

УДК 612.819.91

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА БАСКЕТБОЛИСТОВ СТУДЕНЧЕСКОЙ ЛИГИ РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Погодина С. В., Погодин А. А., Юферев В. С.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: sveta_pogodina@mail.ru*

Обследованы баскетболисты студенческих лиг ассоциации студенческого баскетбола 19-27 лет, имеющие разную спортивную квалификацию. Исследование variability сердечного ритма проведено с применением реографического метода при использовании восьмиканального тетраполярного реографа РЕОКОМ Стандарт. При изучении variability сердечного ритма в условиях выполнения анаэробно-аэробного порогового режима работы с интенсивностью частоты сердечных сокращений в диапазоне 170-185 ударов в минуту у игроков, имеющих относительно низкую спортивную квалификацию (разрядники и кандидаты в мастера спорта), выявлено усиление симпатических и снижение парасимпатических модулирующих влияний на сердечный ритм. У высококвалифицированных баскетболистов студенческой лиги установлен эффект отсутствия снижения парасимпатического тонуса при высокоинтенсивной нагрузке.

Ключевые слова: регуляция сердечного ритма, симпато-парасимпатические взаимодействия, баскетболисты студенческой лиги, уровень квалификации, пороговый режим работы.

ВВЕДЕНИЕ

В игровых видах спорта, где выражены переменный характер работы, ситуативная интенсивность игровой деятельности и высокое эмоциональное возбуждение, актуальным является исследование вегетативной нервной регуляции адаптационных систем [1], так как сбалансированная вегетативная регуляция сердечно-сосудистой системы (ССС) позволяет спортсмену в условиях высокоинтенсивной нагрузки максимально использовать кардиальные резервы и экономизировать энерготраты [2]. Индикатором нервной регуляции функций ССС является сердечный ритм [3] в котором определяются преобладающие влияния симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [4]. В состоянии покоя влияние обоих отделов на сердце уравновешено. При интенсивной нагрузке растет активность симпатического и падает активность парасимпатического отдела, что обуславливает повышение частоты сердечных сокращений (ЧСС). В данном случае механизм повышения ЧСС связан с комбинацией двух факторов – устранение ингибирующего влияния парасимпатического тонуса и усиления адренергической регуляции [5–7]. В то же время в условиях интенсивной нагрузки у высокотренированных «выносливых» спортсменов показано отсутствие эффекта снижения парасимпатического тонуса либо его усиление, что по мнению ряда специалистов [8–10] является

благоприятным критерием изменений в регуляторных механизмах адаптации. В баскетболе, и особенно, в студенческом, разработка критериального аппарата оценки регуляции вегетативных функций является крайне актуальной, так как в студенческих сборных командах играют спортсмены разного квалификационного уровня [11], что требует дифференцированного контроля параметров нагрузки и адаптации. В связи с этим анализ вегетативных регуляторных алгоритмов у баскетболистов студенческой лиги разной квалификации позволит прогнозировать функциональные возможности игроков на этапах подготовки в студенческом спорте. Цель – определение особенностей variability сердечного ритма баскетболистов студенческой лиги разной квалификации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы баскетболисты студенческих лиг ассоциации студенческого баскетбола (АСБ) 19–27 лет ($n=34$), имеющие разную спортивную квалификацию – разрядники (игроки взрослых разрядов, $n=20$), кандидаты в мастера спорта (КМС, $n=8$), мастера спорта (МС, $n=6$). Исследование variability сердечного ритма (ВСР) проводили реографическим методом с использованием восьмиканального тетраполярного реографа РЕОКОМ Стандарт. Статистическому анализу были подвергнуты частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), стандартное отклонение средних значений NN интервалов (SDANN), квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс), число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве ($pNN50$, n). Спектральный анализ волновой структуры ВСР применялся для определения мощности (mc^2) волн различной частотной характеристики: с высокочастотными колебаниями (HF), низкочастотными колебаниями (LF) и колебаниями очень низкой частоты (VLF). Коэффициент вагосимпатического взаимодействия (LF/HF, %) определяли по отношению средних значений низкочастотного и высокочастотного компонентов ВСР. Геометрический анализ применяли для определения показателей моды (Mo), амплитуды моды (aMo), индекса напряжения регуляторных систем (ИН). Показатели изучались в состоянии покоя и в стандартном велоэргометрическом ступенчато-возрастающем тесте [13], в котором предусматривалось выполнение не менее 5 минут работы в пороговых режимах нагрузки (W): аэробном (W_1 – 60–75 Вт, ЧСС – 120–130 уд/мин), аэробно-анаэробном (W_2 – 120–150 Вт, ЧСС 150–160 уд/мин), анаэробно-аэробном (W_3 – 180–220 Вт, ЧСС – 170–185 уд/мин). Исследования проведены в подготовительном периоде годичного тренировочного процесса при добровольном информированном согласии игроков. Цифровой материал обрабатывался на персональном компьютере с использованием пакета программ STATISTICA 10.0. Проверка нормального распределения проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка. Далее вычисляли среднее значение (s) исследуемых величин и ошибку среднего арифметического (sX). Статистически значимые различия определялись с помощью t-критерия Стьюдента при значимости $p<0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение ВСР у баскетболистов студенческой лиги позволило получить характеристики регуляторных взаимодействий вегетативных параметров в условиях исходного состояния покоя и при выполнении пороговых режимов работы. Значительные сдвиги большинства исследуемых параметров и их достоверные различия относительно исходного состояния зарегистрированы на уровне работы в анаэробно-аэробном режиме, и в меньшей степени видны изменения в аэробно-анаэробном и аэробном режимах (таблица 1). В данных условиях отмечены сдвиги спектральных и статистических показателей ВСР, характеризующие вегетативные реакции на уровнях симпатической и парасимпатической регуляции.

