

СИНДРОМ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАССТРОЙСТВО СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ, ОБУСЛОВЕННОЕ ФИЗИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

Бадтиева В. А.^{1,2}, Павлов В. И.¹, Шарыкин А. С.^{1,3}, Хохлова М. Н.¹, Пачина А. В.¹, Выборнов В. Д.¹

В данной обзоре проведен анализ современных концепций синдрома перетренированности по данным отечественных и зарубежных публикаций.

Свидетельством актуальности проблемы синдрома перетренированности также является наличие противоречивых мнений и отсутствие чётко сформулированных положений в отношении этого состояния. Выявлено, что основную роль в патогенезе синдрома перетренированности играют изменения, как со стороны сердечно-сосудистой, так и со стороны центральной нервной и эндокринной систем. Эти изменения неоднозначны, сложны, и зависят от множества факторов, в том числе, от типа деятельности, специфики и условий физических нагрузок, стадии патофизиологического процесса. Тренировочный эффект физических нагрузок при неправильном их использовании, недостаточной оценке текущего состояния субъекта, может не достигать желаемого результата. Более того, нерациональное применение физических нагрузок способно привести к обратному действию, то есть, снижению адаптационных и резервных возможностей, вплоть до крайней степени их выраженности в виде синдрома перетренированности, который имеет фазный, прогрессирующий характер, начиная с утомления и легко устранимых изменений, заканчивая стойкими трудно обратимыми процессами.

В связи с неоднозначностью, стадийностью и многофакторностью синдрома перетренированности, до настоящего времени отсутствует единый подход к его определению, в отсутствии единых стандартов диагностики, лечения и профилактики.

Российский кардиологический журнал. 2018;23(6):180–190

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-180-190>

Ключевые слова: синдром перетренированности, спортсмен, дистрофия миокарда, утомление, перегрузка, восстановление.

¹ГАОУ МНПЦМРВСМ Клиника Спортивной Медицины (филиал № 1) ДЗ Москвы, Москва; ²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России, Москва; ³ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н. И. Пирогова» МЗ РФ, Тушинская детская городская больница ДЗ г. Москвы, Москва, Россия.

Бадтиева В. А. — член.-корр. РАН, д.м.н., профессор, зав. филиалом № 1, профессор, Павлов В. И.* — д.м.н., зав. отделением функциональной диагностики, в.н.с. филиала № 1, Шарыкин А. С. — д.м.н., врач-консультант филиала № 1, профессор, Хохлова М. Н. — врач отделения реабилитации, аспирант филиала № 1, Пачина А. В. — врач отделения функциональной диагностики, аспирант филиала № 1, Выборнов В. Д. — аспирант филиала № 1.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

mnpcsm@mail.ru

АД — артериальное давление, АТФ — аденозинтрифосфат, ВСР — вариабельность сердечного ритма, ИФР-1 — инсулиноподобный фактор роста, КФК — креатинфосфокиназа, ЦНС — центральная нервная система, ЧСС — частота сердечных сокращений, ЭКГ — электрокардиография, ЭхоКГ — эхокардиография.

Рукопись получена 29.01.2018

Рецензия получена 02.02.2018

Принята к публикации 09.02.2018

AN OVERTRAINING SYNDROME AS FUNCTIONAL CARDIOVASCULAR DISORDER DUE TO PHYSICAL OVERLOAD

Badtieva V. A.^{1,2}, Pavlov V. I.¹, Sharykin A. S.^{1,3}, Khokhlova M. N.¹, Pachina A. V.¹, Vybornov V. D.¹

In the article, an analysis provided of recent views on the overtraining syndrome by the data from local and foreign publications.

The witness of the problem actuality is also an existence of controversial opinions and absence of clear definitions on properties of the condition. It has been revealed that the main role in pathogenesis of the overtraining syndrome do play the changes of cardiovascular, endocrine and central nervous systems. These changes are complicated and ambiguous, depend upon multiple factors, as the type of sport, specifics of exertion and loads, stage of pathophysiological process. Entraining effect of exertion, if incorrectly utilized, underestimation of current condition of a sportsman, might not lead to expected results. Moreover, non-rational application of exertion might lead to opposite effect, that is, to decrease adaptation potential and reserves, towards the edge of the condition as an overtraining syndrome, which shows phasic, progressing character, starting from fatigue and mild disorders, to persistent, rigidly reversible processes.

Due to controversy, multiple stages and multifactorial of the overtraining syndrome, by now there is no unified approach to its definition, as no unified standards to its diagnostics, treatment and prevention.

Russ J Cardiol. 2018;23(6):180–190

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-180-190>

Key words: overtraining syndrome, sportsman, myocardial dystrophy, fatigue, overload, recovery.

¹The Clinics of Sport Medicine (branch №1) of Moscow, Moscow; ²I. M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health, Moscow; ³N. I. Pirogov Russian National Research Medical University (RNRMU), Tushinskaya Pediatric City Hospital, Moscow, Russia.

Прогрессирующий со временем рост спортивных результатов неразрывно связан с увеличением объема и интенсивности нагрузок. При этом спортсмен может проходить через различные стадии — от недостаточной тренированности в период отдыха или вос-

становления до состояния перенапряжения или перетренированности, сопровождающихся нарушениями адаптации к нагрузкам. Нагрузки, превышающие адаптационные возможности организма, часто вызывают нарушение работы органов и систем и “истоще-

ние” функциональных резервов, ассоциируемые с терминами “функциональная яма” и “перетренированность”.

Терминология

При изучении указанных вопросов используются различные термины. Основными из них являются следующие:

Утомление (fatigue) — закономерное снижение работоспособности после более или менее продолжительной работы [1].

Истощающее утомление (exhaustion) и кумуляция утомления (overloading) — обычно являются следствием действий, связанных с тренировочным процессом и направленных на достижение тренировочного эффекта. Восстановление после такого состояния занимает более длительное время [2-4]. Если недостаточно времени и должной амплитуды восстановительных воздействий, они могут явиться следующим шагом в развитии состояния перетренированности.

Перенапряжение (overreaching), перегрузка — аккумуляция тренировочных и внутренировочных перегрузок, приводящая к кратковременному снижению работоспособности, которая, однако, может быть восстановлена в пределах нескольких дней/недель.

