

УДК 612.76

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ВЕГЕТАТИВНЫЙ СТАТУС СПОРТСМЕНА ПРИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Петрушкина Н. П.¹, Коломиец О. И.¹, Латюшин Я. В.¹, Воровский С. Н.²,
Звягина Е. В.¹*

¹*ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», Челябинск,
Россия*

²*Медицинская академия имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО
«Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: dokchel@mail.ru*

Цель исследования состояла в оценке информативности показателей вегетативного статуса спортсменов, характеризующих состояние спортсмена и возникновение «перетренированности» при мышечной деятельности. Используя во время сна (480 минут) Firstbeat-мониторинг изучали особенности вегетативной регуляции по таким показателям как: время релакса и время стресса, показатели сердечнососудистой деятельности и потребления кислорода, особенности энергообмена. Основная группа включала 16 спортсменов, у которых время стресса в период сна превышало референтные значения; у 16 спортсменов контрольной группы оно укладывалось в пределы нормы. Другие классически распознаваемые признаки перетренированности (снижение спортивных результатов, жалобы на ухудшение самочувствия, расстройство тончайшей двигательной координации и др.) у спортсменов обеих групп отсутствовали. Обнаруженные достоверные различия изучаемых показателей в выделенных группах свидетельствуют об их информативности и возможности использования их при мониторинге состояния спортсмена в процессе тренировочной деятельности.

Ключевые слова: вегетативный статус, мышечная работа, спортсмены, Firstbeat-мониторинг, перетренированность.

ВВЕДЕНИЕ

При систематической мышечной работе (тренировочная и соревновательная деятельность) вследствие неправильной ее организации или при действии дополнительных неблагоприятных факторов возможно возникновение перетренированности, приводящей не только к снижению спортивной эффективности, но и к возникновению нарушений в состоянии здоровья. Перетренированность как состояние, характеризующееся снижением работоспособности и ухудшением физического и нервно-психического состояния спортсмена, постоянно находится в зоне внимания спортивных физиологов и врачей [1–5].

Профилактика перетренированности при мышечной работе любой интенсивности достигается не только коррекцией организации тренировочного

процесса, но и в значительной степени и полноценным восстановлением после тренировки, что подразумевает повышение физической и психологической реактивности, выносливости и работоспособности и т. д., находящихся под контролем вегетативной системы [4–6].

Известно, что симпатический отдел вегетативной нервной системы отвечает за реализацию стрессовых реакций и процессы адаптации, парасимпатический – в основном, за процессы восстановления. Соразмерность этих процессов обеспечивает нормальное функционирование организма, полноценную деятельность и сохранение здоровья. Дискоординация симпатической и вагусной регуляции при систематической интенсивной мышечной работе (занятия спортом) может быть первым признаком перетренированности.

Ранее при оценке характера восстановления спортсменов, находящихся под нашим наблюдением, рассматривались различные характеристики вегетативного статуса, поскольку он является интегральным показателем состояния спортсмена, как во время выполнения спортивной деятельности, так и на различных этапах восстановления. На основе результатов круглосуточного наблюдения состояния спортсменов нами проводилась оценка характера адаптации к конкретной мышечной работе, выявлялись «слабые места» спортсмена, прогнозировалась успешность его деятельности, и своевременно корректировались как тренировочный процесс, так и программа восстановления [7–11].

Очевидно, что мониторинг функционального состояния спортсмена требует выбора максимально информативных показателей, позволяющих выявить признаки перетренированности еще на «доклинической» стадии ее развития. Для проведения такого мониторинга спортсмена и раннего выявления признаков перетренированности предпочтительна оценка его состояния в «полевых» условиях [5, 12–14]. В этих случаях эффективно применение простых (доступных в исполнении и оценке) методик. Однако чаще рассматриваются биохимические и гормональные показатели, отражающие изменение метаболизма [12, 15], причем выполнение таких исследований отличается инвазивностью методов, применением специального оборудования, дорогостоящих реактивов и т.д. Некоторая неопределенность при трактовке полученных при этом результатов связана и с тем фактом, что имеет место регистрация их в конкретные моменты времени.

