались узлы регенерации в виде округлых участков пониженной эхогенности.

Статистическую обработку цифрового материала проводили с применением пакета прикладных программ «Stat Plus 2009». Вариационные ряды анализировали на соответствие закону нормального распределения по Шапиро-Уилка. При его отсутствии цифровые данные выражали с помощью медианы (Me), 25-го (Q_{25}) и 75-го (Q_{75}) перцентилей. Достоверность различий средних величин при нормальном распределении определяли по критерию Стьюдента, в иной ситуации использовали непараметрические критерии (Колмогорова-Смирнова

и Манна-Уитни). Оценку взаимосвязей признаков осуществляли с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Значимость различий относительных величин (% и ‰) оценивали с помощью углового преобразования Фишера.

1.3 Результаты и их обсуждение

Установлено, что у здоровых детей, что по мере роста наблюдается расширение сосудов брюшной полости (табл. 1). Показатель объемной скорости кровотока (ОСК) у подростков 12-15 лет значительно возрастает по сравнению с детьми 4-7 лет: увеличения его в артериях составляет 1,5-2,1 раза, в венах 2,3-2,5 раза, что отражает интенсификацию кровоснабжения органов брюшной полости.

Характер и степень изменений гемодинамических параметров после приема пищи у здоровых детей различного возраста и пола не имеют статистически значимых различий, что дает возможность объединить их в одну общую группу.

Выявлено, что поперечные размеры брюшной аорты и нижней полой вены в постпрандиальную фазу практически не меняются. Одновременно регистрируется расширение диаметров чревного ствола, верхней брыжеечной, общей печеночной, и селезеночной артерий, а также воротной и селезеночной вен, что сопровождается

увеличением в них ОСК. Степень его различна: в крупных стволах – брюшной аорте и нижней полой вене она относительно невысока, тогда как в сосудах меньшего размера постпрандиальные цифры ОСК превышают свои исходные значения в 2,0-3,6 раза (табл. 2).

Проба с задержкой дыхания на высоте вдоха позволяет определить адаптивный потенциал крупных вен брюшной полости – нижней полой и воротной. Установлено, что у всех здоровых детей имеет место их дилатация с увеличением объемной скорости кровотока, при этом степень указанных изменений не зависит от возраста и пола (табл. 3).

Диагностическую ценность функциональных проб оценивали по результатам их применения в группе детей, больных муковисцидозом. Установлено, что после стандартного завтрака у этих пациентов не происходит достаточного прироста диаметров и ОСК в абдоминальных сосудах, что особенно выражено в III подгруппе пациентов, имеющих значительные структурные изменения печени (табл. 4).

Компенсаторно-приспособительные возможности вен брюшной полости дополнительно оценивали с помощью пробы с задержкой дыхания на вдохе. Установлено (табл. 5), что при МВ у детей на высоте вдоха не происходит достаточного расширения венозных сосу-

Таблица 1

Медианные значения диаметров сосудов брюшной полости и объемной скорости кровотока в них у здоровых детей различного возраста (n = 48)

Table 1

Median values of abdominal vessel diameters and blood flow volume in healthy children of different ages (n = 48)

Сосуды/ Vessels	Диаметры сосудов (мм)/ Vessel diameters (mm)			Объемная скорость кровотока (мл/мин)/ Volumetric blood flow(ml/min)		
	Возрастные группы/ Age groups			Возрастные группы/ Age groups		
	4-7 лет 4-7 years (n = 16)	8-11 лет 8-11 years (n = 15)	12-15 лет 12-15 years (n = 17)	4-7 лет 4-7 years (n = 16)	8-11 лет 8-11 years (n = 15)	12-15 лет 12-15 years (n = 17)
АО бр/ AA	10,9	11,5	15,7 ***	1785	2100	3705 ***
ВБА/ AMS	4,1	4,5 *	5,1 ***	344	412	536 ***
ЧС/ТС	3,9	4,4 **	5,0 ***	379	410	762 ***
ПА/ АНС	3,4	3,6	4,2 ***	159	154	241 ***
СА/ AS	3,8	3,8	4,5 **	240	210	350 ***
ВВ/ VP	6,0	7,2 ***	9,3 ***	126	170 *	280 ***
СВ/ VS	3,8	4,6 ***	5,4 ***	41	71 *	96 **
НПВ/ VCI	11,5	11,8	17,3 ***	385	428	976 ***

Здесь и далее: АО бр – брюшная аорта, ВБА – верхняя брыжеечная артерия, ЧС – чревный ствол, ПА – печеночная артерия, СА – селезеночная артерия, ВВ – воротная вена, СВ – селезеночная вена, НПВ – нижняя полая вена

Знаками *, ** и *** здесь и в других таблицах обозначена достоверность различий при значениях p < 0,05; < 0,01 и < 0,005, соответственно

Here and further: AA – aorta abdominalis, AMS – arteria mesenterica superior, ТС – truncus celiacus, АНС – arteria hepatica communis, AS – arteria splenica, VP – vena portae, VS – vena splenica, VCI – vena cava inferior

Signs *, ** and *** here and in other tables indicate the significance of differences in the values of p < 0,05; < 0,01 and < 0,005 respectively

Таблица 2

Степень постпрандиального увеличения диаметров сосудов брюшной полости и показателя объемной скорости кровотока в них (% к исходным значениям) у здоровых детей (n = 48)

Table 2

The degree of postprandial increase in abdominal vessel diameter and volumetric blood flow index (% of the initial values) in healthy children (n = 48)

Сосуды/ Vessels	Диаметры сосудов (мм)/ Vessel diameters (mm)		ОСК (мл/мин)/ Volumetric blood flow(ml/min)	
	Медиана/ Median	25 % - 75 %	Медиана/ Median	25 % - 75 %
АО бр/AA	100,0	100,0 – 100,0	105	98 – 114
ВБА/AMS	122,4	109,3 – 134,3	185	144 – 243
ЧС/ТС	122,6	114,6 – 129,6	172	155 – 205
ПА/АНС	117,7	110,5 – 124,2	138	109 – 157
СА/АС	124,4	113,7 – 131,1	156	138 – 199
ВВ/VP	134,2	121,2 – 152,4	261	190 – 361
СВ/VS	107,1	101,1 – 111,1	115	102 – 144
НПВ/VCI	100,0	100,0 – 100,0	113	101 - 132

Таблица 3

Референтные значения изменений гемодинамики в венах брюшной полости (в % к исходным значениям) при проведении пробы с задержкой дыхания у здоровых детей(n = 48)

Table3

Reference values of hemodynamic changes in abdominal veins (%of the initial values) during a breath-holding test in healthy children (n = 48)

Сосуды, показатели/ Vessels, indicators	Медиана/ Median	25 % - 75 %
Диаметр воротной вены/ Diameter of VP	133,3	125,0 – 147,8
ОСК в воротной вене/ Volumetric blood flow of VP	150	130 - 180
Диаметр селезеночной вены/ Diameter of VS	130,2	124,5 – 139,9
ОСК в селезеночной вене/ Volumetric blood flow of VS	134	136 - 186

дов и прироста величины ОСК, что коррелирует со степенью изменений структуры печени.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что отсутствие адекватной дилатации абдоминальных сосудов и снижение величины прироста ОСК на фоне постпрандиальной и дыхательной проб регистрируется уже в I группе пациентов, у которых отсутствуют изменения в паренхиме печени по данным ультразвукового исследования. Это позволяет сделать заключение о том, что снижение адаптивного резерва сосудистой системы брюшной полости предшествуют появлению структурных нарушений органа, что позволяет рекомендовать доплерографию абдоминальных артерий и вен с проведением функциональных проб в качестве метода их ранней диагностики.

1.4 Выводы

1. Прием пищи у здоровых детей вызывает дилатацию абдоминальных сосудов и значительно увеличивает показатель объемной скорости кровотока. Задержка

дыхания на высоте вдоха сопровождается расширением воротной и селезеночной вен, снижением в них линейной и увеличением объемной скорости кровотока. Степень изменений доплерографических параметров в артериях и венах брюшной полости не имеет достоверных различий, зависящих от пола и возраста детей.

2. При наличии поражения печени вследствие муковисцидоза наблюдается уменьшение адаптивного резерва регионарной гемодинамики брюшной полости. По данным постпрандиальной пробы это проявляется значительным снижением степени физиологической дилатации сосудов брюшной полости после стандартного завтрака, что особенно выражено в группе пациентов, имеющих значительные нарушения структуры печени по данным ультразвукового исследования. Параллельно регистрируется отсутствие адекватного прироста или даже уменьшение величины объемной скорости кровотока после приема пищи. Результаты теста с задержкой дыхания на высоте вдоха демонстрируют недостаточное

Таблица 4

Изменения диаметров и показателя объемной скорости кровотока сосудов брюшной полости при проведении постпрандиальной пробы у детей больных муковисцидозом (% к исходным значениям)

Table 4

Changes in the diameters and volumetric blood flow index of the abdominal vessels during the postprandial test in children with cystic fibrosis (% of the initial values)

Сосуды/Vessels	Подгруппы пациентов с муковисцидозом / Subgroups of patients with cystic fibrosis			
	Здоровые дети/ Healthy children	I (печень не изменена)/ The liver is not changed	II (умеренные изменения)/ Moderate changes	III (значительные изменения)/ Severe changes
Диаметры сосудов/Vessel diameters				
ВБА/AMS	123 ± 4	145 ± 7*	109 ± 7***	97 ± 4**
ЧС/ТС	124 ± 4	103 ± 3***	116 ± 8***	98 ± 1***
ПА/АНС	118 ± 3	112 ± 11	147 ± 23	78 ± 19*
СА/АС	123 ± 3	148 ± 12	136 ± 19	108 ± 8*
ВВ/ВП	138 ± 3	118 ± 4***	109 ± 3***	100 ± 0***
СВ/ВС	108 ± 2	101 ± 2**	103 ± 3	100 ± 1***
Объемная скорость кровотока (ОСК)/Volumetric blood flow (VBF)				
ВБА/AMS	196 ± 11	145 ± 7*	109 ± 7***	97 ± 4**
ЧС/ТС	177 ± 7	103 ± 3***	116 ± 8***	98 ± 1***
ПА/АНС	140 ± 8	112 ± 11	147 ± 23	78 ± 19*
СА/АС	168 ± 8	148 ± 12	136 ± 19	108 ± 8*
ВВ/ВП	277 ± 18	179 ± 13***	144 ± 10***	121 ± 15***
СВ/ВС	127 ± 8	138 ± 5	135 ± 10	103 ± 3*

Таблица 5

Кровоток в венах брюшной полости при проведении пробы с задержкой дыхания на вдохе у детей с муковисцидозом (% к исходным цифрам)

Table 5

Blood flow in abdominal veins during breath-holding test in children with cystic fibrosis (% of the initial values)

Показатели/ Indicators	Степень паренхиматозных нарушений печени/ The degree of disorders of the liver			
	Здоровые дети/ Healthy children	I (печень не изменена)/ The liver is not changed	II (умеренные изменения)/ Moderate changes	III (значительные изменения)/ Severe changes
Воротная вена/Vena portae				
Диаметр/ Diameter	138 ± 3	121 ± 4*	114 ± 3***	100 ± 1***
ОСК/VBF	139 ± 3	128 ± 3*	128 ± 3*	108 ± 6**
Селезеночная вена/Vena splenica				
Диаметр/ Diameter	132 ± 2	116 ± 2***	113 ± 3**	99 ± 4***
ОСК/VBF	148 ± 4	140 ± 5	127 ± 6*	106 ± 6***

увеличение поперечных размеров воротной и селезеночной вен и показателя объемного кровотока в них.

3. Изменения доплерографических гемодинамических показателей в абдоминальных сосудах и особенно снижение прироста их диаметров и величины объемно-

го кровотока при выполнении функциональных проб (постпрандиальной и с задержкой дыхания на высоте вдоха) предшествуют появлению признаков структурных нарушений в печени по данным ультразвукового исследования.

Список литературы

1. Раевнева Т.Г. Нарушение внутривенной гемодинамики при острых и хронических гепатитах, выявляемые с помощью ультразвуковой доплерометрии // Новости лучевой диагностики. 2000. №2. С. 29-31.
2. Шанасирова Р.С., Абзалова М.Я., Манашова А.Р., Болтаева Н.Н., Ортикбоева Ш.О., Давидхожаева А.А. Допплерометрические особенности кровотока при циррозе печени у детей // Молодой ученый. 2015. №16. С. 101-4.
3. Flass T., Narkewicz M.R. Cirrhosis and other liver diseases in cystic fibrosis // J. of Cysticfibrosis. 2013. Vol.12, №2. P. 116-24.
4. Herrmann U., Dockter G., Lammert F. Cystic fibrosis-associated liver disease // Best Practice and Research Clinical Gastroenterology. 2010. Vol.24, №5. P. 585-92.
5. Кондратьева О.В., Рылова Н.В. Состояние гепатобилиарной системы у детей с муковисцидозом // Казанский медицинский журнал. 2012. Т.93, №1. С. 122-5.
6. Moller S., Henriksen J. Cardiovascular complications of cirrhosis // Gut. 2008. Vol.57, №2. P. 268-78.
7. Дворяковский И.В., Симонова О.И., Дворяковская Г.М., Горбунова М.О. Новые возможности ультразвуковых исследований органов брюшной полости при муковисцидозе у детей // Российский педиатрический журнал. 2008. №4. С. 33-7.
8. Дворяковская Г.М., Ивлева С.А., Дворяковский И.В., Потапов А.С., Четкина Т.С., Смирнов И.Е. Возможности ультразвуковой диагностики в оценке выраженности фиброза у детей с хроническими гепатитами // Российский педиатрический журнал. 2013. №2. С. 31-8.
9. Al-Nakshabandi N.A. The role of ultrasonography in portal hypertension // Saudi J. of Gastroenterology. 2006. Vol.12, №3. P. 111-3.
10. Римарчук Г.В., Полякова С.И., Лебедева А.В. Постпрендиальная ультразвуковая оценка поджелудочной железы // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии. 1999. Т.9, №5. С. 79-82.
11. Бельмер С.В., Разумовский А.Ю., Хавкин А.И. Болезни желудка и двенадцатиперстной кишки у детей. Москва: МЕДПРАКТИКА-М, 2017. 536 с.

Информация об авторах:

Спивак Евгений Маркович, профессор кафедры факультетской педиатрии с пропедевтикой детских болезней ФГБОУ ВО ЯГМУ Минздрава России, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-8770-1007 (+7 (903) 829-15-15, spivak58@mail.ru)

Зайцева Ольга Сергеевна, врач диагностического отделения ГУЗ ЯО ДКБ №1, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-2706-7665

Information about the authors:

Evgeny M. Spivak, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Department of Faculty Pediatrics with the Propaedeutic Childhood Diseases of the Yaroslavl State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-8770-1007 (+7 (903) 829-15-15, spivak58@mail.ru)

Olga S. Zaytseva, M.D., Ph.D. (Medicine), Physician of the Diagnostic Department of the Children's Clinical Hospital №1. ORCID ID: 0000-0002-2706-7665

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 12.10.2018

Принята к публикации: 10.11.2018

Received: 12 October 2018

Accepted: 10 November 2018

References

1. Raevneva TG. Violation of intrahepatic hemodynamics in acute and chronic hepatitis, detected by ultrasound Doppler. News of radiation diagnosis. 2000;(2):29-31. Russian.
2. Shanasirova RS, Abzalova MYa, Manashova AR, Boltayeva NN, Ortikboeva ShO, Davidhozhaeva AA. Dopplerometric characteristics of blood flow in liver cirrhosis in children. Young scientist. 2015;(16):101-4. Russian.
3. Flass T, Narkewicz MR. Cirrhosis and other liver diseases in cystic fibrosis. J. of Cystic fibrosis. 2013;12(2):116-24.
4. Herrmann U, Dockter G, Lammert F. Cystic fibrosis-associated liver disease. Best Practice and Research Clinical Gastroenterology. 2010;24(5):585-92.
5. Kondratyeva OV, Rylova NB. State of hepatobiliary system in children with cystic fibrosis. Kazan medical journal. 2012;93(1):122-5. Russian.
6. Moller S, Henriksen J. Cardiovascular complications of cirrhosis. Gut. 2008;57(2):268-78.
7. Dvoryakovskiy IV, Simonova OI, Dvoryakovskaya GM, Gorbunova MO. New possibilities of ultrasound examination of abdominal organs in children with cystic fibrosis. Russian pediatric journal. 2008;(4):33-7. Russian.
8. Dvoryakovskaya GM, Ivleva SA, Dvoryakovskiy IV, Potapov AS, Chetkina TS, Smirnov IE. Ultrasound diagnostics in assessing the severity of fibrosis in children with chronic hepatitis. Russian journal of Pediatrics. 2013;(2):31-8. Russian.
9. Al-Nakshabandi NA. The role of ultrasonography in portal hypertension. Saudi J. of Gastroenterology. 2006;12(3):111-13.
10. Rimarchuk GV, Polyakova SI, Lebedeva AV. Postprandial ultrasound assessment of the pancreas. Russian journal of gastroenterology, hepatology and coloproctology. 1999;9(5):79-82. Russian.
11. Belmer SV, Razumovskiy AY, Khavkin AI. Diseases of the stomach and duodenum in children. Moscow, MEDPRAKTIKA-M, 2017. 536 p. Russian.

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.40

УДК: 796-071:612.071.1:615.375:615.324

Применение экстракта личинок восковой моли (*Galleria melonella*) для коррекции иммунного статуса спортсменов в восстановительном периоде

Л.В. Барабаш, С.В. Кремено, И.Н. Смирнова, И.И. Антипова, Н.Г. Абдулкина

*ФГБУ Федеральный Сибирский научно-клинический центр,
Федеральное медико-биологическое агентство РФ, г. Северск, Россия*

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить динамику показателей системного иммунитета спортсменов в восстановительном периоде на фоне сочетанного приема пантовых ванн и экстракта личинок восковой моли. **Материалы и методы:** изучена динамика показателей системного иммунитета у 28 спортсменов-лыжников 15-18 лет во время восстановительного периода. Основная группа спортсменов (14 человек) получали пантовые ванны в сочетании с приемом экстракта личинок восковой моли, тогда как группа сравнения – только пантовые ванны. **Результаты:** анализ полученных результатов обследования показал, что сочетанный прием экстракта личинок восковой моли и пантовых ванн спортсменами оказывает выраженное влияние на динамику изученных показателей. Отмечается значимое увеличение исходно сниженных субпопуляций лимфоцитов (CD3+, CD4+, CD8+). Происходит существенное снижение концентрации провоспалительных цитокинов TNF- α и IL-6 в сыворотке крови и снижение спонтанной продукции провоспалительных цитокинов TNF- α ($p=0,010$), IL-6 и IL 1 β клетками крови. **Выводы:** полученные данные свидетельствуют о выраженном иммуномодулирующем эффекте воздействия экстракта личинок восковой моли у спортсменов в восстановительном периоде.

Ключевые слова: спорт, иммунитет, восковая моль, цитокины, панты

Для цитирования: Барабаш Л.В., Кремено С.В., Смирнова И.Н., Антипова И.И., Абдулкина Н.Г. Применение экстракта личинок восковой моли (*Galleria melonella*) для коррекции иммунного статуса спортсменов в восстановительном периоде // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 40-45. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.40.

Application of the wax moth (*Galleria melonella*) larvae extract for correction of the immune status of athletes during the recovery period

*Lydia V. Barabash, Svetlana V. Kremeno, Irina N. Smirnova, Inna I. Antipova,
Natalia G. Abdulkina*

Federal Siberian Research Clinical Centre, Federal Medical and Biological Agency of Russia, Seversk, Russia

ABSTRACT

Objective: to study dynamics of parameters of system immunity of athletes during the recovery period against the background of the combined reception of antler bathtubs and extract of larvae of a wax moth. **Materials and methods:** dynamics of parameters of the immune system of 28 athletes (skiers) had been studied during the recovery period. The main group of athletes (14 people) received antler bathtubs in combination with intake of extract of larvae of a wax moth, and group of comparison – only antler bathtubs. **Results:** the analysis of the results of the survey showed that the combined reception of the extract of the larvae of the wax moth and antler baths by athletes has a pronounced effect on the dynamics of the studied parameters. The significant augmentation of initially lowered subpopulations of lymphocytes became perceptible (CD3+, CD4+, CD8+). There was an essential depression of concentration of pro-inflammatory cytokines of TNF- α and IL-6 in blood serum and depression of spontaneous production of pro-inflammatory cytokines of TNF- α ($p=0,010$), IL-6 and IL 1 β by blood cells. **Conclusions:** the obtained data confirm the expressed immunomodulatory effect of extract of larvae of a wax moth in athletes during the recovery period.

Key words: sports, immunity, *Galleria mellonella*, cytokines, antlers

For citation: Barabash LV, Kremeno SV, Smirnova IN, Antipova II, Abdulkina NG. Application of the wax moth (*Galleria melonella*) larvae extract for correction of the immune status of athletes during the recovery period. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):40-45. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.40.

1.1 Введение

Интенсивные тренировочные и соревновательные нагрузки спортсменов, особенно при несоответствии последних текущему функциональному состоянию спортсмена, часто сопровождаются нарушением гомеостаза организма и, как правило, ухудшением спортивных результатов и уровня здоровья спортсмена в целом [1-3]. Рядом исследователей было показано, что процессу тренировочной нагрузки сопутствует супрессия пролиферативного потенциала лимфоцитов относительно исходного уровня, что приводит к снижению общей концентрации лимфоцитов [4, 5]. Для своевременной коррекции негативных изменений в состоянии иммунной системы требуется разработка программ реабилитации спортсменов в период восстановления организма от тренировочных и соревновательных нагрузок.

Ранее нами были проведено изучение влияния пантосодержащих продуктов на состояние гомеостатических систем организма спортсменов [6, 7]. Как показали результаты исследования, назначение препаратов на основе продуктов мараловодства оказывает существенный позитивный эффект на энергообеспечивающие механизмы, состояние липидного обмена, систему «прооксиданты-антиоксиданты». Однако нами не было отмечено значимого воздействия данных препаратов на показатели иммунного статуса спортсменов.

Рядом исследований было показано, что экстракт личинок восковой моли (*Galleria mellonella*) является мощнейшим природным иммуномодулятором, что в сочетании с отсутствием токсичности и фармакологической зависимости делает этот препарат уникальным для стимуляции естественных защитных механизмов [8-11]. Кроме этого экстракт личинок восковой моли является нестероидным анаболиком, применение которого стимулирует процессы восстановления, что повышает устойчивость организма к различным видам физических нагрузок.

Цель исследования: изучить динамику показателей системного иммунитета спортсменов в восстановительном периоде на фоне сочетанного приема пантовых ванн и экстракта из личинок восковой моли.

1.2 Материалы и методы

В клиниках ФГБУ Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России проведено обследование 28 спортсменов-лыжников (в возрасте 15-18 лет). Из них – 16 юношей и 12 девушек. Методом адаптивной рандомизации спортсмены поделены на две группы, сопоставимые по полу, возрасту и исходным данным. Была изучена динамика показателей системного иммунитета до начала и в конце восстановительного периода, следующего за периодом соревнований. В течение трех недель основная группа спортсменов (14 человек) получала пантовые ванны (приготовленные из «Концентрата пантовых ванн», температурой 36-37°C, длительностью 10-15 минут, ежедневно, на курс лечения 10-12 процедур) и БАД «Мелонелла плюс» (принимается внутрь из расче-

та суточной дозы 1 капля на 1 кг массы тела, за 30 минут до еды с 30-40 мл теплой воды, курс приема 3 недели). БАД «Мелонелла плюс» имеет свидетельство о государственной регистрации: RU 77.99.11.003.E.021263.06.11. Группа сравнения (14 человек) получала только пантовые ванны по описанной выше методике. Забор крови проводили утром, натощак до и после курса восстановительных мероприятий.

Исследование проводили в соответствии со стандартами Хельсинкской декларации всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» (имеется заключение этического комитета ФГБУ СибФНКиЦ ФМБА России).

Для оценки состояния иммунитета спортсменов проводили определение следующих показателей. Содержание субпопуляций лимфоцитов, несущих антигены CD3+, CD4+, CD8+, CD16+, CD19+, определяли методом подсчета антигенпозитивных клеток с помощью флюоресцентной микроскопии. Клетки для анализа подготавливали, применяя наборы производства ООО «Сорбент» (Россия). Концентрации основных классов иммуноглобулинов (Ig A, IgG, IgM) определяли по методу G. Mancini et al. с использованием моноспецифических диагностических сывороток фирмы НПО «Микроген» (Россия). Содержание цитокинов (IL - 1 β , IL - 4, IL - 6, TNF α) в сыворотке крови и супернатанте клеток цельной крови определяли методом иммуноферментного анализа с использованием тест-систем производства «ВекторБест» (Россия). В последнем случае для оценки потенциальной способности клеток крови к секреции цитокинов определяли спонтанную (спон) и митоген-стимулированную (стимул) активность клеток цельной крови с использованием наборов «Цитокин-Стимул-Бест» («ВекторБест», Россия). В качестве митогена использовался фитогемагглютинин, в концентрации 10 мкг/мл среды RPMI 1640. Референсные интервалы показателей иммунитета указаны в соответствии с рекомендациями разработчиков, используемых диагностических тест-систем.

Методы статистического анализа данных: Полученные результаты обработаны с помощью статистического пакета PASW Statistics 18, версия 18.0.0 (30.07.2009) (SPSS Inc., USA, обладатель лицензии – ФГБУ СибФНКиЦ ФМБА России). Ввиду небольшого количества исследуемых в выборках (менее 30) проверку статистических гипотез осуществляли непараметрическими методами. Для оценки различий в уровне исследуемых признаков между связанными выборками применяли Т-критерий Вилкоксона. Критический уровень значимости принимался равным 0,05. Данные представлены как среднее \pm среднее квадратичное отклонение ($M \pm SD$).

1.3 Результаты и их обсуждение

Переносимость приема препарата в процессе курса лечебно-восстановительных мероприятий всеми спор-

тсменами была хорошая, аллергических реакций, диспепсических расстройств выявлено не было.

Анализ результатов исследования показателей системного иммунитета выявил динамику показателей клеточного звена в группе, получавшей дополнительно к ваннам БАД «Мелонелла плюс» (табл. 1). При этом значительно увеличилось как абсолютное, так и процентное содержание лимфоцитов. Эти изменения происходили преимущественно за счет популяции Т-лимфоцитов (CD 3+): как Т-хелперов (CD 4+), так и цитотоксических Т-клеток (CD 8+). Известно, что Т-лимфоциты отвечают за реакции клеточного иммунитета и осуществляют иммунологический надзор за антигенным гомеостазом организма. При этом Т-лимфоциты выполняют как эффекторную (специфическая цитотоксичность по отношению к чужеродным клеткам), так и регуляторную (контроль за интенсивностью развития специфической реакции иммунной системы на чужеродные антигены) функции [13].

Учитывая то, что высококвалифицированные спортсмены имеют склонность к развитию иммунодефицитных состояний, что в нашем исследовании подтверждается исходно низким содержанием субпопуляций CD 3+, CD 4+ и CD 8+, то обнаруженный эффект у группы спортсменов, принимавших экстракт личинок восковой моли можно расценить как позитивный.

Изменений содержания NK-лимфоцитов (CD 16+) и В-лимфоцитов (CD 19+) выявлено не было. В то же

время происходило снижение концентрации иммуноглобулинов классов А и М в сыворотке крови (табл. 2), что, с одной стороны свидетельствует о преимущественном стимулировании Т-клеточного звена иммунитета спортсменов. С другой стороны снижение уровня иммуноглобулинов может быть обусловлено снижением синтеза ИЛ-6 (табл. 2), продуцируемого Т-хелперами 2 типа, регулирующего дифференцировку В-клеток и секрецию иммуноглобулинов.

Изучение цитокинового профиля выявило следующее: несмотря на то, что концентрация цитокинов в сыворотке спортсменов обеих групп находится в пределах референсного диапазона, их спонтанная продукция клетками крови существенно превышает значения нормы в начале восстановительного периода (табл. 3).

Провоспалительные цитокины ИЛ-1β, ИЛ-6 и ФНО-α являются ключевыми в системе иммунных и воспалительных реакций и их избыток может вызвать инициацию разнообразных патологических процессов, составляющих основу широкого спектра заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых [13, 14].

