

МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ СТОИМОСТЬ СНА КАК КРИТЕРИЙ АДАПТАЦИИ СПОРТСМЕНА К ТРЕНИРОВОЧНОМУ ПРОЦЕССУ

О.И.Коломиец, Н.П.Петрушкина, Е.В.Быков

SLEEP METABOLIC COST AS A SPORTSMEN'S ADAPTATIONAL CRITERION FOR TRAINING LOADINGS

O.I.Kolomiets, N.P.Petrushkina, E.V.Bykov

Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Kolomietc_o@mail.ru

С целью изучения особенностей адаптации спортсменов к тренировочным нагрузкам оценивали метаболические изменения, регистрируемые во время сна (с 22.00 до 06.00) после тренировок различной направленности: ациклической (1-я группа, тхэквондо, анаэробная нагрузка) и циклической (2-я группа, конькобежцы, аэробная нагрузка). Мониторинг физиологических показателей, осуществляемый с использованием Firstbeat-bodyguard с беспроводным интерфейсом, позволил получить информацию об энергетической стоимости выполненной нагрузки и о работе кислородтранспортных систем во время сна, в частности, по показателям функции дыхательной системы (характеристики внешнего дыхания, вентиляция легких, среднее потребление кислорода, устойчивость к гипоксии), а также о метаболической активности и энергообмене. Среднегрупповые значения изученных показателей у спортсменов обеих групп оказались сходными. Статистически достоверных различий по уровню метаболической стоимости сна и величине адаптационного потенциала не выявлено. Полученные результаты, с одной стороны, свидетельствуют о корректности организации тренировочного процесса, с другой — подтверждают важность сна как особого фактора восстановления, способствующего полноценной адаптации спортсмена к физическим нагрузкам.

Ключевые слова: спортсмены, тхэквондо, конькобежцы, аэробная нагрузка, анаэробная нагрузка, восстановление, сон, адаптация

In order to study the features of adaptation of athletes to training loads, metabolic changes recorded during sleep (from 22.00 to 06.00) after training of different orientation were evaluated: acyclic (group 1, Taekwondo, anaerobic load) and cyclic (group 2, skaters, aerobic load). The monitoring of physiological parameters carried out with the use of Firstbeat-bodyguard with a wireless interface provided information on the energy cost of the performed load and on the operation of oxygen transport systems during sleep, in particular, on the indicators of the respiratory system function (external respiration characteristics, lung ventilation, average oxygen consumption, resistance to hypoxia), as well as metabolic activity and energy exchange. The average group values of the studied parameters in the athletes of both groups were similar. There were no statistically significant differences in the level of metabolic cost of sleep and the value of adaptive potential. The results obtained on the one hand indicate the correctness of the organization of the training process, on the other — confirm the importance of sleep as a special factor of recovery, contributing to the full adaptation of the athlete to physical activity.

Keywords: athletes, taekwondo, skating, aerobic exercise, anaerobic exercise, recovery, sleep, adaptation

Характер функциональных изменений и направленность процессов адаптации к физической нагрузке после ее выполнения отражают особенности восстановления спортсмена [1]. Ранее нами были выявлены особенности функционального состояния нервной системы и метаболических адаптационных изменений у спортсменов при физических нагрузках различной направленности [2-4]. Скорость посттренировочного восстановления в значительной степени зависит не только от корректной организации тренировочных нагрузок, но и от выбора восстановительных средств [5-7].

С точки зрения физиологии, показатели метаболизма сна не должны отличаться у спортсменов различных видов спорта [8] и могут служить подтверждением рациональной организации тренировочного процесса. Очевидно, что сон для спортсмена является не просто «отдыхом» после тренировочного процесса [9,10], а важнейшим этапом восстановления. Любой

сон рассматривается как отражение метарегуляции или саморегулирования [11]. Согласно этой точке зрения, сон представляет собой процесс, отражающий взаимодействие между внутренними и внешними факторами (например, свет, температура окружающей среды и т.д.), в том числе текущие гомеостатические изменения и предшествующие сну бодрствующие действия [11].

Метаболизм определяется как совокупность биохимических реакций. Эти процессы принимают форму сложных метаболических путей в клетке и, как правило, классифицируются как катаболические (распад) либо анаболические (синтез) изменения. Аэробный метаболизм происходит за счет быстрого гликолиза или окисления жирных кислот [12]. Таким образом, характеристика особенностей энергообмена (преимущественно за счет углеводов или за счет жиров) и дыхательной функции отражает не только адаптацию к мышечной работе, но и эффективность восстановительных процессов.

