

Детерминанты перетренированности у спортсменов (обзор зарубежной литературы)

Владимир Курашвили
Федеральный центр подготовки спортивного резерва РФ, Москва

Overtraining determinants in athletes (foreign literature review)

Vladimir Kurashvili

ABSTRACT. *Objective.* To form modern ideas about the problem of accumulating the negative consequences of fatigue in athletes, which in unfavorable circumstances and the lack of timely correction can gradually transform into an overtraining syndrome.

Methods. Analysis and synthesis of data from modern scientific and methodological literature. *Results.* Data on the formation of fatigue in its successive forms - functional and non-functional, on the use of metabolic predictors for the diagnosis of overtraining, including in young athletes are presented. New results have been shown regarding the fact that, unlike other manifestations of relative energy deficiency, bone tissue disorders often develop unnoticed by the athlete and are most likely irreversible. It is demonstrated that the overtraining syndrome is currently considered as the most severe consequence of fatigue that develops as a result of the accumulation of its effects in the face of insufficient recovery and low energy availability.

Conclusions. The use of a complex of metabolic predictors for the timely diagnosis of fatigue and overtraining helps to preserve the health of athletes, prevents their exclusion from the training process, and ensures the achievement of competitive results of competitive activities, and sports longevity.

Keywords: athletes, Olympic sports events, fatigue, overtraining syndrome, metabolic predictors, low energy availability.

Детермінанти перетренованості у спортсменів (огляд зарубіжної літератури)

Володимир Курашвілі

АНОТАЦІЯ. *Мета.* Сформувані сучасні уявлення про проблему акумуляції у спортсменів негативних наслідків втоми, які за несприятливого збігу обставин і відсутності своєчасної корекції можуть поступово трансформуватися в синдром перетренованості.

Методи. Аналіз і синтез даних сучасної науково-методичної літератури.

Результати. Наведено дані про формування перевтоми в послідовно виникаючих формах – функціональної та нефункціональної; про використання метаболічних предикторів для діагностики перетренованості, в тому числі, у юних спортсменів. Показано нові результати стосовно того, що, на відміну від інших проявів відносного дефіциту енергії, порушення стану кісткової тканини часто розвивається непомітно для спортсмена і, найімовірніше, є незворотним. Показано, що синдром перетренованості (Overtraining Syndrome) розглядається в даний час як найбільш важкий наслідок втоми, що розвивається в результаті акумуляції його ефектів на тлі недостатнього відновлення і відносного дефіциту енергії (Low Energy Availability).

Висновки. Використання комплексу метаболічних предикторів для своєчасної діагностики перевтоми і перетренованості допомагає зберегти здоров'я спортсменів і запобігає їх відстороненню від тренувального процесу, забезпечує досягнення конкурентоспроможних результатів змагальної діяльності та спортивне довголіття.

Ключові слова: атлети, олімпійські види спорту, втома, синдром перетренованості, метаболічні предиктори, відносний дефіцит енергії.

Постановка проблемы. Спорт высших достижений последовательно вырастает из детско-юношеского спорта и сохранение здоровья элитных атлетов нередко закладывается именно в препубертатном и пубертатном периодах. Наиболее часто встречающейся проблемой не только спортивного, но и медицинского характера, является формирование синдрома перетренированности. Имеющиеся данные указывают, что частота встречаемости синдрома перетренированности достаточно высока – ему подвержены около 20–30 % юных спортсменов [20]. Симптомы, о которых чаще всего сообщают в литературе, аналогичны тем, что наблюдаются у перетренированных взрослых спортсменов: повышенное восприятие усилий во время выполнения упражнений (согласно шкале Rated Perceived Exertion, субъективно воспринимаемое – ощущаемое, осознаваемое – усилие), частые инфекции верхних дыхательных путей, болезненность мышц, нарушения сна, потеря аппетита, расстройства настроения (вспыльчивость, плаксивость, агрессивность), снижение мотивации к тренировочным занятиям и соревнованиям, снижение уверенности в себе, неспособность сосредоточиться [33].