В связи с этим заслуживают внимания мониторинговые аппаратные (неинвазивные) исследования, позволяющие непрерывно (ежесекундно) фиксировать функциональные изменения в основных системах жизнеобеспечения не только во время тренировки, но и в период позднего восстановления [12, 16]. Характеристики вегетативного статуса, выбранные нами ранее для оценки эффективности восстановления, по-видимому, могут быть информативными и для выявления ранних признаков перетренированности при мышечной работе.

Цель данного исследования состояла в оценке показателей вегетативного статуса, отражающих состояние перетренированности спортсменов на «доклинической» стадии его манифестации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Этическое разрешение на проведение этого исследования было получено в Комитете по этике УралГУФК. Испытуемые были предупреждены о рисках и преимуществах данного проекта и дали письменное согласие на добровольное участие в исследовании. Эксперимент был проведен в соответствии с положениями Хельсинкской Декларацией этических принципов для исследований с участием людей.

В исследование были включены 32 спортсмена 18–20-летнего возраста сходной спортивной квалификации, занимающиеся циклическими видами спорта.

При выполнении исследования использовали Firstbeat-bodyguard измерения (компания Firstbeat-Technology-Ltd, Ювяскюля, Финляндия) и проводили оценку результатов мониторинга ряда физиологических показателей в течение сна [13, 18, 19]. Мониторинг выполнялся в течение восьми часов.

Традиционно, анализ ВСР выполняется во временной или частотной областях. В анализе частотной области считается, что высокочастотный (HF ms^2 , 0.15-0.40 Гц) диапазон ВСР указывает на парасимпатическую регуляцию, тогда как низкочастотный (LF ms^2 , 0.04-0.15 Гц) диапазон отражает как парасимпатическую, так и симпатическую регуляцию. Соотношение LF/HF (% у.е.) – показатель вегетативного баланса, используют для оценки баланса между симпатическими и парасимпатическими отделами вегетативной нервной системы. Значения соотношения LF/HF, близкие к единице ($=1$, 50 %), свидетельствуют об относительном балансе тонических симпатических и парасимпатических влияний на сердечную деятельность. Высокие (>1 , >50 %) значения коэффициента LF/HF- отражают преобладание тонических симпатических влияний на сердечную деятельность; низкие значения (<1 , <50 %) – преобладание парасимпатического влияния.

Технология Firstbeat использует вариабельность сердечного ритма (BCR) в сочетании с методами математической обработки сигнала и документирования вегетативной регуляции нервной системы человека.

Начиная с данных сердцебиения (ЧСС макс, миним), аналитическая система Firstbeat вычисляет и создает цифровую модель человеческого тела, описывающую основные физиологические процессы, такие как частота дыхания (ЧД макс, миним), потребление кислорода (VO_2max), общий расход энергии (ккал), в том числе за счет углеводов или жиров, уровень потребления кислорода в постнагрузочный период, реакции на стресс и восстановление (индексы) и др. Полученные результаты обрабатываются с помощью программного обеспечения (Firstbeat версия 5.3.0.4), что позволяет не только рассмотреть индивидуальные особенности указанных выше показателей вегетативного контроля, на их основе выявить признаки индексу восстановления [13].

Таким образом, по данным мониторинга во время сна, была проведена индивидуальная оценка традиционных показателей (среднее, максимальное и минимальное значение) частоты сердечных сокращений (ЧСС), степени преобладания тонуса симпатического или парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, устойчивости к гипоксии (показатели потребления кислорода – среднее и максимальное значение и посттренировочное потребление кислорода), а

также характер и уровень метаболизма (метаболический эквивалент, максимальные аэробные возможности и общий энергообмен).