Таблица 1.
Значения ($s \pm sX$) показателей ВСР баскетболистов в исходном состоянии покоя и при выполнении пороговых режимов работы (W)

Параметры	Покой	W ₁	W ₂	W ₃
Разрядники				
SDANN, мс	69,4±3,58	61,4±1,06	59,4±2,31*	46,8±4,01*
RMSSD, мс	63,6±6,12	53,2±2,23	44,6±2,12*	34,5±2,57**
pNN50, %	18,8±1,51	18,1±1,32	16,8±1,24	15,1±1,30*
Mo, мс	725,0±28,12	698,2±16,11	625,2±18,42	515,0±26,5*
AMo, %	83,5±3,72	89,4±4,79	113,5±4,38**	131,4±6,18***
ИИ, усл. ед.	202,5±7,71	215,8±6,23	252,5±5,67	296,1±13,10*
VLF, мс ²	1286,2±19,31	1343,2±14,35	1386,2±10,26	1503,1±17,16*
LF, мс ²	1398,0±13,75	1566,3±16,32	1589,4±16,98	1666,0±16,38*
HF, мс ²	681,3±12,09	536,7±19,81	542,6±19,54	487,7±12,82*
LF/HF	2,05±0,11	2,9±0,08*	2,9±0,07*	3,03±0,12*
KMC				
SDANN, мс	78,4±3,98	73,6±2,02	68,1±2,08	56,4±4,38*
RMSSD, мс	92,4±6,40	84,9±3,57	72,2±4,83	60,1±5,74*
pNN50, %	25,8±1,57	25,2±2,07	21,8±1,14	19,4±±1,90*
Mo, мс	1015,1±17,8	1000,3±13,3	914,8±13,8	835,0±19,63*
AMo, %	32,8±5,10	39,2±3,85	52,8±3,20*	66,2±4,42**
ИИ, усл. ед.	164,4±6,02	169,2±3,87	174,8±3,45	197,6±5,75*

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ...

