

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.8>

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Научная статья

Князева Е.С.^{1,*}, Лялякин С.В.², Мищенко Н.В.³, Трифонова Т.А.⁴

³ORCID : 0000-0002-3643-3129;

⁴ORCID : 0000-0002-1628-9430;

^{1, 2, 3, 4} Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (knyazeva.eliz[at]mail.ru)

Аннотация

Целью исследования является оценка функционального состояния студентов одной возрастной группы (17-19 лет, n=47) в течение 2 лет (2020, 2021 гг., 1 и 2 курс соответственно) во время активного учебного процесса на основе анализа параметров variability сердечного ритма (BCP). Учащимся проводилось электрокардиографическое (ЭКГ) обследование с использованием ПАК «Здоровье-Экспресс». Доминирующий парасимпатический тип регуляции по вагосимпатическому индексу у 82% студентов указывает на хорошую стрессоустойчивость и достаточные резервы сердечно-сосудистой системы для приспособления к различным психофизическим факторам обучения. Студенты с перенапряжением регуляторных систем и срывом адаптации отнесены к группе риска по возможности возникновения функциональных нарушений. Результаты исследования могут быть применены для выявления предрасположенности к нарушению адаптационных механизмов.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, индекс напряжения.

AN EVALUATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE BODY OF STUDENTS USING HEART RHYTHM VARIABILITY PARAMETERS

Research article

Knyazeva E.S.^{1,*}, Lyalyakin S.V.², Mishchenko N.V.³, Trifonova T.A.⁴

³ORCID : 0000-0002-3643-3129;

⁴ORCID : 0000-0002-1628-9430;

^{1, 2, 3, 4} Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, Russian Federation

* Corresponding author (knyazeva.eliz[at]mail.ru)

Abstract

The aim of the study was to evaluate the functional state of the students of the same age group (17-19 years, n=47) during 2 years (2020, 2021, the 1st and 2nd year respectively) during the active learning process on the basis of the analysis of heart rate variability (HRV) parameters. The students were subjected to electrocardiographic (ECG) examination with the use of PAC "Health-Express". Dominant parasympathetic type of regulation by vagosympathetic index in 82% of students indicates good stress-resistance and sufficient reserves of cardiovascular system for adaptation to different, psychophysical factors of training. Students with overstrain of regulatory systems and disruption of adaptation are referred to the risk group for the possibility of functional disorders. The results of the research can be applied to identify the predisposition to impaired adaptive mechanisms.

Keywords: heart rate variability, stress index.

Введение

Функциональное состояние (ФС) учащихся поддерживается рядом систем регуляции организма. Известно, что наиболее чувствительной к изменениям ФС всего организма является сердечно-сосудистая система (ССС) [1]. Ритм и сила сердечных сокращений быстро отзываются на изменение среды и используются для характеристики уровня адаптации и стресса [2].

Одним из методов, позволяющих оценить состояние вегетативной нервной системы (ВНС), является анализ variability сердечного ритма (BCP) [3], [4]. BCP – это неинвазивный метод диагностики ФС организма, основанный на измерениях и анализе временных R-R интервалов ЭКГ. В кардиоритме заключена информация о процессах, протекающих не только в пределах сердечно-сосудистой системы [5], но и в нервных центрах и эндокринной системе.

Изменения показателей BCP у студентов под влиянием учебной нагрузки описаны в целом ряде работ [6], [7].

Исследования автономной регуляции сердечного ритма подтверждают, что колебания статистических характеристик BCP раньше, чем другие функциональные показатели, сигнализируют о чрезмерности нагрузки [8]. Согласно научной литературе, особенности адаптационного процесса также определяются типом вегетативной регуляции ритма сердца.

Поэтому остается актуальным анализ адаптационных возможностей молодежи для выявления вероятности развития функциональных нарушений.

Методы и принципы исследования

В течение 2020 – 2021 гг. были обследованы студенты (n=47, 34 девушки и 13 юношей, 17-19 лет) института Биологии и Экологии Владимирского государственного университета для оценки адаптационных возможностей по показателям variability сердечного ритма (ВСР). Студенты обследовались в осенние периоды каждого года во время активного учебного процесса без функциональных нагрузок на добровольной основе.