Перетренированность (overtraining), синдром перетренированности — аккумуляция перегрузок, приводящая к длительному снижению работоспособности, не устраняемому в течение, как минимум, двух недель облегченных тренировок или полного отдыха, которая может сопровождаться рядом психологических и соматических симптомов. Реальное восстановление может произойти не ранее, чем через несколько недель/месяцев [5].

Определение перетренированности

Несмотря на то, что в оценке этиологии (высокие нагрузки без адекватного восстановления) и общего итога (стойкое снижение результативности спортсмена) перетренированности большинство авторов едины, подходы к определению понятия перетренированности гетерогенны. Так, большинство отечественных авторов описывают перетренированность как состояние, при котором нарушается координация взаимодействия между корой головного мозга и подкорковыми отделами, ведущая к автономному (симпатико-парасимпатическому) дисбалансу, являющемуся главным звеном патогенеза, опосредующим все дальнейшие нарушения регуляции функционирования органов и систем [6, 7]. Существует определение перетренированности, как состояния, при котором достигнутые в результате тренировочного процесса приспособительные реакции, сменяются неблагоприятными, приводящими в результате к предпатологическим и патологическим изменениям в отдель-

ных органах и системах [8]. Сюда же примыкает мнение, согласно которому основным в определении перетренированности является нарушение работоспособности, опосредованное стойким нарушением нейрогуморальной регуляции [9].

Согласно мнению зарубежных специалистов, ведущая роль в генезе и сущности синдрома перетренированности отводится нарушениям процессов суперкомпенсации, которые в норме требуются для эффективного тренировочного процесса [10].

В отечественных руководствах до недавнего времени отсутствовало четкое разграничение физической перегрузки и синдрома перетренированности. Поэтому распространенная в России классификация синдрома перетренированности имеет три стадии, и включает в себя также явления обычной физической перегрузки [11]. То, что зарубежные специалисты называют синдромом перетренированности, в отечественной классификации относится к третьей стадии патологических изменений, связанных с занятиями спортом.

Таким образом, до настоящего времени отсутствуют единые определения, классификация и взгляд на этиопатологическую сущность данного состояния и универсальное средство его прогнозирования до появления развернутой клинической картины [12]. Синдром перетренированности на сегодня остается клиническим диагнозом без четкого определения. Он также отсутствует в МКБ-10 [13].

Факторы риска

Факторы, которые влияют на чувствительность к состоянию перетренированности могут быть разделены на внутренние и внешние [14].

Внутренние факторы:

- Общее состояние здоровья;
- Эмоциональное состояние;
- Индивидуальные особенности реакции на стресс;
- Врожденные факторы (например, темперамент);
- Возраст;
- Пол;
- Менструальный цикл у женщин.

Внешние факторы:

- Интенсивность тренировочного процесса;
- Объем тренировок;
- Тренировочный анамнез;
- Социальные, экономические и другие стрессорные воздействия.

Реакции спортсмена на нагрузки определяются общим количеством внутренних и внешних стрессорных факторов, а устойчивость к стрессу детерминирована способностью к адаптации, стратегией выполнения нагрузки и физиологическими качествами. Известно, что у мужчин и женщин отмечается различная толерантность к стрессу. Случаи перетренированности чаще развиваются у мужчин, однако оба

Таблица 1

Основные механизмы утомления при функционировании различных энергоисточников мышечной деятельности

Источник энергии для мышечной деятельности	Основная биохимическая реакция	Основные характеристики энергоисточника	Виды спорта, где энергоисточник превалирует	Основные механизмы утомления
Анаэробный алактатный (креатинфосфатный)	Креатинфосфат + АДФ → креатин + АТФ.	Основной источник — запасы в мышцах АТФ и креатинфосфата; Наиболее высокая мощность совершаемой работы; Самая низкая емкость; Высокая эффективность; Наиболее высокая скорость разворачивания	Скоростно-силовые виды спорта — тяжёлая атлетика, толкание ядра, спринтерский бег, прыжки в высоту и др.	↓КрФ, ↑АДФ, ↑Ф
Анаэробный лактатный (гликолитический)	$C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2АДФ = 2C_3H_6O_3 + 2АТФ + 2H_2O$	Основной энергоисточник — глюкоза, окисляющаяся в отсутствие кислорода, до воды и молочной кислоты; Средняя мощность (интенсивность) выполняемой работы — выше, чем при аэробной, но ниже, чем при анаэробной алактатной; Средняя емкость — функционирует больше времени в сравнении с анаэробным алактатным, но меньше в сравнении с аэробным; Низкая эффективность — в ходе гликолиза образуется всего 2 молекулы АТФ; Средняя скорость разворачивания — путь включается, когда анаэробная алактатная работа достигает максимума, а аэробный путь не еще не задействован	Наиболее задействован в видах спорта, сопровождающихся затяжными рывками и другими схожими усилиями, такие как бег на средние дистанции, видах спорта, связанных с удержанием тяжелых весов и др.	↓pH, ↓pO ₂ , нарушение электрохимического сопряжения, ↓гликоген
Аэробный	Метаболизм углеводов (глюкоза — C₆H₁₂O₆) $6O_2 + C_6H_{12}O_6 = 6CO_2 + 6H_2O + 32АТФ$ Метаболизм жиров (пальмитиновая кислота — C₁₆H₃₂O₂) $23O_2 + C_{16}H_{32}O_2 = 16CO_2 + 16H_2O + 129АТФ$	Наиболее типичен для видов спорта с низкоинтенсивными продолжительными нагрузками, имеющими, как правило, циклический характер (бег на длинные дистанции, триатлон, лыжные гонки и др.)	Наиболее типичен для видов спорта с низкоинтенсивными продолжительными нагрузками, имеющими, как правило, циклический характер (бег на длинные дистанции, триатлон, лыжные гонки и др.)	↓гликоген, ↑NH ₃ , ↑R=0, ↑t _{внут.} , ↓H ₂ O, изменения со стороны сердечно-сосудистой и центральной нервной системы

Сокращения: КрФ — креатинфосфат, АТФ — аденозинтрифосфат, АДФ — аденозиндифосфат, Ф — неорганические фосфаты, pO₂ — парциальное давление кислорода, R — дыхательный коэффициент, представляющий отношение потребляемого кислорода к выделяемой углекислоте (VO₂/VCO₂); t_{внут.} — внутренняя температура тканей организма (в том числе, мышц).