Распространенное заблуждение трактовки данного синдрома состоит в том, что перетренированность считают просто проблемой чрезмерных тренировочных нагрузок. В поддержку этой точки зрения приводятся статистические данные, которые показывают, что в стремлении к повышению результатов тренировочные нагрузки увеличивались многократно. Например, олимпийский пловец Марк Спитц, обладатель семи золотых медалей на Играх XX Олимпиады 1972 г., ежедневно проплывал около 9 км в день, но в течение последующих 20 лет даже средний пловец превышал объем этой тренировочной нагрузки [5].

Примерно в те же годы стала популярна теория Андерса Эриксона о том, что для достижения высшего статуса в любой сфере деятельности требуется 10 000 ч практики, что эквивалентно примерно трем часам практики в день, или 20 ч в неделю на протяжении десяти лет, что в целом соответствует нагрузке элитного атлета мирового класса [2].

Это соображение подталкивало тренеров к повышению объемов тренировочных нагрузок. Однако в исследованиях ученых из Принстонского университета была показана ошибочность этой, на первый взгляд, стройной теории. Выяснилось, что в формировании оптимальных спортивных навыков решающую роль играет не количество тренировочных занятий, а качество формирования новых нервных связей в центральной нервной системе, способность мозговой ткани адаптироваться к новым ситуациям и опыту, в основе которой лежит нейрогенез – постоянное обновление клеток мозга [9].

Изучение причин развития синдрома перетренированности у юных спортсменов показало, что сравнение опубликованных данных связано со значительными трудностями ввиду того, что либо привлекалось огра-

ниченное число участников, либо не проводилась дифференциация по гендерному признаку. Трудно провести различия в распространенности между разными видами спорта, между командными и индивидуальными видами спорта. Тем не менее, по данным [10], полученным у элитных бегунов на длинные дистанции, частота синдрома перетренированности составила 60 и 64 % у женщин и мужчин соответственно.

Одно из крупнейших исследований спортсменов-подростков было осуществлено J. Raglin и соавт. [32], которые провели анкетный опрос с участием 231 юного пловца (средний возраст $14,8 \pm 1,4$ года) в четырех разных странах (Япония, США, Швеция и Греция). На основании опроса было установлено, что явления перетренированности встречались в 34,6 % случаев; при этом разброс частоты фиксации этого синдрома составлял от 20,5 до 45,1 % в разных странах. Средняя продолжительность патологических расстройств составила 3,6 нед. У подверженных синдрому перетренированности пловцов на 100 м вольным стилем личные результаты были лучше, чем у представителей контрольной группы ($p < 0,01$) по сравнению со здоровыми пловцами. Симптомы перетренированности были сходными во всех странах; при этом наиболее характерным признаком было повышение показателя субъективного восприятия тренировочных усилий.

G. Kentta и соавт. [10] исследовали распространенность синдрома перетренированности у элитных шведских спортсменов в возрасте от 16 до 20 лет. Было обнаружено, что 37 % атлетов хотя бы один раз за свою спортивную карьеру сообщали о явлениях перетренированности, и частота этого расстройства была выше в индивидуальных видах спорта (48 %) по сравнению с командными видами спорта (30 %).

Большинство авторов согласны в том, что при изучении синдрома перетренированности необходим анализ биохимических, физиологических, эндокринных, нейрональных и миологических коррелятов, каждый из которых потенциально вовлечен в метаболические процессы.

Цель исследования – сформировать современные представления о проблеме кумуляции у спортсменов негативных последствий утомления, которые при неблагоприятном стечении обстоятельств и отсутствии своевременной коррекции могут постепенно трансформироваться в синдром перетренированности.

Методы исследования: анализ и синтез данных современной научно-методической литературы.

Отсутствие единой терминологии. Следует подчеркнуть, что до настоящего времени не существует единого мнения по поводу используемой терминологии для обозначения синдрома перетренированности. В 2013 г. была опубликована классификация перетренированности, предложенная Европейской коллегией спортивной науки [36], согласно которой вначале разбивается «функциональное переутомление» (Functional

Overreaching – FOR). На этом этапе происходит краткосрочное снижение работоспособности, но поскольку в программу тренировочных занятий встроены надлежащие периоды восстановления, FOR может привести к развитию «суперкомпенсации».