У студентов измерялись соматометрические (рост, вес) и физиометрические параметры (артериальное давление (АД), пульс). Для оценки их образа жизни проводилось анкетирование.

Рассчитывался индекс массы тела (ИМТ). Экспресс-оценка уровня физического состояния (УФС) осуществлялась по методике Е.А. Пироговой, которая позволяет без функциональных проб оценить индивидуальный уровень здоровья на основе данных о возрасте, частоте сердечных сокращений, весе, росте, АД.

Для анализа адаптационного состояния студентов производилась регистрация ЭКГ с использованием ПАК «Здоровье-Экспресс» модуль ВСР (3 мин.).

Статистический анализ ВСР основывается на анализе изменений длительности R-R интервалов между сокращениями. Спектральный анализ основан на расчете амплитудного спектра кардиоинтервалов. Он показывает распределение трех компонентов мощности в зависимости от частоты колебаний: высокой (HF), низкой (LF) и очень низкой (VLF) мощности. На основании соотношения мощностей различных компонентов спектра делают вывод о сравнительном вкладе модуляций симпатического и парасимпатического звеньев ВНС в регуляцию сердечного ритма [9].

Комплексную оценку состояния вегетативной регуляции демонстрирует показатель активности регуляторных систем (ПАРС, по Баевскому Р.М.) – бальный показатель, численно отражающий общее состояние РС человека, исходя из его индивидуальных реакций. Основывается на некоторых параметрах ВСР.

Результаты анализировались с применением непараметрических методов математической статистики, использовались программные пакеты Microsoft Excel и Statistica 6.1. Распределение данных представлено медианой и интерквартильным размахом в виде 25% и 75% процентилей. Для оценки достоверности различий между медианами двух зависимых выборок применялся Т-критерий Вилкоксона (P_w).

Основные результаты

Был проведен анализ показателей ВСР и уровня физического развития студентов в 2020 и 2021 гг., основные результаты в таблице (табл. 1).

Таблица 1 - Показатели вариабельности сердечного ритма и уровня физического состояния у студентов в 2020 и 2021 годах

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.8.1>

Показатель	Норма	2020 год n=47	2021 год n=47	P _w
Статистические показатели				
RRNN, мс. Среднее значение всех R-R интервалов.	710,0 – 970,0 < – при физической нагрузке, стрессе; > – при высоких функциональных возможностях ССС.	818,5 (755,4-884,4)	828,45 (753,7- 905,0)	>0,05
Показатели числовых характеристик гистограммы (показатели Р.М. Баевского)				
Стресс-индекс (SI) (индекс напряжения ИИ), усл. ед. Отражает вовлеченность в стресс.	32,0 – 283,0 < 30 – инертность, пассивность; - 400-600 – у людей с постоянным дистрессом.	60,6 (38,3-127,0)	52,8 (34,5-90,7)	>0,05
Спектральные показатели				
TP, м (общая мощность волн). Суммарное значение мощности всех волн. Отражает суммарный запас сил.	2448,0 – 4484,0 < – снижение адаптационных возможностей ССС; > – хорошее функциональное состояние ССС.	3341,7 (1394,1-4706,5)	2884,5 (2268,5- 4946,8)	>0,05
VLF, м (очень низкочастотные волны). Отражает нейрогуморальные и метаболические влияния.	700,0 – 1300,0 < – энергодефицитное состояние; > – гиперадаптивное состояние.	368,3 (175,5-534,0)	328,9 (220,5- 661,9)	>0,05
LF, м (низкочастотные волны). Связан с симпатической активностью.	754,0 – 1586,0 > – для здоровых людей.	783,4 (367,5-1147,0)	983,6 (443,3- 1489,7)	>0,05
HF, м (высокочастотные, волны). Сопряжен с дыханием и отражает парасимпатическую активность.	772,0 – 3128,0 < – преобладание симпатической ВНС.	1290,3 (453,0-2304,8)	1235 (568,2- 1880,9)	>0,05
LF/HF, усл. ед. Индекс вагосимпатического взаимодействия.	1,5 – 2,0 < – ваготония; > – симпатикотония.	0,7 (0,5-0,9)	0,7 (0,4- 1,4)	>0,05
Показатель активности регуляторных систем				
ПАРС, баллы – показатель активности регуляторных систем.	1-3 – нормальное состояние РС; 4-5 – донологическое состояние РС	5 (3-6)	5 (4-6)	>0,05