пола, по-видимому, отвечают на сверхнагрузочные тренировки относительно схожими изменениями физиологических параметров [15]. Так как некоторые спортсмены являются чувствительными к перетренированности, становятся очень важными работа тренера и самообразование в отношении профилактики этого состояния. Общим правилом является то, что чем выше уровень тренированности спортсмена, тем больше времени требуется для достижения уровня истощающего утомления. Этот временной критерий может быть использован в полевых и стендовых экспериментах для оценки уровня тренированности спортсмена [16–18].

Из внешних факторов, как было отмечено выше, самой значимой причиной является прогрессивное увеличение интенсивности выполняемых нагрузок со значительным увеличением всего объема работы,

что приводит к несоответствию между реакцией адаптации и требуемым временем восстановления. В этом аспекте наиболее значимыми факторами являются монотонность тренировочных занятий без периодов восстановления или облегченных тренировок, и увеличение объема нагрузок [19].

Также является очевидным, что частые длительные переезды и экологические факторы (например, высота, жара, холод и др.) представляют собой дополнительные стрессорные воздействия на организм спортсмена, увеличивая риск развития состояния перетренированности. Недостаточное количество потребляемых калорий и основных веществ, получаемых спортсменом с пищей, сами по себе снижают толерантность к стрессу, а лишение нормального сна отрицательно влияет на метаболическую и эндокринную функцию.

Таблица 2

Этапы формирования синдрома перетренированности

Тренировочный эффект	Суперкомпенсация после адекватного восстановления			Регресс функциональных возможностей		
				Перегрузка (англ. overreaching — OR)		Перетренированность (overtraining)
Эффект тренировочных воздействий	Утомление (fatigue)	Выраженное утомление (exhaustion)	Кумуляция утомления (overloading)	Функциональная перегрузка (англ. functional overreaching — FOR)	Органическая перегрузка (англ. non functional overreaching — NFOR)	
Работоспособность	Возрастает			Кратковременно снижается	Остается на прежнем уровне или снижается	Стойко длительно снижается
Время для восстановления	Часы	Часы-дни	Дни	Дни-недели	Недели-месяцы	Месяцы

Патогенез перетренированности

Обычно работа спортсмена включает предсоревновательный период длительностью примерно 1-1,5 месяца с перерывами и соревновательный сезон с тренировочным циклом, выходом на пик формы, физическими нагрузками и периодом восстановления в течение одной недели. Повторный, и, по-видимому, неизбежно сжатый график игр и стресс во время переездов, увеличивают риск физических и психических перегрузок [20].

Понятия физической перегрузки и перетренированности тесно связаны с термином “утомление”. Существует более 100 определений утомления. Наиболее простым и емким с нашей точки зрения является определение, согласно которому утомлением является закономерное снижение работоспособности после более или менее продолжительной работы [1].

Физическая работа совершается при помощи различных биохимических реакций с задействованием различных источников энергии и различных биохимических реакций.

Механизмы утомления, в целом, имеют общие черты при любом характере работы. Тем не менее, удельная доля того или иного механизма при разном характере работы будет неодинаковой [21] (табл. 1).

Интенсивные и (или) продолжительные тренировки, с последующим восстановлением, являются необходимыми для улучшения состояния функциональной готовности спортсмена. В течение этого периода способность спортсмена к выполнению нагрузок должна возрастать, вне зависимости от предтренировочного фона. Данный физиологический ответ называют “суперкомпенсацией”. Однако ошибки в построении тренировочного процесса, стремление в короткие сроки достичь высоких спортивных результатов могут приводить к выраженному утомлению и кумуляции утомления, которые становятся очередным шагом к развитию перетренированности, так как восстановление после таких состояний занимает более длительное время.

Если утомление является обычным состоянием, регулярно наступающим в процессе рутинных тре-

нировочных нагрузок, то максимальный уровень утомления характерен для соревновательных нагрузок, с полной реализацией физических потенций. Определенный уровень усталости, чувства “опустошенности”, беспокойства, раздражительности, затруднения концентрации или сонливости является нормальным для спортсменов после разовых физических нагрузок или ответственных матчей. У спортсменов также может возникать гиперчувствительность скелетных мышц, нарушение координации, снижение либидо и признаки депрессии иммунной системы (например, частые инфекции верхних дыхательных путей). Эти симптомы могут возникать в рамках физических перегрузок и являются ожидаемой частью интенсивных тренировок. Вышеуказанные симптомы и сниженная работоспособность перегруженного спортсмена быстро разрешаются, если перейти к этапу более легких тренировок (англ. tapering).

Однако накопление значительного количества тренировочных и (или) нетренировочных стрессорных воздействий приводит к явному снижению физической работоспособности наряду с признаками и симптомами дезадаптации физиологического и психологического характера. Развивается функциональное и органическое перенапряжение, а затем и синдром перетренированности (табл. 2). Один из основных моментов отличия “обычной” физической перегрузки от синдрома перетренированности состоит в том, что ключевые симптомы перетренированности, в том числе, сниженная работоспособность, могут сохраняться в течение многих недель и месяцев (табл. 2).

Синдром перетренированности, по сути, представляет собой психосоматическую патологию, то есть патологическое состояние, в котором задействованы психические процессы, нейроэндокринная система и внутренние органы.

Обычно трудно определить, что является первичным звеном в этом процессе — неблагоприятная психологическая ситуация (однообразные нагрузки,

конфликт с товарищами по команде, семейные неприятности и др.) или физические перегрузки. Считается, что в различном соотношении должны присутствовать оба компонента [19].

Классификация синдрома перетренированности (overtraining syndrome)

Основополагающим в классификации перетренированности (overtraining syndrome) является соотношение процессов автономной (вегетативной) регуляции. Дисфункция вегетативной (автономной) нервной системы, или ее дисбаланс ее симпатического и парасимпатического звеньев, является неизменным компонентом перетренированности. Выделяют две формы (фазы) перетренированности: симпатическую (адреновую) и парасимпатическую.

Симпатическая фаза, по-видимому, является первой неизбежной стадией перетренированности, и является идентичной острой стрессовой реакции. В ряде случаев, фаза симпатической гиперактивности бывает нивелирована и не диагностируется. Эта фаза прогрессирует до истощения вегетативной нервной системы, когда симпатическая активность, предположительно, уменьшается из-за снижения возможности синтезировать катехоламины (адреналин, норадреналин) [22–23]. Кроме того, снижается способность периферических тканей отвечать на стимулирующие воздействия. Основными компонентами симпатического типа перетренированности являются следующие [24].