Кроме того, патологически высокие значения спонтанной продукции цитокинов говорят о чрезмерной активации клеток крови, а соответственно, о напряжении компенсаторно-приспособительных механизмов организма спортсменов в конце соревновательного периода. При использовании экстракта личинок восковой моли в реабилитации спортсменов отмечается выраженное

Таблица 1

Динамика показателей клеточного иммунитета спортсменов в восстановительном периоде (M±SD)

Table 1

The change of cellular immunity of athletes in the recovery period (M±SD)

Показатели Parameters	Группа сравнения Group of comparison			Основная группа Basic group		
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	p*	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	p*
Лимфоциты, 10 ⁹ /л (норма 1,0-4,5) Lymphocytes, 10 ⁹ /L (normal value 1,0-4,5)	1,62±0,59	1,68±0,40	0,245	1,51±0,2	1,79±0,17	0,002
Лимфоциты, % (норма 25-40) Lymphocytes, % (normal value 25-40)	35,21±9,17	36,71±6,84	0,753	32,85±4,90	39,08±5,20	0,002
CD 3+ лимфоциты, 10 ⁹ /л (норма 1,0-1,9) CD 3+ lymphocytes, 10 ⁹ /L (normal value 1,0-1,9)	1,01±0,28	1,00±0,31	0,196	0,81±0,20	1,03±0,16	0,013
CD 4+ лимфоциты, 10 ⁹ /л (норма 0,6-1,1) CD 4+ lymphocytes, 10 ⁹ /L (normal value 0,6-1,1)	0,69±0,25	0,64±0,19	0,807	0,59±0,12	0,71±0,12	0,021
CD 8+ лимфоциты, 10 ⁹ /л (норма 0,3-0,7) CD 8+ lymphocytes, 10 ⁹ /L (normal value 0,3-0,7)	0,41±0,16	0,42±0,12	0,752	0,37±0,12	0,45±0,11	0,033
CD 16+ лимфоциты, 10 ⁹ /л (норма 0,06-0,3) CD 16+ lymphocytes, 10 ⁹ /L (норма 0,06-0,3)	0,26±0,09	0,23±0,09	0,753	0,18±0,07	0,19±0,09	0,456
CD 19+ лимфоциты, 10 ⁹ /л (норма 0,09-0,6) CD 19+ lymphocytes, 10 ⁹ /L (normal value 0,09-0,6)	0,12±0,04	0,11±0,05	0,507	0,09±0,05	0,12±0,07	0,286

*p – уровень значимости, достоверность различий при p<0,05

*p<0,05 – significance level of the differences

Таблица 2

Динамика концентрации иммуноглобулинов и цитокинов у спортсменов в восстановительном периоде (M±SD)

Table 2

Dynamics of concentration of immunoglobulines and cytokines of athletes in the recovery period (M±SD)

Показатели Parameters	Группа сравнения Group of comparison			Основная группа Basic group		
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	p*	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	p*
IgA, г/л (норма 1,25-2,9) IgA, g/l (normal value 1,25-2,9)	2,27±1,02	2,18±0,94	0,279	2,26±1,0	2,02±0,89	0,003
IgG, г/л (норма 8,4-17,0) IgG, g/l (normal value 8,4-17,0)	14,66±3,22	13,56±1,96	0,100	11,76±1,8	10,81±3,5	0,533
IgM, г/л (норма 1,03-2,2) I gM, g/l (normal value 1,03-2,2)	1,51±0,36	1,58±0,29	0,470	1,57±0,49	1,01±0,28	0,002
TNF-α, пг/мл (норма 0-6) TNF-α, pg/ml (normal value 0-6)	2,37±0,89	2,38±1,11	0,859	2,21±0,41	2,0±0,51	0,029
IL 1β, пг/мл (норма 0-11) IL 1β, pg/ml (normal value 0-11)	1,81±0,57	1,69±0,56	0,414	2,14±0,7	1,85±0,39	0,356
IL 6, пг/мл (норма 0-10) IL 6, pg/ml (normal value 0-10)	2,22±2,12	1,46±0,58	0,441	5,43±1,5	2,64±0,48	0,002
IL 4, пг/мл (норма 0-13) IL 4, pg/ml (normal value 0-13)	2,74±1,61	2,99±2,24	0,859	4,2± 2,5	4,19±2,65	0,695

*p – уровень значимости, достоверность различий при p<0,05

*p<0,05 – significance level of the differences

Таблица 3

Динамика показателей спонтанной и митоген-стимулированной активности клеток цельной крови спортсменов в восстановительном периоде (M±SD)

Table 3

The change of spontaneous and mitogen-stimulated whole blood cells activity of athletes in the recovery period (M±SD)

Показатели Parameters	Группа сравнения Group of comparison			Основная группа Basic group		
	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	p*	До лечения Before treatment	После лечения After treatment	p*
TNF-α спон, пг/мл (норма 1-42) TNF-α spon, pg/ml (normal value 1-42)	455,07± 59,51	289,00±265,08	0,285	203,15± 186,55	16,93± 15,80	0,010
IL 1β спон пг/мл (норма 0-107) IL 1β spon, pg/ml (normal value 0-107)	649,93± 17,60	452,23±350,74	0,789	136,65± 121,36	14,36± 12,96	0,013
IL 6 спон, пг/мл (норма 0-90) IL 6 spon, pg/ml (normal value 0-90)	259,53± 89,70	201,97± 169,77	0,109	871,5± 714,34	167,27± 123,54	0,013
IL 4 спон, пг/мл (норма 0-2) IL 4 spon, pg/ml (normal value 0-2)	3,87± 1,58	4,80± 2,17	0,285	10,16± 7,15	4,13± 3,07	0,033
TNF-α стимул, пг/мл (норма 391-2700) TNF-α stimul, pg/ml (normal value 391-2700)	1983± 681	1590± 596	0,854	1099± 882	1336± 612	0,721
IL 1β стимул, пг/мл (норма 50-1200) IL 1β stimul, pg/ml (normal value 50-1200)	1973± 956	1803± 1121	0,956	443± 404	665± 617	0,657
IL 6 стимул, пг/мл (норма 100-30700) IL 6 stimul, pg/ml (normal value 100-30700)	29483± 2559	58566± 38408	0,285	29256± 21566	31572± 21345	0,477
IL 4 стимул, пг/мл (норма 0-6) IL 4 stimul, pg/ml (normal value 0-6)	7,30± 4,75	6,13± 1,90	0,593	12,18± 10,14	17,13± 7,98	0,328

*p – уровень значимости, достоверность различий при p<0,05

*p<0,05 – significance level of the differences

снижение уровня провоспалительных цитокинов обусловленное, вероятней всего, существенным снижением спонтанной продукции цитокинов клетками. В группе сравнения со стороны этого показателя отмечается лишь незначительная динамика.

1.4 Заключение

Анализ динамики показателей иммунитета показал, что у спортсменов, принимавших в восстановительном периоде экстракт личинок восковой моли отмечается нормализация исходно сниженных значений содержания Т-лимфоцитов, несущих антигены CD 3+, Т-хелперов (CD4+) и Т-цитотоксических лимфоцитов (CD8+). У этой же группы спортсменов выявлено снижение концентрации провоспалительных цитокинов

в сыворотке крови и активности исходно повышенной спонтанной продукции цитокинов клетками крови. Полученные результаты свидетельствуют о корригирующем влиянии экстракта личинок восковой моли на состояние иммунной системы спортсменов.

1.5 Выводы

1. Прием экстракта личинок восковой моли спортсменами во время восстановительного периода оказывает выраженный иммуномодулирующий эффект в отношении как клеточного, так и гуморального звена иммунной системы организма спортсменов.

2. Полученные в результате исследования данные позволяют рекомендовать использование препаратов на основе экстракта *Galeria melonella* для коррекции иммунного статуса организма спортсменов.

Список литературы

1. **Высочин Ю.В., Гордеев Ю.В., Денисенко Ю.П., Яценко Л.Г.** Физиологические механизмы устойчивости организма спортсменов в экстремальных условиях // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2015. №1. С. 127-32.
2. **Исаев А.П., Эрлих В.В., Хусайнова Ю.Б., Епишев В.В.** Системный анализ тренировки и моделирования долговременных адаптационных процессов спортсменов высокой квалификации в условиях интегральной подготовки // Человек. Спорт. Медицина. 2013. Т.13, №3. С. 23-35.
3. **Платонов В.Н.** Теория адаптации и резервы совершенствования системы подготовки спортсменов // Вестник спортивной науки. 2010. №3. С. 3-9.
4. **Афанасьева И.А.** Сдвиги в популяционном составе и функциональной активности лимфоцитов, продукции цитокинов и иммуноглобулинов у спортсменов при синдроме перетренированности // Вестник спортивной науки. 2011. №3. С. 18-24.
5. **Sakelliou A., Fatouros I. G., Athanailidis I., Tsoukas D., Chatzinikolaou A., Draganidis D., Jamurtas A. Z., Liacos Ch., Papassotiriou I., Mandalidis D., Stamatelopoulos K., Dimopoulos M. A., Mitrakou A.** Evidence of a Redox-Dependent Regulation of Immune Responses to Exercise-Induced Inflammation. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2016. P. 2840643. DOI: 10.1155/2016/2840643.
6. **Барабаш Л.В., Смирнова И.И., Зайцев А.А., Абдулкина Н.Г., Кремено С.В., Антипова И.И., Наумов А.О., Баранкин Б.В., Верещагина С.В., Штейнердт С.В.** Влияние лиофилизированных пантов марала на гуморальные показатели гомеостаза у спортсменов циклических видов спорта // Медицина труда и промышленная экология. 2013. №9. С. 27-31.
7. **Зайцев А.А., Барабаш Л.В., Смирнова И.И., Абдулкина Н.Г., Кремено С.В., Наумов А.О., Верещагина С.В., Штейнердт С.В.** Влияние продуктов пантового мараловодства на показатели кислород-обеспечивающей системы крови у спортсменов в соревновательном периоде // Вопросы курортологии физиотерапии и лечебной физической культуры. 2012. Т.89, №6. С. 35-8.
8. **Овсепян А.А., Венедиктова Н.И., Захарченко М.В., Казаков Р.Е., Кондрашова М.Н., Литвинова Е.Г., Саакян И.Р., Сирота Т.В., Ставровская И.Г., Шварцбург П.М.** Антиоксидантное и иммунопротекторное действие экстракта личинок восковой моли при окислительном стрессе у крыс, вызванном

References

1. **Vysochin YuV, Gordeev YuV, Denisenko YuP, Yatsenko LG.** Physiological mechanisms of stability of an organism of athletes in extreme conditions. *Zdorove cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoy kultury i sporta*. 2015;(1):127-32. Russian.
2. **Isaev AP, Erlikh VV, Khusainova YuB, Epihev VV.** The system analysis of training and modelling of long-term adaption processes for high qualified sportsmen under the conditions of integrated training. *Chelovek. Sport. Meditsina*, 2013;13(3):23-35. Russian.
3. **Platonov VN.** Adaptation theory and reserves for improvement of athletic training system. *Vestnik sportivnoy nauki*. 2010;(3):3-9. Russian.
4. **Afanaseva IA.** Alterations in population structure and functional activity of lymphocytes, production of cytokines and immunoglobulins in athletes with overtraining syndrome. *Vestnik sportivnoy nauki*. 2011;(3):18-24. Russian.
5. **Sakelliou A, Fatouros IG, Athanailidis I, Tsoukas D, Chatzinikolaou A, Draganidis D, Jamurtas AZ, Liacos Ch, Papassotiriou I, Mandalidis D, Stamatelopoulos K, Dimopoulos MA, Mitrakou A.** Evidence of a Redox-Dependent Regulation of Immune Responses to Exercise-Induced Inflammation. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2016;2840643. DOI: 10.1155/2016/2840643.
6. **Barabash LV, Smirnova IN, Zaitsev A., Abdoulkina NG, Kremenov SV, Antipova II, Naumov AO, Barankin BV, Vereshagina SV, Sheinerdt SV.** Influence of frozen-dried antlers of Siberian stags on humoral homeostasis in athletes of cyclic sports. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2013;(9):27-31. Russian.
7. **Zaitsev AA, Barabash LV, Smirnova IN, Abdoulkina NG, Kremenov SV, Naumov AO, Vereshchagina SV, Shteynerdt SV.** The influence of the products prepared from young not ossified antlers marals of Siberian red deer on the characteristics of the blood oxygen-supplying system in the athletes during the contest season. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kultury*. 2012;89(6):35-8. Russian.
8. **Ovsepyan AA, Venediktova NI, Zakharchenko MV, Kazakov RE, Litvinova EG, Kondrashova MN, Saakyan IR, Siro-ta TV, Stavrovskaya IG, Shvarzburd PM.** The antioxidative and immunoprotective effects of the bee moth larvae extract during oxidative stress in rats induced by intake of iron-enriched

потреблением корма, обогащенного железом // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т.16, №1. С. 170-3.

9. Шикова Ю.В., Лиходед В.А., Фархутдинов Р.Р., Симонян Е.В., Баймурзина Ю.Л., Епифанова А.В., Невес да Силва А.Г., Петрова В.В., Елова Е.В. Влияние продуктов пчеловодства на процесс образования активных форм кислорода. Возможность их применения в составе лекарственных средств // Медицинский вестник Башкортостана. 2013. Т.8, №6. С. 151-3.

10. Januszanis B., Stączek S., Zdybicka-Barabas A., Badziul D., Jakubowicz-Gil J., Langner E., Rzeski W., Cytrynska M. The effect of *Galleria mellonella* hemolymph polypeptides on human brain glioblastoma multiforme cell line – a preliminary study // Annales UMCS, Biologia. 2012. Vol.67, №2. P.53-62. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10067-012-0020-1>.

11. Zdybicka-Barabas A., Mak P., Klys A., Skrzypiec K., Mendyk E., Fiołka M.J., Cytryńska M. Synergistic action of *Galleria mellonella* anionic peptide 2 and lysozyme against Gram-negative bacteria // Biochim Biophys Acta. 2012. Vol.1818, №11. P. 2623-35. DOI: 10.1016/j.bbame.2012.06.008.

12. Сепиашвили Р.И., Балмасова И.П. Иммунные синапсы: от теории к клинической практике // Аллергология и иммунология. 2015. Т.16, №1. С. 118-26.

13. Осипова О.А., Суязова С.Б., Власенко М.А., Годлевская О.М. Роль провоспалительных цитокинов в развитии хронической сердечной недостаточности // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2013. №2. С. 130-5.

14. Фатхуллина А.Р., Пешкова Ю.О., Кольцова Е.К. Роль цитокинов в развитии атеросклероза // Биохимия. 2016. Т.81, №11. С. 1614-27.

feed. Vestnik novyh meditsinskih tehnologiy. 2009;16(1):170-3. Russian.

9. Shikova YuV, Likhoded VA, Farkhutdinov RR, Simonyan EV, Baimurzina YuL, Epifanova AV, Neves da Silva AG, Petrova VV, Elova EV. The impact of bee products on the process of formation of oxygen active forms. The possibility of their use in medicinal products. Meditsinskiy vestnik Bashkortostana. 2013;8(6):151-3. Russian.

10. Januszanis B, Stączek S, Zdybicka-Barabas A, Badziul D, Jakubowicz-Gil J, Langner E, Rzeski W, Cytrynska M. The effect of *Galleria mellonella* hemolymph polypeptides on human brain glioblastoma multiforme cell line – a preliminary study. Annales UMCS, Biologia. 2012;67(2):53-62. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10067-012-0020-1>.

11. Zdybicka-Barabas A, Mak P, Klys A, Skrzypiec K, Mendyk E, Fiołka MJ, Cytryńska M. Synergistic action of *Galleria mellonella* anionic peptide 2 and lysozyme against Gram-negative bacteria. Biochim Biophys Acta. 2012;1818(11):2623-35. DOI: 10.1016/j.bbame.2012.06.008.

12. Sepiashvili RI, Balmasova IP. Immune synapses: from the theory to clinical practice. Allergologiya i immunologiya. 2015;16(1):118-26. Russian.

13. Osipova OA, Suyazova SB, Vlasenko MA, Godlevskaya OM. Role of proinflammatory cytokines in chronic heart failure. Rossiiskiy mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova (I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald). 2013;(2):130-5. Russian.

14. Fatkhullina AR, Peshkova IO, Koltsova EK. Role of cytokines in development of atherosclerosis. Biochemistry. 2016;81(11):1614-27. Russian.

Информация об авторах:

Барабаш Лидия Владимировна, ведущий научный сотрудник ФГБУ Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-6802-7424 (+7 (913) 866-34-06, barabashlv@med.tomsk.ru)

Кремено Светлана Владимировна, старший научный сотрудник ФГБУ Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-7122-6918

Смирнова Ирина Николаевна, руководитель отделения восстановительного лечения и реабилитации ФГБУ Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России, д.м.н. ORCID ID: 0000-0002-9010-2419

Антипова Инна Ивановна, ведущий научный сотрудник ФГБУ Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-3965-109X

Абдулкина Наталья Геннадьевна, заместитель генерального директора по научно-клинической работе ФГБУ Федеральный Сибирский научно-клинический центр ФМБА России, д.м.н. ORCID ID: 0000-0001-8887-4252

Information about the authors:

Lydia V. Barabash, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading Researcher of the Federal Siberian Research Clinical Centre of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. ORCID ID: 0000-0002-6802-7424 (+7 (913) 866-34-06, barabashlv@med.tomsk.ru)

Svetlana V. Kremeno, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior Researcher of the Federal Siberian Research Clinical Centre of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. ORCID ID: 0000-0002-7122-6918

Irina N. Smirnova, M.D., D.Sc. (Medicine), Head of the Department of Recovery Treatment and Rehabilitation of the Federal Siberian Research Clinical Centre of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. ORCID ID: 0000-0002-9010-2419

Inna I. Antipova, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading Researcher of the Federal Siberian Research Clinical Centre of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. ORCID ID: 0000-0003-3965-109X

Natalia G. Abdulkina, M.D., D.Sc. (Medicine), Deputy Director General for Scientific and Clinical Work of the Federal Siberian Research Clinical Centre of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. ORCID ID: 0000-0001-8887-4252

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 23.10.2018

Принята к публикации: 11.11.2018

Received: 23 October 2018

Accepted: 11 November 2018

Влияние профилактической иммунотерапии на показатели клеточного иммунитета спортсменов-единоборцев высокого класса в зависимости от уровня спортивных достижений

*С.П. Алпатов¹, Г.О. Дибирова¹, Е.В. Калинина¹, А.Г. Кочетов², И.В. Коновалов¹,
 Е.В. Маркина¹, А.В. Полюновский³, С.А. Парастаев¹*

¹ФГБОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Министерство здравоохранения РФ, г. Москва, Россия

²АНО ДПО Институт лабораторной медицины, г. Москва, Россия

³ФГБУ НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина, Министерство здравоохранения РФ, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценка влияния профилактической иммунотерапии (ПИТ) на показатели клеточного иммунитета спортсменов-единоборцев высокого класса в зависимости от уровня спортивных достижений. **Материалы и методы:** в исследовании принимало участие 79 спортсменов, средний возраст 25,2 лет (95%ДИ 21,5-28,9 лет), средний вес 76,9 кг (95%ДИ 68,4-83,4 кг), спортивный стаж не менее 10 лет и квалификацией не ниже мастера спорта. Обследуемые спортсмены высокой квалификации были стратифицированы по уровню спортивных достижений. В группу СВД (сверхвысокие достижения) были включены спортсмены (n=31), имеющие в своем активе победы и призовые места на крупнейших международных соревнованиях (чемпионаты Европы, Мира, Олимпийские Игры) и ВСС (входящие в состав сборной), но не имеющие таких достижений (n=48). В рамках ПИТ использовали: пробиотик-фервитал, комплексный препарат омега 3-6-9 жирных кислот, витаминно-минеральный комплекс – алфавит-биоритм; антиоксидантный комплекс – убиголд Q10 (коэнзим Q + витамин E); антигипоксант – гипоксен; седативный препарат – ново-пассит; адаптогенный препарат – геримакс женьшень; полиэнзимный комплекс – вобензим. **Результаты:** до проведения ПИТ, отмечалась большая сбалансированность клеточного иммунитета в группе СВД за счёт более высокого содержания CD4⁺ и CD19⁺ клеток. На фоне ПИТ в группе СВД, отмечалось статистически значимое увеличение относительного содержания CD3⁺ и CD8⁺ клеток и снижение относительного и абсолютного содержания CD16⁺ клеток. В группе ВСС наоборот, зафиксировано увеличение относительного и абсолютного содержания CD16⁺ клеток. **Выводы:** полученные результаты показали разную реакцию в группах СВД и ВСС на проведенную профилактическую иммунотерапию, что, по-видимому, обусловлено изначальной разницей в биохимическом, генетическом, психологическом потенциале спортсменов этих двух групп.

Ключевые слова: иммунодефицит, иммунотерапия, физическая нагрузка, фармакологическое обеспечение, спортсмены высокой квалификации иммунодефицит, иммунотерапия, физическая нагрузка, фармакологическое обеспечение, спортсмены высокой квалификации

Для цитирования: Алпатов С.П., Дибирова Г.О., Калинина Е.В., Кочетов А.Г., Коновалов И.В., Маркина Е.В., Полюновский А.В., Парастаев С.А. Влияние профилактической иммунотерапии на показатели клеточного иммунитета спортсменов-единоборцев высокого класса в зависимости от уровня спортивных достижений // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 46-53. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.46.

The effect of preventive immunotherapy on indicators of cellular immunity of high-class martial art athletes depending on the level of sporting achievements

*Sergey P. Alpatov¹, Gyulnara O. Dibirova¹, Elena V. Kalinina¹, Anatoliy G. Kochetov²,
 Ivan V. Kononov¹, Elena V. Markina¹, Andrey V. Polynovskiy³, Sergey A. Parastayev¹*

¹Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

²Institute of Laboratory Medicine, Moscow, Russia

³N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to evaluate the preventive immunotherapy's (PIT) influence on indicators of cellular immunity of highly qualified combat athletes, depending on the level of sporting achievements. **Materials and methods:** research included 79 sportsmen with average age of 25,2 years, average weight 76,9 kg, sports experience no less than 10 years and sports rank no less than master of sports. Participants were stratified by the level of achievements in

sports. The group 1 with highest level of achievements consisted of 31 sportsmen, each of who earned victory or a prize place on biggest international competitions (such as championships of Europe, World and Olympic Games). Remaining 48 participants didn't have such achievements, but they were a part of national team (Group 2). PIT included probiotic – Fervital, a complex preparation of omega 3-6-9 fatty acids, vitamin-mineral complex – the Alphabet-biorhythm; antioxidant complex – Ubigo1d Q10 (coenzyme Q + vitamin E); antihypoxant – Hypoxen; sedative – Novo-Passit; adaptogenic drug – Gerimax Ginseng; polyenzyme complex - Wobenzym. **Results:** there was a great balance of cellular immunity in the group 1 before the PIT due to the higher content of CD4⁺ and CD19⁺ cells. A statistically significant increase in the relative content of CD3⁺ and CD8⁺ cells and a decrease in the relative and absolute content of CD16⁺ cells was detected against the background of PIT in the group 1. But the group 2, on the contrary, showed an increase in the relative and absolute content of CD16⁺ cells. **Conclusions:** the obtained results showed a different reaction in the both groups to the conducted preventive immunotherapy, which, apparently, was due to the initial difference in the biochemical, genetic, psychological potential of athletes of these two groups.

Key words: immunodeficiency, immunotherapy, physical activity, pharmacological support, highly qualified sportsmen

For citation: Alpatov SP, Dibirova GO, Kalinina EV, Kochetov AG, Kononov IV, Markina EV, Polynovskiy AV, Parastayev SA. The effect of preventive immunotherapy on indicators of cellular immunity of high-class martial art athletes depending on the level of sporting achievements. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):46-53. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.46.

1.1 Введение

В условиях высокого физического и психического напряжения, которое испытывают профессиональные спортсмены в период подготовки и в процессе соревнований, одной из первых страдает иммунная система (ИС). Основными последствиями так называемых «спортивных иммунодефицитов» являются, увеличение частоты инфекционных заболеваний и более длительное восстановление после перенесенных травм и перегрузок. Это, в совокупности, снижает работоспособность спортсменов в тренировочный период и их результативность во время соревнований. В связи с этим, профилактика и коррекция иммунодефицитных состояний (ИДС) является важной задачей спортивной медицины [1-4].

Грамотно выстроенный учебно-тренировочный процесс, соблюдение санитарно-гигиенических норм во время тренировок и соревнований, сбалансированное питание, вне всякого сомнения, являются важными факторами нормального функционирования организма спортсмена в целом и ИС в частности. Однако, интенсификация обменных процессов на фоне высоких физических нагрузок, требует такого же интенсивного поступления в организм спортсмена всех основных нутриентов (белков, жиров, углеводов, витаминов, микро- и макроэлементов), причем в объемах значительно превышающих потребности обычного человека. По мнению большинства исследователей, наиболее эффективным способом решения этой задачи является использование фармакологических средств [5-7].

С определенной долей условности средства иммунотерапии (ИТ) разделяют на профилактические (поддерживающие) и специфические [8]. К первой группе относят лекарственные препараты, обладающие опосредованным действием на иммунную систему, т.е. не имеющие специфических мишеней в ней, но создающие благоприятные условия для ее адекватного функционирования (в основном это препараты метаболического ряда). Вторая группа представлена специфическими иммуномодуляторами с направленным воздействием непосредственно на различные звенья иммунитета.

Большинство исследователей, занимающихся спортивными иммунодефицитами, считают наиболее

предпочтительной, для использования в спортивной практике, профилактическую (поддерживающую) иммунотерапию (ПИТ) [9-11].

Целью данного исследования являлось оценить влияние ПИТ на показатели клеточного иммунитета спортсменов-единоборцев высокой квалификации в зависимости от уровня спортивных достижений.

1.2 Материалы и методы

В исследовании принимали участие спортсмены - мужчины (n=79), члены сборной команды России по одному из видов спортивных единоборств, средний возраст 25,2 лет (95%ДИ 21,5-28,9 лет), средний вес 76,9 кг (95%ДИ 68,4-83,4 кг). Включенная в исследование группа спортсменов, на протяжении 8-ми лет проходила обследование 5 раз в год в рамках 2-х плановых углубленных медицинских обследований и 3-х дополнительных иммунологических.

Обследуемые спортсмены высокой квалификации были стратифицированы на две группы по уровню спортивных достижений. В группу СВД (сверхвысокие достижения) были включены спортсмены (n=31) имеющие в своем активе победы и призовые места на крупнейших международных соревнованиях (чемпионаты Европы, Мира, Олимпийские Игры) и ВСС (входящие в состав сборной), но таковых достижений не имеющие (n=48).

Критериями исключения являлись отсутствие, на момент исследования, данных УМО и/или наличие острой бактериально-вирусной инфекции.

При составлении программы ПИТ мы старались учесть все патогенетические механизмы возникновения вторичных иммунодефицитных состояний (ВИДС) у спортсменов. Для этой цели использовали: пробиотик-фервитал; комплексный препарат омега 3-6-9 жирных кислот; витаминно-минеральный комплекс – алфавит-биоритм; антиоксидантный комплекс – убиголд Q10 (коэнзим Q + витамин E); антигипоксант – гипоксен (олифен); седативный препарат – ново-пассит; адаптогенный препарат – геримакс женьшень; полиэнзимный комплекс – wobenzim. Данные препараты не включены в запрещенный список WADA (World Anti-Doping Agency) и ранее по отдельности или в различных комбинаци-

ях использовались для поддержки состояния здоровья спортсменов [12-15].

Показатели клеточного иммунитета исследовали методом лазерной проточной цитометрии с использованием цитофлуориметров FACScan (BectonDickinson) и CyAn (Dako), а также программного обеспечения CELLQUEST (BD), SimulSET (BD) и Summitv 4.3. Оценивали количество клеток, несущих маркеры CD3, CD4, CD8, CD16/CD56, CD19; иммунорегуляторный индекс (отношение CD4/CD8); активационные маркеры (-CD3+HLA-DR+, -CD3-HLA-DR+); цитокины (FNO, IL-1, IL-6); количество фагоцитирующих клеток. Лейкоцитарную формулу крови определяли на гемоцитометре (SysmexXT 2000i).

Статистическая обработка данных исследования проведена с использованием программного обеспечения SPSS8.0, Microsoft Excel 2016. Показатели клеточного иммунитета оценивались по распределению значений относительно популяционных границ референтного интервала (РИ) согласно требованиям ГОСТ Р 53022.3-2008. Учитывались меры центральной тенденции и доверительные интервалы (ДИ) значений в выборке в соответствии с типом распределения данных по результатам лабораторных исследований ИС: медиана и квартили при ненормальном распределении, средняя и 95%ДИ при нормальном распределении. Оценивалось их процентильное расположение относительно популяционного интервала (ПИ) и сдвиги от центрального значения (ЦЗ) РИ (рис. 1).