На первом этапе биостатистического анализа для оценки нормальности распределения изучаемого признака проводили вычисление нормированных коэффициентов асимметрии и эксцесса [1], и далее – расчет средних значений. В исследование были включены спортсмены, у которых значения признаков укладывались в нормальное распределение, поэтому полученные данные были обработаны традиционными биометрическими методами: расчет средних, ошибок средних и сравнение средне-групповых значений по критерию Стьюдента [4]. Различия считали достоверными при 95 % уровне значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты представлены в таблицах. Как следует из данных таблицы 1, в обеих группах в период сна преобладали процессы восстановления, однако качество восстановления в основной группе оказалось достоверно хуже, чем в контрольной группе. Об этом свидетельствуют достоверные различия показателей тонуса различных отделов вегетативной нервной системы, вегетативного баланса ($1,46 \pm 0,04$ – в основной и $1,07 \pm 0,03$ – в контроле) – ($t=7,62$ - $p < 0,05$) и более высокий индекс восстановления в контрольной группе ($243,3 \pm 8,9$), чем в основной ($129,4 \pm 0,9$) – ($t=12,7$ - $p < 0,05$). Показатель вегетативного баланса в контрольной группе спортсменов приближался к единице, что подтверждает преобладание вагусного влияния и, соответственно, более высокого уровня восстановления организма во время сна.

Таблица 1

Показатели качества восстановления спортсменов во время сна

Показатели	Группы, средние \pm ошибка, min-max значения, значение критерия Стьюдента		
	основная	контрольная	t
	M \pm m	M \pm m	
Время релакса, в %	68,0 \pm 1,9	80,0 \pm 2,1	<u>4,26*</u>
Время стресса, в %	32,0 \pm 0,1	20,0 \pm 0,2	<u>4,84</u>
Преобладание тонуса парасимпатической нервной системы, у.е	118,2 \pm 4,3	138,2 \pm 4,0	<u>3,41</u>
Преобладание тонуса симпатической нервной системы, у.е.	132,4 \pm 3,8	102,8 \pm 5,6	<u>5,04</u>
Индекс восстановления	129,4 \pm 0,9	243,3 \pm 8,9	<u>12,7</u>
Показатель вегетативного баланса (симпатикус:вагус)	1,46 \pm 0,04	1,07 \pm 0,03	<u>7,62</u>

Примечание: * – различия достоверны ($p < 0,05$)

Как следует из данных, представленных в таблице 2, средние значения ЧСС в исследуемых группах во время сна достоверно различались: $61,0 \pm 1,5$ уд/мин (в основной) и $57,1 \pm 1,3$ уд/мин (в контрольной) ($t=5,12$ - $p<0,05$). При этом у спортсменов изучаемых групп и минимальные, и максимальные значения ЧСС имели существенные различия, соответственно: ($t=7,44$) и ($t=3,55$) - $p<0,05$. Более высокие значения минимальной ($49,3 \pm 0,9$) и максимальной ЧСС ($110,2 \pm 3,2$) в основной группе также свидетельствуют о преобладании у них тонуса симпатической нервной системы, т.е. о более низком, чем в контроле, уровне восстановления и появлении перетренированности.

Таблица 2

Характеристика частоты сердечных сокращений у спортсменов в период сна

Показатели	Группы, средние \pm ошибка, min-max значения, значение критерия Стьюдента		
	основная	контрольная	t
	M \pm m	M \pm m	
Среднее значение ЧСС во время сна, уд в мин	$61,0 \pm 1,5$	$57,1 \pm 1,3$	<u>5,12*</u>
Минимальное значение ЧСС во время сна, уд в мин	$49,3 \pm 0,9$	$42,2 \pm 0,2$	<u>7,44</u>
Максимальное значение ЧСС во время сна, уд в мин	$110,2 \pm 3,22$	$61,2 \pm 1,51$	<u>3,55</u>