Обобщает параметры ВСР.	(умеренное напряжение); 6-7 – преморбидное состояние РС (перенапряжение); 8-10 – срыв адаптации.			
Комплексная оценка физического состояния				
УФС, усл. ед., – уровень физического состояния.	< 0,375 – низкий; 0,376-0,525 – ниже среднего; 0,526-0,675 – средний; 0,676-0,825 – выше среднего; > 0,826 – высокий.	0,644 (0,571-0,715)	0,614 (0,552-0,673)	<0,01

Примечание: Me (P25-P75)

Медианные значения большинства параметров ВСР в общей выборке соответствуют половозрастным нормативам, за исключением индекса вагосимпатического взаимодействия, который ниже нормы и свидетельствует о парасимпатикотонии (табл.1).

Большинство студентов, участвующих в обследовании, ведут здоровый образ жизни: 95% не курят, 30% занимаются каким-либо видом спорта. Последнюю сессию на хорошо и отлично сдали 75%.

Согласно полученным результатам, отсутствуют достоверные различия по отдельным показателям ВСР и комплексному ПАРС у студентов в 2021 г. по сравнению с 2020 г. ($P_w > 0,05$). Изменения прослеживаются по уровню физического состояния, который немного снизился в 2021 году ($P_w < 0,01$).

Оценка спектральных параметров ВСР позволяет сделать вывод об общем хорошем функциональном состоянии и достаточных резервах ССС у более чем половины обследованных студентов, для них характерна высокая и средняя мощность спектра (TR). Таких студентов было почти одинаковое количество в 2020 и 2021 гг. (62% и 61% соответственно).

Медиана показателя вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) составляет 0,7, что соответствует небольшому дисбалансу вегетативной регуляции и преобладанию парасимпатических влияний. Оценка соотношения студентов с различными значениями индекса LF/HF показала преобладание парасимпатического типа регуляции ритма сердца у 85% студентов в 2020 г. и у 79% в 2021 г. Симпатикотония отмечается только у небольшого количества студентов (6,4%). Среди них в 2020 г. были только девушки (3 девушки), а в 2021 г. был 1 юноша и 2 девушки. У одной из девушек результат спустя год повторился.

По гистографическим характеристикам рассчитан индекс напряжения Р.М. Баевского (ИН), согласно которому около 70% обследованных как в 2020, так и в 2021 годах имеют нормальное состояние РС. В группу студентов с высокими значениями ИН попали только девушки и все они не занимаются спортом (в 2020 году их было 7,4%, в 2021 году – 6,4% от всей выборки), что говорит о дистрессе и дезадаптации. Это позволяет предположить, что на фоне развитой симпатикотонии, небольшая часть девушек оказалась более подвержена внешним неблагоприятным психофизическим факторам по сравнению с юношами. В 2021 году высокие значения ИН были выявлены только у одного юноши.

Для обобщенной оценки адаптационного статуса по показателям variability сердечного ритма использовали ПАРС. Медианное значение ПАРС для всей выборки в 2020 и 2021 годах соответствуют небольшому функциональному напряжению и не имеют статистически достоверных различий ($P_w > 0,05$). В процентном соотношении нормальное состояние РС и умеренное напряжение характерно для 72% (2020 г.) г. и 68% (2021 г.) обследованных, что допустимо в период адаптации к учебному процессу и не оказывает негативного воздействия на организм (рис.1).

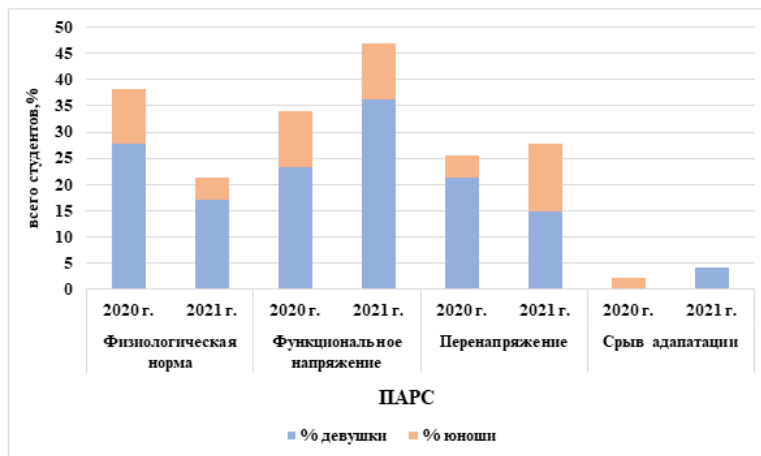


Рисунок 1 - Показатель активности регуляторных систем студентов в 2020 и 2021 годах
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.8.2>