Персистирующее воздействие высоких концентраций анаболических гормонов, вырабатываемых организмом при интенсивных продолжительных тренировках, приводит к снижению чувствительности к ним, что ведет к компенсаторному усилению выработки стрессорных гормонов оси гипоталамус (кортикотропин-рилизинг-фактор — CRF, CRH) — гипофиз (адренокортикотропный гормон — АКТГ) — кора надпочечников (кортизол).

Персистирующее воздействие высоких концентраций адреналина и норадреналина при интенсивных продолжительных тренировках также способствует повышенной выработке стрессорных гормонов, ведет к снижению числа и плотности β 2-адренорецепторов, снижению чувствительности к активирующим влияниям и снижению мышечной работоспособности.

Повышенная концентрация стрессорных гормонов ведет к снижению соотношения “тестостерон/кортизол” и мышечной работоспособности.

Для симпатического типа перетренированности характерны следующие симптомы:

- рост частоты сердечных сокращений в покое;
- рост артериального давления (гипертензия) в покое, которое может не выходить за физиологические нормативы, но выше обычного у данного спортсмена,

смена, в связи с чем могут наблюдаться частые головные боли;

- повышенная скорость обмена веществ (метаболизма) в покое, в связи с чем температура тела может быть слегка повышена;

- присутствие признаков психологического стресса; увеличение времени дифференцированной реакции на определенный раздражитель и снижение способности выполнять сложные движения.

Парасимпатическая фаза может быть определена как продолженное состояние перетренированности, или фаза истощения. В таких случаях говорят, что спортсмен “перегорел”. Модель биологического стресса была описана Г. Селье (1956г). Фазу истощения он образно назвал “смертью” регулирующих систем. В спорте она проявляется снижением работоспособности и отсутствием какой-либо надежды выйти на оптимальный уровень физической готовности.

Основными компонентами парасимпатического типа перетренированности являются следующие:

“Симпатическое истощение” ведет к нарушению стимулирующих влияний как вследствие недостаточной концентрации адреналина и норадреналина, так и вследствие снижения чувствительности и количества β 2-адренорецепторов.

Снижение регуляторных функций центральной нервной системы (ЦНС), в том числе гипоталамо-гипофизарной системы, ведет к снижению концентрации анаболических гормонов (тестостерона).

Формирование “порочного круга”, когда снижение регулирующих влияний ЦНС, гипоталамо-гипофизарной системы, ослабление симпатических влияний и уменьшение выработки анаболических гормонов взаимно потенцируют друг друга.

Стойкое снижение гормональных влияний и доступных энергоисточников ведет к прогрессирующему снижению работоспособности.

Для парасимпатического типа перетренированности характерны следующие симптомы:

- необычно низкая частота пульса в покое, реагирующая резким возрастанием на обычные нагрузки;
- нормальное артериальное давление с избыточным ростом при физических нагрузках;
- нормальная скорость обмена веществ (метаболизма) и нормальная температура тела;
- отсутствие явных психологических признаков избыточного стресса.

Таким образом, основную роль в патогенезе *парасимпатического типа перетренированности* играет истощение стимулирующих воздействий и энергоисточников [24].

Существуют и другие классификации перетренированности, однако даже вышеупомянутые способы классификации данного состояния, несут на себе значительный оттенок условности.

Таблица 3

Субъективная психологическая оценка состояния при синдроме перетренированности

Функционально-диагностические параметры	Симптомы перетренированности
Субъективная оценка утомляемости	Усиление ощущения утомления, несмотря на адекватное время восстановления (более легкие тренировки в течение одного дня — двух недель)
Настроение	Сниженные позитивные и усиленные негативные ощущения
Оценка мышечного утомления	Повышена, несмотря на адекватный восстановительный период (более легкие тренировки в течение одного дня — 2-х недель)
Восприятие напряжения в течение постоянной нагрузки	Усилено

Диагностика перетренированности

Диагностика перетренированности осложняется тем, что последняя не является заболеванием, а представляет определенный синдром, не имеющий четких критериев. Нередко диагноз ставится путем исключения других соматических заболеваний. Такие состояния 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 могут имитировать синдром перетренированности.

Напряжение, испытываемое спортсменами, может иметь самые разнообразные симптомы. Так, еще в 1991г было констатировано, что существует свыше 80 основных симптомов перетренированности, из них 40 физиологических, 12 психоневрологических, 14 иммунологических и 18 биохимических [23]. В настоящее время их насчитывается еще больше. Таким образом, необходим анализ как субъективных, так и объективных признаков перетренированности.

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

Состояние перетренированности может быть установлено только после тщательного клинического исследования и исключения серьезных органических нарушений.

Оценка психоневрологического статуса является важной в диагностике, так как синдром перетренированности может рассматриваться в качестве психосоматического расстройства.

Среди самых чувствительных индикаторов в течение как очень коротких, так и долговременных периодов тренировок рассматривается психологическая симптоматика [25, 26]. Сниженная амплитуда положительных ощущений (например, ощущения работо-

способности) и усиленные отрицательные эмоции (например, напряженность, депрессия, гнев, усталость и рассеянность) обычно появляются даже после нескольких дней интенсивных тренировочных нагрузок (табл. 3). Самым чувствительным признаком, по-видимому, является повышенное восприятие чувства усталости.

У спортсмена часто отмечается клинически выраженная депрессия, которая является одной из самых больших проблем при состоянии перетренированности. Затруднительным моментом является дифференциальная диагностика данного состояния с первичной депрессией, не связанной с перетренированностью. Изучение анамнеза заболевания, обсуждение проблемы с тренерами и другими спортсменами, а также сбор семейного анамнеза, могут помочь в разъяснении данного вопроса.

Существует гипотеза о первичности центрального утомления, что подтверждается увеличением концентрации аминокислот с неразветвленной цепью, в частности, триптофана, а также серотонина в головном мозгу. Серотонин является гормонально активным веществом, влияет на настроение, сон, терморегуляцию, сердечно-сосудистую регуляцию и некоторые другие функции мозга. При физических усилиях уровень серотонина повышается и может усиливать ощущение усталости. На фоне этого в ткани головного мозга снижается количество аминокислот с разветвленной цепью [22].