Отметим, что число публикаций, посвященных изучению качества сна спортсменов и метаболических изменений во время сна, в научной литературе ограничено.

В связи с вышесказанным цель нашего исследования заключалась в сопоставлении метаболических процессов у спортсменов во время сна после анаэробной (тхэквондисты) и после аэробной нагрузок (конькобежцы).

Материалы и методы

Исследование соответствовало стандартам, изложенным в Хельсинкской декларации. Дизайн исследования утвержден Комитетом по этике УралГУФК [13].

Для оценки качества восстановления и метаболических изменений во время сна после аэробных и анаэробных нагрузок были сформированы две группы элитных спортсменов, сходных по возрасту и антропометрическим показателям [14].

Первая группа включала 30 спортсменов-тхэквондистов, обследованных после нагрузок аэробной направленности (1-я группа). Спортсмены-конькобежцы, перенесшие нагрузки анаэробной направленности, составили вторую группу ($n = 30$, 2-я группа).

Мониторинг ряда физиологических показателей выполнялся в течение восьми часов сна (480 минут) в период с 22.00 до 6.00 при помощи датчиков с беспроводным интерфейсом Firstbeat-bodyguard, программное обеспечение версии 5.3.0.4 (компания Firstbeat-Technology-Ltd, Ювяскюля, Финляндия) [15,16].

Запись R-R-интервалов в реальных условиях позволяет вести регистр многих показателей, характеризующих направленность восстановления, в том числе метаболических изменений. Проведена оценка традиционных показателей, имеющих отношение к метаболизму, таких как частота дыхательных движений (ЧДД) и вентиляция легких (VO_2 л. в минуту), среднее потребление кислорода во время отдыха и устойчивость к гипоксии (посттренировочное потребление кислорода — МПК в мл/кг) [2,15,17].

Для изучения качества восстановления также оценивают характер и уровень метаболизма во время сна. Были проанализированы общий и дифференцированный (за счет углеводов и жиров) энергообмен и так называемый «тренирующий импульс нагрузки», который отражает перенесенную нагрузку, предшествующую исследованию [18].

Кроме того, по совокупности показателей для интегральной оценки качества восстановления спортсменов определяли соотношение времени восстановления и времени стресса (характеризует преобладание тонуса симпатического или парасимпатического отдела) и адаптационный потенциал (АП). При значении АП менее 7,2 баллов уровень адаптации расценивают как удовлетворительный; от 7,21 до 8,24 бал-

лов — как напряжение механизмов адаптации; от 8,25 до 9,85 баллов — как неудовлетворительную адаптацию; при АП более 9,86 баллов имеет место срыв механизмов адаптации [19].

Индивидуальные данные спортсменов были внесены в базу данных, а рассчитанные среднegrupповые значения исследованных показателей обработаны методами традиционной биостатистики [14]. Различия между группами считали статистически достоверными при значении $t > 1,96$ (при 95% значимости).

Результаты исследования

Результаты исследования представлены в таблице. Показатель постнагрузочного восстановления в обеих группах был одинаков, что свидетельствует об отсутствии различий по уровню выполненной нагрузки.

Хотя соотношение времени восстановления и времени стресса в обеих группах было сходным ($4,8 \pm 0,12$ и $5,67 \pm 0,63$), период восстановления во время сна после циклических нагрузок оказался несколько меньше, чем после ациклической тренировки ($384 \pm 11,53$ и $378 \pm 11,85$). Таким образом, у спортсменов обеих групп во время сна зарегистрировано преобладание процессов восстановления, свидетельствующее об эффективности восстановительных процессов, что отразилось и на характеристиках дыхательной функции.

Как следует из данных таблицы, средние значения ЧДД в исследуемых группах спортсменов во время сна также не имели статистических различий — $12,5 \pm 0,26$ и $12,2 \pm 0,21$ ($t = 1,22$), как и посттренировочное потребление кислорода — $8,5 \pm 0,47$ л/м и $9,1 \pm 0,26$ л/м ($t = 1,04$).