Продолжение таблицы 1

Параметры	Покой	W ₁	W ₂	W ₃
VLF, мс ²	1176,8±13,51	1267,4±10,30	1399,2±12,93*	1417,4±16,39*
LF, мс ²	1327,4±15,65	1527,4±15,62	1530,3±13,04	1555,0±19,24*
HF, мс ²	1491,2±14,33	1491,9±14,57	1453,2±19,09	1186,8±12,01*
LF/HF	0,89±0,26	1,02±0,09	1,05±0,01*	1,31±0,25*
МС				
SDANN, мс	103,0±9,13	100,8±7,73	93,5±7,19	88,0±3,72
RMSSD, мс	165,65±7,5	162,35±8,02	154,94±7,1	148,0±4,58
pNN50, %	67,8±1,08	65,4±1,15	60,1±1,16*	60,6±1,7*
Mo, мс	825,0±7,45	823,3±6,89	800,47±7,91	800,0±9,51
AMo, %	67,5±6,70	64,2±6,53	60,7±4,85	61,8±3,70
ИИ, усл. ед.	74,3±6,01	79,6±5,83	84,2±4,81	93,3±12,1
VLF, мс ²	1100,3±15,5	1190,7±12,95	1182,1±10,16	1255,5±19,4
LF, мс ²	3530,3±13,04	3898,05±13,74	3810,5±12,67	4030,3±12,5**
HF, мс ²	3653,5±19,02	3567,9±18,07	3540,5±18,23	3606,8±19,74
LF/HF	0,96±0,09	1,09±0,11	1,07±0,14	1,11±0,11

Примечание – *p<0,05, **<0,01, ***p<0,001 по отношению к исходному уровню.

Так, у игроков разрядников и КМС установлено достоверное повышение мощности LF-волн, значимое снижение мощности HF-волн (рисунок 1) и увеличение индекса вагосимпатического равновесия LF/HF, что говорит о преобладании симпатических влияний и усилении централизации в управлении сердечным ритмом. При таком характере вегетативной регуляции определяется достоверное снижение ключевого показателя variability – SDANN и показателя Mo, повышение мощности VLF-волн, рост показателей aMo и ИИ, что свидетельствует об относительном напряжении регуляторных механизмов.

У спортсменов МС выявляется сравнительно высокая мощность всех спектральных показателей волновой структуры ВСР, меньшая степень снижения мощности VLF-волн и отсутствие достоверных различий в величинах мощности HF-волн на высокоинтенсивном пороге нагрузки, то есть отсутствие снижения парасимпатических влияний по отношению к исходному состоянию (рисунок 1 А). При данном варианте регуляции достоверное снижение показателей SDANN и Mo не выявляется, показатели aMo и ИИ значимо не увеличиваются, а индекс LF/HF достоверно снижается, что по критериям здоровья Баевского Р. М. [3] соответствует высокому адаптационному уровню. Такие статистические показатели высококвалифицированных игроков, как RMSSD и pNN50, характеризующие активность парасимпатического отдела ВНС, во время нагрузки также значимо не изменяются. Таким образом, для игроков высокого уровня квалификации

характерным является вариант нервной регуляции при котором не выявляется эффект снижения парасимпатического тонуса при пороговой ЧСС 170–185 уд/мин. На первый взгляд выявленный эффект не согласуется с представлением о регуляторных механизмах адаптации, обеспечивающих повышение ЧСС. Тем не менее, в ряде научных публикаций показано, что снижение парасимпатического тонуса при нагрузке может происходить при разной величине ЧСС, зависящей от функционального уровня ССС. Так, анализ математической модели изменчивости кардиоинтервалов, полученных при нагрузочном тестировании позволил Похачевскому А. Л. [10] определить ЧСС при которой снижается показатель variability (SDANN) и происходит ускользание сердечной мышцы от парасимпатического контроля. У нетренированных лиц эта точка регистрируется при 135 уд/мин, а у высококвалифицированных при достижении 170 уд/мин, то есть фактически при анаэробно-аэробном пороге нагрузки, что по мнению автора является благоприятным признаком адаптации.