Ранее в научной литературе неоднократно рассматривалось предположение о развитии у спортсменов негативных последствий утомления (в его последовательно возникающих формах – функциональной и нефункциональной), которое при неблагоприятном стечении обстоятельств может постепенно трансформироваться в синдром перетренированности (Overtraining Syndrome – OTS) [15, 34].

Несколько отличается от вышесказанного позиция британских врачей. В Великобритании еще в 1990 г. было предложено, в отличие от более часто упоминаемого термина «синдром перетренированности», использовать название «синдром необъяснимого снижения работоспособности» (Unexplained Under Performance Syndrome – UUPS). Как поясняют авторы, термин UUPS был принят, чтобы подчеркнуть связь данного синдрома со стойкой утомляемостью, то есть дезадаптацией. UUPS отражает сложность синдрома, многофакторную этиологию и показывает, что «перетренированность», или дисбаланс между тренировочной нагрузкой и восстановлением [14], не может быть основной причиной недостаточной работоспособности. Другая группа авторов предложила такие термины, как «субъективно воспринимаемый стресс» (Perceived Stress) [25], «истощение функциональных резервов» (Depletion of Functional Reserves) [30], «выгорание» (Burn out).

Для объяснения патогенеза синдрома перетренированности используются многочисленные гипотезы, каждая из которых имеет свои сильные и слабые стороны. Каждая теория сосредоточена вокруг ключевого параметра, дисбаланс в котором может привести к перетренированности в ходе выполнения длительных нагрузок с высокой интенсивностью. Очевидно, что ни один отдельно взятый маркер не может быть использован для диагностических целей.

Гипотеза относительного дефицита энергии как причины перетренированности. В последние годы значительно внимание привлекает гипотеза относительного дефицита энергии в спорте (Low Energy Availability – EA). Это состояние возникает, когда потребляется недостаточное количество калорий для поддержания расхода энергии на физические упражнения, что приводит к нарушению протекания физиологических процессов. Проблемы со здоровьем, связанные с длительным низким уровнем относительного дефицита энергии, включают либидо, желудочно-кишечную, сердечно-сосудистую дисфункцию и ухудшение функционального состояния костной ткани, что может способствовать ухудшению спортивных результатов. Кроме того, нужно отметить, что снижение плотности костной ткани отмечается как у женщин, так и у мужчин [3, 16, 31].

В отличие от других проявлений относительного дефицита энергии нарушение состояния костной ткани часто развивается незаметно для спортсмена и, вероятнее всего, является необратимым, поскольку отсутствие нормального прироста костной массы в юношеский период, как правило, в дальнейшем не может быть полностью скорректировано [4, 12, 17].

К числу клинических последствий низкой массы костной ткани можно отнести повышенный риск усталостных переломов. Эти повреждения происходят в результате накопления микротрещин костной ткани в условиях повторяющихся механических воздействий при тренировочных нагрузках, когда должное заживление микротрещин не может быть реализовано при нарушении метаболизма кости [11, 37].

Активному изучению энергетического баланса и нарушений функционального состояния при интенсивных физических нагрузках способствовало выявление нарушений репродуктивной функции, связанных с занятиями спортом. В конце 1970-х – начале 1980-х годов результаты многочисленных исследований подтвердили значительное преобладание нарушений менструального цикла у спортсменок по сравнению с женщинами, ведущими малоактивный образ жизни [18, 23, 24].

В 1992 г. Американской ассоциацией спортивной медицины было введено определение «женская спортивная триада» – синдром, который включает нарушения пищевого поведения, нарушения менструального цикла и сниженную плотность минерализации костей, главным патологическим механизмом которого является нарушение энергетического баланса [18, 29].