Показатель посттренировочного потребления кислорода в покое отражает количество кислорода, необходимое для окисления накопившихся в организме недоокисленных продуктов обмена. Этот показатель в 1-й группе спортсменов после аэробной тренировки во время ночного сна составлял $8,5 \pm 0,38$ мл/кг, а во время сна у спортсменов 2-й группы после анаэробной тренировки — $9,1 \pm 0,43$ мл/кг. Эти различия между не имели достоверного значения ($t = 1,04$).

При оценке среднего и максимального потребления кислорода также не выявлены статистически значимые различия между группами. Так, в 1-й группе спортсменов среднее потребление составляло $4,8 \pm 0,15$ мл/кг/мин, во 2-й — $5,2 \pm 0,18$ мл/кг/мин ($t = 1,69$); а максимальное, соответственно: $12,8 \pm 0,38$ и $14,2 \pm 0,62$ ($t = 1,91$). Уровень адаптационного потенциала в обеих группах также оказался сходным ($t = 0,6$).

Метаболические изменения во время сна, хотя и были выше после анаэробных нагрузок в группе конькобежцев — $8,9 \pm 0,46$ по сравнению с аэробной тренировкой — $7,9 \pm 0,37$, но различия статистически были недостоверны ($t = 1,71$).

Сравнительный анализ восстановительных процессов во время сна у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса ТП

Показатели	Группы, средние ($\bar{X}$), $\pm$ ошибка (σ), $\pm$ сигма (δ), min-max значения, t — значение критерия Стьюдента				
	1-я группа (ациклические)		2-я группа (циклические)		t
	$\bar{X} \pm \sigma$ min÷max	$\pm \delta$	$\bar{X} \pm \sigma$ min÷max	$\pm \delta$	
Постнагрузочное потребление кислорода в покое (мл/кг)	<u>8,5±0,38</u> 4,1÷13,5	2,30	<u>9,1±0,43</u> 4,4÷14,9	2,57	1,04
Время восстановления, мин	<u>384±11,53</u> 163÷473	69,20	<u>378±11,85</u> 146÷466	71,1	1,31
Время стресса (мин)	<u>4,8±0,12</u> 10÷40	2,70	<u>4,67±0,63</u> 12÷29	1,78	1,60
ЧДД (в мин)	<u>12,5±0,16</u> 10,5÷14,5	0,98	<u>12,2±0,18</u> 9,5÷14,0	1,26	1,22
Потребление кислорода средн. (мл/кг/мин) VO_2 Ср.(мл/кг/мин)	<u>4,8±0,15</u> 2,9÷6,7	0,93	<u>5,2±0,18</u> 4,00÷8,4	1,08	1,69
Максимальное потребление кислорода (мл/кг/мин) VO_2 max (мл/кг/мин)	<u>12,8±0,38</u> 5,2÷14,6	2,30	<u>14,2±0,62</u> 6,7÷22,0	3,74	1,91
Энергетическая стоимость нагрузки (МЕТ max, %)	<u>7,9±0,37</u> 2,2÷11,2	2,20	<u>8,9±0,46</u> 3,3÷14,5	2,74	1,71
Метаболический эквивалент, в мл/кг/мин/3,5 МЕТ max,	21,5±1,12		19,9±0,21		1,40
Общий энергообмен (ккал):	<u>660,43±28,27</u> 338,3÷1032,0	169,61	<u>736,7±30,92</u> 405,0÷1163,7	185,5	1,82
за счет углеводов (ккал) % от общего)	<u>305,2±15,26</u> 125,8÷500,4 47,02%	91,59	<u>352,8±19,68</u> 142,0÷624,9 48,43%	118,07	1,91
за счет жиров (ккал) % от общего)	<u>349,9±13,04</u> 204,7÷524,7 52,98 %	78,24	<u>379,9±14,38</u> 201,9÷554,9 51,57%	86,31	1,55
Соотношение обменных процессов (углеводы/жиры)	0,87±0,02	0,31	0,93±0,02	0,17	1,89
Индекс восстановления (у.е.)	<u>94,3±3,99</u> 2,4÷100,2	23,91	<u>89,7±3,90</u> 1,9÷97,5	23,37	0,83
Тренирующий импульс нагрузки (у.е.)	<u>28,4±5,28</u> 21,0÷121,0	31,70	<u>33,8±5,93</u> 17÷143	35,56	1,93
Адаптационный потенциал (у.е.)	<u>7,33±0,07</u> 6,34÷8,02	0,41	<u>7,21±0,19</u> 5,33÷9,91	1,12	0,60

В связи с тем, что уровень и направленность метаболизма отражают особенности адаптации к перенесенной мышечной работе (а значит, и особенности восстановления), был проанализирован общий энергообмен, в том числе отдельно — за счет углеводов и жиров. Как следует из данных, представленных в таблице, общий энергообмен в 1-й группе был несколько ниже, чем во 2-й группе: 660,43±28,27 ккал и 736,7±30,92 соответственно, но недостоверно ($t=1,82$).