Примечание: * – различия достоверны ($p<0,05$)

Холинэргическое влияние на уровень потребления кислорода в фазе позднего восстановления характеризуется снижением потребления кислорода, что, в свою очередь, является признаком экономизации метаболических процессов (состояние тренированности и хорошей спортивной формы). В данном исследовании среднее значение потребления кислорода во время сна в основной группе спортсменов было сходным и составляло $3,4 \pm 0,1$ мл/кг/мин, в контрольной – $3,7 \pm 0,2$ мл/кг/мин ($t=1,45$ - $p>0,05$). Однако, максимальное потребление кислорода в основной группе оказалось в достоверно выше ($t=11,60$ - $p<0,05$), чем в контрольной, соответственно: $14,8 \pm 0,6$ мл/кг/мин и $6,3 \pm 0,4$ мл/кг/мин.

Далее были исследованы особенности потребления кислорода и метаболизма в период сна. Количество кислорода, необходимого для окисления накопившихся в организме недоокисленных продуктов обмена, соответствует показателю посттренировочного потребления кислорода в покое, который составил, соответственно: $0,87 \pm 0,07$ мл/кг в основной и $0,59 \pm 0,04$ мл/кг – в контрольной группе ($t=3,66$ - $p<0,05$). Более высокие значения этих показателей во время сна спортсменов основной группы, по-видимому, свидетельствуют о появлении

признаков перетренированности еще в период срочного восстановления (в период мышечной работы). Наблюдение динамики этих показателей на протяжении суток, особенно в период срочного восстановления, позволит в дальнейшем определить этот сдвиг во времени.

Таблица 3

**Особенности потребления кислорода и метаболизма в период сна
обследованных спортсменов**

Показатели	Группы, средние \pm ошибка, min-max значения, значение критерия Стьюдента		
	основная	контрольная	t
	M \pm m	M \pm m	
Среднее значение потребления кислорода, в мл/кг/мин	3,8 \pm 0,2	3,5 \pm 0,2	0,98
Максимальное потребление кислорода, в мл/кг/мин	14,8 \pm 0,6	6,3 \pm 0,4	<u>11,60</u>
Посттренировочное потребление кислорода в покое, в мл/кг	0,87 \pm 0,07	0,59 \pm 0,04	<u>3,66</u>
Метаболический эквивалент, в мл/кг/мин/3,5	8,50 \pm 0,63	7,80 \pm 0,22	1,15
Общий энергообмен (в ккал)	603,20 \pm 36,13	359,90 \pm 16,36	<u>6,10</u>
Соотношение обменных процессов «углеводы/жиры»	0,70 \pm 0,03	0,82 \pm 0,04	<u>2,44</u>

Примечание: * – различия достоверны ($p < 0,05$)

Уровень метаболизма в покое отражает качество и скорость восстановления, в связи с чем были изучены такие показатели как: метаболический эквивалент (эквивалент обмена веществ), общий энергообмен и соотношение обменных процессов «углеводы/жиры» (таблица 3). Хотя уровни метаболического эквивалента, рассчитанные в мл/кг/мин/3,5, достоверно не различались: в основной – 8,5 \pm 0,63 мл/кг/мин/3,5 и 7,8 \pm 0,22 – в контрольной группе ($t=1,15$ - $p > 0,05$), показатели общего энергообмена в основной группе почти в два раза превышали таковой в контрольной группе: 603,2 \pm 36,13 против 359,9 \pm 16,36 ккал ($t=6,11$ - $p < 0,05$), причем энергообмен за счет жиров также оказался достоверно выше в основной группе спортсменов, в основной и контрольной группах, соответственно: 0,70 \pm 0,03 и 0,82 \pm 0,04 ($t=2,44$ - $p < 0,05$). Выявленные различия свидетельствуют о развитии перетренированности у спортсменов, относящихся к основной группе.