Сдвиг значений показателей ИС за пределы РИ свидетельствовал о наличии ВИДС (вторичного иммунодефицитного состояния) или активации ИС, за пределы квартильного размаха ПИ – о тенденции к развитию ВИДС или тенденции к активации ИС.

1.3 Результаты и их обсуждение

При сравнительном анализе групп СВД и ВСС были выявлены статистически значимые отличия по абсолютному содержанию CD4⁺ клеток и CD19⁺ клеток. Концентрация CD4⁺ клеток была выше в группе СВД в 1,15 раза (p=0,048), в этой же группе была выше концентрация CD19⁺ клеток в 1,25 раза (p=0,026). Полученные данные характеризуют большую сбалансированность клеточного иммунитета за счёт повышения содержания CD4⁺ и CD19⁺ клеток (табл. 1).

Сравнение с исходными значениями концентрации лейкоцитов и лейкоцитарной формулы после проведения ПИТ у СВК не выявило по ДИ статистически значимых различий (табл. 2). Анализ разности средних выявил статистическую значимость изменений всех вышеуказанных показателей. Таким образом, количественный анализ переменных показал, что ПИТ у СВК привела к относительному моноцитозу и ещё большему сдвигу лейкоцитарной формулы по относительному содержанию основных типов лейкоцитов – сегментоядерных нейтрофилов в сторону уменьшения и лимфоцитов в сторону увеличения.

Между группами ВСС и СВД не выявлено статистически значимых различий по концентрации лейкоцитов и лейкоцитарной формулы после проведения ПИТ, но оценка динамики по группам показала иные результаты (рис. 2).

Анализ динамики указанных показателей в каждой группе, до и после проведения ПИТ, позволил выявить статистически значимое отличие по относительному содержанию сегментоядерных нейтрофилов только в группе ВСС и отсутствие таковых по относительному содержанию эозинофилов и лимфоцитов в обеих группах.

Таким образом, ПИТ вызывала сдвиг лейкоцитарной формулы по относительному и абсолютному содержанию всех типов лейкоцитов, из которых наиболее выраженным являлось увеличение относительного содержания моноцитов и снижение относительного содержания эозинофилов. Менее выраженным являлось повышение относительного содержания базофилов и относительно и абсолютного содержания лимфоцитов.

Снижение относительного содержания нейтрофилов было характерно для спортсменов группы ВСС.

Сравнение с исходными значениями содержания ИКК после проведения ПИТ у СВК не выявило по ДИ статистически значимых различий (табл. 3).

Однако, прослеживалась тенденция к повышению абсолютного содержания CD3⁺ клеток на 13,4%, относительного и абсолютного содержания CD4⁺ клеток на 4,1% и 4,67%, CD16⁺ клеток на 7,66% и 10,2%, CD19⁺ клеток на 6,3% и 10,8%, снижению относительного содержания CD8⁺ клеток на 4,9%, повышению индекса регуляции на 5,82 и повышению активности фагоцитоза на 16,8%. Анализ разности средних показал статистическую

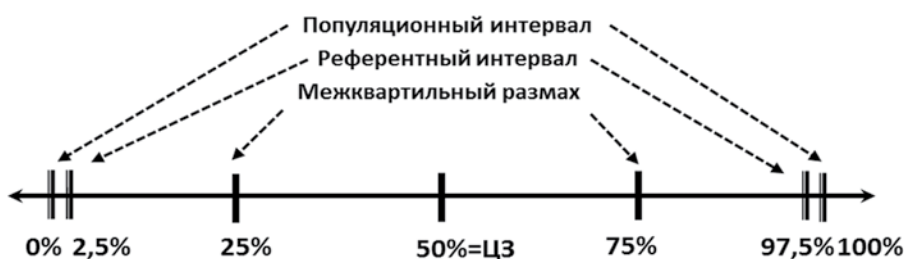


Рис. 1. Интервалы оценки результатов лабораторных исследований

Pic. 1. Evaluation intervals of laboratory results

Таблица 1

Содержание ИКК по группам спортсменов с наличием и отсутствием высших достижений

Table 1

The content of ICC for groups of athletes with the presence and absence of the highest achievements

	Спортсмены-единоборцы высокого класса/High class combat athletes		p st разности средних/ p, medium differences
	СВД, n=31 (39,2%)/Group 1	ВСС, n=48 (60,8%)/Group 2	
CD3+, %	68,74 (51-79)	68,67 (58-78)	0,963
CD3+, 10 ⁹ /л	1,73 (0,83-2,51)	1,55 (0,92-2,37)	0,088
CD4+, %	39,06 (26-50)	38,44 (29-51)	0,715
CD4+, 10 ⁹ /л	0,98 (0,44-1,42)	0,85 (0,53-1,26)	0,048
CD8+, %	26 (19-36)	25,81 (17-38)	0,894
CD8+, 10 ⁹ /л	0,65 (0,34-1,05)	0,59 (0,28-1,04)	0,266
CD16+, %	14,26 (6-25)	14,77 (7-25)	0,702
CD16+, 10 ⁹ /л	0,36 (0,15-0,69)	0,34 (0,13-0,69)	0,654
CD19+, %	11,74 (7-21)	10,94 (6-17)	0,366
CD19+, 10 ⁹ /л	0,3 (0,14-0,62)	0,24 (0,13-0,43)	0,026
Индекс регуляции/Regulation index	1,55 (0,86-2,19)	1,66 (0,81-2,75)	0,510
Фагоцитоз/ Phagocytosis, %	72,11 (58-89)	72,91 (46-93)	0,800

Таблица 2

Количественная оценка концентрации лейкоцитов и лейкоцитарной формулы после проведения ПИТ у спортсменов высокого класса

Table 2

Quantitative assessment of the concentration of leukocytes and leukocyte formula after PIT in high-class athletes

	Значение/Value	Процентиль от ПИ/ Percentiles from PI	Сдвиг от ЦЗРИ/ Shift from CV of RI, %
Лейкоциты, *10(9)/л/Leukocytes, *10(9)/л	6,33 (4,3-9,93)	46,93 (10,4-111,7)	-2,62 (-33,85-52,77)
Нейтрофилы сегментоядерные, %	48,04 (35,7-59,8)	23,13 (-13,9-58,4)	-15,71 (-37,37-4,91)
Нейтрофилы сегментоядерные, *10(9)/л/ Segmented neutrophils, *10(9)/л	3,08 (1,9-5,26)	24,53 (6,51-57,84)	-35,15 (-60,02-10,82)
Эозинофилы/Eosinophils,%	2,23 (0-6,3)	45,14 (5-118,4)	-10,81 (-100-152)
Базофилы/Basophils, %	0,4 (Q 0,2-0,5)	41 (Q 23-50)	-20 (Q -60-0)
Моноциты/Monocytes, %	9,82 (6,4-13,1)	81,68 (43,25-118,63)	40,22 (-8,57-87,14)
Лимфоциты/Lymphocytes, %	39,47 (25,7-50,9)	107,34 (38,5-164,5)	40,96 (-8,21-81,79)
Лимфоциты, *10(9)/л/ Lymphocytes, *10(9)/л	2,46 (1,56-3,41)	68,14 (23-115,43)	17,28 (-25,71-62,31)

значимость повышения абсолютного содержания CD3⁺ клеток (p<0,001), абсолютного содержания CD19⁺ клеток (p=0,036) и активности фагоцитоза (p=0,002), (рис. 3). Разность относительного содержания CD19⁺ клеток была очень близкой к статистической значимости, p=0,060.

Сравнение показателей содержания ИКК по группам выявило, в группе СВД, статистически значимое увеличение относительного содержания CD3⁺ клеток с разностью средних 5,42% (95%ДИ 1,28-9,56, p=0,011), CD8⁺ клеток с разностью средних 3,66% (95%ДИ 1,01-6,3,

p=0,007) и снижение относительного и абсолютного содержания CD16⁺ клеток с разностью средних, соответственно, -6,46% (95%ДИ -10,4 / -2,54, p=0,002) и -0,15*10⁹/л (95%ДИ -0,26 / -0,04, p=0,010) (табл. 4).

Учитывая, что до проведения ПИТ статистически значимая разница между стратифицированными группами наблюдалась по абсолютному содержанию CD4⁺ и CD19⁺ клеток, выявленные изменения показателей ИС свидетельствуют о различной реакции спортсменов СВД и ВСС на проведение ПИТ.

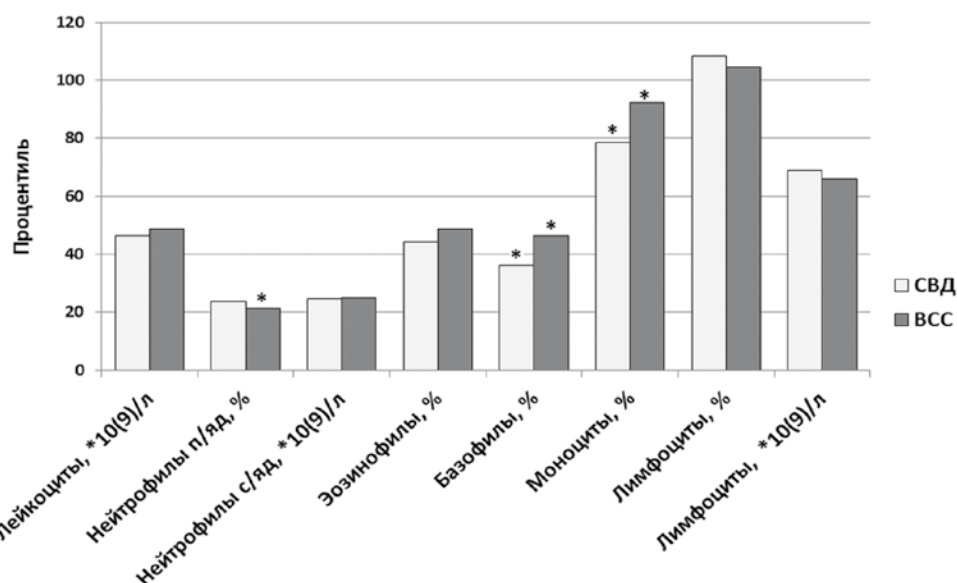


Рис. 2. Процентиль среднего содержания различных типов лейкоцитов формулы крови после проведения ПИТ у спортсменов высокого класса по группам СВД и ВСС (*статистическая двухсторонняя значимость отличий от значений до терапии $p < 0,05$)

Fig. 2. The percentile of the average content of various types of leukocytes after PIT in high-class athletes in the groups 1 and 2 (* statistical two-sided significance of differences from the values before therapy $p < 0.05$)

Таблица 3

Относительное и абсолютное содержание ИКК после проведения ПИТ у спортсменов высокого класса

Table 3

The relative and absolute content of ICC after PIT in high-class athletes

	Значение/Value	Процентиль от ПИ/ Percentile from PI	Сдвиг от ЦЗРИ/ Shift from CV of RI, %
CD3 ⁺ , %	68,6 (51-79)	43,69 (-35,5-90,5)	-2 (-27,14-12,86)
CD3 ⁺ , 10 ⁹ /л	1,68 (1,08-2,42)	67,95 (45,37-95,67)	39,88 (-10,29-101,48)
CD4 ⁺ , %	39,45 (29-51)	39,17 (-16,18-100,29)	-4,93 (-30,12-22,89)
CD4 ⁺ , 10 ⁹ /л	0,96 (0,6-1,47)	34,57 (5-75,98)	-16,4 (-47,83-27,61)
CD8 ⁺ , %	24,64 (17-35)	38,79 (8,91-79,35)	-10,41 (-38,18-27,27)
CD8 ⁺ , 10 ⁹ /л	0,61 (0,29-0,93)	44,29 (3,83-86,23)	-6,83 (-55,25-43,35)
CD16 ⁺ , %	16,03 (5-31)	73,96 (15,59-153,24)	39,36 (-56,52-169,57)
CD16 ⁺ , 10 ⁹ /л	0,4 (0,12-0,89)	76,16 (22,23-169,68)	51,56 (-54,72-235,85)
CD19 ⁺ , %	12,44 (6-20)	44,4 (10,29-84,41)	-7,84 (-55,56-48,15)
CD19 ⁺ , 10 ⁹ /л	0,31 (0,13-0,55)	72,36 (28,3-132,5)	40,65 (-39,45-150)
Индекс регуляции/ Regulation index	1,67 (0,9-2,48)	57,52 (-28,75-148,8)	4,18 (-43,75-54,89)
Фагоцитоз/ Phagocytosis, %	79,95 (60-93)	61,14 (16,25-90,5)	6,6 (-20-24)

1.4 Выводы

Сравнительный анализ содержания ИКК в группах СВД и ВСС, до проведения ПИТ, показал большую сбалансированность клеточного иммунитета в группе СВД за счёт более высокого содержания CD4⁺ и CD19⁺ клеток. Проведенная профилактическая иммунотерапия оказывала стимулирующий и иммуномодулирующий эффект,

при чём разный по характеру и выраженности по группам достижения высших спортивных результатов. В группе СВД, отмечалось статистически значимое увеличение относительного содержания CD3⁺ и CD8⁺ клеток и снижение относительного и абсолютного содержания CD16⁺ клеток. В группе ВСС наоборот, зафиксировано увеличение относительного и абсолютного содержания CD16⁺ клеток.

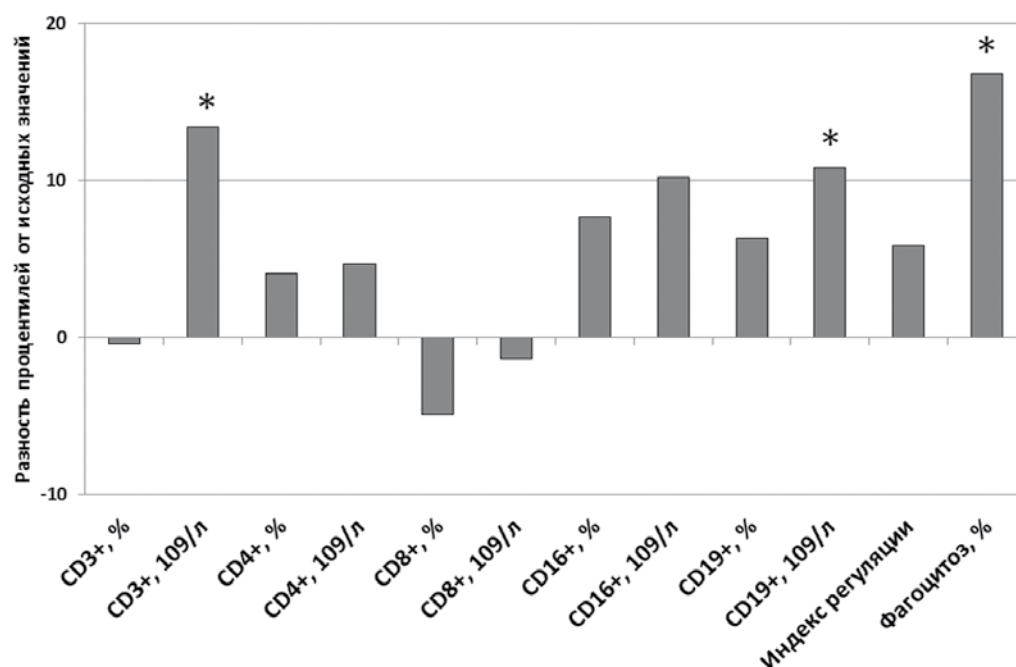


Рис. 3. Разность средних процентилей содержания ИКК до и после проведения ПИТ у спортсменов высокого класса (*статистическая значимость различий от исходных значений)

Fig. 3. Difference of the average percentile content of ICC before and after PIT for high-class athletes (*statistical significance of differences from baseline values)

Таблица 4

Содержание ИКК после проведения ПИТ по группам СВД и ВСС

Table 4

The content of the ICC after the PIT in groups 1 and 2

	Спортсмены-единоборцы высокого класса/High class combat athletes		p st разности средних/ p, medium differences
	СВД, n=31 (39,2%)/Group 1	ВСС, n=48 (60,8%)/Group 2	
CD3+, %	69,86 (54-81)	64,44 (51-77)	0,011
CD3+, 10 ⁹ /л	1,71 (1,16-2,42)	1,57 (0,99-2,42)	0,182
CD4+, %	39,97 (29-51)	37,78 (28-65)	0,287
CD4+, 10 ⁹ /л	0,98 (0,59-1,47)	0,9 (0,63-1,49)	0,306
CD8+, %	25,49 (19-35)	21,83 (11-32)	0,007
CD8+, 10 ⁹ /л	0,63 (0,37-0,94)	0,54 (0,25-0,93)	0,066
CD16+, %	14,51 (5-30)	21 (9-37)	0,002
CD16+, 10⁹/л	0,37 (0,1-0,73)	0,52 (0,16-0,89)	0,010
CD19+, %	12,81 (8-20)	11,22 (4-24)	0,141
CD19+, 10 ⁹ /л	0,32 (0,13-0,59)	0,27 (0,08-0,51)	0,132
Индекс регуляции/ Regulation index	1,59 (0,86-2,23)	1,91 (1-5,9)	0,073
Фагоцитоз/Phagocytosis, %	80,57 (61-92)	77,93 (53-93)	0,396

В других исследованиях, мы и наши коллеги, отмечаем прямую зависимость между уровнем достижений спортсмена и состоянием его иммунной системы [16, 17].

Разница в реакции на ПИТ в группах СВД и ВСС, по-видимому, обусловлена изначальной разницей в биохимическом, генетическом, психологическом потенциале

спортсменов, позволяющем выдерживать тренировочный и соревновательный стресс и достигать высших спортивных результатов [19, 20]. По нашему мнению, оценка выраженности ответной реакции на ПИТ может быть полезной при прогнозировании спортивной результативности в краткосрочной перспективе.

Список литературы

1. **Гаврилова Е.А.** Стрессорный иммунодефицит у спортсменов. М.: Советский спорт, 2009. 192 с.
2. **Аронов Г.Е.** Иммунологическая реактивность при различных режимах физических нагрузок. М.: Физкультура и спорт, 1987. 210 с.
3. **Кириллова Н.П.** Изучение иммунитета у спортсменов на пике их формы // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Физическая культура и спорт в системе образования в России: инновации и перспективы развития». М., 2017. С. 327-32.
4. **Зайцева И.П., Романов В.А., Зайцев О.Н.** Влияние физической нагрузки различного уровня на иммунологические показатели у спортсменов // Медицинская иммунология. 2017. Т.19, №5. С. 403.
5. **Мокеева Е.Г., Цыган В.Н., Таймазов В.А., Бакулев С.Е.** Иммунокоррекция у спортсменов // Ученые записки. 2006. №22. С. 42-6.
6. **Таймазов В.А., Цыган В.Н., Мокеева Е.Г.** Спорт и иммунитет. СПб., 2003. 198 с.
7. **Горчакова Н.А.** Фармакология спорта. К.: Олимпийская литература, 2010. 640 с.
8. **Цыган В.Н.** Спорт. Иммунитет. Питание. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. 240 с.
9. **Коган О.С.** Недопинговые средства восстановления в спорте высших достижений // Теория и практика физической культуры. 2005. №1. С. 55-7.
10. **Кулиненко О.С.** Фармакология спорта. Самара, 2000. 167 с.
11. **Кулиненко О.С.** Фармакологическая помощь спортсмену: Коррекция факторов, лимитирующих спортивный результат. М.: Советский спорт, 2007. 240 с.
12. **Парастаев С.А., Поляев Б.А., Ерин В.Н., Зыбин Д.Д., Лопата Н.С.** Физиологическое обоснование применения антигипоксантов в спорте высших достижений. М., 2008. 48 с.
13. **Сейфулла Р.Д.** Новые комбинированные адаптогены, повышающие работоспособность спортсменов высокой квалификации // Теория и практика физической культуры. 1998. №10. С. 47-50.
14. **Цыган В.Н.** Иммунореабилитация спортсменов. СПб.: СпецЛит, 2005. 63 с.
15. **Стернин Ю.И., Сизякина Л.П.** Особенности состояния иммунной системы при высокой физической активности и применение системной энзимотерапии // Медицинский академический журнал. 2014. Т.14, №1. С. 87-92.
16. **Сашенков С.Л., Журило О.В., Мельников И.Ю., Колупаев А.В., Комарова И.А.** Особенности иммунного статуса спортсменов ациклических видов спорта (борцов и боксеров) в зависимости от их спортивной квалификации // Российский иммунологический журнал. 2017. Т.11. №2. С. 217-20.
17. **Алпатов С.П., Рыгалов М.А., Поляев Б.А., Кочетов А.Г., Козлов И.Г.** Сравнительный анализ состояния клеточного иммунитета борцов высокой квалификации в зависимости от уровня спортивных достижений // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2015. №4. С. 20-4.
18. **Гриневич В.В.** Основы взаимодействия нервной, эндокринной и иммунной систем. СПб.: Simposium, 2004. 159 с.
19. **Гладков В.Н.** Психопрессинг лидерства. К проблеме модификации личности (опыт комплексного применения психотерапевтических методов в спорте высших достижений). М.: Советский спорт, 2007. 188 с.

References

1. **Gavrilova EA.** Stress immunodeficiency in athletes. Moscow, Soviet Sport, 2009. 192 p. Russian.
2. **Aronov GE.** Immunological reactivity in various modes of physical activity. Moscow, Physical Culture and Sport, 1987. 210 p. Russian.
3. **Kirillova NP.** The study of immunity in athletes at the peak of their form (Materials of the All-Russian scientific-practical conference «Physical Culture and Sport in the Education System in Russia: Innovations and Development Prospects»), Moscow, 2017. P. 327-32. Russian.
4. **Zaitseva IP, Romanov VA, Zaitsev ON.** Effect of physical exertion at various levels on immunological parameters in athletes. Medical immunology. 2017;19(5):403. Russian.
5. **Mokeeva EG, Tsygan VN, Taymazov VA, Bakulev SE.** Immune correction in athletes. Scientific notes 2006;(22):42-6. Russian.
6. **Taymazov VA, Tsygan VN, Mokeeva EG.** Sport and immunity. Saint-Petersburg, 2003. 198 p. Russian.
7. **Gorchakova NA.** Sports pharmacology. Kazan, Olympic literature, 2010. 640 p. Russian.
8. **Gypsy VN.** Sport. Immunity. Nutrition. Saint-Petersburg, ELBI-SPb, 2012. 240 p. Russian.
9. **Kogan OS.** Under-doping recovery tools in high-profile sports. Theory and practice of physical culture 2005;(1):55-7. Russian.
10. **Kulinenkov OS.** Sports pharmacology. Samara, 2000. 167 p. Russian.
11. **Kulinenkov OS.** Pharmacological assistance to an athlete: Correction of factors limiting athletic performance. Moscow, Soviet Sport, 2007. 240 p. Russian.
12. **Parastayev SA, Polyayev BA, Yerin VN, Zybin DD, Lopata NS.** Physiological rationale for the use of antihypoxic drugs in high performance sports. Moscow, 2008. 48 p. Russian.
13. **Seyfulla RD.** New combined adaptogens that increase the performance of highly qualified athletes. Theory and practice of physical culture. 1998;(10):47-50. Russian.
14. **Gypsy VN.** Immunorehabilitation of athletes. Saint-Petersburg, SpecLit, 2005. 63 p. Russian.
15. **Sternin YuI, Sizyakina LP.** Features of the immune system status at high physical activity and the use of systemic enzyme therapy. Medical Academic Journal. 2014;14(1):87-92. Russian.
16. **Sashenkov SL, Zhurilo OV, Melnikov IYu, Kolupaev AV, Komarova IA.** Features of the immune status of acyclic sports athletes (wrestlers and boxers), depending on their athletic skills. Russian immunological journal. 2017;11(2):217-20. Russian.
17. **Alpatov SP, Rygalov MA, Polyayev BA, Kochetov AG, Kozlov IG.** Comparative analysis of the cellular immunity status of highly skilled wrestlers depending on the level of sporting achievements. Physical therapy and sports medicine. 2015;(4):20-4. Russian.
18. **Grinevich VV.** Basics of the interaction of the nervous, endocrine and immune systems. Saint-Petersburg, Simposium, 2004. 159 p. Russian.
19. **Gladkov VN.** Psychopressing leadership. To the problem of personality modification (the experience of the complex use of psychotherapeutic methods in sports of higher achievements). Moscow, Soviet Sport, 2007. 188 p. Russian.

Информация об авторах:

Алпатов Сергей Петрович, ассистент кафедры фармакологии ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-2233-7301 (+7 (985) 767-77-26, immunosport@rambler.ru)

Дибирова Гюльнара Омарбековна, доцент кафедры фармакологии ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-1500-4974

Калинина Елена Владимировна, доцент кафедры фармакологии ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-0369-0233

Кочетов Анатолий Глебович, ректор АНО ДПО Институт лабораторной медицины, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0003-3632-291X

Коновалов Иван Вячеславович, доцент кафедры инфекционных болезней у детей ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-4210-9226

Маркина Елена Викторовна, ассистент кафедры фармакологии ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России. ORCID ID: 0000-0002-5943-4423

Полыновский Андрей Владимирович, научный сотрудник ФГБУ НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0002-1148-8051

Парастаев Сергей Андреевич, профессор кафедры реабилитации и спортивной медицины ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-2281-9936

Information about the authors:

Sergey P. Alpatov, M.D., Ph.D. (Medicine), Assistant of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID ID: 0000-0003-2233-7301 (+7 (985) 767-77-26, immunosport@rambler.ru)

Gulnara O. Dibirova, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID ID: 0000-0002-1500-4974

Elena V. Kalinina, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID ID: 0000-0002-0369-0233

Anatoly G. Kochetov, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Rector of the Institute of Laboratory Medicine. ORCID ID: 0000-0003-3632-291X

Ivan V. Kononov, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Infectious Diseases in Children of the Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID ID: 0000-0003-4210-9226

Elena V. Markina, M.D., Assistant of the Pharmacology Department of the Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID ID: 0000-0002-5943-4423

Andrey V. Polynovskiy, M.D., Ph.D. (Medicine), Scientist of the N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology. ORCID ID: 0000-0002-1148-8051

Sergey A. Parastaev, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Professor of the Rehabilitation and Sports Medicine Department of the Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID ID: 0000-0002-2281-9936

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 19.09.2018

Принята к публикации: 25.10.2018

Received: 19 September 2018

Accepted: 25 October 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.24

УДК: 575+796.82+61:796/799

Генетические детерминанты устойчивости к гипоксии как один из факторов успешности в единоборствах

Э.А. Бондарева¹, М.В. Шаройко², Е.А. Турова²

¹ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт и Музей антропологии, Правительство РФ, г. Москва, Россия
²ГАУЗ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Департамент здравоохранения г. Москвы, г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучение генетического отбора по гену *EPAS1* (G/A, rs1867785) в группе спортсменов, занимающихся греко-римской борьбой, и достигших различного уровня спортивного мастерства. **Материалы и методы:** проведено генетическое обследование 79 спортсменов, занимающихся греко-римской борьбой (от 7 до 25 лет) и 92 неспортсменов (от 7 до 30 лет). **Результаты:** частота встречаемости А-аллеля, ассоциированного с лучшей адаптацией к гипоксическим условиям, выше в группе борцов (*EPAS1**GG – 27,8 % *EPAS1**AG – 67,1 % и *EPAS1**AA – 5,1 % против *EPAS1**GG – 56,5 % *EPAS1**AG – 35,9 % и *EPAS1**AA – 7,6 % $\chi^2 = 16,7$ $p = 0,0002$). Также отбор носителей А-аллеля усиливается при повышении уровня спортивного мастерства обследованных. Увеличение частоты встречаемости минорного А-аллеля в подгруппе борцов греко-римского стиля, прошедших многолетний профессиональный отбор и демонстрирующих высокие спортивные результаты, свидетельствует об их преимуществе по сравнению с носителями G-аллеля. **Выводы:** G/A-полиморфизм *EPAS1* может использоваться при отборе и прогнозе успешности в греко-римской борьбе.

Ключевые слова: *EPAS1*, однонуклеотидный полиморфизм, борьба, гипоксия, спортивная успешность

Для цитирования: Бондарева Э.А., Шаройко М.В., Турова Е.А. Генетические детерминанты устойчивости к гипоксии как один из факторов успешности в единоборствах // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 24-28. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.24.