В 2021 году обследование выявило больше студентов в функциональном напряжении, чем в предыдущем году. Количество студентов в неблагоприятном адаптационном состоянии, которое характеризуется перенапряжением и срывом адаптации по годам существенно не изменилось. В целом в этой группе находится 28% обследованных в 2020 году и 32% в 2021 году. В основном их состояние характеризуется перенапряжением регуляторных систем, срывов адаптации немного. Данная категория молодых людей отнесена к группе риска по возможности возникновения функциональных нарушений, связанных с перенапряжением регуляторных систем в процессе адаптации.

По показателю УФС были получены достоверные различия между студентами по годам ($P_w < 0,01$): уровень физического состояния учащихся в 2020 г. был выше (рис. 2). В 2021 году в процентном соотношении стало меньше студентов, как юношей, так и девушек, с высоким и выше среднего уровнем физического состояния и больше со средним уровнем. Количество человек с низкими и ниже среднего показателями существенно не изменилось.

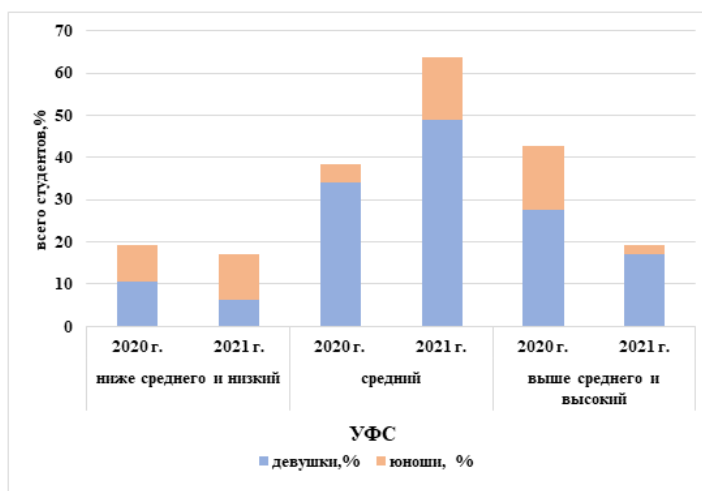


Рисунок 2 - Уровень физического состояния студентов в 2020 и 2021 годах
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.8.3>

Индекс массы тела у студентов в основном в норме. Таких студентов в 2020 году было 81%, а в 2021 стало 85%, за счет уменьшения количества учащихся, имеющих высокий ИМТ (рис.3).

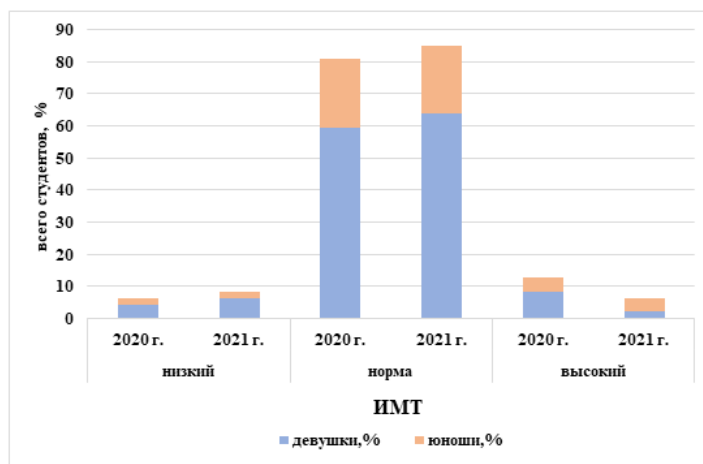


Рисунок 3 - Индекс массы тела студентов в 2020 и 2021 годах
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.8.4>

Сопоставление показателей ПАРС и УФС позволило установить, что в группе риска по возможности нарушения адаптационных процессов (по ПАРС) есть студенты с низким уровнем физического состояния, что дополнительно может снизить резервные возможности их организма. Сочетание группы риска по ПАРС с низким УФС характерно для 11% обследованных в 2020 и 6% в 2021 годах.