В дальнейшем нарушения функционального состояния, связанные с энергетическим дефицитом, были выявлены также и у мужчин, занимающихся спортом [28]. Биологически нормальная секреция тестостерона является фундаментальной у мужчин, чтобы гарантировать как физиологическую адаптацию к упражнениям, так и безопасность занятий спортом. Репродуктивная система очень чувствительна к воздействию стресса, связанного с физическими упражнениями, и содержание половых гормонов может как увеличиваться, так и уменьшаться после различных острых или хронических нагрузок. Физические упражнения и занятия спортом могут положительно или отрицательно повлиять на андрологическое состояние здоровья в зависимости от типа, интенсивности и продолжительности выполняемой физической нагрузки, а также индивидуального состояния здоровья спортсмена [27].

Кроме того, прием запрещенных веществ (например, андрогенных анаболических стероидов и др.) у соревнующихся и неконкурентоспособных спортсменов является основной причиной ятрогенных андрологических заболеваний. Профилактика и лечение андрологических проблем у активных здоровых и нездоровых людей так же важны, как и пропаганда правильного образа жизни. Врачей необходимо информировать о взаимосвязи

между мужской репродуктивной системой и занятиями спортом, а также о большой роли углубленного медико-биологического контроля перед участием в соревнованиях, а также в профилактике андрологических заболеваний [28].

В апреле 2014 г. МОК было предложено понятие «синдром относительной энергетической недостаточности спортсменов», которое включает нарушение многих физиологических функций, таких, как интенсивность метаболизма и синтез белка, репродуктивная функция, состояние костной ткани, системы иммунитета, сердечно-сосудистой системы и психоэмоционального состояния [26].

В настоящее время для оценки энергетического дефицита у спортсменов предложено понятие «количество доступной энергии», под которым понимается та часть потребленной с пищей энергии, которая остается доступной для физиологических процессов и жизнедеятельности организма после вычета энергозатрат на осуществление физических нагрузок. Количество доступной энергии рассчитывается как количество потребленной энергии минус количество энергии, потраченной на выполнение физических упражнений на единицу безжировой (тощей) массы тела. Измерение количества доступной энергии позволяет более точно оценить относительный энергетический дефицит, поскольку он может наблюдаться даже в том случае, когда потребление энергии с пищей и общие энергозатраты организма сбалансированы [38].

Основные причины развития нарушений энергетического баланса различаются и, прежде всего, находятся в зависимости от специфики вида спорта [8]. В тех видах спорта, которые требуют проявления выносливости, главную роль в развитии энергетического дефицита играет длительность тренировочных нагрузок, в то время как в видах спорта с меньшими энергозатратами на физические нагрузки – гимнастика художественная, прыжки в воду, виды стрельбы и др. – доминируют диетические ограничения и нарушения пищевого поведения (анорексия, ограничение в пище, прием низкокалорийной пищи, слабительных, а также диуретиков, запрещенных для применения, и др. технологий и субстанций). Средняя частота встречаемости нарушений пищевого поведения, по данным разных авторов, составляет 13–20 % у женщин, занимающихся спортом, и 3–8 % – у мужчин-спортсменов, однако может достигать 40 % в показательных видах спорта (гимнастика, фигурное катание) и 30 % – в видах спорта, учитывающих весовые категории [19].

Снижение количества доступной энергии при энергетическом дефиците сопровождается изменениями метаболизма, направленными на снижение энергозатрат: уменьшение основного обмена, снижение утилизации глюкозы, запасов гликогена и синтеза белка в мышечной ткани [22]. Это не только оказывает негативное влияние на спортивную результативность посредством сниже-

ния выносливости и уменьшения мышечной силы, но и посредством различных нейроэндокринных механизмов приводит к нарушению репродуктивной функции, структуры костной ткани и другим изменениям функционального состояния спортсменов [13].

Результаты исследования, проведенного К. Koehler и соавт. [11], показали, что 40 ккал · кг⁻¹ тощей массы тела (ТМТ) может служить в качестве порогового значения. Однако другими авторами установлено, что значение 30–45 ккал · кг⁻¹ ТМТ уже должно считаться – и считается – недостаточным [24], и спортсмены должны оставаться в этом диапазоне только в течение короткого периода времени, например, при стремлении снизить массу тела. Результаты клинических исследований показали [25], что относительный дефицит энергии < 30 ккал · кг⁻¹ ТМТ (Fat free mass – FFM), по-видимому, является порогом, при котором серьезные последствия для здоровья могут наблюдаться уже через 5 дней у здоровых молодых женщин [29].