Аналогичная картина зарегистрирована и при дифференцированной оценке энергообмена за счет углеводов и за счет жиров как в абсолютных (ккал), так и в относительных единицах (%). Тот факт, что соотношение энергообмена «углеводы/жиры» оказалось сходным после аэробной тренировки, составляя 0,87±0,02, и после анаэробной тренировки — 0,93±0,02, свидетельствует о физиологической адаптации к мышечной работе и одно-

направленном физиологическом восстановлении обследованных спортсменов.

Заключение

Таким образом, при оценке качества восстановления после аэробных и анаэробных нагрузок по результатам мониторинга во время сна после тренировок ациклической и циклической направленности при равенстве энергетической стоимости выполненной нагрузки достоверных различий не установлено.

В изучаемых группах отмечено сходство работы кислородтранспортных систем во время сна, в частности, респираторной системы (характеристики внешнего дыхания, вентиляция легких, среднее потребление кислорода, устойчивость к гипоксии), а также метаболической активности и энергообмена. Аналогичная картина зарегистрирована и по уровню метаболической стоимости сна, и по величине адаптационного потенциала, и по дифференцированной оценке энерго-

обмена за счет углеводов и за счет жиров. Полученные данные (однонаправленные изменения изученных показателей), с одной стороны, свидетельствуют о корректности организации тренировочного процесса, с другой — подтверждают важность сна как особого фактора восстановления, способствующего полноценной адаптации спортсмена к физическим нагрузкам.

Результаты выполненного исследования подтверждают возможность использования оценки метаболических изменений во время сна как критерия адаптации спортсмена к физическим нагрузкам. Поскольку качество сна отражает не только корректность организации тренировочного процесса, но и физиологическую направленность восстановления, изученные показатели могут быть использованы при мониторинге состояния спортсменов на различных этапах подготовки с целью коррекции нагрузок и оптимизации восстановления.

Исследование выполнено в соответствии с государственным заданием НИР Министерством спорта РФ №1247 «Современные методы мониторинга тренировочного и восстановительного процесса».

1. Петрушкина Н.П., Пономарев В.А. Физиологические основы спортивной деятельности. Челябинск: Уральский ун-т физической культуры, 2014. 96 с.
2. Быков Е.В., Коломиец О.И. Совершенствование методов контроля за тренировочным процессом на основе современных информационных технологий (Firstbeat) // Теория и практика физической культуры. 2016. №5. С.59-61.
3. Петрушкина Н.П., Коломиец О.И., Якубовская И.А. Особенности функционального состояния центральной нервной системы у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2017. Т.12. №2. С.217-225.
4. Быков Е.В., Петрушкина Н.П., Коломиец О.И. Особенности метаболических адаптационных изменений при различных физических нагрузках // Наука, инновации. Технологии. 2017. №1. С.207-217.
5. Kolomietz O. Functional, mental and emotional balancing effects of synchronized and personified music on university athletes // Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury. 2016. №5. P.53-55.
6. Heaton L.E., Davis J.K., Rawson E.S. et al. Selected In-Season Nutritional Strategies to Enhance Recovery for Team Sport Athletes: A Practical Overview // Sports Med. 2017. V.47(11). P.2201-2218. doi: 10.1007/s40279-017-0759-2.
7. Петрушкина Н.П., Ермаков Е.Е. Повышение функционального состояния юных хоккеистов посредством восстановительных мероприятий // XX региональная науч.-практ. конф. «Оптимизация учебно-воспитательного процесса в образовательных учреждениях физической культуры». Челябинск: Уральский гос. ун-т физической культуры, 2010. С.270-272.
8. Woods A.L., Garvican-Lewis L.A., Lundy B. et al. New approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile // PLoS One. 2017. V.12(3). P.e0173807. doi: 10.1371/journal.pone.0173807.
9. Hirshkowitz M., Whitton K., Albert S.M. et al. National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: final report // Sleep Health. 2015 V.1(4). P.233-243. doi: 10.1016/j.sleh.2015.10.004.
10. Gupta L., Morgan K., Gilchrist S. Does Elite Sport Degrade Sleep Quality? A Systematic Review // Sports Med. 2017. V.47(7). P.1317-1333. doi: 10.1007/s40279-016-0650-6.