Эндокринные изменения. Известно, что высокая метаболическая нагрузка ведет к активации системы гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников. Острая перегрузка со снижением гликогена печени сопровождается реакцией эндокринной системы, которая включает повышение уровня стрессорных гормонов коры надпочечников — кортизола и др. (гиперкортизолизм), а также снижение концентрации инсулина в крови (гипоинсулинемию). Однако в состоянии перетренированности чувствительность клеток половых желез и коры надпочечников к активирующим влияниям снижается.

При интенсивных физических нагрузках (особенно это касается силовой работы) и адекватном восстановлении, регистрируется рост уровня тестос-

Таблица 4

**Реакция эндокринной и нейроэндокринной систем
на значительные физические перегрузки и перетренированность у спортсменов [24]**

Показатели	Реакция на физические перегрузки и перетренированность
Тестостерон	↓
Кортизол	N или ↓
Т/С	↓
Катехоламины	↓ — покой; ↑ → ↓ — нагрузка
Плотность β2-адренорецепторов	↓ в лимфоцитах
Чувствительность к катехоламинам (адреналину и норадреналину)	↓
ЦНС	↑ серотонин; ↓ допамин; ↑ ГОМК; ↓ норадреналин; ↓ — глутамин
Другие параметры	СТГ, ИФР-1, инсулин: перегрузка — ↑, перетренированность — ↓

Примечание: ↑ — рост, ↓ — снижение, N — нормальные значения, ↑ → ↓ — кратковременное возрастание и быстрое снижение концентрации,

Сокращения: ЦНС — центральная нервная система, ГОМК — гамаоксимасляная кислота (гамаоксипутират), СТГ — соматотропный гормон, ИФР-1 — инсулиноподобный фактор роста.

стерона. При отсутствии нормального восстановления снижается как уровень общего тестостерона, так и его свободной фракции [24]. В итоге при значительных перегрузках и синдроме перетренированности меняется соотношение гормонов анаболизма и катаболизма (тестостерон/кортизол, свободный тестостерон/кортизол), с преобладанием последних.

Реагирует на нагрузки и система соматотропный гормон (СГ) — инсулиноподобный фактор роста (ИФР-1). После 1-2 недель тренировочных нагрузок умеренной интенсивности и положительном энергетическом балансе, повышается уровень ИФР-1. При продолжительных истощающих нагрузках и превалировании катаболизма уровень СГ и ИФР значительно снижается.

При перегрузке и перетренированности концентрация норадреналина и концентрация норадреналина покоя может быть повышена, а чувствительность к ним периферических тканей (β-адренорецепторов) снижена. Подобные реакции эндокринной системы являются важными симптомами у спортсменов в состоянии перетренированности.

Следует отметить, что силовые нагрузки и работа с преобладанием компонента выносливости могут вызывать отличающиеся друг от друга изменения в реакции эндокринной системы, зависящие в основном от объемов физической работы (табл. 4). Однако надо подчеркнуть, что спортсмены реагируют индивидуально на перегрузки и истощающие тренировки, несмотря на выполняемый тип тренировочной нагрузки (на силу или на выносливость).

К другим последствиям интенсивных нагрузок относятся снижение запасов гликогена [23], снижение нервно-мышечной возбудимости, изменение чувствительности адренорецепторов [27], изменение иммунной функции [28], и дистрофические изменения сердечной и скелетных мышц.

Изменения со стороны скелетных мышц включают долговременную болезненность (гиперчувствитель-

ность) мышц и нарушение восприятия окружающих сигналов. Может обнаруживаться снижение максимальной силы мышц (максимальной произвольной сократимости).

Теряется способность периферических тканей отвечать на стимулирующие воздействия, что отчасти объясняется снижением чувствительности рецепторов к адреналину и норадреналину [29].

Изменения сердечной мышцы. Изменения при перетренированности касаются и сердечной мышцы, в которой могут развиваться дистрофические процессы, а также изменяются реакции на стимулирующие воздействия. Часто обнаруживают изменения электрокардиограммы, свойственные дистрофии миокарда, расстройствам вегетативной регуляции сердечной деятельности (при оценке вариабельности сердечного ритма). Реакции на нагрузки характеризуются более высокой частотой ритма при небольших мощностях физических нагрузок (может проявляться снижением показателя Physical Working Capacity — PWC); снижением максимального потребления кислорода (МПК), максимального кислородного пульса нагрузки ($O_2/ЧСС_{max}$) и других параметров, определяемых при проведении эргоспирометрического теста. Достаточно высокочувствительным и специфичным параметром является снижение скорости восстановления по пульсу после нагрузок.

Иммунная система. После длительных физических и психических перегрузок у спортсменов может оказаться затронутой иммунная система, что ведет к увеличению частоты инфекционных заболеваний, особенно, верхних дыхательных путей. Известно, что матчи, имеющие турнирное значение, служат причиной изменения в крови концентрации некоторых гормонов (например, кортикостероидов) и некоторых веществ, отрицательно влияющих на функцию клеток иммунной системы — лейкоцитов, лимфоцитов и др., число которых через некоторое время после интенсивных физических нагрузок может снижаться.

Таблица 5

Основные биохимические изменения при синдроме перетренированности

Изменения	Проявления
Нарушение углеводного обмена: – уменьшение депо глюкозы – нарушения процессов расщепления углеводов – снижение процессов транспорта глюкозы – снижение продукции инсулиноподобного фактора роста I – превалирование катаболических процессов над анаболическими	– проявления в покое неярки и трудно выявляемы – меняется соотношение глюкоза/инсулин крови в покое, что свидетельствует об умеренной инсулинорезистентности – снижается максимальная концентрация молочной кислоты (лактата) крови – умеренно снижается концентрация лактата крови при субмаксимальных нагрузках
Нарушения белкового обмена	Концентрация мочевины крови при аэробных нагрузках (~61% от МПК) сохраняется высокой в течение 4-х часов после окончания работы (в норме — не более 1 часа)
Изменения анаэробных алактатных процессов	Концентрация КФК при изометрических нагрузках повышается до 10 раз и тесно коррелирует с ослаблением амплитуды мышечного усилия
Дефицит глутамина вследствие усиленного катаболизма (превращение в глутамат), уровень которого организм компенсирует за счет распада белков мышечной ткани [33]	– Снижение концентрации глутамина (Gm) [34] – Повышение концентрации глутамата (Ga) – Снижение соотношения Gm/Ga [35]

Таблица 6

Рекомендованные лабораторные параметры для диагностики перетренированности [14]