При снижении количества потребляемой энергии и (или) увеличении интенсивности физических нагрузок уменьшение данного показателя приводит к приспособительным реакциям организма, направленным на снижение энергозатрат, и ведет к разрегулировке многих гормональных, метаболических и функциональных процессов. В частности, было продемонстрировано, что нарушения репродуктивной функции и процессов формирования и поддержания должной плотности костной ткани наблюдаются, если количество доступной энергии составляет менее 30 ккал · кг⁻¹ безжировой массы тела в сутки [1]. По данным разных авторов, средняя величина количества доступной энергии в организме взрослых спортсменов составляет от 12 до 29 ккал · кг⁻¹ безжировой массы тела в сутки, в некоторых видах спорта достигая критических величин (8 ккал · кг⁻¹ ТМТ в сутки) [20].

Заключение. Состояние энергетического дефицита приводит к снижению спортивной результативности вследствие ряда причин: снижения запасов гликогена, синтеза белка, последующего снижения выносливости и мышечной силы, а также, по причине большей подверженности скелетно-мышечным повреждениям, и к инфекционным заболеваниям.

Патофизиологические изменения при дефиците энергии ассоциированы с серьезными медицинскими последствиями, особенно в отношении состояния костной ткани, что обуславливает необходимость их раннего выявления и профилактики. Проблема соответствующей стратегии лечения сниженной плотности костной ткани у спортсменов все еще остается нерешенной. Своевременная диагностика и коррекция состояния относительного дефицита энергии у спортсменов предполагают мультидисциплинарный подход к данной патологии, включающий спортивную медицину, диетологию, наблюдение за психическим здоровьем, физиотерапию, тренировочный и образовательный процесс.

Наибольшее значение в дифференциальной диагностике повреждений костной ткани метаболического характера имеет оценка гормонального статуса спортсменов, в частности паратиреоидного гормона, половых стероидных и гонадотропных гормонов, а также витамина D₃, участвующего вместе с паратиреоидным гормоном в регуляции обмена кальция. Определение концентрации кальция, фосфора и общей активности щелочной фосфатазы сыворотки крови используется в оценке общего функционального статуса спортсмена и имеет больше вспомогательное значение. Важными компонентами комплекса предикторов переутомления костной ткани является определение содержания остеокальцина – неколлагенового белка костного матрикса; кальцитонина – полипептидного гормона, выделяемого С-клетками щитовидной железы, основным эффектом которого является снижение уровня кальция в крови и отложение минерала в кости; костного фермента щелочной фосфатазы; витамина D₃, кальция, фосфора, а также маркеров резорбции костной ткани (деоксипиридинолина, beta-CrossLaps и др.) [7].

Повышение информированности спортсменов и тренеров о признаках и последствиях нарушений энергетического

баланса позволит обеспечить эффективную профилактику развития синдрома перетренированности. Актуальным также является разработка практических рекомендаций по оптимальному сочетанию количества потребленной энергии и энергозатрат в конкретных видах спорта с целью обеспечения высокой спортивной результативности при отсутствии негативных последствий для здоровья спортсменов.

Информативным метаболическим комплексом предикторов поражения сердца при переутомлении является сочетание определения активности маркерных ферментов аланин- и аспартатаминотрансферазы с подсчетом коэффициента де Ритиса, МВ-фракции креатинфосфокиназы, а также С-реактивного белка, особенно высокочувствительного (hs-CRP), D-димера, натрийуретических концевых пептидов [35].

В целом же, эффективная реализация стратегии профилактики и купирования синдрома перетренированности диктует необходимость поддержания энергетического баланса, сохранение необходимой плотности костной ткани и оптимизацию процессов постнагрузочного восстановления.