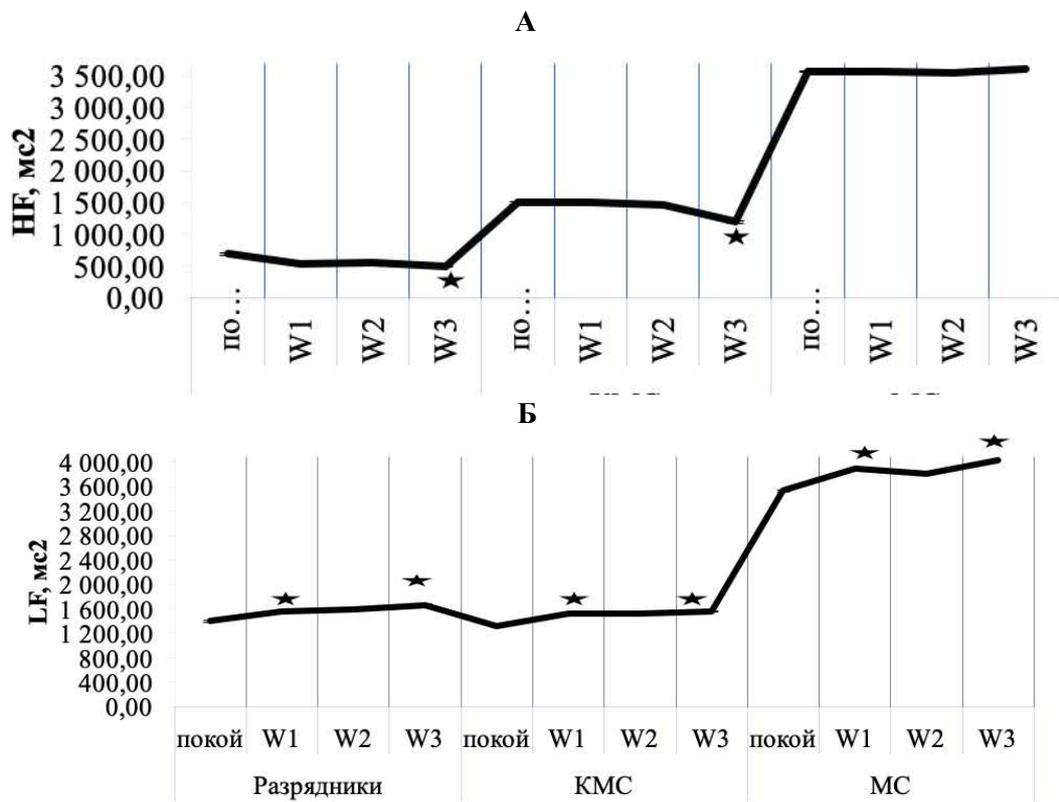


Рис. 1. Динамика параметров мощности HF-волн (А) и LF-волн (Б) у баскетболистов студенческой лиги при выполнении работы в пороговых режимах (W).
Примечание: ★ Достоверность указана по отношению к исходному состоянию.

В то же время подобный эффект, выявленный авторами [11] у марафонцев, рассматривался как нарушение вегетативной регуляции ритма сердца и признак срыва кардиальных механизмов и в частности механизма Франка-Старлинга. Отмечалось, что такой вариант срочной адаптации к продолжительной напряженной нагрузке может приводить к состоянию фибрилляции. Очевидно, что существуют пороговые уровни ЧСС при которых парасимпатический контроль сердечной мышцы является безопасным и не вызывает выраженных функциональных нарушений миокарда [14]. Превышение этого порога требует перехода на симпатическую и адренергическую регуляцию, обеспечивающую усиление сократительной способности миокарда при развивающихся явлениях гипоксии нагрузки. В пользу данного предположения говорят установленные закономерности срочной адаптации высококвалифицированных спортсменов и концепция антигипоксических функциональных систем (АФС) [15], которые достигают антигипоксического эффекта за счет интенсификации деятельности эффекторов (увеличение ЧСС и ударного объема сердца) не увеличивая, а снижая тем самым энергетические траты. В качестве ведущих компонентов АФС выступают тормозные системы центрального нервного аппарата и релаксационные процессы нервной и мышечной регуляции. Вероятно, что установленный нами эффект отсутствия снижения парасимпатического тонуса при высокоинтенсивной нагрузке у высококвалифицированных баскетболистов студенческой лиги связан с высокой активностью антигипоксического механизма адаптации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях анаэробно-аэробного порогового режима работы для баскетболистов студенческой лиги сравнительно низкого квалификационного уровня (взрослых разрядов, КМС) характерен вариант вегетативной регуляции сердечного ритма, при котором усиливается активность симпатических и снижается активность парасимпатических модулирующих влияний на миокард. Для игроков студенческой лиги высокого уровня квалификации (МС) характерен эффект отсутствия снижения парасимпатических влияний на сердечный ритм при пороговой ЧСС 170–185 уд/мин. Выявленный эффект можно использовать в качестве критерия, свидетельствующего о высоких функциональных возможностях ССС игроков, а также о стратегической перспективе отбора таких баскетболистов для участия в соревнованиях высокого ранга АСБ.