Первый шаг
Гемоглобин, гематокрит, количество лейкоцитов, тромбоцитов
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)
Аланинаминотрансфераза (АЛТ), аспартатаминотрансфераза (АСТ), щелочная фосфатаза (ЩФ) — ферменты, отражающие, в первую очередь, функцию печени
Креатинфосфокиназа (КФК), миоглобин, креатинин — высвобождаются при повреждении мышечных волокон (МВ-фракция КФК специфична для повреждения сердечной мышцы); креатинин повышается также при нарушении почечной функции
Мочевина — один из продуктов разрушения (катаболизма) белка
Глюкоза крови
Электролиты (натрий, калий, кальций)
Тироксин, тиреостимулирующий гормон (ТТГ)
Второй шаг
Лейкоцитарная формула
Ферритин
Трансферрин, альбумин
Иммунологические исследования — иммуноглобулин (IgE), иммуноглобулин А (IgA), развернутый анализ иммунного статуса
Анализ факторов агрессии к тканям организма, в том числе, к ткани сердечной мышцы (антитела к ткани миокарда, антистрептококковые антитела, кардиотропные вирусы и др.)
Кортизол и тестостерон (свободный тестостерон)
Третий шаг
Эстрогены, фолликулостимулирующий гормон, лютеинизирующий гормон
Адренокортикотропный гормон (стимулирующий тест)
Катехоламины (в моче) и их метаболиты
Магnezия, цинк
Последующие специфические исследования, если необходимо

Изменения иммунной функции включают сниженный ответ на внедрение патогенных агентов, и повышенную восприимчивость к инфекционным процессам в течение нескольких часов после завершения физической нагрузки; этот период часто описывается как “открытое окно”.

Как установлено, более выраженное ослабление функции иммунной системы в ответ на идентичные нагрузки, наблюдается у спортсменов с низкой аэробной работоспособностью [30].

Обменные и биохимические изменения. Спортсмены могут существенно страдать между интенсивными тренировками вследствие недостаточного времени для восстановления обменных процессов и поддержания гомеостаза. Так, вследствие выраженных продолжительных катаболических изменений, свойственных перетренированности, может нарушаться состав тела — снижается процент жировой ткани и абсолютные значения мышечной массы [31-32]. В состоянии перетренированности катаболические

Таблица 7

Рекомендованные функционально-диагностические параметры для диагностики перетренированности [14]

Полевые показатели физической работоспособности	
Сердечно-сосудистая система	
Утренняя ЧСС в покое*	Повышена или снижена более, чем обычно для данного индивидуума
Реакция ЧСС в ортостатической пробе**	Повышена или снижена более, чем свойственно данному индивидууму
BCP и ее реакция на пробы — ортостатическую, с физической нагрузкой и др.	Повышена
Картина ЭКГ	Признаки миокардиодистрофии (устанавливаются в сравнении предыдущими ЭКГ и анамнестическими данными)
Показатели ЭхоКГ	Снижена фракция выброса, ударный объем (определяется динамике относительно данных предыдущих исследований и анамнестических данных)
Стеновые показатели физической работоспособности	
Состав тела	
Изменен более, чем свойственно данному индивиду; наиболее характерно снижение процента жировой ткани и абсолютные значений мышечной массы	
Механическая эффективность при субмаксимальной нагрузке	Снижена
Работоспособность в максимальном эргоспирометрическом тесте ($W_{\max}$, $VO_{2\max}$, ПАНО, время до наступления утомления***)	Снижена
ЧСС в процессе постоянной субмаксимальной нагрузки	Повышена
Время на данной дистанции при постоянной субмаксимальной ЧСС	Повышено
Время на данной дистанции при максимальном усилии + ЧСС _{max}	Повышено; ЧСС _{max} снижено
Время до наступления утомления при постоянной скорости	Снижено
Сила при максимальном усилии	Снижена

Примечание: * — сравнение ЧСС покоя с ЧСС после трех минут в положении стоя не является единственным показателем, ** — исключается первая минута в положении стоя, *** — в норме вариабельность этих параметров от 2% до 12%.

Сокращения: BCP — вариабельность сердечного ритма, ЧСС — частота сердечных сокращений, ЧСС_{max} — максимальная частота сердечных сокращений, ЭКГ — электрокардиография, ЭхоКГ — эхокардиография, $W_{\max}$ — максимальная мощность, $VO_{2\max}$ — максимальное потребление кислорода, ПАНО — порог анаэробного обмена.

процессы могут преобладать над анаболическими. Это может проявляться рядом биохимических изменений — уменьшением количества гликогена в организме, повышением концентрации мочевины в крови и др. [33–35] (табл. 5).

Лабораторные исследования. Из лабораторных показателей, применяемых для дифференциальной диагностики состояний, связанных со снижением работоспособности, могут оказать пользу следующие: снижение концентрации тестостерона и повышение концентрации кортизола, или снижение их соотношения; снижение ночной экскреции катехоламинов; изменение концентрации катехоламинов в крови в покое и после нагрузки; снижение максимальной концентрации лактата крови; снижение концентрации глутамин плазмы; повышение концентрации мочевой кислоты и креатинкиназы (отражают перегрузку на мышечном уровне) [36–40] (табл. 6). Важным является также исследование иммунологических показателей.

При проведении функционально-диагностических исследований, отмечаются снижение отношения концентрации лактата крови к уровню физического напряжения; изменения утренней ЧСС и ЧСС в ответ на ортостатическую нагрузку [41, 42] (табл. 7).

Таким образом, диагноз перетренированности основывается на трех основных пунктах: (1) анам-

незе, (2) исключении органической патологии, и (3) функционально-диагностических и лабораторных исследованиях.

Лечение и профилактика

По результатам Европейского (2006) и Объединенного (2013) консенсуса по перетренированности, отмечается недоказанность эффективности какого-либо специфического лечения. Таким образом, покой, облегченный режим тренировок, а также меры профилактики, остаются единственными способами борьбы с данным состоянием. Восполнение (регенерация) метаболических резервов является приоритетной задачей, так что ускоряющие восстановления мероприятия должны начинаться сразу же после окончания соревнований или тренировки.

Большую роль в профилактике перетренированности могут играть организационные мероприятия. Как пример в игровых видах спорта, замены планируются так, чтобы ключевые игроки не подвергались излишнему. Важная роль принадлежит соблюдению правильно составленного графика соревнований.