Genetic determinants of resistance to hypoxia as one of the success factors in martial arts

Elvira A. Bondareva¹, Marina V. Scharoiko², Elena A. Turova²

¹Lomonosov Moscow State University, Institute and Museum of Anthropology, Moscow, Russia
²Moscow Research and Practical Centre of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to study the genetic selection of the *EPAS1* gene (G/A, rs1867785) in a group of athletes involved in Greco-Roman wrestling with different levels of sportsmanship. **Materials and methods:** the genetic examination of 79 male athletes (from 7 to 25 years old) involved in Greco-Roman wrestling and 92 controls (from 7 to 30 years old) was performed. **Results:** the frequency of A-allele associated with better adaptation to hypoxic conditions was higher in the group of wrestlers (*EPAS1**GG – 27.8% *EPAS1**AG – 67.1% and *EPAS1**AA – 5.1% against *EPAS1**GG – 56.5% *EPAS1**AG – 35.9% and *EPAS1**AA – 7.6 % $\chi^2 = 16.7$ $p = 0.0002$). The frequency of A-allele carriers increased with increasing level of sportsmanship of studied athletes. The increase in the frequency of minor A-allele in the subgroup of Greco-Roman wrestlers testifies to their advantage in comparison with the carriers of G-allele. **Conclusions:** G/A-polymorphism of the *EPAS1* gene can be used in the selection and prediction of sports success in Greco-Roman wrestling.

Key words: *EPAS1*, single nucleotide polymorphism, wrestling, hypoxia, sports achievement

For citation: Bondareva EA, Scharoiko MV, Turova EA. Genetic determinants of resistance to hypoxia as one of the success factors in martial arts. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):24-28. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.24.

1.1 Введение

Гипоксические условия, характеризующиеся снижением доступности кислорода для тканей и клеток организма, возникают в различных ситуациях: в эмбриогенезе, при снижении парциального давления кислорода в атмосферном воздухе, а также во время интенсивных физических нагрузок. Транскрипционный комплекс HIF-1 (hypoxia-inducible factor), состоящий из двух белков HIF1A и EPAS1, на клеточном уровне реагирует на снижение доступности кислорода и запускает адаптационные механизмы, направленные на увеличение снабжения кислородом тканей организма [1]. При возникновении гипоксических условий HIF-1 транслируется в ядро клетки, где он активирует экспрессию генов, ответственных за эритропоэз, рост кровеносных сосудов и адаптационные изменения метаболического профиля [2]. Способность организма устойчиво функционировать в условиях тканевой гипоксии является одним из ведущих факторов, определяющих успех в современных спортивных единоборствах [3, 4]. В этой связи изучение генетических особенностей, ассоциированных с гипоксическим ответом организма, может помочь при отборе и прогнозировании индивидуальной успешности в спортивной борьбе. Одним из перспективных молекулярно-генетических маркеров, участвующих в процессе адаптации организма к гипоксическим условиям, является EPAS1. EPAS1 хорошо изучен как фактор адаптации на генетическом уровне высокогорных популяций, проживающих в Тибете, к постоянным гипоксическим условиям [1]. Затем был изучен отбор по полиморфной системе данного гена в нескольких группах спортсменов [3, 5, 6]. Показано, что полиморфизм гена EPAS1 ассоциирован с лучшей устойчивостью к гипоксии, а также с некоторыми показателями физической работоспособности спортсменов [7]. В представленном исследовании продолжено изучение G/A – полиморфизма EPAS1 как одного из предикторов генетической предрасположенности к занятиям спортом.

Целью данного исследования являлось изучение отбора по полиморфной системе гена EPAS1 в группах борцов греко-римского стиля с различным уровнем квалификации.

1.2 Материалы и методы

В исследовании приняли участие 79 спортсменов мужского пола в возрасте от 7 до 25 лет и 92 представителя контрольной группы (не занимающиеся спортом) в возрасте от 7 до 30 лет. На момент проведения обследования все спортсмены, принявшие участие в исследовании, занимались греко-римской борьбой. Из них 39 человек – спортсмены начального этапа подготовки, без квалификационных разрядов (б/р) или обладатели спортивного разряда (р); 28 человек – кандидаты в мастера спорта (КМС) и 12 человек – высококвалифицированные спортсмены мастера спорта (МС) и мастера спорта международного класса (МСМК). Распределение

по возрастам в каждой из сформированных по уровню спортивной успешности подгрупп представлено в таблице 1 (представлены медианные значения возраста, в качестве меры размаха признака использованы нижний (Q_1) и верхний (Q_3) квартили).

Таблица 1

Возраст обследованных спортсменов в подгруппах с различным уровнем спортивной успешности

Table 1

Age of examined athletes in subgroups with different levels of sporting success

Подгруппа/Subgroup	Возраст, лет/Age, years
б/р/р, дети и подростки/ novice wrestlers, children and adolescents	11,5 (10÷13)
б/р/р, взрослые/ novice wrestlers, adults	18 (17÷21)
КМС/Candidate Master of Sports	18 (17÷23)
МС и МСМК/Master of Sport and Master of sports of international class	22 (19÷25)

В качестве образца биологического материала использовали венозную кровь или эпителий слизистой оболочки ротовой полости. Выделение геномной ДНК и генотипирование по полиморфной системе EPAS1 (G/A, rs1867785) проводили в ООО Лаборатория «Литех» (г. Москва). Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica 12.0 (StatSoft, США). Для оценки достоверности различий в распределениях генотипов использовали непараметрический критерий хи-квадрат.

1.3 Результаты и их обсуждение

Частоты встречаемости генотипов в группе борцов греко-римского стиля составили: EPAS1*GG – 27,8 % EPAS1*AG – 67,1 % и EPAS1*AA – 5,1 % в контрольной группе: EPAS1*GG – 56,5 % EPAS1*AG – 35,9 % и EPAS1*AA – 7,6 %. Различия в частотах встречаемости генотипов в контрольной и экспериментальной группе являются статистически значимыми ($\chi^2 = 16,7$ df = 2 p = 0,0002). В целом обследованная группа борцов греко-римского стиля демонстрирует увеличение частоты встречаемости минорного А-аллеля EPAS1 (табл. 2).

Различия между подгруппами экспериментальной выборки, сформированными согласно уровню достигнутого спортивного мастерства, также являются достоверными ($\chi^2 = 18,7$ df=6 p=0,004). Наибольшая частота встречаемости AA-генотипа была обнаружена в подгруппе высококвалифицированных спортсменов (8,3%), а наименьшая – у начинающих спортсменов и разрядников (2,6%) (табл. 3).

Условиями успешной соревновательной деятельности борцов греко-римского стиля являются крайне высокие уровни развития анаэробных и аэробных возмож-

Таблица 2

Численное распределение генотипов EPAS1 в контрольной группе и в группе борцов классического стиля

Table 2

Genotypes distribution in the control group and the group of Greco-Roman wrestlers

Группа/Group	Генотипы, n/Genotypes, n			Аллели, %/Alleles, %	
	EPAS1*GG	EPAS1*GA	EPAS1*AA	EPAS1*G	EPAS1*A
Борцы/Wrestlers	22	53	4	61.0	39.0
Контроль/Control	52	33	7	74.0	26.0

Таблица 3

Частоты встречаемости генотипов и аллелей EPAS1 в подгруппах борцов греко-римского стиля с различным уровнем спортивной успешности

Table 3

Genotypes and alleles frequencies of the EPAS1 gene in the subgroups of Greco-Roman wrestlers with different levels of sporting success

Подгруппа*/Subgroup*	Генотипы, %/Genotypes, n			Аллели, %/Alleles, %	
	EPAS1*GG	EPAS1*GA	EPAS1*AA	EPAS1*G	EPAS1*A
Б/рир, дети и подростки/ novice wrestlers, children and adolescents	23,1	74,3	2,6	60,0	40,0
Б/рир, взрослые/ novice wrestlers, adults	25,6	68,7	5,7	60,0	40,0
КМС/Candidate Master of Sports	32,2	60,7	7,1	62,0	38,0
МС+МСМК/Master of Sport and Master of sports of international class	33,3	58,4	8,3	62,0	38,0
Контроль/Control	56,5	35,9	7,6	74.0	26.0

* Примечание: обозначение подгрупп как в разделе «Материалы и методы».

* Note: designation of subgroups as in the section «Materials and methods».

ностей, а также низкое содержание жира в организме [8-10]. Исследования молекулярно-физиологических последствий тренировочной и соревновательной деятельности в борьбе греко-римского и вольного стилей показали, что в скелетных мышцах и периферической крови спортсменов после поединков значительно повышаются уровни маркеров воспаления, повреждения мышц и окислительного стресса [11, 12]. Практически все перечисленные ключевые для высококвалифицированного борца качества на молекулярном уровне связаны с активностью EPAS1, либо с генами, которые находятся под его контролем. Результаты анализа направлений отбора по G/A – полиморфизму EPAS1 позволяют говорить о преимуществе носителей минорного A-аллеля перед носителями исходного G-аллеля в греко-римской борьбе. Обследованная группа спортсменов демонстрирует единое направление отбора на увеличение доли носителей редкого аллеля по сравнению с контрольной группой (табл. 2). Возрастание доли носителей генотипа EPAS1*AA в ряду от детей, только начинающих спортивную карьеру, до взрослых спортсменов, достигших международного уровня (табл. 3), свидетельствует об усилении влияния минорного аллеля данного молекулярно-генети-

ческого маркера на достижение высоких спортивных результатов в борьбе. Обследованные спортсмены 7-14 лет, не имеющие разрядов, а также имеющие юношеские разряды, характеризуются самой высокой долей носителей GG-генотипа, который не способствует достижению высоких результатов в борьбе, что может свидетельствовать об отсутствии отбора по данному маркеру на самых первых этапах занятий греко-римской борьбой, когда прийти в секцию могут практически все желающие. Также на реализацию задатков, заложенных в юных спортсменах, влияет большой комплекс психолого-педагогических и социальных факторов, поэтому не все носители оптимального генотипа могут продолжить свою спортивную карьеру и достичь звания МС и выше. При достижении 12-летнего возраста спортсмены, занимающиеся борьбой, получают возможность выступать на соревнованиях, в ходе которых происходит отбор наиболее успешных и приспособленных к данному виду спорта, что приводит к отбору на следующий уровень спортивного мастерства тех спортсменов, которые среди прочих факторов являются носителями A-аллеля EPAS1. Направленный отбор носителей A-аллеля (генотипы EPAS1*GA и EPAS1*AA), характерный для спортсменов, профессионально зани-

мающихся греко-римской борьбой, аналогичен другим видам борьбы, в частности, самбо [3].

Белковый продукт гена *EPAS1* осуществляет комплексный контроль над процессами адаптации к гипоксическим условиям (ангиогенез и ремоделинг сети капилляров, эритропоэз, концентрация гемоглобина, уровень гематокрита), участвует в регуляции уровня катехоламинов и развитии сердца в эмбриональный период [1, 2]. Поэтому замены в нуклеотидной последовательности *EPAS1*, каким-либо образом влияющие на экспрессию данного гена, оказывают множественное воздействие на все процессы, подконтрольные белковому продукту гена *EPAS1*. Как уже было сказано выше, А-аллель характерен для высокогорного населения Тибета, и в гораздо меньшей степени для людей, проживающих в нормоксических условиях. У тибетцев наличие редких аллелей *EPAS1* приводит к снижению активности комплекса HIF-1 и ассоциировано со снижением концентрации гемоглобина и уменьшением гематокрита, увеличением количества кровеносных сосудов, а не с утолщением их стенок, а также с увеличением объема желудочков сердца без утолщения стенок левого желудочка [1]. Все эти адаптации противоположны острому ответу организма человека, проживающего в условиях нормальной доступности кислорода, на гипобарическую гипоксию и позволяют избежать негативных последствий от увеличения вязкости крови и увеличения нагрузки на кардиореспираторную систему. По всей видимости, редкие аллели *EPAS1* позволяют организ-

му спортсмена выработать максимально эффективный способ адаптации всех систем организма к тканевой гипоксии, которые возникают на фоне длительных многолетних занятий борьбой. Более того, они позволяют быстро восстанавливаться между поединками и снижают закисление мышц, поддерживая способность скелетных мышц к мощным сокращениям, необходимым для проведения атак, удержаний и бросков. Преимущества, обусловленные А-аллелем *EPAS1*, позволяют единоборцам достигать лучших соревновательных результатов [3]. В этом свете становится понятным неуклонное увеличение доли носителей редких аллелей при повышении уровня спортивного мастерства борцов греко-римского стиля, которое фактически отражает продолжительность успешной профессиональной карьеры.

1.4 Выводы

Таким образом, минорный А-аллель *EPAS1* является молекулярно-генетическим маркером предрасположенности к занятиям единоборствами, в частности греко-римской борьбой и может быть использован как один из критериев отбора в данном виде спорта. На наш взгляд необходимо продолжение исследований по поиску ассоциаций G/A – полиморфизма *EPAS1* с различными физиологическими и биохимическими характеристиками спортсменов, занимающихся борьбой. Например, уровнем окислительного стресса, ремоделингом миокарда, скоростью восстановления физической работоспособности между поединками и в периоды подготовки к соревнованиям и восстановления после них.

Список литературы

1. Peng Y., Cui C., He Y., Ouzhuluobu, Zhang H., Yang D., Zhang Q., Bianbazhuoma et al. Down-Regulation of EPAS1 Transcription and Genetic Adaptation of Tibetans to High-Altitude Hypoxia // *MolBiolEvol.* 2017. Vol.1, №34. P. 818-30. DOI: 10.1093/molbev/msw280.
2. Handy D.E., Loscalzo J. Responses to reductive stress in the cardiovascular system // *Free RadicBiol Med.* 2017. Vol.109. P. 114-24. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.12.006.
3. Bondareva E.A., Godina E.Z. Association of the EPAS1 gene G/A polymorphism with successful performance in a group of Russian wrestlers // *Russian Journal of Genetics.* 2016. Vol.6, №8. P. 793-7. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079059716080049>.
4. Bondareva E.A., Negasheva M.A. Genetic aspects of athletic performance and sports selection // *Biology Bulletin Reviews.* 2017. Vol.7, №4. P. 344-53. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079086417040028>.
5. Henderson J., Withford-Cave J.M., Duffy D.L., Cole S.J., Sawyer N.A., Gulbin J.P., Hahn A., Trent R.J., Yu B. The EPAS1 gene influences the aerobic-anaerobic contribution in elite endurance athletes // *Hum. Genet.* 2005. Vol.118. P. 416-23. DOI: 10.1007/s00439-005-0066-0.
6. Voisin S., Cieszczyk P., Pushkarev V., Dyatlov D.A., Vashlyayev B.F., Shumaylov V.A., Maciejewska-Karlowska A., Saw-

References

1. Peng Y, Cui C, He Y, Ouzhuluobu, Zhang H, Yang D, Zhang Q, Bianbazhuoma et al. Down-Regulation of EPAS1 Transcription and Genetic Adaptation of Tibetans to High-Altitude Hypoxia. *MolBiolEvol.* 2017;1(34):818-30. DOI: 10.1093/molbev/msw280.
2. Handy DE, Loscalzo J. Responses to reductive stress in the cardiovascular system. *Free RadicBiol Med.* 2017;109:114-24. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.12.006.
3. Bondareva EA, Godina EZ. Association of the epas1 gene g/a polymorphism with successful performance in a group of Russian wrestlers. *Russian Journal of Genetics.* 2016;6(8):793-7. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079059716080049>.
4. Bondareva EA, Negasheva MA. Genetic aspects of athletic performance and sports selection. *Biology Bulletin Reviews.* 2017;7(4):344-53. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079086417040028>.
5. Henderson J, Withford-Cave JM, Duffy DL, Cole SJ, Sawyer NA, Gulbin JP, Hahn A, Trent RJ, Yu B. The EPAS1 gene influences the aerobic-anaerobic contribution in elite endurance athletes. *Hum. Genet.* 2005;118:416-23. DOI: 10.1007/s00439-005-0066-0.
6. Voisin S, Cieszczyk P, Pushkarev V, Dyatlov DA, Vashlyayev B F, Shumaylov VA, Maciejewska-Karlowska A, Sawczuk M,

czuk M., Skuza L., Jastrzebski Z., Bishop D.J., Eynon N. EPAS1 gene variants are associated with sprint/power athletic performance in two cohorts of European athletes // BMC Genomics. 2014. Vol.18, №.15. P. 382-90. DOI: 10.1186/1471-2164-15-382.

7. Bondareva E.A., Bleer A.N., Godina E.Z. Search for associations between G/A polymorphism of the EPAS1 gene and the maximal oxygen consumption in Russian athletes // Human Physiology. 2016. Vol.42, №.3. P. 335-8. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0362119716010047>.

8. Chaabene H., Negra Y., Bouguezzi R., Mkaouer B., Franchini E., Julio U., Hachana Y. Physical and Physiological Attributes of Wrestlers: An Update // J Strength Cond Res. 2017. Vol.31, №5. P. 1411-2. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001738.

9. Durkalec-Michalski K., Jeszka J., Podgórski T. The Effect of a 12-Week Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) Supplementation on Highly-Trained Combat Sports Athletes: A Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Crossover Study // Nutrients. 2017. Vol.14, №.9. pii: E753. DOI: 10.3390/nu9070753.

10. Nikooie R., Cheraghi M., Mohamadipour F. Physiological determinants of wrestling success in elite Iranian senior and junior Greco-Roman wrestlers // J Sports Med Phys Fitness. 2017. Vol.57, №3. P. 219-26. DOI: 10.23736/S0022-4707.16.06017-5.

11. Barbas I., Fatouros I.G., Douroudos I.I., Chatzinikolaou A., Michailidis Y., Draganidis D. et al. Physiological and performance adaptations of elite Greco-Roman wrestlers during a one-day tournament // Eur J Appl Physiol. 2011. Vol.111, №7. P. 1421-36. DOI: 10.1007/s00421-010-1761-7.

12. Kafkas M.E., Taşkıran C., Şahin Kafkas A., Özen G., Taşkıran Ç., Özyalin F., Skarpańska-Stejnborn A. Acute physiological changes in elite free-style wrestlers during a one-day tournament // J Sports Med Phys Fitness. 2016. Vol.56, №10. P. 1113-9.

Skuza L, Jastrzebski Z, Bishop DJ, Eynon N. EPAS1 gene variants are associated with sprint/power athletic performance in two cohorts of European athletes. BMC Genomics. 2014;18(15):382-390. DOI: 10.1186/1471-2164-15-382.

7. Bondareva EA, Bleer AN, Godina EZ. Search for associations between g/a polymorphism of the epas1 gene and the maximal oxygen consumption in Russian athletes. Human Physiology. 2016;42(3):335-8. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0362119716010047>.

8. Chaabene H, Negra Y, Bouguezzi R, Mkaouer B, Franchini E, Julio U, Hachana Y. Physical and Physiological Attributes of Wrestlers: An Update. J Strength Cond Res. 2017;31(5):1411-42. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001738.

9. Durkalec-Michalski K, Jeszka J, Podgórski T. The Effect of a 12-Week Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) Supplementation on Highly-Trained Combat Sports Athletes: A Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Crossover Study. Nutrients. 2017;14(9):E753. DOI: 10.3390/nu9070753.

10. Nikooie R, Cheraghi M, Mohamadipour F. Physiological determinants of wrestling success in elite Iranian senior and junior Greco-Roman wrestlers. J Sports Med Phys Fitness. 2017;57(3):219-26. DOI: 10.23736/S0022-4707.16.06017-5.

11. Barbas I, Fatouros IG, Douroudos II, Chatzinikolaou A, Michailidis Y, Draganidis D et al. Physiological and performance adaptations of elite Greco-Roman wrestlers during a one-day tournament. Eur J Appl Physiol. 2011;111(7):1421-36. DOI: 10.1007/s00421-010-1761-7.

12. Kafkas ME, Taşkıran C, Şahin Kafkas A, Özen G, Taşkıran Ç, Özyalin F, Skarpańska-Stejnborn A. Acute physiological changes in elite free-style wrestlers during a one-day tournament. J Sports Med Phys Fitness. 2016;56(10):1113-9.

Информация об авторах:

Бондарева Эльвира Александровна, старший научный сотрудник лаборатории ауksологии Научно-исследовательского института и Музея антропологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-3321-7575 (+7 (926) 874-10-04, bondareva.e@gmail.com)

Шаройко Марина Васильевна, заведующая лабораторией функциональной диагностики спортсменов ГАУЗ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, к.м.н. ORCID ID: 0000-0003-4574-1622

Турова Елена Арнольдовна, заместитель директора по научной работе ГАУЗ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-4397-3270

Information about the authors:

Elvira A. Bondareva, Ph.D. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Auxology of the Institute and Museum of Anthropology of the Lomonosov Moscow State University. ORCID ID: 0000-0003-3321-7575 (+7 (926) 874-10-04, bondareva.e@gmail.com)

Marina V. Scharoiko, M.D., Ph.D. (Medicine), Head of the Laboratory of Functional Diagnostics of Athletes of the Moscow Research and Practical Centre of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. ORCID ID: 0000-0003-4574-1622

Elena A. Turova, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Deputy Director for Science of the Moscow Research and Practical Centre of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. ORCID ID: 0000-0002-4397-3270

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке грантов РФФИ №№16-06-00480 и 17-26-03004-ОГН

Funding: the study was performed under financial support of the Russian Foundation for Basic Research №№16-06-00480 and 17-26-03004-OGN

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 29.08.2018

Принята к публикации: 17.09.2018

Received: 29 August 2018

Accepted: 17 September 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.59

УДК: 613.65:613.292:612.129

Особенности витаминно-минеральной насыщенности организма хоккеистов высшей квалификации в соревновательный период их спортивной деятельности

С.А. Колесов¹, Т.В. Блинова¹, Р.С. Рахманов², Л.А. Страхова¹, И.А. Умнягина¹, Р.Ш. Хайров¹

¹ФБУН Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека РФ, г. Нижний Новгород, Россия

²ФГБОУ ВО Приволжский исследовательский медицинский университет, Министерство здравоохранения РФ, г. Нижний Новгород, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценка обеспеченности микронутриентами организма хоккеистов высшей квалификации в соревновательном периоде для выявления влияния физических нагрузок на витаминно-минеральную насыщенность организма. **Материалы и методы:** в крови 33 спортсменов (средний возраст – 26,4±0,8 года) команды континентальной хоккейной лиги во время сезона игр оценивали содержание ряда микронутриентов, кортизола и тестостерона. **Результаты:** выявлен высокий уровень кортизола и высокий индекс анаболизма в ходе всего соревновательного периода. Макроэлементы в крови хоккеистов содержались в количествах, соответствующих референтным значениям, количество таких микроэлементов, как меди и хром оказалось пониженным. Низкие значения выявлены и при определении в крови спортсменов витаминов В2 и Е. **Выводы:** соревновательный период осуществлялся спортсменами на фоне состояния претренированности. Не выявлено высокой, соответствующей нагрузкам хоккеистов, насыщенности микронутриентами, а по некоторым из них наблюдался выраженный дефицит. Физические нагрузки на фоне состояния претренированности обуславливают снижение обеспеченности организма спортсменов микронутриентами. Поэтому необходима оптимизация рациона спортсменов за счет его обогащения натуральными пищевыми продуктами, богатыми М. И лишь вторичной мерой должен быть индивидуально подобранный прием биологически активных добавок.

Ключевые слова: микроэлементы, макроэлементы, витамины, хоккеисты, соревнования

Для цитирования: Колесов С.А., Блинова Т.В., Рахманов Р.С., Страхова Л.А., Умнягина И.А., Хайров Р.Ш. Особенности витаминно-минеральной насыщенности организма хоккеистов высшей квалификации в соревновательный период их спортивной деятельности // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 59-64. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.59.

Vitamin and mineral status in highly skilled ice hockey players during the competition period

Sergey A. Kolesov¹, Tatyana V. Blinova¹, Rofail S. Rakhmanov², Larisa A. Strakhova¹, Irina A. Umnyagina¹, Rashid Sh. Khayrov¹

¹Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology, Nizhny Novgorod, Russia

²Privolzhskiy Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

ABSTRACT

Objective: the evaluation of the micronutrient content in highly skilled hockey players during the competition period to reveal the influence of physical loads on the vitamin-mineral saturation of human organism. **Materials and methods:** contents of some micronutrients, cortisol and testosterone were analyzed in the blood samples of 33 sportsmen of continental league hockey team (average 26,4±0,8 years) during the competition period. **Results:** a high level of cortisol and a high anabolism index was revealed during the entire competitive period. The content of macroelements in the blood of the hockey players corresponded to the reference values, but the concentration of cuprum and chromium was reduced. Low values of the vitamins B2 and E were also detected in the blood of the athletes. **Conclusion:** the sportsmen became overtrained during the competition period. The high saturation of micronutrients corresponding to the physical loads was not observed; instead, a pronounced deficiency of some micronutrients was revealed. The physical loads in overtrained sportsmen caused a decrease of the micronutrient content in the sportsmen's organisms. Therefore, sportsmen need the optimization of nutrition by the use of natural food products rich in micronutrients. The intake of biologically active supplements (chosen individually) should be a secondary measure only.

Key words: microelements, macronutrients, vitamins, hockey players, competitions

For citation: Kolesov SA, Blinova TV, Rakhmanov RS, Strakhova LA, Umnyagina IA, Khayrov RSh. Vitamin and mineral status in highly skilled ice hockey players during the competition period. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):59-64. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.59.

1.1 Введение

Минеральные вещества и витамины необходимы для широкого спектра метаболических и физиологических процессов в организме человека. Они участвуют в сокращении мышц, в том числе и сердечной, проведении нервных импульсов, переносе кислорода, окислительном фосфорилировании, активации ферментов, иммунных реакциях, антиоксидантной активности, обеспечивают здоровье скелета и регулирование кислотно-щелочного баланса крови [1]. Поскольку многие из этих процессов ускоряются во время физических упражнений, для оптимального функционирования организма в таких условиях требуется увеличенное количество микронутриентов. Спортсмены должны получать достаточное количество этих полезных веществ, так как недостаток минералов и витаминов может ухудшить функциональное состояние и состояние здоровья в целом, что не может не сказаться на спортивных достижениях [2]. Особенно важно это в спорте высоких достижений, ведь профессиональный спорт предъявляет к функционированию организма спортсменов очень высокие требования. Они становятся особенно жесткими в соревновательный период: именно соревнованием являются вершиной деятельности любого спортсмена. Но они связаны и с предельным напряжением физических и моральных качеств спортсменов. В таких экстремальных условиях резко возрастает необходимость оптимального и продуктивного осуществления физиологических функций в организме спортсменов [3]. Поэтому комплексная оценка обеспеченности организма спортсменов минеральными веществами и витаминами в соревновательный период особенно важна для повышения их результативности [4]. Кроме того, такая оценка позволяет прогнозировать и успешность спортивной деятельности. Одновременно с тем, опубликованных исследований, посвященных оценке минеральной и витаминной обеспеченности организма спортсменов, явно недостаточно. Для многих микроэлементов отсутствуют даже физиологически обоснованные референтные интервалы их содержания в сыворотке крови [5].

Все вышеизложенное определяет актуальность выполненного исследования.

Целью работы явилась оценка обеспеченности микронутриентами организма хоккеистов высшей квалификации в соревновательном периоде для выявления влияния физических нагрузок на витаминно-минеральную насыщенность организма спортсменов.

1.2 Материалы и методы

В исследовании приняли участие мужчины, профессионально занимающиеся хоккеем с шайбой, из команды, входящей в Континентальную хоккейную лигу. Всего обследовано 33 спортсмена, средний возраст – 26,4±0,8 года. Обследование спортсменов проводили во время соревновательного периода (хоккейного сезона).

Хоккеисты ежедневно принимали пищевые добавки: по 1 капсуле мультивитаминов; препарат, содержащий

магний; электролитный напиток; добавку, содержащую аминокислоты (L-лейцин, L-изолейцин и L-валин, L-глутамин), витамин С, витамин В6, лизофосфатидил холин и метоксиизофлавоны; сывороточный протеин с пептидами аминокислот. В день игр они принимали углеводный напиток, перед и после игры – изотонический напиток, а во время игры – изотонический раствор.

Отбор крови проводили, исходя из положения о том, что после периода отдыха и при нормальном функционировании организма величины биохимических показателей возвращаются в пределы своих референтных границ [6]. Всего было проведено 3 отбора проб крови: через 2,5 мес., 4 мес. и 6 мес. от начала игр. Первый отбор проб крови провели после проведения 8 спортивных встреч и через 1 сутки после игры. Второй отбор провели через 4 дня после возвращения хоккеистов с выездных игр (16 игр). Третий отбор провели через 2 суток после игры (проведено 17 игр). Взятие крови проводилось утром, натощак посредством венепункции локтевой вены. Обработка крови проводилась стандартными методами.