Литература

1. Beals KA, Meyer NL. Female athlete triad update. *Clin Sports Med* 2007;26(1): 69–89. DOI: 10.1016/j.csm.2006.11.002.
2. Brooke NM, Moreau D, Hambrick DZ. The Relationship Between Deliberate Practice and Performance in Sports: A Meta-Analysis. *Perspect Psychol Sci.* 2016;11(3): 333–350. doi: 10.1177/1745691616635591.
3. Budgett R, Newsholme E, Lehmann M, Sharp C, Jones D, et al. Redefining the overtraining syndrome as the unexplained under performance syndrome. *Br J Sports Med.* 2000;34: 67–68. doi: 10.1136/bjism.34.1.67.
4. Cassidy M, Foley D, Ostrom M, Schulz J, Trane K, et al. Validation of an Age-Appropriate Screening Tool for Female Athlete Triad and Relative Energy Deficiency in Sport in Young Athletes. *Cureus.* 2020;12(6): e8579. doi: 10.7759/cureus.8579.
5. Chow DL, Miller SD, Seidel JA, Kane RT, Thornton JA, Andrews WP. The role of deliberate practice in the development of highly effective psychotherapists. *Psychotherapy (Chic).* 2015;52(3): 337–345. doi: 10.1037/pst0000015.
6. Councilman R. No simple answers. *Swimming Technique* 1990;27: 22–9.
7. Gunina L, Dmitriev A, Yushkovskaya O. Pharmacological and nutritional support for the function of the musculoskeletal system of qualified athletes. *Nauka v olimpijskom sporte.* 2018;(3): 73–4. doi:10.32652/olympic2018.3_6.
8. Holtzman B, Ackerman KE. Measurement, determinants, and implications of Energy Intake in Athletes. *Nutrients.* 2019;11(3): 665. doi: 10.3390/nu11030665
9. Kellman M. Underrecovery and overtraining: different concepts – similar impact? *Enhancing Recovery – Preventing Underperformance in Athletes*; by ed. Kellman M. Champaign, Human Kinetics, 2002; pp 3–24.
10. Kentta G, Hassmen P, Raglin JS: Training practices and overtraining syndrome in Swedish age-group athletes. *Int J Sports Med* 2001;22: 460–465.
11. Koehler K, Hoerner NR, Gibbs JC, Zinner C, Braun H, et al. Low energy availability in exercising menis associated with reduced leptin and insulin but not with changes in other metabolic hormones. *J Sports Sci.* 2016;34: 1921–1929. doi: 10.1080/02640414.2016.1142109.
12. Kroshus E, DeFreese JD, Kerr ZY. collegiate athletic trainers' knowledge of the female athlete triad and relative energy deficiency in sport. *J Athl Train.* 2018;53(1): 51–59. doi: 10.4085/1062-6050-52.11.29.
13. Leanne MR. Physical activity and its effect on reproduction. *Reproductive Bio Medicine Online.* 2006;12(iss 5): 579–586. [https://doi.org/10.1016/S1472-6483\(10\)61183-2](https://doi.org/10.1016/S1472-6483(10)61183-2).
14. Lebois LA, Hertzog C, Slavich GM, Barrett LF, Barsalou LW. Establishing the situated features associated with perceived stress. *Acta Psychol (Amst).* 2016;169: 119–132. doi: 10.1016/j.actpsy.2016.05.012.
15. Lewis NA, Collins D, Pedlar CR, Rogers JP. Can clinicians and scientists explain and prevent unexplained underperformance syndrome in elite athletes: an interdisciplinary perspective and 2016 update. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2015;1(1): e000063. doi: 10.1136/bmjsem-2015-000063.
16. Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahun E, Heinen M, et al. Low Energy Availability in athletes 2020: an updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance. *Nutrients.* 2020;12(3): 835. doi: 10.3390/nu12030835.
17. Loucks A, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. *J Sports Sciences.* 2011; Suppl 1(1): S7–15. doi: 10.1080/02640414.2011.588958.
18. Loucks A. physical health of the female athlete: observations, effects, and causes of reproductive disorders. *Canadian journal of applied physiology.* 2001;26(Suppl 1): S176–185. doi: 10.1139/h2001-052.
19. Loucks AB, Thuma JR. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability irregularly menstruating women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2003;88: 297–311. doi: 10.1210/jc.2002-020369.
20. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(1): 186–205. doi: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a.
21. Meeusen R, Duclos M, Gleeson M, Rietjens G, Steinacker JM, Urhausen A. Prevention, diagnosis and treatment of the Overtraining Syndrome. *Eur J Sport Sci* 2006;6: 1–14.
22. Melin A, Tornberg ÅB, Skouby S, Møller SS, Sundgot-Borgen J, et al. Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes: energy availability in female athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25: 610–22. doi: 10.1111/sms.12261.
23. Melin AK, Heikura IA, Tenforde A, Mountjoy M. Energy availability in athletics: health, performance, and physique. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29: 152–64. doi: 10.1123/ijsnem.2018-0201.
24. Meyer N, Reguant-Closa A. «Eat as If You Could Save the Planet and Win!». Sustainability integration into nutrition for exercise and sport. *Nutrients.* 2017;9(4): 412. doi: 10.3390/nu9040412.

26. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, et al. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad — Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med.* 2014;48(7): 491-7. doi: 10.1136/bjsports-2014-093502.
27. Nattiv A, Agostini R, Drinkwater B, Yeager KK. The female athlete triad. The inter-relatedness of disordered eating, amenorrhea, and osteoporosis. *Clin Sports Med* 1994;13(2): 405-18.
28. Otis CL, Drinkwater B, Johnson M, Loucks A, Wilmore J. American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29 (5): i-ix. doi: 10.1097/00005768-199705000-00037.
29. Otis CL. Exercise-associated amenorrhea. *Clin Sports Med* 1992;11(2): 351-62.
30. Raanes EFW, Hrozanova M, Moen F. Identifying unique contributions of the coach-athlete working alliance, psychological resilience and perceived stress on athlete burnout among norwegian junior athletes. *Sports (Basel).* 2019;7(9): 212. doi: 10.3390/sports7090212.
31. Raedeke TD, Smith AL. Coping resources and athlete burnout: a examination of stress mediated and moderation hypotheses. *J Sport Exerc Psychol* 2004;26: 5255-41.
32. Raglin J, Sawamura S, Alexiou S, Hassmen P, Kentta G. Training practices and staleness in 13- to 18-year-old swimmers: a cross-cultural study. *Pediatr Exerc Sci* 2000;12: 61-70.
33. Raglin J, Wilson G. *Overtraining in athletes; Emotions in Sport*; by Hanin Y. (ed). Champaign, Human Kinetics, 2000; pp. 191–207.
34. Richardson SO, Andersen MB, Morris T. *Overtraining athletes: personal journeys in Sport.* Champaign, Human Kinetics, 2008. 224 s.
35. Rybina IL, Gunina LM. *Modern laboratory markers of control and management of the training process of athletes: science and practice.* Moskva, Sport, 2020. 455 s.
36. Uusitalo A. A Comment on prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome. *Eur J Sport Sci.* 2006;6: 261-62.
37. Wells KR, Jeacocke NA, Appaneal R, Smith HD, Vlahovich N, et al. The Australian Institute of Sport (AIS) and National Eating Disorders Collaboration (NEDC) position statement on disordered eating in high performance sport. *Br J Sports Med.* 2020;54(21): 1247-58. doi: 10.1136/bjsports-2019-101813.
38. Zanker CL. Regulation of reproductive function in athletic women: an investigation of the roles of energy availability and body composition. *Br J Sports Med.* 2006;40(6): 489-90. doi: 10.1136/bjism.2004.016758.

Автор для корреспонденции:

Курашвили Владимир Алексеевич — д-р мед. наук, проф., ведущий специалист Федерального центра подготовки спортивного резерва Министерства спорта Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0003-0177-8001>

kurashvili@list.ru

Corresponding author

Kurashvili Vladimir — Dr. Sci. on Medicine, prof., Leading Specialist of the Federal Center for the Training of the Sports Reserve of the Ministry of Sports of the Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0003-0177-8001>

kurashvili@list.ru

Поступила 18.12.2020