Таким образом, при Firstbeat-мониторинге спортсменов, имеющих нарушение структуры сна как первого признака нарушения вегетативной регуляции, были зарегистрированы значительные изменения ряда показателей висцеральных функций. Динамика и разброс ЧСС в покое, максимальное потребление кислорода и посттренировочное потребление кислорода, общий энергообмен и соотношение обменных процессов («углеводы/жиры»), а также индекс восстановления и показатель вегетативного баланса, указывает на нарушение процессов восстановления. Подчеркнем, что данное исследование касалось спортсменов, не имеющих явных признаков перетренированности (снижение спортивных результатов, жалобы на ухудшение самочувствия, расстройство тончайшей двигательной координации и др.). Это факт указывает на возможности использования изученных показателей для раннего выявления «перетренированности» при систематической мышечной деятельности, что позволит не только корректировать тренировочный процесс, но и своевременно начать проведение реабилитационных мероприятий, направленных на восстановление спортсмена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При мониторинге вегетативной регуляции висцеральных функций во время сна зарегистрированы однонаправленные достоверные различия изученных показателей в группе спортсменов с ранними признаками перетренированности.

Качество восстановления во время сна в основной группе оказалось достоверно хуже, чем в контрольной группе.

Более выраженное симпатическое влияние в основной группе, подтверждают высокий индекс восстановления, высокие значения минимальной и максимальной ЧСС, показатели потребления кислорода и особенности энергообмена, зафиксированные во время сна.

Полученные результаты свидетельствуют об информативности показателей, характеризующих вегетативный статус спортсмена, и возможности применения их для раннего распознавания перетренированности.

Исследование выполнено в рамках научного сотрудничества ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», г. Челябинск, Россия и Медицинской академии имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь, Республика Крым, Россия.

Список литературы

1. Баевский Р. М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в космической медицине / Р. М. Баевский // Успехи физиологических наук. – 2006. – Т. 37, № 3. – С. 42–57.
2. Быков Е. В. Функциональная диагностика с использованием современных информационных технологий в управлении тренировочным процессом спортсменов / Е. В. Быков, О. В. Балберова, А. В. Чипышев, О. И. Коломиец, И. Н. Орешкина, Е. Г. Сидоркина, Д. М. Матюхов, Е. В. Леконцев