Образцы сыворотки крови на содержание микроэлементов (хром, цинк, медь, селен) анализировались на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант – Z.ЭТА». Макроэлементы (кальций, магний, фосфор, железо) определялись с помощью стандартизованных коммерческих наборов реагентов «Термо Фишер Сайентифик» (на биохимическом автоматическом анализаторе «Konelab-20»). Железозапасающий белок ферритин определяли при помощи диагностикума, производства фирмы «Вектор-Бест» (Россия). Витамины А, В2 и Е определялись на анализаторе биожидкостей «Флюорат-02-АБЛФ-Т» в соответствии с методиками производителя прибора. Для интегральной оценки состояния организма спортсменов рассчитывался индекс анаболизма (ИА) по формуле:

$$\text{ИА (\%)} = (\text{тестостерон} : \text{кортизол}) \times 100\%.$$

Значение ИА от 3% и менее свидетельствует о перетренированности организма спортсмена и о преобладании в нем катаболических процессов [7]. Для вычисления ИА кровь спортсменов анализировалась на содержание кортизола и тестостерона, которые определялись методом иммуноферментного анализа с использованием соответствующих диагностикумов (ООО «Вектор Бест», Россия).

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программы статистической обработки данных StatEX-2004.2. Рассчитывали среднюю величину оцениваемых показателей, а достоверность различий определялась по критерию Вилкоксона (для зависимых выборок).

1.3 Результаты и их обсуждение

У спортсменов были определены концентрации в сыворотке крови гормонов кортизола и тестостерона (табл. 1), что позволило оценить, как уровень психоэмоционального напряжения у хоккеистов, так и состояние

процессов анаболизма, характерных для этих спортсменов в соревновательном периоде.

Как свидетельствуют полученные данные, хоккейный сезон осуществлялся хоккеистами на фоне психоэмоционального напряжения – уровень кортизола во все исследованные интервалы соревновательного периода был повышенным. Особенно высоки эти значения были в начале сезона игр, затем наблюдалось их достоверное снижение. Этот уровень оказывал неблагоприятное значение на функциональное состояние организма спортсменов. Об этом свидетельствовали уровни индексов анаболизма и выявившие у спортсменов на протяжении большей части хоккейного сезона состояние перетренированности.

Данные о содержании некоторых макро- и микроэлементов, полученные в ходе исследования, представлены в таблице 2.

Как видно из представленных в таблице данных, содержание макроэлементов (кальция, магния, фосфора, железа) в сыворотке крови хоккеистов не выходило за рамки их референтных величин. Одновременно с тем, в ходе соревновательного периода отмечено достоверное снижение в рамках референтного интервала уровня кальция, поскольку экскреция кальция увеличивается при физических нагрузках, а также отрицательно коррелирует с уровнем кортизола [8]. Обеспеченность магнием в ходе хоккейного сезона у спортсменов была оптимальна. Уровень железа в сыворотке крови у хоккеистов так же соответствует нормативу, но к концу сезона игр он достоверно изменился – понизился на 15,4%. Аналогичная динамика отмечена и для депо железа в организме (железозапасающий белок ферритин), которое к концу соревновательного периода достоверно уменьшилось на 36% от исходного уровня.

Уровень меди в организме спортсменов (особенно в первой половине сезона игр) был низким, хотя и соответствовал нижней границе референтного интервала для здоровой популяции. Низкое содержание меди и достоверное снижение уровня железа в крови хоккеистов

может неблагоприятно сказываться на процессах переноса кислорода и клеточного дыхания [9].

Содержание селена в сыворотке крови хоккеистов соответствовало середине референтного интервала и не было подвержено каким-либо изменениям в ходе всего соревновательного периода.

Содержание хрома в сыворотках крови спортсменов – хоккеистов на протяжении всего хоккейного сезона было ниже границы референтного интервала [9]. К концу сезона игр эта ситуация усугубилась и дефицит этого микроэлемента достиг 40% от нижней величины референтного интервала (или 60% от его середины). Известно, что, представляя собой жизненно необходимый микроэлемент, хром является кофактором инсулина и, соответственно, необходим для осуществления обмена глюкозы и липидов, участвует в регуляции работы сердечной мышцы и функционировании кровеносных сосудов. Кроме того, хром в значительных количествах выводится при физических нагрузках [10]. Поэтому резонно предположить, что недостаток этого микроэлемента, играющего важную роль в энергетике организма, может негативно сказываться на спортивных результатах.

Анализ уровня цинка в сыворотке крови хоккеистов выявил приемлемую обеспеченность их организмов этим микронутриентом.

Кроме анализа макро- и микроэлементов в образцах сыворотки крови хоккеистов так же были исследованы уровни в них некоторых витаминов (табл. 3).

Как видно из представленных в таблице данных обеспеченность организма хоккеистов витамином А в соревновательный период являлась вполне приемлемой – количество его в образцах сывороток крови спортсменов на протяжении всех исследований поддерживалось на уровне верхней границы референтного интервала.

При анализе обеспеченности организмов спортсменов витамином В2 выявлено, что на протяжении большей части соревновательного периода концентрация его была неприемлемо низкой. Недостаток витамина В2 у спортсменов не является редкостью – дефицит рибофлавина у спортсменов отмечен в целом ряде исследова-

Таблица 1

Уровни кортизола, тестостерона сыворотки крови и анаболический индекс спортсменов хоккеистов в период игр (M+m)

Table 1

The levels of cortisol, testosterone and anabolic index in the blood samples of hockey players during the competition period (M+m)

№ п/п	Показатель (референтный интервал)/ Index (reference interval)	Периоды исследования (время от начала сезона игр)/ Periods of study (intervals from the opening of the season)		
		1 (2,5 мес.) (2.5 months)	2 (4 мес.) (4 months)	3 (6 мес.) (6 months)
1	Кортизол (190-690 нмоль/л) Cortisol (190-690 nmol/L)	1017,2±56,7	921,7±44,6 p1-2=0,117	815,7±32,0 p1-3=0,006
2	Тестостерон (4.5 – 35.4 нмоль/л) Testosterone (4.5 – 35.4 nmol/L)	22,2±2,9	23,8±2,6 p1-2=0,249	26,2±1,79 p1-3= 0,15
3	Индекс анаболизма (%) Anabolism index (%)	2,2	2,6	3,2

Таблица 2

**Содержание некоторых макро- и микроэлементов в сыворотке крови хоккеистов
в различные периоды соревновательной деятельности (M+m)**

Table 2

**The content of some macro- and microelements in the blood serum of hockey players during different periods
of competitive activity, (M+m)**

№ п/п	Показатель (референтный интервал) Index (reference interval)	Периоды исследования (время от начала сезона игр) Periods of study (intervals from the opening of the season)		
		1 (2,5 мес.) (2.5 months)	2 (4 мес.) (4 months)	3 (6 мес.) (6 months)
1	Кальций (2,15-2,57 ммоль/л) Calcium (2.15-2.57 mmol/L)	2,57±0,01	2,48±0,04 p1-2 =0,03	2,43±0,01 p1-3=0,09
2	Магний (0,80-1,00 ммоль/л) Magnesium (0.80-1.00 mmol/L)	0,8±0,01	0,82±0,01 p1-2=0,118	0,9±0,01 p1-3=0,008
3	Фосфор (0,87-1,45 ммоль/л) Phosphorus (0.87-1.45 mmol/L)	1,18±0,02	1,21±0,05 p1-2=0,36	1,29±0,04 p1-3=0,45
4	Железо (11,6-31,3 мкмоль/л) Ferrum (11.6-31.3 μmol/L)	19,5±1,38	24,0±2,3 p1-2=0,01	16,5±1,2 p1-3=0,0001
5	Ферритин (20-350 нг/мл) Ferritin (20-350 ng/ml)	181,8±44,4	194,9±43,8 p1-2=0,31	114,3±12,2 p1-3=0,01
6	Медь (0,70- 1,55 ммоль/л) Cuprum (0.70-1.55 mmol/L)	0,78±0,04	0,73±0,03 p1-2=0,069	0,89±0,03 p1-3=0,056
7	Селен (0,046-0,143 мкг/мл) Selenium (0.046-0.143 μg/ml)	0,099±0,009	0,098±0,013 p1-2=0,585	0,098±0,005 p1-3= 0,3
8	Хром (0,1—0,5 мкг/л) Chromium (0.1-0.5 μg/L)	0,045±0,007	0,035±0,014 p1-2=0,01	0,03±0,005 p1-3=0,0504
9	Цинк (0,55 - 1,50 ммоль/л) Zinc (0.55 to 1.50 mmol/L)	1,13±0,11	0,94±0,02 p1-2=0,11	1,14±0,05 p1-3=0,017

Таблица 3

**Содержание некоторых витаминов в сыворотке крови хоккеистов
в различные периоды соревновательной деятельности (M+m)**

Table 3

The content of certain vitamins in the blood serum of hockey players in different periods of competitive activity (M+m)

№ п/п	Показатель (референтный интервал) Index (reference interval)	Периоды исследования (время от начала сезона игр) Periods of study (intervals from the opening of the season)		
		1 (2,5 мес.) (2.5 months)	2 (4 мес.) (4 months)	3 (6 мес.) (6 months)
1	Витамин А (0,6-1,5 мкг/мл) Vitamin A (0.6-1.5 μg/ml)	1,33±0,13	1,4±0,07 p1-2=0,34	1,28±0,09 p1-3=0,42
2	Витамин В2 (10-50 мкг/%) Vitamin B2 (10-50 μg/%)	10,0±0,94	9,83±1,0 p1-2=0,25	9,73±1,08 p1-3=0,23
3	Витамин Е (5-18 мкг/мл) Vitamin E (5-18 μg/ml)	6,79±0,5	6,71±0,65 p1-2=0,34	6,62±0,82 p1-3=0,29

ний разных лет [11, 12]. Наиболее низкие концентрации в сыворотке крови у хоккеистов в ходе всего сезона игр были отмечены для витамина Е. Его уровень в исследованных образцах сыворотки крови был практически одинаков во все периоды исследования. Однако, он был на уровне нижнего значения референтного интервала, что явно несовместимо с осуществлением интенсивной спортивной деятельности, сопряженной с большими физическими нагрузками. Витамин Е играет важную роль в антиокислительной системе организма, однако не-

давно было показано, что недостаток α-токоферола может быть причиной низких концентраций целого ряда микроэлементов в сыворотке крови спортсменов [13].

Пониженное содержание микронутриентов в крови у спортсменов не представляет собой редкости, поскольку такая деятельность предполагает интенсивные физические и эмоциональные нагрузки, при которых расход микронутриентов существенно увеличивается [4]. Кроме того, они начинают интенсивно выводиться из организма [14].

Недавними исследованиями [15] выяснено, что несмотря на широкое распространение в практике спорта особого питания и пищевых добавок проблемы нехватки микронутриентов у спортсменов это не решает. Особенно остро эта проблема стоит в тех видах спорта, в которых имеется длительный соревновательный сезон, что многократно усиливает нагрузки на организм спортсменов в таких видах спорта, в отличие от тех его видов, где соревнования распределены в течение календарного года более равномерно.

В последнее время появились работы, указывающие на то, что прием спортивного питания и пищевых добавок не может полностью решить проблем дефицита витаминов и микроэлементов у спортсменов [16, 17]. Авторы видят выход в потреблении спортсменами хорошо сбалансированных рационов, на основании натуральных пищевых продуктов, богатых микронутриентами.

1.4 Выводы

Исследование обеспеченности организма хоккеистов высшей спортивной квалификации показало, что во время соревновательного сезона у хоккеистов отмечено состояние перетренированности, связанное с повышенным

содержанием кортизола в крови, при этом периоды отдыха между играми не способствовали снижению этого показателя до нормальных значений. Даже в начале хоккейного сезона в крови спортсменов не было отмечено высокой, соответствующей нагрузкам насыщенности рядом макро- и микроэлементов и витаминов, а по некоторым из них (хром, витамины В2 и Е) наблюдался дефицит.

Регулярные интенсивные физические нагрузки, характерные для деятельности хоккеистов во время сезона игр, а также состояние перетренированности обуславливают снижению обеспеченности организма спортсменов большинством исследованных микронутриентов.

Выявленная ситуация требует не только индивидуальной оценки у элитных спортсменов их микронутриентного статуса, но и последующей оптимизации и их рациона, прежде всего за счет его максимального обогащения натуральными, нерафинированными пищевыми продуктами, богатыми витаминами и микроэлементами. И лишь вторичной мерой должно быть индивидуальное назначение дополнительного приема витаминно-минеральных и иных биологически активных добавок.

Список литературы

1. **Speich M., Pineau A., Ballereau F.** Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity // *Clinical Chimica Acta*. 2001. Vol.312, №1-2. P. 1-11. DOI: 10.1016/S0009-8981(01)00598-8.
2. **Williams M.H.** Dietary Supplements and Sports Performance: Minerals // *J Int Soc Sports Nutr*. 2005. Vol.2, №1. P. 43-9. DOI: 10.1186/1550-2783-2-1-43.
3. **Ziegler P, Sharp R., Hughes V., Evans W., Khoo C.S.** Nutritional status of teenage female competitive figure skaters // *Journal of the American Dietetic Association*. 2002. №102. P. 374-9. DOI: 10.1016/S0002-8223(02)90086-6.
4. **Karakukcu C., Polat Y., Torun Y.A., Pac A.K.** The effects of acute and regular exercise on calcium, phosphorus and trace elements in young amateur boxers // *Clin Lab*. 2013. Vol.59, №5-6. P. 557-62.
5. **Федоров В.И.** К проблеме определения микроэлементов в сыворотке крови человека // *Аналитика и контроль*. 2005. Т.9, №4. С. 358-66.
6. **Колесов С.А., Рахманов Р.С., Блинова Т.В., Страхова Л.А., Чумаков Н.В.** Сывороточный оксид азота и адаптация к физическим нагрузкам на фоне приема продукта спортивного питания // *Медицина труда и экология человека*. 2017. №1. С. 84-92.
7. **Афанасьева И.А., Таймазов В.А.** Синдром перетренированности у спортсменов: эндогенная интоксикация и факторы врожденного иммунитета // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. 2011. №12. С. 24-30.
8. **Виколов А.Д., Маргазин В.А., Бойков В.Л., Каунина Д.В.** Кальций – важнейший регулирующий фактор жизнедеятельности организма спортсменов – пловцов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2016. №2. С. 10-15. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2016.2.10.
9. **Скальный А.В., Рудаков И.А.** Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. 272 с.

References

1. **Speich M, Pineau A, Ballereau F.** Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. *Clinical Chimica Acta*. 2001;312(1-2):1-11. DOI: 10.1016/S0009-8981(01)00598-8.
2. **Williams MH.** Dietary Supplements and Sports Performance: Minerals. *J Int Soc Sports Nutr*. 2005;2(1):43-9. DOI: 10.1186/1550-2783-2-1-43.
3. **Ziegler P, Sharp R, Hughes V, Evans W, Khoo CS.** Nutritional status of teenage female competitive figure skaters. *Journal of the American Dietetic Association*. 2002;(102):374-9. DOI: 10.1016/S0002-8223(02)90086-6.
4. **Karakukcu C, Polat Y, Torun YA, Pac AK.** The effects of acute and regular exercise on calcium, phosphorus and trace elements in young amateur boxers. *Clin Lab*. 2013;59(5-6):557-62.
5. **Fedorov VI.** To problem of trace element assay in human blood serum. *Analitika i kontrol*. 2005;9(4):358-66. Russian.
6. **Kolesov SA, Rakhmanov RS, Blinova TV, Strakhova LA, Chumakov NV.** Serum nitric oxide and adaptation to physical loads during dietary administration of sport nutrition product. *Meditina truda i ekologiya cheloveka*. 2017;(1):84-92. Russian.
7. **Afanaseva IA, Taymazov VA.** Syndrome of overtraining in sportsmen: endogenous intoxication and natural immunity factors. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*. 2011;(12):24-30. Russian.
8. **Vikulov AD, Margazin VA, Boykov VL, Kaunina DV.** Calcium is the most important regulatory factor of human life activity in swimmers. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2016;(2):10-15. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2016.2.10. Russian.
9. **Skalnyy AV, Rudakov IA.** Bioelements in medicine. Moscow, Izdatelskiy dom «ONIKS 21vek», 2004. 272 p. Russian.

10. **Реутина С.В.** Роль хрома в организме человека // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2009. №4. С. 50-5.

11. **Van Dam B.** Vitamins and sport // Brit J. Sports Med. 1978. Vol.12, №2. P. 74-9.

12. **Manore M.M.** Effect of physical activity on thiamine, riboflavin, and vitamin B-6 requirements // Am J Clin Nutr. 2000. Vol.72, №2. P. 598-606.

13. **Patlar S., Boyali E., Baltaci A.K., Mogulkoc R., Gunau M.** Elements in sera of elite taekwondo athletes: effects of vitamin E supplementation // Biol Trace Elem Res. 2011. Vol.139, №2. P. 119-25. DOI: 10.1007/s12011-010-8648-7.

14. **Wang L., Zhang J., Wang J., He W., Huang H.** Effects of high-intensity training and resumed training on macroelement and microelement of elite basketball athletes // Biol Trace Elem Res. 2012. Vol.149, №2. P. 148-54. DOI: 10.1007/s12011-012-9420-y.

15. **Wierniuk A., Wlodarek D.** Estimation of energy and nutritional intake of young men practicing aerobic sports // Rocznik Panstw Zakl Hig. 2013. Vol.64, №2. P. 143-8.

16. **Wadenaar F., Brinkmans N., Ceelen I., Van Rooij B., Mensink M., Witkamp R., De Vries J.** Micronutrient Intakes in 553 Dutch Elite and Sub – Elite Athletes: Prevalence of Low and High Intakes in Users and Non – Users of Nutritional Supplements // Nutrients. 2017. Vol.15, №2. P. 142. DOI: 10.3390/nu9020142.

17. **Parr M.K., Schmidtsdorff S., Kollmeier A.S.** Nutritional supplements in sports sense, nonsense or hazard? // Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2017. Vol.60, №3. P. 314-22. DOI: 10.1007/s00103-016-2498-1.

10. **Reutina SV.** The role of chromium in the person's organism. Vestnik RUDN, seriya Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti. 2009;(4):50-5. Russian.

11. **Van Dam B.** Vitamins and sport. Brit J. Sports Med. 1978;12(2):74-9.

12. **Manore MM.** Effect of physical activity on thiamine, riboflavin, and vitamin B-6 requirements. Am J Clin Nutr. 2000;72(2):598-606.

13. **Patlar S, Boyali E, Baltaci AK, Mogulkoc R, Gunau M.** Elements in sera of elite taekwondo athletes: effects of vitamin E supplementation. Biol Trace Elem Res. 2011;139(2):119-25. DOI: 10.1007/s12011-010-8648-7.

14. **Wang L, Zhang J, Wang J, He W, Huang H.** Effects of high-intensity training and resumed training on macroelement and microelement of elite basketball athletes. Biol Trace Elem Res. 2012;149(2):148-54. DOI: 10.1007/s12011-012-9420-y.

15. **Wierniuk A, Wlodarek D.** Estimation of energy and nutritional intake of young men practicing aerobic sports. Rocznik Panstw Zakl Hig. 2013;64(2):143-8.

16. **Wadenaar F, Brinkmans N, Ceelen I, Van Rooij B, Mensink M, Witkamp R, De Vries J.** Micronutrient Intakes in 553 Dutch Elite and Sub – Elite Athletes: Prevalence of Low and High Intakes in Users and Non – Users of Nutritional Supplements. Nutrients. 2017;15(2):142. DOI: 10.3390/nu9020142.

17. **Parr MK, Schmidtsdorff S, Kollmeier AS.** Nutritional supplements in sports sense, nonsense or hazard? Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2017;60(3):314-22. DOI: 10.1007/s00103-016-2498-1.

Информация об авторах:

Колесов Сергей Александрович, старший научный сотрудник клинического отдела ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора РФ, к.б.н. (+7 (831) 436-24-80, sakdom2@mail.ru)

Блинова Татьяна Владимировна, ведущий научный сотрудник клинического отдела ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора РФ, д.м.н.

Рахманов Рофаиль Сальхович, профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России, д.м.н.

Страхова Лариса Анатольевна, младший научный сотрудник клинического отдела ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора РФ

Умнягина Ирина Александровна, главный врач ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора РФ, к.м.н., доцент

Хайров Рашид Шамильевич, младший научный сотрудник клинического отдела ФБУН Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора РФ

Information about the authors:

Sergey A. Kolesov, Ph.D. (Biology), Senior Researcher of the Clinical Department of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology (+7 (831) 436-24-80, sakdom2@mail.ru)

Tatyana V. Blinova, M.D., D.Sc. (Medicine), Leading Researcher of the Clinical Department of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology

Rofail S. Rakhmanov, M.D., D.Sc. (Medicine), Professor of the Hygiene Department of the Privolzhskiy Research Medical University

Larisa A. Strakhova, Junior Researcher of the Clinical Department of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology

Irina A. Umnyagina, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor, Head Physician of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology

Rashid Sh. Khayrov, Junior Researcher of the Clinical Department of the Nizhny Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 25.09.2018

Принята к публикации: 13.10.2018

Received: 25 September 2018

Accepted: 13 October 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.65

УДК: 611.1/.8, 611.018.6, 611.018.28

Distal brachii biceps tendon repair with bone tunnel

Attilio Santucci, Andrea Stancati, Silvio Giannetti, Ernesto Damiano Pagano

«Villa Stuart» Sports Clinic, Rome, Italy

ABSTRACT

Objective: subcutaneous rupture of the distal biceps tendon is the most common tendon injury of the elbow. Recently with the best understanding of the anatomy and the advent of new fixations many surgeons took up the use of single incision surgery, as an alternative to replace the tendon. **Materials and methods:** 40 male patients (average age 45,2) operated from 2006 to 2016. **Results:** only 3 cases had post-surgery complications: 1. a transient neurapraxia of the posterior interosseous nerve, 2. a radio-ulnar synostosis with stiffness in pronation and supination, and 3. a stiffness of the elbow in extension of approximately 5° degrees. **Conclusions:** the reinsertion of the distal biceps tendon with bone tunnel in anatomical site is a safe, reproducible technique that offers excellent clinical results. Patients achieve a complete recovery of the elbow range of motion, strength and endurance, with minimal risk of complications

Key words: tendon rupture, biceps brachii, elbow injury

For citation: Santucci A., Stancati A., Giannetti S., Pagano E. Distal brachii biceps tendon repair with bone tunnel. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):65-70. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.65.

1.1 Introduction

Subcutaneous rupture of the distal biceps tendon is a rare lesion (1.24 per 100,000) but is the most common tendon injury of the elbow. It affects mainly the dominant side, men, athletes and manual workers between 40 and 60 years old [1, 2]. The failure mechanism is generally represented by a violent contraction against resistance with elbow in flexion or in response to an abrupt extension [3]. Predisposing factors are chronic tendinopathy and tendon impingement at radial tuberosity during pronosupination. The complete ruptures present with a painful feeling of crack or snap», followed by bruising and deformity proximal to the cubital crease for the retraction of muscle belly, with functional limitation in flexion and supination with elbow flexion. The lesion occurs in almost all cases at insertion on radial tuberosity [4].

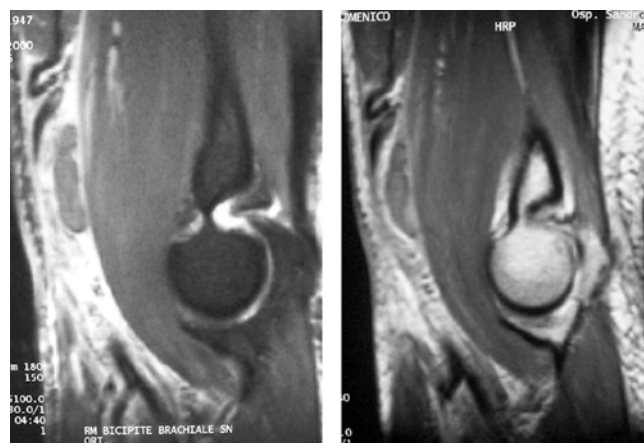
The tendon appears frayed, bruised and retracted in its synovial sheath. The lacertus fibrosus may be intact or make a partial or total lesion: in this case the retraction of the muscle belly is greater. Anatomically and pathologically tendon often presents degenerated. The treatment for a satisfactory functional recovery and for the recovery of flexor strength and especially the supination strength is the surgical reinsertion at the radial tuberosity. It can be performed using a single or double access.

Initially it used the technique with anterior single access but given the high percentage of lesions of the posterior interosseous nerve, it was temporarily replaced by technique with dual access, anterior and postero-lateral, which allows easier arrive to the radial tuberosity, keeping more protected the posterior interosseous nerve [5]. But even with this technique are frequent complications such as radio-ulnar synostosis and heterotopic calcification. But in recent years with the best understanding of the anatomy and the advent of

new fixations many authors took up the use of single incision, which is a valid alternative to replace the tendon [6-10].

1.2 Materials and methods

Diagnosis. Diagnosis is based on clinical findings and history. Patients are men of half age that relate sharp contraction or exertion with elbow flexion. Clinically at palpation there is a defect of the tendon in the cubital crease with retraction of the muscle belly. The patient shows strength reduction and pain at forearm supination against resistance (Yergason test) Magnetic resonance imaging (MRI) is the test of choice to confirm the diagnosis and should be performed with the patient in FABS position (elbow flexion, shoulder abducted and supinated forearm) which is used to stretch the tendon and to show more detail at insertion, making it easier diagnosis between partial and total lesions [11] (pic. 1).



Pic. 1. Rupture of the tendon

Alternatively, ultrasound allows a dynamic study of the tendon and also compared.

Surgical technique. The patient, after brachial plexus block (if not contraindicated) is placed in the supine position with the upper limb abducted on a table and proximal pneumoischemia transient. It performed a distal anterior approach to the elbow crease and slightly lateral, 4-5 cm.

Blunt subcutaneous dissection is performed and proceed by isolating muscle-cutaneous nerve, superficial and deep branches of radial nerve and brachial artery branches (radial recurrent). By blunt it is located the sheath and it is recovered the tendon that often content in its sheath and proximally retracted. The tendon is basted with double continuous Krakow suture for 3-4 cm with high-strength wires (Ethibond 2). Exposing the bicipital tuberosity in maximum forearm supination is practiced a bone tunnel

over 1 cm x 3-4 mm at the disinsertion area with marginal 3 holes on the major axis and 1 distal hole of the bone tunnel. The tendon is located in the bone tunnel after passing the 4 wires in marginal 3 holes (2 wires in central hole) and then anchored with these wires at the correct stretch in elbow flexion and supination forced. Now it test for strength and proper stretch of the tendon by extending the elbow (pic. 2). At the end of the surgery it immobilizes the elbow in flexion with an elastic bandage functional or articulated splint for about 3 weeks.

Rehabilitation. The patient starts passive and active assisted motion at 1 week after surgery and at 2 weeks with weights of less than 2 kg. At 6 weeks may start a gradual muscle enhancement; manual work with full use and maximal effort of the elbow are guaranteed at about 15-20 weeks after surgery, depending on the case.



Fig. 2. Basted tendon with Krakow suture and reinsertion



Fig. 3. Clinic case after surgery

1.3 Results and discussion

We treated with this technique from 2006 to 2016 40 patients (men, average age 45,2). One patient had a transient neurapraxia of the posterior interosseous nerve, one patient had a radio-ulnar synostosis with stiffness in pronation and supination that required surgical removal of the ossification and another patient had a stiffness of the elbow in extension of approximately 5 ° degrees. All other patients showed motion and strength comparable to the contralateral Elbow (pic. 3).

We perform the technique with single anterior access with bone tunnel in anatomical site in acute and inveterate cases. This type of surgery allows the mobilization of the patient in a short time (it is seen that early mobility would

seem to improve the healing of the tendon) and get the big advantage of housing the tendon in a bone trench. In literature were performed biomechanical tests to compare the strength of the various fixation methods, bone tunnel showed an average of 310 N, whereas the average strength in physiological conditions is between 200 and 225 N. We obtained satisfactory results with this technique and comparable to those in the literature [12-19].

1.4 Conclusions

The reinsertion of the distal biceps tendon with bone tunnel in anatomical site is a safe, reproducible technique that offers excellent clinical results. Patients achieve a complete recovery of the elbow range of motion, strength and endurance, with minimal risk of complications.