Существенную роль играют правильное питание и отдых. Рекомендуется исключать из еды обработанные крахмалы, зерновые продукты и сахар, так как они обладают провоспалительным действием. Потре-

бляя еду малыми порциями, но чаще, спортсмен обеспечивает более стабильный уровень глюкозы в крови и исключает метаболический стресс. Рекомендуется ограничить прием кофеина и подобных веществ, стимулирующих симпатический ответ.

Особого внимания заслуживает восстановление психики перед ответственными соревнованиями и специфическими тренировками.

Одним из элементов профилактики является так называемое активное восстановление, которое удаляет продукты метаболизма из крови более быстро, чем это делает пассивное восстановление. Удаление продуктов метаболизма, в том числе и лактата, из циркуляции, является, до определенной степени (примерно, до уровня 50% максимального потребления кислорода), прямо пропорциональным напряженности нагрузки [43]. Таким образом, целесообразно использовать “разогревающие” упражнения.

Как указывалось выше, для видов спорта с разными энергоисточниками, схемы профилактики утомления и поддержания метаболических резервов могут быть различными [44]. Так, для силовых видов спорта с преобладанием креатинфосфатного источника обеспечения мышечной деятельности, целесообразно восстанавливать, в первую очередь, соответствующий энергосубстрат и элементы, подвергающиеся истощению. Поэтому доказан и целесообразен приём креатина, протеина, разветвленных аминокислот (BCAA — branched-chain amino acids), витаминов группы В [45].

Для видов спорта с преимущественно лактатным путем энергообеспечения (например, бег на дистанции от 400 м до 3 км), одним из ведущих звеньев утомления является снижение рН вследствие лактацидоза. Поэтому логичным представляется использование специальных буферных добавок [46].

Для спортсменов с преимущественно аэробной системой энергообеспечения (большинство известных видов спорта) важным также является поддержание должного уровня гидратации и доступных энэгоисточников. Если тактика потребления жидкости спортсменом во время нагрузок описана довольно подробно, вопрос о суточном количестве потребляемых углеводов с целью адекватного восстановления и избегания состояния перетренированности остается открытым [47-48]. Рекомендуемая дозировка углеводов с различным гликемическим индексом варьирует от 5,5 г/кг до 9,4 г/кг в день.

Следует помнить, что пока восстановление не достигнуто, спортсмен и команда будут принимать участие в следующих состязаниях без полного использования игроками потенциальных своих преимуществ. Чтобы избежать этого, план восстановления должен включать должную гидратацию, пищевой, психологический и тренировочные факторы, а также коррекцию образа жизни.

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература

1. Rozhentsov VV, Polevshchikov MM. Fatigue in physical exercises and sports. M.: Sovetskij sport; 2006; 280 p. (In Russ.) Роженцов В. В., Полевщиков М. М. Утомление при занятиях физической культурой и спортом. М.: Советский спорт; 2006; 280 с.
2. Piucco T, Bini R, Sakaguchi M, et al. Motor unit firing frequency of lower limb muscles during an incremental slide board skating test. Sports Biomech. 2017 Feb 28;1-12. DOI: 10.1080/14763141.2016.1246600.
3. Jordalen G, Lemyre PN, Durand-Bush N. Exhaustion Experiences in Junior Athletes: The Importance of Motivation and Self-Control Competencies. Front Psychol. 2016 Nov 24; 7: 1867.
4. Decroix L, Piacentini MF, Rietjens G, Meeusen R. Monitoring Physical and Cognitive Overload During a Training Camp in Professional Female Cyclists. Int J Sports Physiol Perform. 2016 Oct; 11 (7): 933-9.
5. Hawley CJ, Schoene RB. Overtraining syndrome. A guide to diagnosis, treatment, and prevention. The physician and sport medicine; 2003; 31 (6): 25-31. DOI: 10.3810/psm.2003.06.396.
6. Karpman VL. Sports medicine. FIS; 1987; 304 p. (In Russ.) Карпман В. Л. Спортивная медицина. ФИС; 1987; 304 с.
7. Makarova GA. Sports medicine. M.: Sovetskij sport; 2003; 480 p (In Russ.) Макарова Г. А. Спортивная медицина. М.: Советский спорт; 2003; 480 с.
8. Dubrovskij VI. Sports medicine. VLADOS; 2002; 512 p. (In Russ.) Дубровский В. И. Спортивная медицина. ВЛАДОС; 2002; 512 с.
9. Graevskaja ND, Dolmatova TI. Sports medicine: lectures and practical training course. M.: Sovetskij sport; 2004; 304 p. (In Russ.) Граевская Н. Д., Долматова Т. И. Спортивная медицина: Курс лекций и практ. занятия. М.: Советский спорт; 2004; 304 с.
10. Meeusen R, Duclos M, Foster FC, et al. 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; 2013; 13 (1): 1-24. DOI: 10.1080/17461391.2012.730061.
11. Epifanov VA. Physiotherapy and sports medicine. M.: GEOTAR-Media; 2007; 568 p. (In Russ.) Епифанов В. А. Лечебная физкультура и спортивная медицина. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2007; 568 с.
12. Makarova GA, Volkov SN, Loktev SA, Bushueva TV. Overtraining syndrome in athletes. Sport medicine, 2011; 1: 11-22. (In Russ.) Макарова Г. А., Волков С. Н., Локтев С. А., Бушуева Т. В. Синдром перетренированности у спортсменов. Спортивная медицина, 2011; 1; 11-22.
13. <http://www.mkb-10.com>
14. Uusitalo ALT. Overtraining. Making a difficult diagnosis and implementing targeted treatment. The physician and sportmedicine; 2001; 29 (5).
15. O'Connor PJ, Morgan WP, Raglin JS. Psychobiological effects of 3 d of increased training in female and male swimmers. Med Sci Sports Exerc 1991; 23 (9): 1055-61.
16. Haraldsdottir K, Brickson S, Sanfilippo J, et al. In-Season Changes in Heart Rate Recovery Are Inversely Related to Time to Exhaustion but not Aerobic Capacity in Rowers. Scand J Med Sci Sports. 2017 Jun 26. DOI: 10.1111/sms.12934
17. Faude O, Hecksteden A, Hammes D, et al. Reliability of time-to-exhaustion and selected psycho-physiological variables during constant-load cycling at the maximal lactate steady-state. Appl Physiol Nutr Metab. 2017 Feb; 42 (2): 142-7. DOI: 10.1139/apnm-2016-0375.
18. Ohya T, Yamanaka R, Ohnuma H, et al. Hyperoxia Extends Time to Exhaustion During High-Intensity Intermittent Exercise: a Randomized, Crossover Study in Male Cyclists. Sports Med Open. 2016 Dec; 2 (1): 34.
19. Lehmann M, Baur S, Netzer N, et al. Monitoring high-intensity endurance training using neuromuscular excitability to recognize overtraining. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 1997; 76 (2): 187-91.
20. Reilly T, Ekblom B. The use of recovery methods post-exercise. Journal of Sports Sciences, June 2005; 23 (6): 619-27.
21. Volkov NI, Nessen JeN, Osipenko AA, et al. Biochemistry of muscular activity. Kiev: Olimpijskaja literatura, 2000; 504 p. (In Russ.) Волков Н. И., Нессен Э. Н., Осипенко А. А. и др. Биохимия мышечной деятельности. Киев: Олимпийская литература, 2000; 504 с.
22. Heyes MP, Garnett ES, Coates G. Central dopaminergic activity influences rats ability to exercise. Life Sci 1985; 36 (7): 671-7.
23. Fry R, Morton A, Keast D. Overtraining in athletes: An update. Sports Med.; 1991; 12: 32-65.