Список литературы

1. Коломиец О. И. Исследование вегетативной реактивности юношей-игроков в настольный теннис с различным стилем игры / О. И. Коломиец // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2013. – № 7 (101). – С. 72–78.
2. Eckberg D. L. Sympathovagal balance: a critical appraisal / D. L. Eckberg // Circulation. – 1997. – № 96. – P. 3224–3232.
3. Баевский Р. М. Концепция физиологической нормы и критерий здоровья / Р. М. Баевский // Российский физиологический журнал им. Сеченова. – 2003. – Т. 89, № 4. – С. 473–487.

4. Горст В. Р. Рассогласование ритмов сердечно-сосудистой и дыхательной систем при максимальных физических нагрузках / В. Р. Горст, Н. А. Горст, М. В. Полукова [и др.] // Астраханский медицинский журнал. – 2011. – Т. 6, № 2. – С. 242–244.
5. Buchheit M. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function / M. Buchheit, A. Chivot, J. Parouty [et al.] // European Journal of Applied Physiology. – 2010. – Vol. 108. – P. 1153–1167.
6. Carter J. R. Sympathetic neural adaptations to exercise training in humans / J. R. Carter, C. A. Ray // Autonomic Neuroscience. – 2014. – Vol. 188. – P. 36–43.
7. Goldberger, J. J. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise / J. J. Goldberger, F. Kiet Le, M. Lahiri [et al.] // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. – 2006. – Vol. 290. – P. H2446–H2452.
8. Кудря О. Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности / О. Н. Кудря, Л. Е. Белова, Л. В. Капилевич // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 356. – С. 162–166.
9. Погодина С. В. Физиологические особенности сердечно-сосудистой системы у спортсменов мужского пола в возрасте 17–46 лет / С. В. Погодина, В. С. Юфереv, Г. Д. Алексанянц // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2015. – № 1 (154). – С. 36–48.
10. Похачевский А. Л. Оценка функционального состояния по кардиоритмограмме при велоэргометрии / А. Л. Похачевский // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 6. – С. 117–119.
11. Меерсон, Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
12. Соколов Н. Г. Роль ассоциации студенческого баскетбола в развитии баскетбола в России / Н. Г. Соколов, В. П. Овчинников, М. Б. Фарберов // В сборнике: Физическая культура в образовательном пространстве России: состояние и перспективы развития. – 2017. – С. 169–172.
13. Белоцерковский З. Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З. Б. Белоцерковский – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.
14. Ванюшин Ю. С. Порог адекватной гемодинамической реакции у спортсменов при физической нагрузке повышающейся мощности / Ю. С. Ванюшин, Р. Р. Хайруллин, М. И. Рахимов // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 9. – С. 53–55.
15. Высочин Ю. В. Современные представления о физиологических механизмах срочной адаптации организма спортсменов к воздействию физических нагрузок / Ю. В. Высочин, Ю. П. Денисенко // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 7. – С. 2–5.

FEATURES OF HEART RATE VARIABILITY OF BASKETBALL PLAYERS OF THE STUDENT LEAGUE OF DIFFERENT QUALIFICATIONS

Pogodina S. V., Pogodin A. A., Yuferev V. S.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: sveta_pogodina@mail.ru*

In game sports, where the variable nature of work is expressed, the situational intensity of gaming activity and high emotional excitement, it is relevant to study the autonomic nervous regulation of the functions of the cardiovascular system. Studied basketball players of the student leagues of the student basketball association of 19–27 years, having different sports qualifications – from adult ranks and to the level of master of sports. The study of heart rate variability was carried out using the rheographic method using the eight-channel REOCOM Standard tetrapolar rheograph. The main load test was the bicycle ergometric standard test of a step-up load. The results are processed using