Операция по восстановлению дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча с помощью костного тоннеля

А. Сантуччи, А. Станкати, С. Джанетти, Э. Д. Пагано

Клиника «Вилла Стюарт», г. Рим, Италия

РЕЗЮМЕ

Введение: подкожный разрыв дистального сухожилия бицепса является распространенным сухожильным повреждением при травме локтя. Операция по коррекции данного состояния может быть выполнена с использованием одного или двух доступов. Первоначально использовалась техника с одним передним доступом, но она сопровождается большим числом потенциальных осложнений, которые в последнее время удается избежать, благодаря лучшему пониманию анатомии и появлению новых фиксаторов. Данная операция является реальной альтернативой пересадки сухожилия. **Цель исследования:** оценить эффективность проведения «методики единственного разреза» при хирургической коррекции сухожилия бицепса. **Материалы и методы:** выполнена оригинальная хирургическая операция 40 мужчинам (средний возраст 45,2 лет) в период с 2006 до 2016 гг. **Результаты:** осложнения после проведения операции возникли лишь в 3 случаях: 1. временная нейропраксия заднего межкостного нерва предплечья, 2. радио-ульнарный синостоз с ригидностью в пронации и супинации, 3. ригидность в разгибании локтя. **Выводы:** фиксации дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча в костном туннеле в анатомическом месте является эффективной, безопасной и воспроизводимой методикой, позволяющей достичь полного восстановления объема движений в локтевом суставе, мышечной силы и выносливости с минимальным риском осложнений.

Ключевые слова: разрыв сухожилия, двуглавая мышца плеча, травма локтевого сустава

Для цитирования: Сантуччи А., Станкати А., Джанетти С., Пагано Е. Операция по восстановлению дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча с помощью костного тоннеля // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 65-70. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.65.

1.1 Введение

Подкожный разрыв дистального сухожилия бицепса встречается редко (1,24 на 100000), но является наиболее распространенным сухожильным повреждением при травме локтя. Доминирующая рука в большей степени подвержена разрыву у мужчин атлетов и работников физического труда от 40 до 60 лет [1, 2]. Механизм повреждения, как правило, заключается в насильственной разгибе локтя, находящегося в положении сгибания, или при быстром сгибании руки во время деятельности, связанной с разгибанием локтя [3]. Провоцирующими факторами являются хроническое воспаление сухожилия и импинджмент сухожилия на бугристости лучевой кости во время проносупинации. Полные разрывы спрово-

ждаются болезненным ощущением треска или «щелчка» с последующим появлением кровоподтеков и деформации проксимальнее локтевой складки, связанной с ретракцией мышечного брюшка, с функциональным ограничением в сгибании и супинации руки в локтевом суставе. Практически во всех случаях разрыв происходит в месте прикрепления мышцы к бугристости лучевой кости [4].

В своем синовиальном влагалище сухожилие изношено, поражено и сокращено. Мышечная фасция может быть не затронута, либо частично или полностью повреждена: в этом случае ретракция мышечного брюшка более выраженная. Анатомически и патологически часто выявляется дегенерация сухожилия. Для получе-

ния удовлетворительного функционального результата и восстановления силы сгибания и особенно силы супинации требуется хирургическая фиксация сухожилия к бугристости лучевой кости.

Операция может быть выполнена с использованием одного или двух доступов. Первоначально использовалась техника с одним передним доступом, но из-за высокого процента повреждения заднего межкостного нерва предплечья, он был временно заменен техникой с двойным доступом, передним и задне-латеральным, который позволяет легче добраться до бугристости лучевой кости, оставляя в большей сохранности задний межкостный нерв [5]. Но даже с этой техникой часто встречаются такие осложнения, как радио-ульнарный синостоз и гетеротопическая кальцификация. Но в последнее время благодаря лучшему пониманию анатомии и появлению новых фиксаторов многие авторы овладели методикой единственного разреза, который является реальной альтернативой пересадки сухожилия [6-10].

1.2 Материалы и методы

Диагностика. Диагноз основывается на клинических данных и истории болезни. Пациентами являются мужчины 50 лет, у которых резкое сокращение или разгибание руки осуществляется во время деятельности, связанной со сгибанием локтя. Клинически при пальпации определяется дефект сухожилия в локтевой складке с ретракцией мышечного брюшка. У пациента наблюдается ослабление силы и боль при супинации предплечья при противодействии (проба Ергасона). Магнитно-резонансная томография (МРТ) является методом выбора для подтверждения диагноза; ее следует проводить с пациентом в положении FABS (при сгибании в локтевом суставе, отведении плеча и супинации предплечья), что используется с целью растянуть сухожилие и показать более подробно место его прикрепления, что облегчает диагностику частичного и полного разрыва [11] (рис. 1). В качестве альтернативы можно применять метод УЗИ диагностики для проведения динамического исследования сухожилия, а также для сравнительных исследований.

Хирургическая техника. После блокады плечевого сплетения (если не противопоказано) пациент располагается на операционном столе в положении лежа на спине с отведенной верхней конечностью, проксимально временно накладывается жгут (proximal pneumoischemia transient). Выполняется передний дистальный доступ чуть латеральнее локтевой складки на 4-5 см.

Подкожные ткани рассекаются тупым способом с последующим выделением мышечно-кожного нерва предплечья, поверхностных и глубоких ветвей лучевого нерва и ветвей плечевой артерии (возвратная лучевая артерия). Тупым способом выделяется фасциальное влагалище и извлекается сухожилие, которое часто располагается проксимально в своем влагалище и в состоянии ретракции. Сухожилие прошивается двойным

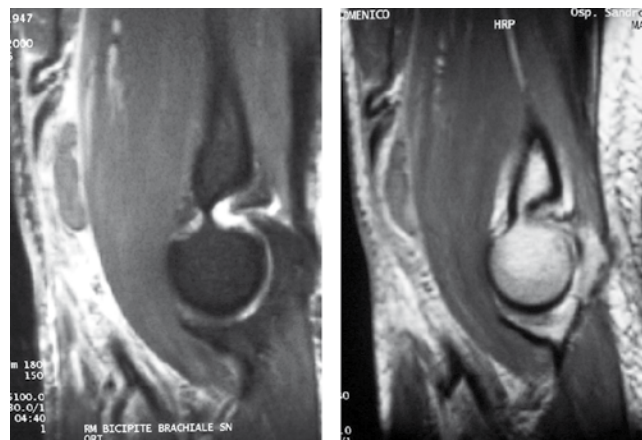


Рис. 1. Разрыв сухожилия

непрерывным швом Кракова на 3-4 см с помощью высокопрочных проволок (Этибонд 2). После обнажения бугристости лучевой кости в положении максимальной супинации предплечья формируется костный тоннель длиной более 1 см и толщиной 3-4 мм в месте отрыва сухожилия от места прикрепления с 3 краевыми отверстиями на главной оси и одним дистальным отверстием. Сухожилие погружается в костный туннель после протягивания 4 проволок через 3 краевых отверстия (2 проволоки в центральном отверстии), а затем фиксируется этими проволоками в правильном натяжении при сгибании в локтевом суставе и вынужденной супинации. Тест на силу и нужное натяжение сухожилия осуществляется с помощью разгибания локтя (рис. 2). В конце операции осуществляется иммобилизация локтевого сустава в положении сгибания с помощью функционального эластического биндажа или лонгеты на 3 недели.

Реабилитация. Пациент начинает выполнять пассивные и активные движения (с подстраховкой) через 1 неделю после операции и через 2 недели с грузом менее 2 кг. Через 6 недель можно начинать постепенное увеличение мышечной нагрузки; ручной труд с полным использованием и максимальным усилием в локтевом суставе гарантируются примерно через 15-20 недель после операции, в зависимости от случая.

1.3 Результаты и их обсуждение

Мы пролечили 40 пациентов (мужчины, средний возраст 45,2) с помощью этой хирургической техники с 2006 до 2016 гг. У одного пациента была временная нейропраксия заднего межкостного нерва предплечья, у одного пациента был радио-ульнарный синостоз с ригидностью в пронации и супинации, что потребовало хирургической репарации кости (удаление оссификатов), и у еще одного пациента была отмечена ригидность в разгибании локтя приблизительно 5 градусов. У всех остальных пациентов объем движений и мышечная сила оперированной конечности была сравнима с контралатеральной (рис. 3).



Рис. 2. Сухожилие, прошитое швом Кракова, и его фиксация



Рис. 3. Клинический исход после операции

Мы выполняем операцию с одним передним доступом с костным туннелем в анатомическом месте при острых и запущенных случаях. Этот тип операции позволяет мобилизовать пациента за короткий период времени (можно полагать, что ранняя мобилизация ускоряет заживление сухожилия) и получить большое преимущество в расположении сухожилия в костном канале. В литературе описаны биомеханические тесты, позволяющие сравнить мышечную силу при различных методах фиксации; костный туннель показал в среднем 310 Н, в то время как средняя мышечная сила в физиологических условия колеблется от 200 до 225 Н. Мы по-

лучили удовлетворительные результаты, используя эту технику, которые сопоставимы с таковыми, описанными в литературе [12-19].

1.4 Выводы

Фиксации дистального сухожилия двуглавой мышцы плеча в костном туннеле в анатомическом месте является безопасной, воспроизводимой методикой, которая обеспечивает отличные клинические результаты. Пациенты достигают полного восстановления объема движений в локтевом суставе, мышечной силы и выносливости с минимальным риском осложнений.

References

1. **Morrey BF.** Biceps tendon injury. Instr Course Lecture. 1999;45:405-10.
2. **Safran MR, Graham SM.** Distal biceps tendon ruptures: incidence, demographics and effect of smoking. Clin Orthop. 2002;(404):275-83.
3. **Dillon MT, Bollier MJ, King JC.** Repair of acute and chronic distal biceps tendon ruptures using the Endobutton. Hand. 2011;6(1):39-46. DOI: 10.1007/s11552-010-9286-4.
4. **Santucci A, De Palma L.** L'impiego delle ancore Mitek nelle reinserzioni tendinee e legamentose dell'arto superiore. Indicazioni e tecnica chirurgica. Riv Chir Mano. 2002;39:64-71.
5. **Bernstein AD, Breslow MJ, Jazrawi LM.** Distal biceps tendon ruptures: a historical perspective and current concepts. Am J Orthop. 2001;30(3):193-200.
6. **Bain GI.** Repair of distal biceps tendon avulsion with the endobutton technique. Tech Shoulder Elb Surg. 2003;12:484-90.
7. **Boyd HB, Anderson LD.** A method for reinsertion of the distal biceps brachii tendon. J Bone Jt Surg Am. 1961;43(7):1041-43.
8. **D'Alessandro DF, Shields ClJr, Tibone JE, Chandler RW.** Repair of distal biceps tendon ruptures in athletes. Am J Sports Med. 1993;21(1):114-9.
9. **Wall LB, Galatz LM.** Single – incision distal biceps tendon repair. Oper Tech Orthop. 2009;91:2329-34.
10. **Nicoletti S, Bucciarelli G, MAffeì G.** LA reinserzione del tendine distale del bicipite conendobutton. Lo Scalpello. 2013;27:17-21.
11. **Chew ML, Giuffrè BM.** Disorders of the distal biceps brachii tendon. Radiographics. 2005;25(5):1227-37.
12. **Idler CS, Montgomery WH, Lindsey DP et. al.** Distal biceps tendon repair: a biomechanical comparison of intact tendon and 2 repair techniques. Am J Sports Med. 2006;34(6):968-74.
13. **Sotereanos DG, Pierce TD, Varitimidis SE.** A simplified method for repair of distal biceps tendon ruptures. J Shoulder Elb Surg. 2000;9(3):227-33.
14. **Kettler M, Lunger J, Kuhn V et. al.** Failure strengths in distal biceps tendon repair. AM J Sports Med. 2007;35(9):1544-48.
15. **Kettler M, Tingart MJ, Lunger J et.al.** Reattachment of the distal tendon of biceps: factors affecting the failure strength of the repair. J Bone Jt Surg Br. 2008;90:103-6.
16. **Mazzocca AD, Burton KJ, Romeo AA et.al.** Biomechanical evaluation of 4 techniques of distal biceps brachii tendon repair. Am J Sports Med. 2007;35(2):252-8.
17. **Woo SL, Gelberman RH, Cobb NG et. al.** The importance of controlled passive mobilization on flexor tendon healing. A biomechanical study. Acta Orthop Scand. 1981;52(6):615-22.
18. **Checo FJ, Rodner CM.** Bone tunnel and suture anchor fixation of distal biceps tendon ruptures. Sports Med Arthrosc. 2008;16(3):124-9.
19. **Pereira DS, Kvitne RS, Liang M et.al.** Surgical repair of distal biceps tendon ruptures: a biomechanical comparison of two techniques. Am J Sports Med. 2002;30(3):432-6.

Информация об авторах:

Сантуччи Аггилио, проф., травматолог-ортопед клиники «Вилла Стюарт» (06 35528500-501-502-503, oyezerska.villastuart@eurosanita.it)
Станкати Андреа, травматолог-ортопед клиники «Вилла Стюарт»
Джанетти Сильвио, травматолог-ортопед клиники «Вилла Стюарт»
Пагано Эрнесто Дамиано, травматолог-ортопед клиники «Вилла Стюарт»

Information about the authors:

Attilio Santucci, M.D., Prof., Orthopedist-Traumatologist of the «Villa Stuart» Sports Clinic (06 35528500-501-502-503, oyezerska.villastuart@eurosanita.it)

Andrea Stancati, M.D., Orthopedist-Traumatologist of the «Villa Stuart» Sports Clinic

Silvio Giannetti, M.D., Orthopedist-Traumatologist of the «Villa Stuart» Sports Clinic

Ernesto Damiano Pagano, M.D., Orthopedist-Traumatologist of the «Villa Stuart» Sports Clinic

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 12.05.2018

Принята к публикации: 12 May 2018

Received: 12 May 2018

Accepted: 23 June 2018

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.71

УДК: 615.825

Роль снижения массы тела и физических упражнений в лечении гонартроза

А.Н. Шкробко, А.Н. Глушаков

*ФГБОУ ВО Ярославский государственный медицинский университет,
Министерство здравоохранения РФ, г. Ярославль, Россия*

РЕЗЮМЕ

Выполнен анализ литературных данных о современных методах лечения гонартроза, основанных на снижении массы тела больных. Рассмотрена патогенетическая взаимосвязь ожирения и остеоартроза, в частности, роль адипокинов, приведены сведения о том, что снижение массы тела способствует положительной динамике функционального состояния суставов, пораженных остеоартрозом. При этом отмечается наличие сложной системы физических, личностных, психологических и социальных барьеров и стимулов в поддержании этими больными должного уровня физической активности. Указано, что одним из направлений повышения эффективности лечения должно стать применение методов, позволяющих активизировать пациента с остеоартрозом. Отмечена необходимость разработки и апробации методов, в основе которых должны лежать программы по повышению уровня физической активности больных, в том числе применение методов лечебной физической культуры.

Ключевые слова: остеоартроз, гонартроз, лечебная физкультура, тучность, адипокины

Для цитирования: Шкробко А.Н., Глушаков А.Н. Роль снижения массы тела и физических упражнений в лечении гонартроза // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 71-79. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.71.

Role of body mass reduction and physical exercises in treatment of gonarthrosis

Aleksandr N. Shkrebko, Aleksandr N. Glushakov

Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

ABSTRACT

The analysis of literature data on modern methods of gonarthrosis treatment based on a decrease in the body weight of patients was conducted. The pathogenetic relationship between obesity and osteoarthritis, in particular, the role of adipokines, was considered. It was shown that a decrease in body weight contributed to a positive dynamics of the functional state of joints affected by osteoarthritis. At the same time, there was a complex system of physical, personal, psychological and social barriers and incentives to keep these patients at the proper level of physical activity. It was indicated that one of the ways to improve the effectiveness of treatment should be the use of methods that activate patients with osteoarthritis. The need to develop and appropate methods based on programs to increase the level of physical activity of patients, including the use of methods of therapeutic physical training was noted.

Key words: osteoarthritis, gonarthrosis, therapeutic exercise, obesity, adipokines

For citation: Shkrebko AN, Glushakov AN. Role of body mass reduction and physical exercises in treatment of gonarthrosis. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):71-79. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.71.

Остеоартроз (ОА) является наиболее распространенным заболеванием опорно-двигательной системы и самой частой причиной нетрудоспособности у пожилых людей [1-4]. ОА представляет собой хроническое прогрессирующее дегенеративное заболевание суставов, в основе которого лежат процессы разрушения суставного хряща и последующие изменения в субхондральной кости, приводящие к потере хрящевой ткани [2, 4]. У больных ОА

проявляется отеком суставов, выраженным болевым синдромом, ограничением движений в суставах. Заболевание существенно снижает качество жизни данной категории пациентов и ограничивает их повседневную активность. Наиболее часто остеоартроз поражает коленные суставы, что связано с высокой весовой нагрузкой на последние, таким образом, гонартроз выступает в качестве одного из наиболее часто встречающихся проявлений заболевания.

К настоящему времени в ряде исследований показано, что избыточный вес часто предшествует развитию ОА и повышает риск рентгенопрогрессирования изменений в суставах [5, 6]. Убедительно подтверждено наличие патогенетической связи ожирения и остеоартроза, что свидетельствует о необходимости учета этих аспектов при разработке и совершенствовании подходов к лечению заболевания.

Целью настоящего исследования был анализ современных подходов к лечению гонартроза, основанных на снижении массы тела больных.

Общепризнано, что лечение остеоартроза должно быть комплексным, включающим фармакологические методы и хирургическое лечение. При этом все большее количество авторов уделяют внимание использованию немедикаментозных неинвазивных методов терапии гонартроза. Обращают на себя внимание результаты исследований, в которых оценивались возможности и особенности лечения ОА при избыточном весе с включением в комплекс мероприятий физических упражнений [7, 8].

Одним из направлений немедикаментозного лечения рассматриваемой патологии является использование ортезов и тейпирование надколенников. В частности, данной категории больных нередко предписывается ношение стелек с латеральным наклоном и вальгизирующих фиксаторов, хотя сведения об эффективности этих средств при данной форме заболевания отсутствуют [9, 10]. В свою очередь, есть мнение, что медиальное тейпирование надколенников эффективно при пателлофеморальном остеоартрозе [11, 12]. Использование этого относительно простого подхода обеспечивает наличие медиально направленного вектора тяги, который смещает надколенник в межвертельную борозду, что способствует снижению выраженности болевого синдрома у больных ОА.

Обычно для тейпирования используются специальные клейкие нерастягивающиеся ленты, которые применяются в комбинации с гипоаллергенным пластырем. Лента накладывается на верхнюю часть надколенника, оттягивается медиально и прикрепляется к медиальной поверхности нижней конечности в области коленного сустава. Дополнительные вторая и третья ленты прикрепляются к большеберцовому бугру и протягиваются к медиальной и латеральной суставной линиям. Во время процедуры пациент должен находиться в положении лежа на спине с разогнутыми коленями и расслабленными бедренными мышцами [11].

Тейпирование позволяет снизить нагрузку на поднадколенниковое жировое тело [13]. Как правило, эта процедура выполняется врачом-специалистом, однако может осуществляться пациентом самостоятельно.

Использование вспомогательных средств для ходьбы позволяет снизить нагрузку на коленные суставы, в результате уменьшается выраженность болевого синдрома, улучшается функциональный статус суставов [14]. Пациентам с односторонним или асимметричным остеоартрозом рекомендуется опираться на трость с контра-

латеральной стороны. Конец трости должен касаться земли одновременно с опорой на больную ногу. Трость должна быть тщательно подобрана в соответствии с ростом пациента. Больные с двусторонним или симметричным остеоартрозом могут использовать ходунки [14].

Рассматривая такие методы, как акупунктура и чрескожная электростимуляция нервов, отметим, что традиционная китайская акупунктура достаточно давно используется в качестве альтернативного метода лечения ОА. Результаты мета-анализа, проведенного Lin X. et al. (2016), в который были включены данные 10 рандомизированных контролируемых исследований, показали, что применение акупунктуры способствует к улучшению функционального состояния больных, однако болевой синдром при этом облегчается только на небольшой срок [15].

Применение чрескожной электростимуляции нервов основано на модулирующем влиянии электрического тока на ноцицептивные рецепторы, за счет чего происходит купирование болевого синдрома. В целом результаты исследований указывают на то, что электростимуляция является эффективным дополнением к терапии гонартроза [16, 17].

Sharma L. et al. (2011) показали, что наличие варусной деформации коленного сустава повышает риск развития ОА в 4 раза, при этом установлено, что наличие вальгусной деформации в 5 раз повышает нагрузку на латеральные отделы коленного сустава [18].

В ряде сообщений указывается на наличие связи избыточного веса и повышенного риска развития ОА. Так, в работе Davis M. et al. (1990) было продемонстрировано, что наличие ожирения коррелирует с признаками гонартроза, как одно-, так и двустороннего [6]. Патогенетическая взаимосвязь увеличения массы тела и ОА на сегодняшний день рассматривается со следующих позиций. Общепризнано, что повышение веса влияет на биомеханические параметры сустава за счет увеличения механической нагрузки на нижнюю конечность. На поверхности хондроцитов имеются механорецепторы, которые связаны сигнальными каскадами с внеклеточным матриксом. К настоящему времени найден ряд сигнальных рецепторов хондроцитов: каналы, активируемые растяжением (stretch-activated channels), рецепторы с фенотипом CD44 и $\alpha 5 \beta 1$ -интегрины. Растяжение и сжатие, стимулируя эти рецепторы, вызывают активацию сигнальных каскадов, в которых участвуют протеинкиназа, ядерный фактор NF κ B, а также вторичные мессенджеры: кальций и циклический аденозинмонофосфат. Активация механорецепторов вызывает синтез цитокинов, простагландинов, оксида азота, а также приводит к усилению активности матриксных металлопротеиназ. Установлено, что при создании определенных условий перегрузка сустава способствует запуску (служит триггером) ингибиции синтеза матриксных компонентов, что в свою очередь приводит к деградациии хрящевой ткани. Очевидно, что вышеописанные патогенетические механизмы с большой вероятностью опосредуют

индукцию повреждения хряща при ожирении, начинающуюся с активации механорецепторов [3, 18].

В одном из исследований в течение 10 лет наблюдались 142 женщины в возрасте от 30 до 49 лет без клинических признаков ОА. В начале исследования у 62% обследуемых были отмечены нормальные значения ИМТ – менее 25 кг/м², у 26% пациенток выявлена избыточная масса тела (ИМТ от 25 до 29,9 кг/м²), у 12% значение ИМТ превышало 30 кг/м², то есть наблюдались признаки ожирения. Спустя 10 лет доля лиц с ожирением возросла до 27%, с избыточной массой тела – до 27%, только у 44% обследуемых женщин величина ИМТ была нормальной. Результаты магнитно-резонансной томографии (МРТ) свидетельствовали, что прогрессирование ожирения у этих пациенток, несмотря на отсутствие клинических и рентгенологических проявлений ОА сопровождалось развитием дефектов хрящевой ткани и потерей ее объема, усиливая, таким образом, риск развития и тяжелого течения гонартроза ОА [19, 20].

Laberge M. et al. (2012) на основании результатов МРТ у 137 обследуемых выявили, что наличие избыточной массы тела было достоверно связано с повышением частоты выявления и тяжести дегенеративных изменений тканей коленных суставов. Распространенность и выраженность патологических изменений хрящевой ткани коррелировала с величиной ИМТ, при повышении его значения риск повреждений мениска возрастал в 4 раза по сравнению теми обследуемыми, у которых наблюдались нормальные значения ИМТ [21].

В настоящее время жировая ткань рассматривается как вид соединительной ткани, состоящей из разветвленной сети сосудов, коллагеновых волокон, фибробластов, иммунцитов, окруженных липидными клетками – адипоцитами. Функциями белой жировой ткани являются: депонирование жира, создание теплоизоляционного слоя, а также механическая защита других тканей [22]. Одним из недостаточно изученных свойств этого вида жировой ткани является эндокринная функция. Установлено, что жировая ткань продуцирует целый ряд биологически активных веществ [23, 24], важнейшими из которых являются адипокины и адипоцитокينات [22]. На сегодня выявлено более 50 адипокинов, в том числе: лептин, адипонектин, висфатин, резистин и другие, способствующие также усилению секреции провоспалительных цитокинов, в первую очередь фактора некроза опухоли- α (ФНО- α) и интерлейкина 6 (ИЛ-6), играющих важнейшую роль в патогенезе изменений тканей суставов [24].

Таким образом, адипокины, продуцирующиеся белой жировой тканью, обладают плейотропными эффектами и влияют в том числе на активность иммунной и воспалительной реакции, способствуя поддержанию хронического воспалительного процесса, совместно с другими цитокинами, что усиливает дегенеративные процессы в суставных тканях [25]. При этом продемонстрирован синергический эффект адипокинов и провос-

палительных интерлейкинов, в частности ИЛ-1, в отношении усиления катаболических процессов в хрящевой ткани и повышения концентрации провоспалительных медиаторов в суставе [23].

Предпринимаются попытки оценки прямого действия адипокинов на суставные ткани. Так, Boer T.N. et al. (2012) оценивали концентрации адипонектина, лептина и резистина у 172 больных ОА IV стадии и у 132 здоровых обследуемых (контрольная группа) без рентгенологических признаков гонартроза. Авторы установили, что уровни адипокинов у пациентов с гонартрозом были достоверно выше соответствующих значений в контрольной группе ($p < 0,001$). При этом было показано, что максимальные концентрации адипонектина и лептина ассоциированы с повышенными значениями ИМТ у лиц женского пола ($p < 0,001$). Гистологические исследования тканей синовиальной оболочки и хряща показали наличие корреляций уровней адипокинов в сыворотке крови с выраженностью воспалительного процесса в синовии [19].

Очевидно, что при наличии избыточного веса его снижение сопровождается уменьшением нагрузки на коленные суставы, что способствует облегчению проявлений заболевания у больных с ОА и благоприятно сказывается на функциональном состоянии нижних конечностей. Лечение таких пациентов должно быть комплексным и включать наряду с обезболиванием применение нефармакологических методов, таких как физические упражнения и снижение веса [26].

Упорядоченная и целенаправленная физическая активность позволяет снизить выраженность болевого синдрома и способствует улучшению функционального состояния больных [27]. Показано, что снижение массы тела более чем на 5% в течение 5 месяцев положительно сказывается на течении заболевания [28, 29]. Сочетание ограничения суточного потребления калорий с физическими упражнениями считается одной из наиболее эффективных стратегией по снижению веса и облегчению симптомов ОА [30].

Продемонстрировано, что физические упражнения значительно снижают выраженность болевого синдрома и повышают качество жизни больных гонартрозом [31]. Это положение зафиксировано в рекомендациях Американской ортопедической академии ортопедов 2013 г. и в рекомендациях АКР 2012 г., в которых указывается на эффективность укрепления мышц и низкоинтенсивных аэробных нагрузок у данной категории больных [32]. Специалистами АКР рекомендовано также включение в комплекс лечения ОА упражнений, выполняемых в воде.

В число упражнений, часто рекомендуемых пациентам с ОА, входят быстрая ходьба, плавание, езда на велосипеде, восточная гимнастика «тай-чи». В идеале любой вид физической активности должен приносить максимальное удовлетворение пациенту, чтобы он продолжал заниматься им после окончания лечения.

В настоящее время в сети Интернет представлено большое количество инструкций и рекомендаций, сле-

дование которым позволяет больным ОА самостоятельно выполнять упражнения, укрепляющие различные группы мышц. В тех случаях, когда больной находится в плохой физической форме, ему требуется персонализированная и структурированная программа упражнений, следует направить пациента к специалисту по лечебной физической культуре. Необходимо учитывать, что некоторые больные, опасаясь усиления проявлений болевого синдрома и прогрессирования заболевания, могут ограничивать интенсивность упражнений или даже прекращать их выполнение. В результате низкая физическая активность усугубляет мышечную слабость, способствует увеличению массы тела, все это в свою очередь приводит к усилению болевого синдрома и нарастанию функциональных нарушений.

В целом в настоящее время общепризнанно, что физическая активность и выполнение специальных упражнений сопровождаются функциональным улучшением состояния больных ОА [33-35]. Показано, что даже умеренное увеличение физической активности при переходе от малоподвижного образа жизни к малоинтенсивной активности способствует частичному разрешению болевого синдрома у данной категории пациентов [36, 37].

Продемонстрировано, что снижение массы тела благоприятно влияет на проявления болевого синдрома в коленном суставе. В одном из исследований 89 больных гонартрозом, большинство из которых составили женщины (средний возраст – 63 года), наблюдались в течение 12 мес. При этом пациенты находились на низкокалорийной диете (810 ккал/день) в течение первых 8 недель и на 32-36неделях исследования. У большинства больных было отмечено снижение массы тела и снижение выраженности боли по шкале WOMAC на 7 мм [38].