24. Fry AJ, Steinacker JM, Meussen R. Endocrinology of overtraining. From: Kraemer William J., Rogol Alan D. (eds) *The Endocrine System in Sports and Exercise*. Wiley-Blackwell; Malden, MA; Oxford, 2005: 578-99.
25. 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.
26. Matos N, Winsley RJ. Trainability of Young Athletes and Overtraining *Journal of Sports Science and Medicine* 2007; 6: 353-67.
27. Jost J, Weiss M, Weicker H. Comparison of sympatho-adrenergic regulation at rest and of the adrenoceptor system in swimmers, long-distance runners, weight lifters, wrestlers and untrained men. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1989; 58 (6): 596-604.
28. Ekblom O, Eklund B. Immune system alteration in response to two consecutive soccer games. *Acta physiologica Scandinavica*; 2004; 180: 143-55.
29. Adlercreutz H, Harkonen 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 (Suppl): 27-8.
30. Schmikli SL, Brink MS, De Vries WR. Can we detect non-functional overreaching in young elite soccer players and middle-long distance runners using field performance tests? *Br J Sports Med*. 2011 Jun; 45 (8): 631-6.
31. Abramova TF, Nikitina TM, Kochetkova NI. Labile body mass as the overall physical fitness criteria and control current and long-term adaptation to training loads. *Methodical recommendations*. M.: Skajprint; 2013; 132 p. (In Russ.) Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Кочеткова Н.И. Лабильные компоненты массы тела — критерии общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам. Методические рекомендации. М.: Скайпринт; 2013; 132 с.
32. Martirosov EG, Nikolaev DV, Rudnev SG. Technologies and methods for determining the composition of the human body. Moscow: Science; 2006; 246 p. (In Russ.) Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. Москва: Наука, 2006; 246 с.
33. Lozhkin SN, Tikanadze AD, Tjurjulina MI. Glutamine and its role in intensive care. *Bulletin of intensive care*. 2003; 4: 64-9. (In Russ.) Ложкин С.Н., Тиканадзе А.Д., Тюрюмина М.И. Глутамин и его роль в интенсивной терапии. Вестник интенсивной терапии. 2003; 4: 64-9.
34. Smith DJ, Norris SR. Changes in glutamine and glutamate concentrations for tracking training tolerance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Mar; 32 (3): 684-9.
35. Hohl R, Ferraresso RL, De Oliveira RB, et al. Development and characterization of an overtraining animal model. *Med Sci Sports Exerc*. 2009 May; 41 (5): 1155-63.
36. Keast D, Arstein D, Harper W, et al. Depression of plasma glutamine concentration after exercise stress and its possible influence on the immune system. *Med J Aust* 1995; 162 (1): 15-8.
37. Lehmann M, Schnee W, Scheu R, et al. Decreased nocturnal cat-echolamine excretion: parameter for an overtraining syndrome in athletes? *Int J Sport Med* 1992; 13 (3): 236-42.
38. Alves N.R., Pena Costa L.O., Samulski D.M. Monitoring and prevention overtraining in athletes. *Rev Bras Medical Esporte* 2006; 12 (5): 262-6.
39. Snyder AC, Jeukendrup AE, Hasselink MK, et al. A physiological/ psychological indicator of over-reaching during intensive training. *Int J Sports Med* 1993; 14 (1): 9-32.
40. Tremblay MS, Chu SY, Mureika R. Methodological and statistical considerations for exercise-related hormone evaluations. *Sports Med* 1995; 20 (2): 90-108.
41. Fry AC, Kraemer WJ, Stone MH, et al. Endocrine responses to overreaching before and after 1 year of weightlifting. *Can J Appl Physiol* 1994; 19 (4): 400-10.
42. Fellman N. Hormonal and plasma volume alterations following endurance exercise. *Sports Med* 1992; 13 (1): 37-49.
43. Monedero J, Donne B. Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sports Med*. 2000 Nov; 21 (8): 593-7.
44. Breslav IS, Volkov NI, Tambovceva RV. Breathing and muscle activity in sports. *Sovetskij sport*; 2013; 336 p. (In Russ.) Бреслав И.С., Волков Н.И., Тамбовцева Р.В. Дыхание и мышечная активность человека в спорте. Советский спорт; 2013; 336 с.
45. Jang T-R, Wu Ch-L, Chang Ch-M, et al. Effects of carbohydrate, branched-chain amino acids, and arginine in recovery period on the subsequent performance in wrestlers. *J Int Soc Sports Nutr*. 2011; 8: 21. Published online 2011 Nov 22. DOI: 10.1186/1550-2783-8-21.
46. Öpik V, Saarems I, Medijainen L, et al. Effects of sodium citrate ingestion before exercise on endurance performance in well trained college runners. *British Journal of Sports Medicine* Dec 2003; 37 (6) 485-9.
47. Heydenreich J, Kayser B, Schutz Y, Melzer K. Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review *Sports Med Open*. 2017 Dec; 3: 8. Published online 2017 Feb 4. DOI: 10.1186/s40798-017-0076-1.
48. Halson S, Lancaster G, Achten J, et al. Effect of carbohydrate supplementation on performance and carbohydrate oxidation following intensified cycling training. *J Appl Physiol*. 2004; 97: 1245-53.