Заключение

Таким образом, функциональное состояние обследованных, в целом, является хорошим, а ССС обладает значительными резервами у большей части студентов, принимавших участие в обследовании. Вагусный ритм сердца большинства студентов понижает порог возникновения функциональных нарушений сердца. Это может способствовать успешной адаптации студентов к учебным и физическим нагрузкам.

В процентном соотношении нормальное состояние РС и умеренное напряжение характерно для 72% (2020 г.) и 68% (2021 г.) обследованных. В состоянии перенапряжения и срыва адаптации по ПАРС находилась треть студентов на первом (28%) и на втором (32%) курсах, что говорит о недостаточности их функциональных резервов данной группы.

Согласно полученным результатам, отсутствуют достоверные различия по отдельным показателям ВСП и комплексному ПАРС у студентов в 2021 г. по сравнению с 2020 г. ($P_w > 0,05$). Уровень физического состояния студентов снизился в 2021 году ($P_w < 0,01$).

Юноши характеризуются сбалансированным типом регуляции ритма сердца, симпатикотония и пониженная стрессоустойчивость наиболее характерна для части девушек и может потенциально повлиять на ход адаптации и вызывать эмоциональный стресс.

Данные результаты можно использовать для выявления рисков развития вегетативного дисбаланса и дезадаптивных состояний РС во время учебного процесса учащихся.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. — М.: Наука, 1984. — 220 с.
2. Князева Е.С. Оценка показателей активности регуляторных систем и адаптационного состояния студентов / Е.С. Князева // Научное сообщество студентов XXI столетия: сб. ст. по мат. ХСIV междунар. студ. науч.-практ. конф. — 2020. — 11 (93). — с. 11-16.
3. Бабунц И.В. Азбука анализа variability сердечного ритма / И.В. Бабунц, Э.М. Мираджанян, Ю.А. Машаех. — 2011.
4. Ноздрачев А.Д. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы / А.Д. Ноздрачев, Ю.В. Щербатых // Физиология человека. — 2001. — Т. 27. — 6. — с. 95–101.
5. Кретьова И.Г. Анализ и прогнозирование резервных возможностей организма студентов по параметрам variability сердечного ритма / И.Г. Кретьова, О.А. Ведясова, М.В. Комарова и др. // Гигиена и санитария. — 2017. — 96(6). — с. 556-561. — DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-556-561.

6. Гурова О.А. Вариабельность сердечного ритма, микрокрово́ток в коже и внимание у студентов при адаптации к учебным нагрузкам / О.А. Гурова, Е.А. Тарбаева, Н.В. Карасева // *Здоровье и образование в XXI веке*. — 2013. — Т. 15. — 2. — с. 140-142.

7. Димитриев Д.А. Особенности вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы при относительном покое и стрессе / Д.А. Димитриев, Ю.Д. Карпенко, Н.Ю. Кругликов и др. // *Вариабельность сердечного ритма: теоретические и прикладные аспекты: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. — Чебоксары: Изд-во ЧГПУ, 2014. — с. 49-54

8. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных кардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин и др. // *Вестник аритмологии*. — 2001. — 24. — с. 65.

9. Алиева А.М. Вариабельность сердечного ритма при хронической сердечной недостаточности (литературный обзор) / А.М. Алиева, Е.З. Голухова, Т.В. Пинчук // *Архивь внутренней медицины*. — 2013. — 6(14). — с. 47-52.