Четырехлетнее исследование в США с участием 1410 пациентов с ОА (возраст 45-79 лет) также показало, что снижение массы тела уменьшает выраженность болевых ощущений и улучшает функциональные показатели больных, оцененные по WOMAC [39]. Аналогичные данные представили авторы из Австралии, результаты работы которых свидетельствовали о том, что снижение массы тела больных ОА на 5% в течение 2 лет сопровождается уменьшением клинических проявлений заболевания, при этом выраженность боли по WOMAC снизилась на 22,4 мм, оценка по шкале функциональной недостаточности снизилась на 73,2 мм, скованности - на 15,3 мм [40].

В другом исследовании были продемонстрированы эффекты физических упражнений и диеты в отношении клинических проявлений у лиц с ОА коленного сустава и избыточной массой тела. 316 пациентов с избыточной массой тела и ожирением в возрасте старше 60 лет с уровнем ИМТ более 28 кг/м² с рентгенологическими признаками гонартроза и выраженным болевым синдромом были включены в 4 группы. В контрольную группу вошли пациенты, ведущие здоровый образ жизни, с которыми проводилась просветительная работа по

соблюдению диеты и выполнению физических упражнений; в группе пациентов, соблюдающих диету, проводились консультации диетологов; третья группа больных выполняла только физические упражнения, в четвертой пациенты соблюдали диету и выполняли упражнения. По результатам наблюдения в течение 1,5 лет в группе лиц, соблюдавших диету и выполнявших физические упражнения, было отмечено снижение массы тела на 5,7%, тогда как у пациентов, соблюдавших только диету, вес уменьшился на 4,9%. В контрольной группе снижение массы тела составило 1,2%. Таким образом, соблюдение диеты и выполнение физических упражнений позволило снизить массу тела на 5%. При этом у пациентов данной группы были получены лучшие результаты по сравнению с больными, находившимися на диете: уменьшение показателя WOMAC составило 24 и 18% соответственно. В группе контроля и группе лиц, выполнявших только физические упражнения, снижение параметра WOMAC было незначимым относительно исходного уровня [41].

В одном из исследований была продемонстрирована зависимость выраженности клинических проявлений гонартроза от степени снижения массы тела. Авторами были проанализированы данные 3-летнего исследования OAI (Osteoarthritis Initiative) и 30-месячного исследования MOST (Multicenter Osteoarthritis) с участием 1410 больных с гонартрозом. Сдвиги показателя массы тела пациентов были стратифицированы в 5 категорий: 1 – у 82 больных отмечено уменьшение массы тела на 10% и более, 2 категория – 176 пациентов, у которых вес снизился на 5-9,9%, у 3-й категории (953 пациента) наблюдалось снижение массы тела менее чем на 4,9%, в 4-ю категорию вошли 148 пациентов с увеличением массы тела на 5-9,9%, 5 категорию составил 51 больной, у которых наблюдалось увеличение веса на 10% и более. Установлено, что снижение массы тела более чем на 10% способствует статистически значимому улучшению показателя WOMAC по сравнению уменьшением веса на 5% и менее [42].

Специалистами Национального института здоровья (NIH) были опубликованы клинические рекомендации по идентификации, оценке и лечению избыточной массы тела у взрослых. Основной принцип рекомендаций сформулирован следующим образом: «Первоначальная цель лечения ожирения должна заключаться в сокращении массы тела на 10% по сравнению с исходной». Несмотря на то, что эти рекомендации не предназначены для пациентов с ОА, представленные в них положения, учитывающие известные на сегодня закономерности, следует использовать в лечении больных гонартрозом и ожирением [42].

Вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что для снижения массы тела больных ОА нередко бывает недостаточно соблюдения диеты и выполнения физических упражнений. Считают, что у данной категории пациентов необходимо подключение дополнительных

методов лечения ожирения, включающих применение лекарственных средств и методов бариатрической хирургии [42]. Безусловно, снижения массы тела можно добиться с использованием диеты и физической нагрузки, однако значительному количеству пациентов не удастся сохранить достигнутые результаты в течение длительного периода времени. Показано, что до 75% лиц, соблюдающих очень низкокалорийную диету (400–800 ккал/сут), впоследствии набирают большую часть массы от потерянной в течение года [43].

Применение медикаментозной терапии в комплексе с гипокалорийной диетой облегчает потерю массы тела, кроме того способствует предотвращению ее повторного набора, который нередко наблюдается при использовании только гипокалорийной диеты [44, 45]. Назначение фармакотерапии показано пациентам с ожирением (ИМТ >30 кг/м²), которые не могут достигнуть или удерживать клинически значимую степень снижения массы тела при использовании диеты и физических нагрузок, включая пациентов с факторами риска развития сахарного диабета 2-го типа.

Применение лекарственных средств (ЛС) показано части пациентов с ИМТ более 27 кг/см² и висцеральным типом ожирения при наличии факторов риска или заболеваний, связанных с ожирением. Из ЛС, зарегистрированных в Российской Федерации для лечения ожирения у вышеуказанных контингентов больных, нередко используют орлистат. Механизм действия этого ЛС основан на подавлении активности желудочно-кишечных липаз, что приводит к снижению всасывания жира в кишечнике. Показано, что применение орлистата в сочетании с гипокалорийной диетой приводит к достоверному снижению массы тела [44]. В ряде зарубежных рандомизированных и плацебо-контролируемых исследований было продемонстрировано, что использование этого препарата в комбинации

с умеренно гипокалорийной диетой существенно снижает массу тела и вероятность ее повторной прибавки, способствует улучшению течения сопутствующих заболеваний и повышает качество жизни больных по сравнению с применением только диетотерапии [45, 46].

Анализ литературы свидетельствует о наличии большого количества сообщений о распространенности, клинических проявлениях и различных подходах к лечению остеоартроза коленных суставов. Большое внимание в последние годы исследователи уделяют выявлению патогенетической взаимосвязи ожирения и ОА, обоснованно полагая, что снижение массы тела будет способствовать положительной динамике функционального состояния суставов, пораженных остеоартрозом. Такой эффект показан в отдельных сообщениях, посвященных лечению гонартроза. При этом ряд авторов отмечают наличие сложной системы физических, личностных, психологических и социальных барьеров и стимулов к поддержанию больным ОА должного уровня физической активности. В связи с этим одним из направлений повышения эффективности лечения должно стать применение методов, позволяющих активизировать пациента с остеоартрозом, следовательно, необходима разработка и апробация в исследованиях методов, в основе которых должны лежать программы по повышению уровня физической активности больных, в том числе применение методов лечебной физической культуры.

Учитывая существенное возрастание заболеваемости ОА в связи с общемировым трендом старения населения экономически развитых стран, высокую медико-социальную и клинко-экономическую значимость этой проблемы, в качестве одного из приоритетных направлений исследований представляется комплексное применение физических упражнений и программ по снижению массы тела у данной категории пациентов наряду с обеспечением устойчивого изменения образа жизни больных.

Список литературы

1. Лапшина С.А., Мухина Р.Г., Мясоутова Л.И. Остеоартроз: современные проблемы терапии // РМЖ. 2016. Т.24, №2. С. 95-101.
2. Шостак Н.А., Правдюк Н.Г. Остеоартроз: детерминанты боли, подходы к лечению // РМЖ. 2016. Т.24, №22. С. 1476-80.
3. NICE. Osteoarthritis care and management in adults. NICE clinical guideline. 2014. 177 p. PMID: 25340227.
4. Вакуленко О.Ю., Жилыев Е.В. Остеоартроз: современные подходы к лечению // РМЖ. 2016. Т.24, №22. С. 1494-8.
5. Jiang L., Tian W., Wang Y., Rong J., Bao C., Liu Y., Zhao Y., Wang C., Jiang L., Tian W., Wang Y. et al. Body mass index and susceptibility to knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis // Joint Bone Spine. 2012. Vol.79, №3. P. 291-7. DOI: 10.1016/j.jbspin.2011.05.015.
6. Davis M.A., Ettinger W.H., Neuhaus J.M. Obesity and osteoarthritis of the knee: evidence from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES I) // Semin

References

1. Lapshina SA, Mukhina RG, Myasoutova LI. Osteoartroz: sovremennye problemy terapii. Russian Medical Journal. 2016;24(2):95-101. Russian.
2. Shostak NA, Pravdyuk NG. Osteoartroz: determinanty boli, podkhody k lecheniyu. Russian Medical Journal. 2016;24(22):1476-80. Russian.
3. NICE. Osteoarthritis care and management in adults. NICE clinical guideline. 2014. 177 p. PMID: 25340227.
4. Vakulenko OYu, Zhilyaev EV. Osteoartroz: sovremennye podkhody k lecheniyu. Russian Medical Journal. 2016;24(22):1494-8. Russian.
5. Jiang L, Tian W, Wang Y, Rong J, Bao C, Liu Y, Zhao Y, Wang C, Jiang L, Tian W, Wang Y et al. Body mass index and susceptibility to knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. Joint Bone Spine. 2012;79(3):291-7. DOI: 10.1016/j.jbspin.2011.05.015.
6. Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM. Obesity and osteoarthritis of the knee: evidence from the National Health and

Arthritis Rheum. 1990. Vol.20, №3. P. 34-41. DOI: 10.1016/0049-0172(90)90045-H.

7. **Гайфутдинов И.М.** Лечебная физическая культура (ЛФК) при артрозе // Сборник материалов XXXIX Международной научно-практической конференции «Приоритетные научные направления: от теории к практике». М., 2017. С. 29-32.

8. **Anwer S, Alghadir A, Brismée J.M.** Effect of home exercise program in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis // *J. Geriatr Phys Ther.* 2016. Vol.39. P. 38-48. DOI: 10.1519/JPT.0000000000000045.

9. **Duivenvoorden T, Brouwer R.W, Van Raaij T.M.** Braces and orthoses for treating osteoarthritis of the knee // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2005. DOI: 10.1002/14651858.CD004020.pub2.

10. **Parkes M.J, Maricar N, Lunt M, LaValley M.P, Jones R.K, Segal N.A, Takahashi-Narita K, Felson D.T.** Lateral wedge insoles as a conservative treatment for pain in patients with medial knee osteoarthritis: a meta-analysis // *JAMA.* 2013. Vol.310. P. 722-30. DOI: 10.1001/jama.2013.243229.

11. **Crossley K.M, Marino G.P, Macilquham M.D, Schache A.G, Hinman R.S.** Can patellar tape reduce the patellar malalignment and pain associated with patellofemoral osteoarthritis? // *Arthritis Rheum.* 2009. Vol.61. P. 1719-25. DOI: 10.1002/art.24872.

12. **Warden S.J, Hinman R.S, Watson M.A. Jr, Avin K.G, Bialocerkowski A.E, Crossley K.M.** Patellar taping and bracing for the treatment of chronic knee pain: a systematic review and meta-analysis // *Arthritis Rheum.* 2008. Vol.59. P. 73-83. DOI: 10.1002/art.23242.

13. **Handbook of Non-Drug Intervention (HANDI) Project Team.** Taping for knee osteoarthritis // *Aust. Fam. Physician.* 2013. Vol.42. P. 725-6. DOI: 10.1016/j.ctcp.2015.10.001.

14. **Jones A, Silva P.G, Silva A.C, Colucci M, Tuffanin A, Jardim J.R, Natour J.** Impact of cane use on pain, function, general health and energy expenditure during gait in patients with knee osteoarthritis: a randomised controlled trial // *Ann. Rheum. Dis.* 2012. Vol.71. P. 172-9. DOI: 10.1136/ard.2010.140178.

15. **Lin X, Huang K, Zhu G, Huang Z, Qin A, Fan S.** The effects of acupuncture on chronic knee pain due to osteoarthritis: a meta-analysis // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2016. Vol. 98. P. 1578-85. DOI: 10.2106/JBJS.15.00620.

16. **Cherian J.J, Harrison P.E, Benjamin S.A, Bhave A, Harwin S.F, Mont M.A.** Do the effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on knee osteoarthritis pain and function last? // *J. Knee Surg.* 2016. Vol.29. P. 497-501. DOI: 10.1055/s-0035-1566735.

17. **Chen L.X, Zhou Z.R.** Transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with knee osteoarthritis: evidence from randomized-controlled trials // *Clin. J. Pain.* 2016. Vol.32. P. 146-54. DOI: 10.1097 / AJP.0000000000000233.

18. **Sharma L, Cahue S, Song J, Hayes K, Pai Y.C, Dunlop D.** Physical functioning over three years in knee osteoarthritis: role of psychosocial, local mechanical, and neuromuscular factors // *Arthritis Rheum.* 2003. Vol.48. P. 3359-70. DOI: 10.1002/art.11420.

19. **De Boer T.N, Van Spil W.E, Huisman A.M, Polak A.A, Bijlsma J.W, Lafeber F.P, Mastbergen S.C.** Serum adipokines in osteoarthritis; comparison with controls and relationship with local parameters of synovial inflammation and cartilage damage // *Osteoarthr. Cartilage.* 2012. Vol.20, №8. P.846-53. DOI: 10.1016/j.joca.2012.05.002.

20. **Brennan S.L, Cicuttini F.M, Pasco J.A, Henry M.J, Wang Y, Kotowicz M.A, Nicholson G.C, Wluka A.E.** Does an increase in body mass index over 10 years affect knee structure in

Nutrition Examination Survey (NHANES I). *Semin Arthritis Rheum.* 1990;20(3):34-41. DOI: 10.1016/0049-0172(90)90045-H.

7. **Gayfudinov IM.** Lechebnaya fizicheskaya kultura (LFK) pri artroze (Materials of the XXXIX International scientific and practical conference «Priority scientific directions: from theory to practice»), Moscow, 2017. P. 29-32. Russian.

8. **Anwer S, Alghadir A, Brismée JM.** Effect of home exercise program in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *J. Geriatr Phys Ther.* 2016;39:38-48. DOI: 10.1519/JPT.0000000000000045.

9. **Duivenvoorden T, Brouwer RW, Van Raaij TM.** Braces and orthoses for treating osteoarthritis of the knee. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2005. DOI: 10.1002/14651858.CD004020.pub2.

10. **Parkes MJ, Maricar N, Lunt M, LaValley MP, Jones RK, Segal NA, Takahashi-Narita K, Felson DT.** Lateral wedge insoles as a conservative treatment for pain in patients with medial knee osteoarthritis: a meta-analysis. *JAMA.* 2013;310:722-30. DOI: 10.1001/jama.2013.243229.

11. **Crossley KM, Marino GP, Macilquham MD, Schache AG, Hinman RS.** Can patellar tape reduce the patellar malalignment and pain associated with patellofemoral osteoarthritis? *Arthritis Rheum.* 2009;61:1719-25. DOI: 10.1002/art.24872.

12. **Warden SJ, Hinman RS, Watson MA Jr, Avin KG, Bialocerkowski AE, Crossley KM.** Patellar taping and bracing for the treatment of chronic knee pain: a systematic review and meta-analysis. *Arthritis Rheum.* 2008;59:73-83. DOI: 10.1002/art.23242.

13. **Handbook of Non-Drug Intervention (HANDI) Project Team.** Taping for knee osteoarthritis. *Aust. Fam. Physician.* 2013;42:725-6. DOI: 10.1016/j.ctcp.2015.10.001.

14. **Jones A, Silva PG, Silva AC, Colucci M, Tuffanin A, Jardim J, Natour J.** Impact of cane use on pain, function, general health and energy expenditure during gait in patients with knee osteoarthritis: a randomised controlled trial. *Ann. Rheum. Dis.* 2012;71:172-9. DOI: 10.1136/ard.2010.140178.

15. **Lin X, Huang K, Zhu G, Huang Z, Qin A, Fan S.** The effects of acupuncture on chronic knee pain due to osteoarthritis: a meta-analysis. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2016;98:1578-85. DOI: 10.2106/JBJS.15.00620.

16. **Cherian JJ, Harrison PE, Benjamin SA, Bhave A, Harwin SF, Mont MA.** Do the effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on knee osteoarthritis pain and function last? *J. Knee Surg.* 2016;29:497-501. DOI: 10.1055/s-0035-1566735.

17. **Chen LX, Zhou ZR.** Transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with knee osteoarthritis: evidence from randomized-controlled trials. *Clin. J. Pain.* 2016;32:146-54. DOI: 10.1097 / AJP.0000000000000233.

18. **Sharma L, Cahue S, Song J, Hayes K, Pai YC, Dunlop D.** Physical functioning over three years in knee osteoarthritis: role of psychosocial, local mechanical, and neuromuscular factors. *Arthritis Rheum.* 2003;48:3359-70. DOI: 10.1002/art.11420.

19. **De Boer TN, Van Spil WE, Huisman AM, Polak AA, Bijlsma JW, Lafeber FP, Mastbergen SC.** Serum adipokines in osteoarthritis; comparison with controls and relationship with local parameters of synovial inflammation and cartilage damage. *Osteoarthr. Cartilage.* 2012;20(8):846-53. DOI: 10.1016/j.joca.2012.05.002.

20. **Brennan SL, Cicuttini FM, Pasco JA, Henry MJ, Wang Y, Kotowicz MA, Nicholson GC, Wluka AE.** Does an increase in body mass index over 10 years affect knee structure in a population-based

a population-based cohort study of adult women? // *Arthritis Res. Ther.* 2010. Vol.12, №4. P. 139. DOI: 10.1186/ar3078.

21. **Laberge M.A., Baum T., Virayavanich W., Nardo L., Nevitt M.C., Lynch J., McCulloch C.E., Link T.M.** Obesity increases the prevalence and severity of focal knee abnormalities diagnosed using 3T MRI in middle-aged subjects – data from the Osteoarthritis Initiative // *Skeletal Radiol.* 2012. Vol.41, №6. P. 633-41. DOI: 10.1007/s00256-011-1259-3.

22. **Fantuzzi G., Mazzone T.** Nutrition and Health: Adipose Tissue and Adipokines. Health and Disease. New York: Springer-Verlag, 2007. 279 p.

23. **McNulty A.L., Miller M.R., O'Connor S.K., Guilak F.** The effects of adipokines on cartilage and meniscus catabolism // *Connect Tissue Res.* 2011. Vol. 52, №6. P. 523-33. DOI: 10.3109/03008207.2011.597902.

24. **Santos M.J., Fonseca J.E.** Metabolic syndrome, Inflammation and atherosclerosis – the role of adipokines in health and in systemic inflammatory rheumatic diseases // *Acta Reumatol. Port.* 2009. Vol.34, №4. P. 590-8. PMID: 20852572.

25. **Gualillo O., Gonzalez-Juanatey J.R., Lago F.** The emerging role of adipokines as mediators of cardiovascular function: physiologic and clinical perspectives // *Trends Cardiovasc. Med.* 2007. Vol.17, №8. P. 275-83. DOI: 10.1016/j.tcm.2007.09.005.

26. **McAlindon T.E., Bannuru R.R., Sullivan M.C., Arden N.K., Berenbaum F., Bierma-Zeinstra S.M., Hawker G.A., Henrotin Y., Hunter D.J., Kawaguchi H., Kwok K., Lohmander S., Rannou F., Roos E.M., Underwood M.** OARSI guidelines for the non-surgical management of knee osteoarthritis // *Osteoarthritis Cartilage.* 2014. Vol.22. P. 363-88. DOI: 10.1016/j.joca.2014.01.003.

27. **Caspersen C.J., Powell K.E., Christenson G.M.** Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research // *Public Health Rep.* 1985. Vol.100. P. 126-31. PMC1424733.

28. **Juhl C., Christensen R., Roos E.M. et al.** Impact of exercise type and dose on pain and disability in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials // *Arthritis Rheumatol.* 2014. Vol.66. P. 622-36. DOI: 10.1002/art.38290.

29. **Christensen R., Bartels E.M., Astrup A., Bliddal H.** Effect of weight reduction in obese patients diagnosed with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis // *Ann. Rheum. Dis.* 2007. Vol.66. P. 433-9. DOI: 10.1136/ard.2006.065904.

30. **Messier S.P., Mihalko S.L., Legault C., Miller G.D., Nicklas B.J., DeVita P., Beavers D.P., Hunter D.J., Lyles M.F., Eckstein F., Williamson J.D., Carr J.J., Guermazi A., Loeser R.F.** Effects of intensive diet and exercise on knee joint loads, inflammation, and clinical outcomes among overweight and obese adults with knee osteoarthritis: the IDEA randomized clinical trial // *JAMA.* 2013. Vol.310, №12. P. 1263-73. DOI: 10.1001/jama.2013.277669.

31. **Fransen M., McConnell S., Harmer A.R., Van der Esch M., Simic M., Bennell K.L.** Exercise for osteoarthritis of the knee: a Cochrane systematic review // *Br. J. Sports Med.* 2015. Vol.49. P. 1554-7. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095424.

32. **Hochberg M.C., Altman R.D., April K.T., Benkhalti M., Guyatt G., McGowan J., Towheed T., Welch V., Wells G., Tugwell P.** American College of Rheumatology. American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee // *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2012. Vol.64. P. 465-74. DOI: 10.1002/acr.21596.

cohort study of adult women? *Arthritis Res. Ther.* 2010;12(4):139. DOI: 10.1186/ar3078.

21. **Laberge MA, Baum T, Virayavanich W, Nardo L, Nevitt MC, Lynch J, McCulloch CE, Link TM.** Obesity increases the prevalence and severity of focal knee abnormalities diagnosed using 3T MRI in middle-aged subjects – data from the Osteoarthritis Initiative. *Skeletal Radiol.* 2012;41(6):633-41. DOI: 10.1007/s00256-011-1259-3.

22. **Fantuzzi G, Mazzone T.** Nutrition and Health: Adipose Tissue and Adipokines. Health and Disease. New York, Springer-Verlag, 2007. 279 p.

23. **McNulty AL, Miller MR, O'Connor SK, Guilak F.** The effects of adipokines on cartilage and meniscus catabolism. *Connect Tissue Res.* 2011;52(6):523-33. DOI: 10.3109/03008207.2011.597902.

24. **Santos MJ, Fonseca JE.** Metabolic syndrome, Inflammation and atherosclerosis – the role of adipokines in health and in systemic inflammatory rheumatic diseases. *Acta Reumatol. Port.* 2009;34(4):590-8. PMID: 20852572.

25. **Gualillo O, Gonzalez-Juanatey J, Lago F.** The emerging role of adipokines as mediators of cardiovascular function: physiologic and clinical perspectives. *Trends Cardiovasc. Med.* 2007;17(8):275-83. DOI: 10.1016/j.tcm.2007.09.005.

26. **McAlindon TE, Bannuru RR, Sullivan MC, Arden NK, Berenbaum F, Bierma-Zeinstra SM, Hawker GA, Henrotin Y, Hunter DJ, Kawaguchi H, Kwok K, Lohmander S, Rannou F, Roos EM, Underwood M.** OARSI guidelines for the non-surgical management of knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2014;22:363-88. DOI: 10.1016/j.joca.2014.01.003.

27. **Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM.** Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985;100:126-31. PMC1424733.

28. **Juhl C, Christensen R, Roos EM et al.** Impact of exercise type and dose on pain and disability in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials. *Arthritis Rheumatol.* 2014;66:622-36. DOI: 10.1002/art.38290.

29. **Christensen R, Bartels EM, Astrup A, Bliddal H.** Effect of weight reduction in obese patients diagnosed with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Ann. Rheum. Dis.* 2007;66:433-9. DOI: 10.1136/ard.2006.065904.

30. **Messier SP, Mihalko SL, Legault C, Miller GD, Nicklas BJ, DeVita P, Beavers DP, Hunter DJ, Lyles MF, Eckstein F, Williamson JD, Carr JJ, Guermazi A, Loeser RF.** Effects of intensive diet and exercise on knee joint loads, inflammation, and clinical outcomes among overweight and obese adults with knee osteoarthritis: the IDEA randomized clinical trial. *JAMA.* 2013;310(12):1263-73. DOI: 10.1001/jama.2013.277669.

31. **Fransen M, McConnell S, Harmer AR, Van der Esch M, Simic M, Bennell KL.** Exercise for osteoarthritis of the knee: a Cochrane systematic review. *Br. J. Sports Med.* 2015;49:1554-7. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095424.

32. **Hochberg MC, Altman RD, April KT, Benkhalti M, Guyatt G, McGowan J, Towheed T, Welch V, Wells G, Tugwell P.** American College of Rheumatology. American College of Rheumatology 2012 recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip, and knee. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2012;64:465-74. DOI: 10.1002/acr.21596.

33. **Batsis J.A., Germain C.M., Vásquez E., Zbehlik A.J., Bartels S.J.** Physical activity predicts higher physical function in older adults: the osteoarthritis initiative // *J. Phys. Act. Health.* 2016. Vol.13. P. 6-16. DOI: 10.1123/jpah.2014-0531.
34. **Chmelo E., Nicklas B., Davis C., Miller G.D., Legault C., Messier S.** Physical activity and physical function in older adults with knee osteoarthritis // *J. Phys Act Health.* 2013. Vol.10. P. 777-83. DOI: 10.1123/jpah.10.6.777.
35. **Lin W., Alizai H., Joseph G.B., Srikhum W., Nevitt M.C., Lynch J.A., McCulloch C.E., Link T.M.** Physical activity in relation to knee cartilage T2 progression measured with 3 T MRI over a period of 4 years: data from the Osteoarthritis Initiative // *Osteoarthritis Cartilage.* 2013. Vol. 21. P. 1558-66. DOI: 10.1016/j.joca.2013.06.022.
36. **Loprinzi P.D., Sheffield J., Tyo B.M., Fittipaldi-Wert J.** Accelerometer-determined physical activity, mobility disability, and health // *Disabil. Health J.* 2014. Vol.7. P. 419-25. DOI: 10.1016/j.dhjo.2014.05.005.
37. **Zhang W., Nuki G., Moskowitz R.W., Abramson S., Altman R.D., Arden N.K., Bierma-Zeinstra S., Brandt K.D., Croft P., Doherty M., Dougados M., Hochberg M., Hunter D.J., Kwok K., Lohmander L.S., Tugwell P.** OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis: part III: Changes in evidence following systematic cumulative update of research published through January 2009 // *Osteoarthritis Cartilage.* 2010. Vol.18, №4. P. 476-99. DOI: 10.1016/j.joca.2010.01.013.
38. **Richette P., Poitou C., Garnero P., Vicaut E., Bouillot J.L., Lacorte J.M., Basdevant A., Clément K., Bardin T., Chevalier X.** Benefits of massive weight loss on symptoms, systemic inflammation and cartilage turnover in obese patients with knee osteoarthritis // *Ann. Rheum. Dis.* 2011. Vol.70, №1. P. 139-44. DOI: 10.1136/ard.2010.134015.
39. **Colbert C.J., Almagor O., Chmiel J.S., Song J., Dunlop D., Hayes K.W., Sharma L.** Excess body weight and four-year function outcomes: comparison of African Americans and whites in a prospective study of osteoarthritis // *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2013. Vol.65, №1. P. 5-14. DOI: 10.1002/acr.21811.
40. **Tanamas S.K., Wluka A.E.** Association of weight gain with incident knee pain, stiffness, and functional difculties: A longitudinal study // *Arthritis Care Res.* 2013. Vol.65, №1. P. 34-43. DOI: 10.1002/acr.21745.
41. **Messier S.P., Mihalko S.L., Legault C., Miller G.D., Nicklas B.J., DeVita P., Beavers D.P., Hunter D.J., Lyles M.F., Eckstein F., Williamson J.D., Carr J.J., Guermazi A., Loeser R.F.** Effects of intensive diet and exercise on knee joint loads, inflammation, and clinical outcomes among overweight and obese adults with knee osteoarthritis: the IDEA randomized clinical trial // *JAMA.* 2013. Vol.310. P. 1263-73. DOI: 10.1001 / Jama.2013.277669.
42. **Riddleand D.L., Stratford P.W.** Body weight changes and corresponding changes in pain and function in persons with symptomatic knee osteoarthritis: A cohort study // *Arthritis Care Res.* 2013. Vol.65, №1. P. 15-22. DOI: 10.1002/acr.21692.
43. **Rai M.F., Sandell L.J.** Inflammatory mediators: tracing links between obesity and osteoarthritis // *Crit. Rev. Eukaryot Gene Expr.* 2011. Vol.21, №2. P. 131-42. DOI: 10.1615/CritRevEukarGeneExpr.v21.i2.30.
44. **Савельева Л.В.** Современная концепция лечения ожирения: клинические рекомендации для практикующих врачей // *Фарматека.* 2007. №12. С. 33-8.
33. **Batsis JA, Germain CM, Vásquez E, Zbehlik AJ, Bartels SJ.** Physical activity predicts higher physical function in older adults: the osteoarthritis initiative. *J. Phys. Act. Health.* 2016;13: 6-16. DOI: 10.1123/jpah.2014-0531.
34. **Chmelo E, Nicklas B, Davis C, Miller GD, Legault C, Messier S.** Physical activity and physical function in older adults with knee osteoarthritis. *J. Phys Act Health.* 2013;10:777-83. DOI: 10.1123/jpah.10.6.777.
35. **Lin W, Alizai H, Joseph GB, Srikhum W, Nevitt MC, Lynch JA, McCulloch CE, Link TM.** Physical activity in relation to knee cartilage T2 progression measured with 3 T MRI over a period of 4 years: data from the Osteoarthritis Initiative. *Osteoarthritis Cartilage.* 2013;21:1558-66. DOI: 10.1016/j.joca.2013.06.022.
36. **Loprinzi PD, Sheffield J, Tyo BM, Fittipaldi-Wert J.** Accelerometer-determined physical activity, mobility disability, and health. *Disabil. Health J.* 2014;7:419-25. DOI: 10.1016/j.dhjo.2014.05.005.
37. **Zhang W, Nuki G, Moskowitz RW, Abramson S, Altman RD, Arden NK, Bierma-Zeinstra S, Brandt KD, Croft P, Doherty M, Dougados M, Hochberg M, Hunter DJ, Kwok K, Lohmander LS, Tugwell P.** OARSI recommendations for the management of hip and knee osteoarthritis: part III: Changes in evidence following systematic cumulative update of research published through January 2009. *Osteoarthritis Cartilage.* 2010;18(4):476-99. DOI: 10.1016/j.joca.2010.01.013.
38. **Richette P, Poitou C, Garnero P, Vicaut E, Bouillot JL, Lacorte JM, Basdevant A, Clément K, Bardin T, Chevalier X.** Benefits of massive weight loss on symptoms, systemic inflammation and cartilage turnover in obese patients with knee osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* 2011;70(1):139-44. DOI: 10.1136/ard.2010.134015.
39. **Colbert CJ, Almagor O, Chmiel JS, Song J, Dunlop D, Hayes KW, Sharma L.** Excess body weight and four-year function outcomes: comparison of African Americans and whites in a prospective study of osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2013;65(1):5-14. DOI: 10.1002/acr.21811.
40. **Tanamas SK, Wluka AE.** Association of weight gain with incident knee pain, stiffness, and functional difculties: A longitudinal study. *Arthritis Care Res.* 2013;65(1):34-43. DOI: 10.1002/acr.21745.
41. **Messier SP, Mihalko SL, Legault C, Miller GD, Nicklas BJ, DeVita P, Beavers DP, Hunter DJ, Lyles MF, Eckstein F, Williamson JD, Carr JJ, Guermazi A, Loeser RF.** Effects of intensive diet and exercise on knee joint loads, inflammation, and clinical outcomes among overweight and obese adults with knee osteoarthritis: the IDEA randomized clinical trial. *JAMA.* 2013;310:1263-73. DOI: 10.1001 / Jama.2013.277669.
42. **Riddleand DL, Stratford PW.** Body weight changes and corresponding changes in pain and function in persons with symptomatic knee osteoarthritis: A cohort study. *Arthritis Care Res.* 2013;65(1):15-22. DOI: 10.1002/acr.21692.
43. **Rai MF, Sandell LJ.** Inflammatory mediators: tracing links between obesity and osteoarthritis. *Crit. Rev. Eukaryot Gene Expr.* 2011;21(2):131-42. DOI: 10.1615/CritRevEukarGeneExpr.v21.i2.30.
44. **Savelyeva LV.** Sovremennaya kontseptsiya lecheniya ozhireniya: klinicheskie rekomendatsii dlya praktikuyushchikh vrachey. *Farmateka.* 2007;(12):33-8. Russian.