- // В сборнике: «Актуальные вопросы реабилитации, лечебной и адаптивной физической культуры и спортивной медицины». Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2018. – С. 45–53.
3. Врублевский Е. П. Морфофункциональные аспекты отбора и тренировки спортсменов в скоростно-силовых видах легкой атлетики / Е. П. Врублевский, В. Ф. Костюченко // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2009. – № 4 (50). – С. 33–38.
 4. Костюченко В. Ф. Особенности индивидуальной тренировочной деятельности спортсменов высокой квалификации в годичном цикле подготовки / В. Ф. Костюченко, Е. П. Врублевский // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2009. – № 3 (49). – С. 39–43.
 5. Таймазов В. А. Психофизиологическое состояние спортсмена (Методы оценки и коррекции) : практ. руководство / В. А. Таймазов, Я. В. Голуб. – СПб. : Олимп, 2004. – 400 с.
 6. Василец В. В. Сравнительный анализ изменений компонентного состава тела под влиянием тренировочной нагрузки оздоровительного характера / В. В. Василец, В. Ф. Костюченко, Е. П. Врублевский // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2015. – № 1 (119). – С. 48–53.
 7. Коломиец О. И. Синхронизированное музыкальное воздействие как средство восстановления спортсменов (единоборства) / О. И. Коломиец, Е. В. Быков, Н. П. Петрушкина // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2017 – Т. 12, № 1. – С. 167–174.
 8. Коломиец О. И. Особенности метаболических адаптационных изменений при различных физических нагрузках / О. И. Коломиец, Н. П. Петрушкина, Е. В. Быков // Наука. Инновации. Технологии. – 2017. – № 1. – С. 207–216.
 9. Коломиец О. И. Психофункциональное состояние спортсменов с ациклической направленностью тренировочного процесса / О. И. Коломиец, Н. П. Петрушкина, Е. В. Быков // Приложение международного научного журнала "Вестник психофизиологии". – 2018. – № 1. – С. 72–75.
 10. Коломиец О. И. Качество восстановительных процессов спортсменов после аэробных нагрузок и после авиаперелета / О. И. Коломиец, Н. П. Петрушкина, Е. В. Быков // «Вестник восстановительной медицины». – 2018 – № 2. – С. 124–128.
 11. Коломиец О. И. Анализ качества восстановления спортсменов на основе firstbeat-мониторинга (вариабельность сердечного ритма) / О. И. Коломиец, Е. В. Быков, Н. П. Петрушкина // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2019. – №3 (23). – С. 3–14.
 12. Коломиец О. И. Современные технологии анализа качества тренировочного и восстановительного процесса спортсменов. Методические рекомендации / О. И. Коломиец, Е. В. Быков, Н. П. Петрушкина / под ред. Е. В. Быкова – Челябинск, 2019. – 50 с.
 13. Шепилов А. О. Мониторинг морфофункционального и метаболического состояния юных пловцов / А. О. Шепилов, А. В. Ненашева, А. В. Шевцов, Я. В. Латюшин, И. В. Изаровская // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 60–73. DOI: 10.14529/hsm180105
 14. Харина И. Ф. Особенности психофизиологических показателей студентов с признаками дефицита внимания в условиях сочетанных умственных и физических нагрузок / И. Ф. Харина, Е. В. Звягина, Е. В. Быков, О. А. Макунина // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 181–197.
 15. Никулин Б. А. Клинико-лабораторные показатели в системе медико-биологического контроля за спортсменами / Б. А. Никулин // Спортивная медицина : национальное руководство. – М. : ГЭОТАР-Медиа. – 2012. – С. 281–313.
 16. Быков Е. В. Методологические подходы при организации научных исследований в сфере физической культуры и спорта / Е. В. Быков, О. И. Коломиец, Н. П. Петрушкина, Н. А. Симонова // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2019. – Том 14, № 1 – С. 176–184.
 17. Brosschot J. F. Does unconscious stress play a role in prolonged cardiovascular stress recovery? / Brosschot J. F., Geurts S. A., Kruizinga I., Radstaak M., Verkuil B., Quirin M. and Kompier M. A. // Stress Health. – 2014. – Aug;30(3). – P. 179–87. doi: 10.1002/smi.2590.
 18. Chouchou F. Heart rate variability: a tool to explore the sleeping brain? / Chouchou F. & Desseilles M. // Front Neurosci. – 2014. – 8. – P. 402. doi:10.3389/fnins.2014.00402. <https://dx.doi.org/10.3389/fnins.2014.00402>.

19. Firstbeat Technologies Indirect EPOC Prediction Method Based on Heart Rate Measurement. White paper by Firstbeat Technologies Ltd. (2012).
20. Firstbeat Technologies Ltd. Stress and Recovery Analysis Method Based on 24-hour Heart Rate Variability. (2014).
21. Айвазян С. А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 286 с

INFORMATIVENESS OF INDICATORS CHARACTERIZING THE VEGETATIVE STATUS OF AN ATHLETE IN MUSCULAR ACTIVITY

Petrushkina N. P.¹, Kolomiets O. I.¹, Latyushin Y. V.¹, Vorovsky S. N.², Zvyagina E. V.¹

¹*Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia*

²*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia*

E-mail: dokchel@mail.ru

The aim of the study was to assess the information content of the indicators of the vegetative status of athletes, characterizing the state of the athlete and the occurrence of "overtraining" during muscle activity.