10. Туманян А.А. Динамика показателей вариабельности сердечного ритма при умственной нагрузке у испытуемых различных возрастных групп / А.А. Туманян, Н.Э. Тадевосян, А.С. Хачунц и др. // *Вестник СПбГУ*. — 2015. — с. 87-94.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Baevskij P.M. Matematicheskiy analiz izmenenij serdechnogo ritma pri stresse [Mathematical Analysis of Heart Rhythm Changes under Stress] / P.M. Baevskij, O.I. Kirillov, S.Z. Kleckin. — М.: Nauka, 1984. — 220 p. [in Russian]

2. Knjazeva E.S. Ocenka pokazatelej aktivnosti reguljatornyh sistem i adaptacionnogo sostojanija studentov [Assessment of Indicators of Activity of Regulatory Systems and Adaptation State of Students] / E.S. Knjazeva // *Nauchnoe soobshhestvo studentov XXI stoletija [Scientific community of students of XXI century]: collected articles on mat. XCIV International Student Scientific and Practical Conference*. — 2020. — 11 (93). — p. 11-16. [in Russian]

3. Babunc I.V. Azbuka analiza variabel'nosti serdechnogo ritma [Alphabet of Heart Rhythm Variability Analysis] / I.V. Babunc, Je.M. Miradzhnjan, Ju.A. Mashaeh. — 2011. [in Russian]

4. Nozdrachev A.D. Sovremennye sposoby ocenki funkcional'nogo sostojanija avtonomnoj (vegetativnoj) nervnoj sistemy [Modern Methods of Estimation of Functional State of Autonomous (Autonomic) Nervous System] / A.D. Nozdrachev, Ju.V. Shherbatyh // *Fiziologija cheloveka [Human Physiology]*. — 2001. — Vol. 27. — 6. — p. 95–101. [in Russian]

5. Kretova I.G. Analiz i prognozirovanie rezervnyh vozmozhnostej organizma studentov po parametram variabel'nosti serdechnogo ritma [Analysis and Forecasting of Reserve Possibilities of the Body of Students by Parameters of Heart Rhythm Variability] / I.G. Kretova, O.A. Vedjasova, M.V. Komarova et al. // *Gigiena i sanitarija [Hygiene and Sanitation]*. — 2017. — 96(6). — p. 556-561. — DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-556-561. [in Russian]

6. Gurova O.A. Variabel'nost' serdechnogo ritma, mikrokrivotok v kozhe i vnimanie u studentov pri adaptacii k uchebnym nagruzkam [Heart Rate Variability, Skin Microcirculation and Attention Rates in Students Adapting to Educational Exercise] / O.A. Gurova, E.A. Tarbaeva, N.V. Karaseva // *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke [Health and Education in the 21st Century]*. — 2013. — Vol. 15. — 2. — p. 140-142. [in Russian]

7. Dimitriev D.A. Osobennosti vegetativnoj reguljacji serdechno-sosudistoj sistemy pri otnositel'nom pokoe i stresse [Features of Autonomic Regulation of the Cardiovascular System at Relative Rest and Stress] / D.A. Dimitriev, Ju.D. Karpenko, N.Ju. Kругликов et al. // *Variabel'nost' serdechnogo ritma: teoreticheskie i prikladnye aspekty [Heart Rhythm Variability: Theoretical and Applied Aspects]: Proceedings of the All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation*. — Cheboksary: Cheboksary State Pedagogical University Publishing House, 2014. — p. 49-54 [in Russian]

8. Baevskij R.M. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnyh kardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendacii) [Analysis of Heart Rate Variability Using Various Cardiographic Systems (Methodological Recommendations)] / R.M. Baevskij, G.G. Ivanov, L.V. Chirejkin et al. // *Vestnik aritmologii [Bulletin of Arrhythmology]*. — 2001. — 24. — p. 65. [in Russian]

9. Alieva A.M. Variabel'nost' serdechnogo ritma pri hronicheskoj serdechnoj nedostatochnosti (literaturnyj obzor) [Heart Rate Variability in Chronic Heart Failure (Literature Review)] / A.M. Alieva, E.Z. Goluhova, T.V. Pinchuk // *Arhiv' vnutrennej mediciny [Archives of Internal Medicine]*. — 2013. — 6(14). — p. 47-52. [in Russian]

10. Tumanjan A.A. Dinamika pokazatelej variabel'nosti serdechnogo ritma pri umstvennoj nagruzke u ispytuemyh razlichnyh vozrastnyh grupp [Dynamics of Heart Rate Variability Parameters during Mental Exercise in Subjects of Various Age Groups] / A.A. Tumanjan, N.Je. Tadevosjan, A.S. Hachunc et al. // *Vestnik SPbGU [Bulletin of SBPSU]*. — 2015. — p. 87-94. [in Russian]