45. **Finer N., James W.P., Kopelman P.G., Lean M.E., Williams G.** One-year treatment of obesity: a randomized, double-blind, placebo-controlled, multicenter study of orlistat, a gastrointestinal lipase inhibitor // *Int. J. Obesity*. 2000. Vol.24. P. 306-13. DOI: 10.1038/sj.ijo.0801128.

46. **Toplak H., Ziegler O., Keller U., Hamann A., Godin C., Wittert G., Zanella M.T., Zúñiga-Guajardo S., Van Gaal L.** X-PERT: weight reduction with orlistat in obese subjects receiving a mildly or moderately reduced-energy diet. Early response to treatment predicts weight maintenance // *Diabet. Obes. Metabol.* 2005. Vol.7. P. 699-708. DOI: 10.1111/j.1463-1326.2005.00483.x.

45. **Finer N, James WP, Kopelman PG, Lean ME, Williams G.** One-year treatment of obesity: a randomized, double-blind, placebo-controlled, multicenter study of orlistat, a gastrointestinal lipase inhibitor. *Int. J. Obesity*. 2000;24:306-13. DOI: 10.1038/sj.ijo.0801128.

46. **Toplak H, Ziegler O, Keller U, Hamann A, Godin C, Wittert G, Zanella MT, Zúñiga-Guajardo S, Van Gaal L.** X-PERT: weight reduction with orlistat in obese subjects receiving a mildly or moderately reduced-energy diet. Early response to treatment predicts weight maintenance. *Diabet. Obes. Metabol.* 2005;7:699-708. DOI: 10.1111/j.1463-1326.2005.00483.x.

Информация об авторах:

Шкробко Александр Николаевич, заведующий кафедрой лечебной физкультуры и врачебного контроля с физиотерапией ФГБОУ ВО ЯГМУ Минздрава России, д.м.н., проф. ORCID ID: 0000-0002-0234-0768

Глушаков Александр Николаевич, аспирант кафедры лечебной физкультуры и врачебного контроля с физиотерапией ФГБОУ ВО ЯГМУ Минздрава России. ORCID ID: 0000-0002-0841-4297 (+7 (915) 914-24-05, sparta.kostroma@yandex.ru)

Information about the authors:

Aleksandr N. Shkrebko, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Head of the Department of Physical Therapy and Medical Control with Physiotherapy of the Yaroslavl State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-0234-0768

Aleksandr N. Glushakov, Postgraduate Student of the Department of Physical Therapy and Medical Control with Physiotherapy of the Yaroslavl State Medical University. ORCID ID: 0000-0002-0841-4297 (+7 (915) 914-24-05, sparta.kostroma@yandex.ru)

Поступила в редакцию: 11.08.2018

Принята к публикации: 30.08.2018

Received: 11 August 2018

Accepted: 30 August 2018

Изучение отношения к проблеме допинга в спорте учащихся общеобразовательных учебных заведений и учебных заведений спортивной направленности

А.А. Деревоедов¹, М.С. Щербаль², А.В. Рогатюк², И.В. Загорский³, А.В. Зоренко¹

¹ФГБУ Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации, Федеральное медико-биологическое агентство РФ, г. Москва, Россия

²ООО «Ванта Групп», г. Москва, Россия

³ООО «Бионтос», г. Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучение отношения учащихся к употреблению допинга в российском спорте. **Материалы и методы:** проведено социологическое количественное онлайн-исследование с рекрутом респондентов при помощи технологии «River-sampling» среди обучающихся образовательных организаций общего и высшего образования, регулярно занимающиеся физической культурой и спортом, а также обучающихся образовательных организаций, осваивающих программы в области физической культуры и спорта, включая дополнительные общеразвивающие, дополнительные предпрофессиональные, образовательные программы среднего профессионального образования, интегрированные образовательные программы. Выборка составила 450 учащихся общеобразовательных учреждений (1-я группа) и 450 (2-я группа) учащихся на программах дополнительного и профессионального образования в области физической культуры и спорта. **Результаты:** проведенное исследование вывило, что отношение к допингу среди учащихся на программах дополнительного и профессионального образования в области физической культуры и спорта аналогично отношению учащихся заведений среднего и высшего образования, занимающихся спортом самостоятельно. Результаты исследования демонстрируют consistently негативную оценку употребления запрещенных препаратов в спорте и поддержку антидопинговой информационно-образовательной деятельности, а также свидетельствуют о неполном погружении аудитории в проблематику применения допинга. **Выводы:** основным направлением противодействия допингу в спорте является проведение эффективных информационно-образовательных антидопинговых программ, ориентированных на различные профессиональные и возрастные группы, с учетом особенностей видов спорта и вовлеченности различных аудиторий в проблему.

Ключевые слова: социологические исследования, учащиеся, допинг в спорте, отношение к допингу в спорте, противодействие допингу в спорте, образовательные программы

Для цитирования: Деревоедов А.А., Щербаль М.С., Рогатюк А.В., Загорский И.В., Зоренко А.В. Изучение отношения к проблеме допинга в спорте учащихся общеобразовательных учебных заведений и учебных заведений спортивной направленности // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №4. С. 80-85. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.80.

Problem of doping in sport among students of secondary schools and sport oriented educational institutions

Aleksandr A. Derevoedov¹, Maria S. Shcherbal², Anastasia V. Rogatyuk², Igor V. Zagorskiy³, Alla V. Zorenko¹

¹Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

²«Wanta Group» LLC, Moscow, Russia

³«Biontos» LLC, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to study the attitude towards doping among students in Russian sport. **Materials and methods:** sociological quantitative on-line research using river-sampling was conducted among students of secondary and high school education engaged in physical culture on a regular basis and also among students choosing a specialization in the sphere of physical culture and sport including supplementary education programs of secondary specialized education. Study included 450 secondary school students (Group#1) and 450 secondary specialized education students in the sphere of physical culture and sport (Group#2). **Results:** the research carried out that the students' attitude towards doping was similar. Negative assessment of

misuse of prohibited substances was consistent alongside with support of anti-doping educational programs and activities. Low level of awareness about the issue of doping in sport was detected. **Conclusions:** creating and implementing robust anti-doping educational program aimed at different target audiences (taking into account sport specific and awareness level) are the main ways to the effective fight against doping in sport.

Key words: sociological research, student, doping in sport, attitude towards doping in sport, fighting doping in sport, educational program

For citation: Derevedov AA, Sherbal MS, Rogatyuk AV, Zagorskiy IV, Zorenko AV. Problem of doping in sport among students of secondary schools and sport oriented educational institutions. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(4):80-85. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.4.80.

1.1 Введение

Специфика спорта и его нацеленность на демонстрацию наивысших результатов, на победу, на рекорд, на подавление соперников, на предельную мобилизацию физического потенциала стимулирует спортсменов, тренеров, врачей, менеджеров на поиски всех возможных средств для достижения искомого результата [1].

Олимпийская хартия и Международная конвенция «О борьбе с допингом в спорте», принятая в Париже 19 октября 2005 года, признают предотвращение допинга и борьбу с допингом в спорте важнейшей составляющей в работе Международного олимпийского комитета и ЮНЕСКО, а также основополагающую роль Всемирного антидопингового Кодекса Всемирного антидопингового агентства (далее – Кодекс ВАДА). Одной из целей Кодекса ВАДА [2] и Всемирной антидопинговой программы является обеспечение создания согласованных, скоординированных и эффективных антидопинговых программ, как на международном, так и на национальном уровнях, чтобы раскрывать, сдерживать и предотвращать случаи применения допинга. Программы по предотвращению должны быть направлены на спортсменов и персонал спортсмена с особым акцентом на молодежь, внедряться в школьные образовательные программы. Антидопинговые информационные и образовательные программы не должны ограничиваться спортсменами национального или международного уровня и персоналом спортсменов, а должны охватывать всех лиц (включая молодежь), занимающихся спортом. Эти принципы согласуются с Конвенцией ЮНЕСКО в области образования и профессиональной подготовки.

Существует множество серьезных публикаций, в которых показано, что в разных видах спорта от 5 до 75-80 % спортсменов, участвовавших в Олимпийских играх последних двух десятилетий, принимали разные препараты, повышающие эффективность тренировочной и соревновательной деятельности [1, 3, 4].

В четырехлетнем исследовании, проведенном в Германии [5] выявлено, что распространенность допинга среди молодых спортсменов составляет 15%, при этом эти цифры авторы считают заниженными из-за чувствительности темы и сокрытия в ряде случаев полной информации. Подчеркивается эффективность специальных образовательных программ (ATHLAS, ATHENA), разработанных для детей и приводится обоснование необходимости общенациональной антидопинговой образовательной программы.

Проблема допинга не является национальной проблемой одной страны или проблемой одного вида спорта. В силу разных обстоятельств эта проблема в наиболь-

шей степени затронула нашу страну. Сборные команды России были частично отстранены от Олимпиады в Рио, а паралимпийская команда в полном составе была не допущена до Игр. Необходимо признать тот факт, что в российском спорте существуют весьма серьезные проблемы, связанные с использованием запрещенных препаратов, и с ними нужно активно бороться [4].

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 июля 2017 г. № 1456-р был утвержден комплекс мер по реализации Национального плана борьбы с допингом в российском спорте, принятый Независимой общественной антидопинговой комиссией 1 февраля 2017 г. Пунктом 33 Плана предусмотрено проведение ежегодных социологических исследований по проблемам допинга в спорте среди различных категорий и групп населения

Проведенный анализ работ, посвященных изучению отношения различных категорий и групп населения, позволяет говорить о том, что доказательных и информативных работ, охватывающих основные категории и группы населения крайне мало. В основном они направлены на изучение отдельных групп спортсменов или персонала спортсменов (в основном – медицинских специалистов). Практически нет работ по изучению проблемы в какой-либо стране с включением сразу нескольких целевых групп. При этом большинство авторов сходятся во мнении, что ужесточение наказаний и увеличение количества тестов гораздо менее эффективны, чем разработка и внедрение информационно-образовательных программ хотя затраты на их разработку за последнее время практически не растут [1, 6, 7].

Цель исследования: изучение отношения к употреблению допинга в российском спорте, во-первых, среди обучающихся образовательных организаций общего и высшего образования, регулярно занимающихся физической культурой и спортом, и, во-вторых, среди обучающихся образовательных организаций, осваивающих программы в области физической культуры и спорта, включая дополнительные общеразвивающие, дополнительные предпрофессиональные, интегрированные образовательные программы и образовательные программы среднего профессионального образования.

Основные задачи исследования можно сформулировать следующим образом:

1. Выявить отношение аудитории к применению запрещенных препаратов в российском спорте.
2. Установить возможные причины применения допинга в российском спорте.
3. Определить меры борьбы с допингом в российском спорте.

1.2 Материалы и методы

Основным эмпирическим методом изучения отношения к допингу в спорте среди двух аудиторий было выбрано количественное формализованное Интернет-интервьюирование с рекрутом респондентов при помощи технологии «river-sampling».

Количественное Интернет-интервьюированные (Computer Assisted Web Interviewing, CAWI) – это современный метод сбора данных, сочетающий в себе преимущества классической опросной методологии и высокотехнологичных каналов связи, который позволяет установить анонимный контакт с целевой аудиторией в привычной и комфортной для респондентов среде, и, таким образом, создает особую коммуникативную ситуацию, способствующую выражению истинного мнения, в том числе о социально-неодобряемых практиках. Поскольку обучающихся образовательных организаций являются активными пользователями сети Интернет (не менее 95%, по данным ВЦИОМ), а проблема допинга носит сензитивный характер, Интернет-интервьюированные представляется наиболее эффективным способом изучения отношения целевых аудиторий к допингу в спорте.

Обеспечению комфортной коммуникативной среды в ходе исследования также способствовала технология привлечения респондентов к опросу «river-sampling» – современная методика рекрутирования участников Интернет-исследования при помощи интегрированных каналов Web-продвижения: баннеров, всплывающих окон, контекстной рекламы, постов в ленте социальных сетей. Основное преимущество технологии перед традиционным опросом участников онлайн-панелей заключается в улучшении качества данных за счет устранения эффекта «профессионального респондента» – ситуации, в которой участники исследования намерено предоставляют о себе ложную информацию, исходя из стратегии максимизации получения приглашений и вознаграждений за ответы. Более того, «river-sampling» позволяет привлекать к исследованию значительно более широкую аудиторию Интернет пользователей, нежели онлайн-панели, в том числе, устанавливая контакт с молодой аудиторией в привычном для нее рекламном формате через вызывающие доверие платформы.

Таким образом, количественное Интернет-интервьюированные с рекрутом респондентов при помощи технологии «river-sampling» позволяет эффективно и качественно изучить отношение обучающихся образовательных организаций общего и высшего образования, регулярно занимающихся физической культурой и спортом, и обучающихся образовательных организаций, осваивающих программы в области физической культуры и спорта к допингу.

Поскольку анализ литературы по теме не выявил подходящего под задачи исследования и адаптированного под российский социокультурный контекст инструментария, единая для обеих целевых аудиторий формализованная анкета была разработана исследователями самостоятельно.

В ходе формирования опросного инструментария учитывался сензитивный и социально-неодобряемый характер исследуемой проблемы. В связи с этим вопросы, направленные на выявление установок к применению допинга в спорте, задавались при помощи либо проективных методик, либо в виде батареи оценочных суждений в кафеетрии Ликерта, адаптированных из исследования С. Малека и соавторов [8]. Вопросы фактологического характера задавались напрямую для получения ответов на вопросы исследования.

Единый опросник для целевых аудиторий, отличающихся разным уровнем вовлеченности в спортивную среду, позволяет отслеживать градиенты отношения к допингу в зависимости от погруженности в институциональный контекст проблемы.

Выборка исследования составила 750 человек, среди них 300 человек (1-я целевая аудитория) – обучающиеся образовательных организаций общего и высшего образования, регулярно занимающиеся физической культурой и спортом, и 450 человек (2-я целевая аудитория) – обучающиеся образовательных организаций, осваивающие программы в области физической культуры и спорта, включая дополнительные общеразвивающие, дополнительные предпрофессиональные, интегрированные образовательные программы и образовательные программы среднего профессионального образования. Девушки и юноши равномерно представлены в выборочной совокупности, возраст респондентов находится в интервале от 12 до 25 лет.

1.3 Результаты и их обсуждение

В ходе статистической обработки результатов форматизированного Интернет-интервьюирования было установлено, что отношение к допингу в спорте среди учащихся на программах дополнительного и профессионального образования в области физической культуры и спорта аналогично отношению учащихся заведений среднего и высшего образования, занимающихся спортом самостоятельно. Результаты исследования демонстрируют консистентно негативную оценку употребления запрещенных препаратов в спорте и поддержку антидопинговой информационно-образовательной деятельности, а также свидетельствуют о неполном институциональном погружении рассматриваемых аудиторий в проблематику применения допинга.

Подавляющее большинство учащихся относится к допингу в спорте негативно: опрошенные не поддерживают употребление запрещенных препаратов и считают их опасными для здоровья (80% в первой группе и 75% – во второй). Около 25% опрошенных не считают допинг причиной возможных нарушений здоровья, а систему терапевтического использования видят, как лазейку для получения преимущества. Также более трети учащихся считают применение допинга оправданным риском, но лишь 14% считают победу, добытую с помощью допинга заслуженной.

Только 2 из 3 респондентов знакомы как минимум с 1 антидопинговым правилом, и в большинстве случаев ассоциируют допинг с употреблением запрещенных субстанций.

Большинство учащихся осведомлены об обвинениях российских спортсменов в употреблении допинга, преимущественно благодаря телевидению, при этом более половины опрошенных считает, что случаи употребления допинга среди спортсменов не носят массового характера и не превосходят аналогичные показатели за рубежом. Тем не менее, треть опрошенных не имеет сформировавшегося представления о распространенности употребления запрещенных в спорте препаратов в стране, что свидетельствует о низком уровне вовлеченности изучаемых аудиторий в институциональных контекст употребления допинга и отсутствие интереса к рассматриваемой проблеме. Более того, низкий уровень вовлеченности иллюстрируется неосведомленностью учащихся в обеих группах об антидопинговых правилах: только 2 из 3 респондентов знакомы как минимум с 1 из 10 антидопинговых правил, и в большинстве случаев ассоциируют допинг исключительно с употреблением запрещенных субстанций.

О самостоятельном применении запрещенных субстанций заявляют 3% респондентов 1-ой группы и 4% – из второй, а о применении среди знакомых – 6% и 9% соответственно, однако, поскольку самостоятельное применение запрещенных препаратов – нелегальная практика, есть основания полагать, что масштабы распространенности употребления допинга могут отличаться от заявленных.

Учащиеся считают, что наиболее распространенным мотивом употребления допинга является желание победить любой ценой (22% опрошенных), а основными причинами – плохая физическая подготовка спортсмена (30%), недостаточный контроль со стороны тренеров и врачей (27%) и плохая осведомленность спортсменов о запрещенных препаратах (20%). Опрошенные полагают, что решение об употреблении допинга принимают либо сами спортсмены, либо их тренеры, однако ответственность за применение запрещенных препаратов в большинстве случаев наделяют непосредственно спортсменов (48% в обеих группах). При этом в качестве основных мер борьбы указывают ужесточение наказания за применение допинга (более половины опрошенных) и усиление контроля за спортсменами и персоналом (53% в первой группе и 45% – во второй).

Более того, половина респондентов поддерживает внедрение антидопинговых образовательных программ, ориентированных на взрослых профессиональных спортсменов, а также детей и подростков, занимающихся профессиональным спортом. Наиболее предпочтительными форматами считают уроки в школах, проведение лекций и семинаров, а также включение этих вопросов в программы массовых мероприятий (лекции в общественных пространствах и городские фестивали). Несмотря на это, большинство опрошенных (67% в первой группе и 61% – во второй) не участвовали в антидопинговых образовательных программах, что объясняется отсутствием программ, ориентированных на данную аудиторию, и только 40% учащихся готовы принять участие в подобных программах.

На фоне низкой вовлеченности в проблему и одновременно consistently негативном отношении к допингу неготовность большинства к участию в образовательных программах сигнализирует о переносе личной ответственности на отстраненного «другого»: опрошенные знают, что допинг порицается, однако самостоятельно не заинтересованы в противодействии допингу и не осознают важность участия каждого отдельного индивида в комплексе мер для предотвращения рассматриваемой проблемы.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что потребность в развитии информационно-образовательной деятельности в качестве меры противодействия допингу существует на уровне страны, однако не является осознанной на индивидуальном уровне среди обучающихся образовательных организаций общего и высшего образования, регулярно занимающихся физической культурой и спортом, и среди обучающихся образовательных организаций, осваивающих программы в области физической культуры и спорта.

1.4 Выводы и рекомендации

Результаты проведенного опроса дают основание полагать, что основными направлениями образовательных программ для данных целевых аудиторий могут быть:

– Разработка программ, ориентированных на данную целевую аудиторию.

Отсутствие образовательных программ для детской, подростковой и молодежной аудиторий вызывает негативное отношение представителей данной аудитории к участию в таких программах.

– Пересмотр стандартных подходов к образовательным программам, разработка новых форм, учитывающих возрастные особенности и интересы детей и подростков, предоставление информации в игровой форме, использование цифровых носителей информации.

Представляется важным отойти от стандартного предоставления информации по принципу «хорошо-плохо». Вовлечение в процесс формирования отношения к проблеме для данной аудитории является одним из наиболее важных.

– Формирование негативного отношения к нарушениям антидопинговых правил как методам нечестной игры, противоречащим духу спорта.

Для данной аудитории характерно отсутствие четкой позиции по отношению к нарушителям и нередко – оправдание таких действий. Должна предоставляться понятная и однозначная информация о неприемлемости нечестных методов борьбы.

– Предоставление информации о возможных последствиях применения допинга для здоровья и карьеры.

Представители многих аудиторий склонны связывать негативные последствия применения допинга не с запрещенными субстанциями, а с тяжелыми физическими нагрузками спортсменов. Риски применения допинга должны объясняться в младших возрастных группах постоянно и с однозначной оценкой. Это является важным направлением профилактики нарушений антидопинговых правил.

Обращает на себя внимание важность предоставления информации в удобной и понятной форме в процессе школьных уроков, что требует разработки и внедрения соответствующих программ, а также необходимость размещения образовательных материалов на часто посещаемых ресурсах в сети Интернет.

Список литературы

1. **Платонов В.Н.** Допинг в олимпийском спорте: кризисные явления и пути их преодоления // Педагогика, психология та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. 2016. №6. С. 53-86.
2. **Всемирный** антидопинговый кодекс ВАДА // Официальный сайт Всемирного антидопингового агентства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wada-ama.org/en/resources/the-code/world-anti-doping-code>
3. **Corrigan B.** Mission Statement // International Olympic Committee (IOC). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sportsdrugs.com/aps/ssaboutus.asp>
4. **Независимая** общественная антидопинговая комиссия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ipadc.ru>
5. **Wippert P-M., Flisser M.** National doping prevention guidelines: Intent, efficacy and lessons learned – A 4-year evaluation // Substance Abuse Treatment Prevention and Policy. 2016. Vol.11. Published online 2016 Oct 10. DOI: 10.1186/s13011-016-0079-9.
6. **Mazzeo F., Monda V., Santamaria S., Nigro E., Valenzano A., Villano I., Cibelli G., Messina A., Messina G.** Antidoping program: an important factor in the promotion and protection of the integrity of sport and athlete's health // J Sports Med Phys Fitness. 2018. Vol.58, №7-8. P. 1135-45. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07722-2.
7. **Willick S.E., Miller G.D., Eichner D.** The Anti-Doping Movement // PM R. 2016. Vol.8, №3. P. 125-32. DOI: 10.1016/j.pmrj.2015.12.001.
8. **Malek S., Taylor J., Mansell K.** A questionnaire examining attitudes of collegiate athletes toward doping and pharmacists as information providers // Canadian Pharmacists Journal. 2014. Vol.147, №6. P. 352-8. DOI: 10.1177/1715163514552559.

Информация об авторах:

Деревоедов Александр Анатольевич, ведущий научный сотрудник ФГБУ Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России, к.м.н. ORCID ID: 0000-0001-8405-859X (+7 (903) 799-70-86, monch33@yandex.ru)
Щербаль Мария Сергеевна, генеральный директор ООО «Ванта Групп», к.с.н. ORCID ID: 0000-0001-8893-3478
Рогатюк Анастасия Валентиновна, старший проектный менеджер ООО «Ванта Групп». ORCID ID: 0000-0002-2920-6614
Загорский Игорь Владимирович, генеральный директор ООО «Бионтос». ORCID ID: 0000-0003-0294-1456
Зоренко Алла Владимировна, врач по спортивной медицине ФГБУ Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России. ORCID ID: 0000-0003-2062-0592

Information about the authors:

Aleksandr A. Derevoedov, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading Researcher of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. ORCID ID: 0000-0001-8405-859X (+7 (903) 799-70-86, monch33@yandex.ru)
Maria S. Sherbal, Ph.D. (Sociology), CEO of the Wanta Group LLC. ORCID ID: 0000-0001-8893-3478
Anastasia V. Rogatyuk, Senior Project Manager of the Wanta Group LLC. ORCID ID: 0000-0002-2920-6614
Igor V. Zagorskiy, CEO of the Biontos LLC. ORCID ID: 0000-0003-0294-1456
Alla V. Zorenko, M.D., Sports Medicine Physician of the Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency of Russia. ORCID ID: 0000-0003-2062-0592

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 25.10.2018

Принята к публикации: 17.11.2018

Received: 25 October 2018

Accepted: 17 November 2018

Таким образом, основным направлением противодействия допингу в спорте является проведение эффективных информационно-образовательных программ, ориентированных на различные профессиональные и возрастные группы, с учетом особенностей видов спорта и вовлеченности различных аудиторий в проблему.

References

1. **Platonov VN.** Doping in Olympic sport: signs of the crisis and ways to overcome it. Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. 2016;(6): 53-86. Ukrainian.
2. **WorldAnti-Doping Code.** Available at: <https://www.wada-ama.org/en/resources/the-code/world-anti-doping-code>.
3. **Corrigan B.** Mission Statement. International Olympic Committee (IOC). Available at: <http://www.sportsdrugs.com/aps/ssaboutus.asp>.
4. **Independent** public anti-doping Commission. Available at: <http://ipadc.ru>.
5. **Wippert P-M, Flisser M.** National doping prevention guidelines: Intent, efficacy and lessons learned – A 4-year evaluation. Substance Abuse Treatment Prevention and Policy. 2016;11. Published online 2016 Oct 10. DOI: 10.1186/s13011-016-0079-9.
6. **Mazzeo F, Monda V, Santamaria S, Nigro E, Valenzano A, Villano I, Cibelli G, Messina A, Messina G.** Antidoping program: an important factor in the promotion and protection of the integrity of sport and athlete's health. J Sports Med Phys Fitness. 2018;58(7-8):1135-45. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07722-2.
7. **Willick SE, Miller GD, Eichner D.** The Anti-Doping Movement. PM R. 2016;8(3):125-32. DOI: 10.1016/j.pmrj.2015.12.001.
8. **Malek S, Taylor J, Mansell K.** A questionnaire examining attitudes of collegiate athletes toward doping and pharmacists as information providers. Canadian Pharmacists Journal. 2014;147(6):352-8. DOI: 10.1177/1715163514552559.