11. Vyazovskiy V.V. Sleep, recovery, and metaregulation: explaining the benefits of sleep // Nat Sci Sleep. 2015. V.7. P.171-184. doi: 10.2147/NSS.S54036.
12. Mathieu N., Aloulou A., Meyer T., Duforez F. The Variability of Sleep Among Elite Athletes // Sports Medicine - Open. 2018. V.4(1). DOI: 10.1186/s40798-018-0151-2.
13. Быков Е.В., Коломиец О.И., Коваленко А.Н. и др. Особенности организации научного исследования в сфере физической культуры и спорта (работа этического комитета УралГУФК) // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2019. №1. Т.21. С.63-69.
14. Быков Е.В., Коломиец О.И., Петрушкина Н.П., Симонова Н.А. Методологические подходы при организации научных исследований в сфере физической культуры и спорта // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2019. Т.14. №1. С.176-184.
15. Коломиец О.И., Быков Е.В., Петрушкина Н.П. Анализ качества тренировки и восстановления спортсменов на основе Firstbeat-мониторинга (вариабельность сердечного ритма) // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2019. Т.23. №3. С.3-14.
16. Орешкина И.Н., Коломиец О.И., Быков Е.В. Мониторинг вариабельности сердечного ритма квалифицированных конькобежцев с помощью методики Firstbeat // Мат. Всеросс. науч.-практ. конф. «Современные методы организации тренировочного процесса, оценки функционального состояния и восстановления спортсменов». 2017. С.190-193.
17. McGuigan M. Monitoring Training and Performance in Athletes. Champaign, IL: Human Kinetics, 2017. 264 p.
18. Коломиец О.И., Петрушкина Н.П., Быков Е.В. Особенности метаболических адаптационных изменений при различных физических нагрузках // Наука. Инновации. Технологии. 2017. №1. С.207-216.
19. Пат. РФ №2314019. МПК А61В 5/02 (2006.01). Способ оценки адаптационного потенциала / Л.А.Коневских, И.Е.Оранский, Е.И.Лихачева. Заявл. 23.01.2006. Опубл. 10.01.2008. Бюл. №1. 34 с.

References

1. Petrushkina, N.P., Ponomarev V.A. Fiziologicheskie osnovy sportivnoy deyatel'nosti [Physiological bases of sports activity]. Chelyabinsk, 2014. 96 p.
2. Bykov E.V., Kolomietz O.I. Sovershenstvovanie metodov kontrolya za trenirovochnym processom na osnove sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy (Firstbeat) [Modern information technologies to improve training process control method]. Teoriya i praktika fizicheskoy kultury, no.5, 2016, pp.59-61.
3. Petrushkina N.P. Kolomietz O.I., Yakubovskaya I.A. Osobennosti funktsional'nogo sostoyaniya tsentral'noy nervnoy sistemy u sportmenov s razlichnoy napravlennoy trenirovochnogo processa [Functional state characteristics of central nervous system among sportsmen with different orientation of the training process]. Pedagogiko-psihologicheskie i medikobiologicheskie problemy fizicheskoy kultury i sporta. 2017, vol.12, no.2, pp.217-225.
4. Bykov E.V. Petrushkina N.P. Kolomietz O.I., Osobennosti metabolicheskikh adaptatsionnykh izmeneniy pri razlichnykh fizicheskikh nagruzkah [Features of metabolic adaptive changes in various physical activities]. Nauka, innovatsii. Tekhnologii, no.1, 2017, pp.207-217.
5. Kolomietz, O. Functional, mental and emotional balancing effects of synchronized and personified music on university athletes. Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury, 2016, no.5, pp. 53-55.
6. Heaton L.E., Davis J.K., Rawson E.S. et al. Selected In-Season Nutritional Strategies to Enhance Recovery for Team Sport Athletes: A Practical Overview // Sports Med., 2017, vol.47(11), pp.2201-2218. doi: 10.1007/s40279-017-0759-2.
7. Petrushkina, N.P. Povysheniye funktsional'nogo sostoyaniya yunyh hokeystov posredstvom vosstanovitel'nykh meropriyatij [Increase in functional state of young hockey players with the help of recovery activities]. Proc. of 'Optimizatsiya uchebno-vospitatel'nogo processa v obrazovatel'nykh uchrezhdeniyah fizicheskoy kultury'. Chelyabinsk, 2010, p.270-272.