The main group included 16 athletes whose stress time during sleep exceeded the reference values; in 16 athletes of the control group, it fit within the normal range. There were no other classically recognizable signs of overtraining (decreased athletic performance, complaints of poor health, impaired motor coordination, etc.) in athletes of both groups. Using the Firstbeat monitoring during sleep (480 minutes), we studied the features of autonomic regulation by such indicators as: relaxation time and stress time, indicators of cardiovascular activity and oxygen consumption, and features of energy exchange.

In athletes of both groups, recovery processes prevailed during the sleep period, however, the quality of recovery in the main group was significantly worse than in the control group. The vegetative balance index in the control group of athletes approached unity (1.46 ± 0.04 in the main group and 1.07 ± 0.03 in the control group ($p < 0.05$)). The average heart rate in the study groups during sleep was significantly differed: 61.0 ± 1.5 bpm (in the main) and 57.1 ± 1.3 bpm (in the control) ($p < 0.05$). Higher values of the minimum (49.3 ± 0.9) and maximum heart rate (110.2 ± 3.2) in the main group also indicate a predominance of the tone of the sympathetic nervous system in them, that is, a lower level of recovery than in the control and the appearance of overtraining. post-workout oxygen consumption at rest was, respectively: 0.87 ± 0.07 ml / kg in the main group and 0.59 ± 0.04 ml / kg in the control group ($p < 0.05$). Although metabolic equivalent levels are not significantly differed: in the main – 8.5 ± 0.63 ml / kg / min / 3.5 and 7.8 ± 0.22 – in the control group ($p > 0.05$), the total energy exchange in the main group was almost two times exceeded that in the control group: 603.2 ± 36.13 versus 359.9 ± 16.36 kcal ($p < 0.05$), and energy exchange due to fats was also significantly higher

in the main group of athletes.

Thus, in the Firstbeat monitoring of athletes with a violation of sleep structure as the first sign of a violation of autonomic regulation, significant changes in a number of indicators of visceral functions were recorded. The dynamics and spread of heart rate at rest, the maximum oxygen consumption and post-workout oxygen consumption, the total energy exchange and the ratio of metabolic processes ("carbohydrates: fats"), as well as the recovery index and vegetative balance index, indicate a violation of the recovery processes. We emphasize that this study concerned athletes who did not have clear signs of overtraining (decreased athletic performance, complaints of poor health, impaired subtle motor coordination, etc.). This fact indicates the possibility of using the studied indicators for the early detection of "overtraining" in systematic muscle activity, which will allow not only to adjust the training process, but also to begin timely rehabilitation measures aimed at restoring the athlete.

Keywords: vegetative status, muscle work, athletes, Firstbeat-monitoring, overtraining.