parametric statistical methods. In the process of investigating the problem of the optimality of sympathetic-parasympathetic interactions in the regulation of the heart rhythm of the basketball students of the student league, the features of these interactions among players of different skill levels are revealed. The analysis of changes in the spectral, statistical and geometric parameters of heart rate variability characterizing the changes in sympathetic-parasympathetic regulatory influences on the heart rhythm under conditions of threshold loading regimes relative to the initial resting level was carried out. When studying the variability of the heart rhythm under conditions of anaerobic-aerobic threshold operation with heart rate intensity in the range of 170–185 beats per minute, players with relatively low sports qualifications (dischargers and candidates for master of sports) showed an increase in sympathetic and decreased parasympathetic modulating effects on the heart rhythm. Highly qualified basketball students of the student league (masters of sports) have the effect of not reducing parasympathetic tone with a high intensity load. In the conditions of the anaerobic-aerobic threshold mode of operation for basketball players of the student league of a relatively low qualification level, a variant of autonomic regulation of the heart rhythm is characteristic, in which the activity of sympathetic and parasympathetic modulating influences on the myocardium increases and decreases. The effect of the absence of a decrease in parasympathetic effects on the heart rate at a threshold heart rate of 170–185 beats/min is characteristic for the players of the high-level student league. The revealed effect can be used as a criterion indicating the high functionality of the CCC players, as well as the strategic prospect of selecting such basketball players to participate in high-ranking competitions of the ASB.

Keywords: heart rate regulation, sympatho-parasympathetic interactions, basketball players of the student league, skill level, threshold mode of work.

References

1. Kolomic O. I. Issledovanie vegetativnoj reaktivnosti yunoshej-igrokov v nastol'nyj tennis s razlichnym stilem igry, *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*, **7** (101), 72 (2013).
2. Eckberg D. L. Sympathovagal balance: a critical appraisal, *Circulation*, **96**, 3224 (1997).
3. Baevskij R. M. Konceptiya fiziologicheskoy normy i kriterij zdorov'ya, *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. Sechenova*, **89**, **4**, 473 (2003).
4. Gorst V. R., Gorst N. A. Polukova M. V. Rassoglasovanie ritmov serdechno-sosudistoj i dyhatel'noj sistem pri maksimal'nyh fizicheskikh nagruzkah, *Astrahanskij medicinskij zhurnal*, **6**, **2**, 242 (2011).
5. Buchheit M., Chivot A., Parouty J. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function, *European Journal of Applied Physiology*, **108**, 1153 (2010).
6. Carter J. R., Kiet Le J. R., Ray C. A. Sympathetic neural adaptations to exercise training in humans, *Autonomic Neuroscience*, **188**, 36 (2014).
7. Goldberger J. J., Lahiri M. F. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise, *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, **290**, H2446 (2006).
8. Kudrya O. N., Belova L. E., Kapilevich L. V. Adaptaciya serdechno-sosudistoj sistemy sportsmenov k nagruzkam raznoj napravlenosti, *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, **356**, 162 (2012).
9. Pogodina S. V., Yuferev V. S., Aleksanyanc G. D. Fiziologicheskie osobennosti serdechno-sosudistoj sistemy u sportsmenov muzhskogo pola v vozraste 17–46 let, *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*, **1** (154), 36 (2015).
10. Pohachevskij A. L. Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya po kardioritmogramme pri veloergometrii, *Fiziologiya cheloveka*, **33**, **6**, 117 (2007).
11. Meerson F. Z., Pshennikova M. G. *Adaptaciya k stressornym situacijam i fizicheskim nagruzkam*, 256 s. (M.: Medicina, 1988).

12. Sokolov N. G., Ovchinnikov V. P., Farberov M. B. Rol' associacii studencheskogo basketbola v razvitii basketbola v Rossii v sbornike: *Fizicheskaya kul'tura v obrazovatel'nom prostranstve Rossii: sostoyanie i perspektivy razvitiya*, 169 (2017).
13. Belocerkovskij Z. B. *Ergometricheskie i kardiologicheskie kriterii fizicheskoj rabotosposobnosti u sportsmenov*, 312 s. (M.: Sovetskij sport, 2005).
14. Vanyushin Y. S., Hajrullin R. R., Rahimov M. I. Porog adekvatnoj gemodinamicheskoj reakcii u sportsmenov pri fizicheskoj nagruzke povyshayushchejsya moshchnosti, *Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury*, **9**, 53 (2016).
15. Vysochin Y. V., Denisenko P. Sovremennye predstavleniya o fiziologicheskikh mekhanizmah srochnoj adaptacii organizma sportsmenov k vozdeystviyu fizicheskikh nagruzok, *Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury*, **7**, 2 (2002).