8. Woods A.L., Garvican-Lewis L.A., Lundy B. et al. New approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile. *PLoS One*, 2017, v.12(3). P.e0173807. doi: 10.1371/journal.pone.0173807.
9. Hirshkowitz M., Whiton K., Albert S.M. et al. National Sleep Foundation's updated sleep duration recommendations: final report. *Sleep Health*, 2015, vol.1(4), pp.233-243. doi: 10.1016/j.sleh.2015.10.004
10. Gupta L., Morgan K., Gilchrist S. Does Elite Sport Degrade Sleep Quality? A Systematic Review. *Sports Med.*, 2017, vol.47(7), pp.1317-1333. doi: 10.1007/s40279-016-0650-6
11. Vyazovskiy V.V. Sleep, recovery, and metaregulation: explaining the benefits of sleep. *Nat Sci Sleep.*, 2015, vol.7, pp.171-184. doi: 10.2147/NSS.S54036/
12. Mathieu N., Aloulou A., Meyer T., Duforez F. The Variability of Sleep Among Elite Athletes. *Sports Medicine – Open*, 2018, vol.4(1). doi: 10.1186/s40798-018-0151-2
13. Bykov E.V., Kolomic O.I., Kovalenko A.N., CHipyshev A.V., Makunina O.A. Osobennosti organizatsii nauchnogo issledovaniya v sfere fizicheskoy kul'tury i sporta (rabota eticheskogo komiteta UralGUFK) [Peculiarities of organization of scientific researches in the sphere of physical culture and sports (the ethics committee UralGUFK)]. *Nauchno-sportivnyy vestnik Urala i Sibiri*, 2019, no.1, vol.21, pp.63-69.
14. Bykov, E.V., Kolomic O.I., Petrushkina N.P., Simonova N.A. Metodologicheskie podhody pri organizatsii nauchnykh issledovaniy v sfere fizicheskoy kul'tury i sporta [Methodological approaches during scientific research works organization in the sphere of physical culture and sport]. *Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta*, 2019, vol.14, no.1, pp.176-184.
15. Kolomic O.I., Bykov E.V., Petrushkina N.P. Analiz kachestva trenirovki i vosstanovleniya sportsmenov na osnove Firstbeat-monitoringa (variabel'nost' serdechnogo ritma) [Quality analysis of the athletes training and recovery on the basis of Firstbeat-monitoring (heart rate variability)]. *Nauchno-sportivnyy vestnik Urala i Sibiri*, 2019, no.3, vol.23, pp.3-14.
16. Oreshkina I.N., Kolomic O.I., Bykov E.V. Monitoring variabel'nosti serdechnogo ritma kvalificirovannykh konkobezhcev s pomoshch'yu metodiki firstbeat [Monitoring of heart rate variability for highly qualified long speed skaters with the use of methodology Firstbeat]. *Conf. Proc. 'Sovremennye metody organizatsii trenirovochnogo processa, ochenki funktsional'nogo sostoyaniya i vosstanovleniya sportsmenov'*. Chelyabinsk, 2017, vol.1, pp.190-193.
17. McGuigan M. *Monitoring Training and Performance in Athletes*. Champaign, IL, Human Kinetics, 2017. 264 p.
18. Kolomic O.I., Petrushkina N.P., Bykov E.V. Osobennosti metabolicheskikh adaptatsionnykh izmenenij pri razlichnykh fizicheskikh nagruzkah [Features of metabolic adaptive changes in various physical activities]. *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii*, 2017, no.1, pp.207-216.
19. L.A. Konevskih et al. Sposob ochenki adaptatsionnogo potentsiala [Method for evaluation of the adaptation potential]. *Patent RF no.2314019. Bulletin no.1. Published 10.01.2008.*