References

1. Baevsky R. M. Problem of the Estimation and Forecasting of the Organisms Functional State and its Development in Space Medicine, *Advances in Physiological Sciences*, **37** (3), 42 (2006).
2. Bykov E. V., Balberova O. V., Chipyshev A. V., Kolomiets O. I., Oreshkina I. N., Sidorkina E. G., Matyukhov D. M. and Lekontsev E. V. Functional Diagnostics With The Use Of Modern Information Technologies in The Management Of The Training Process Of Athletes, *In the collection: "Actual issues of rehabilitation, therapeutic and adaptive physical education and sports medicine." Proceedings of the Russian scientific-practical conference*, 45 (2018).
3. Vrublevsky E. P. and Kostjuchenko V. F. Morphological And Functional Aspects Of Selection And Training Sportswomen In High-Speed And Power Kinds Of Track And Field Athletics, *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 4 (50), 33 (2009).
4. Kostjuchenko V. F. and Vryblevski E. P. Peculiarities of individual training activity of topclass sportswomen in all-the-round training, *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*, 3 (49), 39 (2009).
5. Taymazov V. A. and Golub Y. V. *Psychophysiological state of the athlete (Methods of assessment and correction): prakt. Leadership*, 400 p. (St. Petersburg: Olympus, 2004).
6. Vasilets V. V., Kostjuchenko V. F. and Vrublevsky E. P. Comparative analysis of changes of componential structure of the body under the influence of training loading of health-improving character, *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*, 1 (119), 48 (2015).
7. Kolomiets O. I., Bykov E. V. and Petrushkina N. P. Synchronized Musical Impact As Recovery Aid For Sportsmen (Marital Arts), *The Russian Journal of Physical Education and Sport*, **12** (1), 167 (2017).
8. Kolomiets O. I., Petrushkina N. P. and Bykov E. V. Features of metabolic adaptive changes in various physical activities, *THE SCIENCE. INNOVATION. TECHNOLOGIES*, 1, 207 (2017).
9. Kolomiets O. I., Petrushkina N. P. and Bykov E. V. Psycho-functional state of athletes with an acyclic orientation of the training process, *Appendix of the international scientific journal "Bulletin of Psychophysiology"*, 1, 72 (2018).
10. Kolomiets O. I., Petrushkina N. P. and Bykov E. V. The quality of the recovery process of athletes after aerobic exercise and after the flight, *Journal of restorative medicine & rehabilitation*, 2, 124 (2018).
11. Kolomiets O. I., Bykov E. V. and Petrushkina N. P. Sportsmen's Recovery Quality Analysis On Firstbeat Monitoring Basis (Heart Rate Variability), *Scientific and sport bulletin of Ural and Siberia*, **3** (23), 3 (2019).
12. Kolomiets O. I., Bykov E. V. and Petrushkina N. P. *Modern technologies for analyzing the quality of the training and recovery process of athletes. Methodical guidance*, 50 p. (Chelyabinsk, 2019).

13. Shepilov A. O., Nenasheva A. V., Shevtsov A. V., Latyushin Yu. V. and Izarovskaia I. V. Control of morphofunctional and metabolic state in young swimmers, *Human. Sport. Medicine*, **18** (1), 60 (2018). DOI: 10.14529/hsm180105
14. Kharina I. F., Zvjagina E. V., Bykov E. V. and Makunina O. A. Psychophysiological characteristics of students with the symptoms of attention deficit disorder under the conditions of combined mental and physical loads, *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, **8** (3), 181 (2018). DOI: 10.15293/2226-3365.1803.13
15. Nikulin B. A. Clinical and laboratory parameters in the system of biomedical control of athletes. Sports medicine: national leadership (M.: GEOTAR-Media), p. 281–313 (2012).
16. Bykov E. V., Kolomiyets O. I., Petrushkina N. P. and Simonova N. A. Methodological approaches during scientific research works organization in the sphere of physical culture and sport, *The Russian Journal of Physical Education and Sport*, **14** (1), 176 (2019).
17. Brosschot J. F., Geurts S. A., Kruizinga I., Radstaak M., Verkuil B., Quirin M. and Kompier M. A. Does unconscious stress play a role in prolonged cardiovascular stress recovery? *Stress Health.*, **30**(3), 179 (2014). doi: 10.1002/smi.2590.
18. Chouchou F. & Desseilles M. Heart rate variability: a tool to explore the sleeping brain? *Front Neurosci*, **8**, 402 (2014) doi:10.3389/fnins.2014.00402. <https://dx.doi.org/10.3389/fnins.2014.00402>.
19. Firstbeat Technologies Indirect EPOC Prediction Method Based on Heart Rate Measurement. White paper by Firstbeat Technologies Ltd. (2012).
20. Firstbeat Technologies Ltd. Stress and Recovery Analysis Method Based on 24-hour Heart Rate Variability. (2014).
21. Ayvazyan S. A., Enyukov I. S. and Meshalkin L. D. *Applied statistics. Fundamentals of modeling and primary data processing*, p. 286. (Moscow: Finance and Statistics, 1983).