

УДК 612.1

DOI 10.29039/2413-1725-2025-11-4-205-214

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ РУССКИХ И ТУРКМЕНСКИХ СТУДЕНТОВ

Скорозвон М. С.¹, Чернявских С. Д.¹, Глубишев Е. О.²

¹*ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Россия*

²*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург, Россия*
E-mail: 1126112@bsuedu.ru

Изучены временные показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) до и после физической нагрузки (проба Летунова) у русских и туркменских студентов НИУ «БелГУ» от 18 до 20 лет. В результате проведенных исследований установлено уменьшение ВСР у туркменских студентов, свидетельствующее о сниженной адаптивной способности их вегетативной нервной системы. У русских студентов полученные данные ВСР демонстрируют лучшую физиологическую адаптацию, обусловленную парасимпатической активностью. Полученные результаты исследования показывают различия в вариабельности сердечного ритма между группами студентов из Российской Федерации и Туркменистана. Это подчеркивает важность своевременного мониторинга и оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы для поддержания здоровья и улучшения адаптации как русских, так и иностранных студентов в период их обучения.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, функциональное состояние, вариабельность сердечного ритма, студенты.

ВВЕДЕНИЕ

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) – это неинвазивный метод, позволяющий объективно, с высокой точностью и быстро оценить функциональное состояние как всего организма в целом, так и показатели, характеризующие деятельность системы кровообращения [1, 2]. ВСР представляет собой изменение последовательных интервалов между сокращениями миокарда и определяет баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС) [3, 4]. Ритм сердца обусловлен автоматизмом синусно-предсердного узла проводящей системы сердца, влиянием вегетативной нервной системы и гуморальными механизмами [5–7]. Вегетативная регуляция обеспечивает физиологический механизм адаптации организма к различным изменениям, происходящим во внутренней и внешней среде, поддерживая гомеостаз и работу сердечно-сосудистой системы [5, 8].

Основой метода анализа вариабельности сердечного ритма является регистрация ЭКГ, измерение временных интервалов между R-зубцами с последующей обработкой полученной информации различными статистическими

способами [9, 10]. Высокая вариабельность указывает на преобладающее действие парасимпатического отдела ВНС и, как следствие, хорошую адаптацию и уровень здоровья человека [11–13]. Снижение ВСР связано с деятельностью симпатического отдела и характеризуется кардиометаболическими факторами риска, к которым относятся ожирение и диабет, развитием заболеваний системы кровообращения и стрессом [4, 14].

Во время физической нагрузки синусовый узел, подчиняясь воздействию гуморальных факторов и вегетативной нервной системы, изменяет ритм сердца [7]. У людей, имеющих хорошую физическую подготовку, отмечается снижение симпатического влияния на регуляцию сердечного ритма [15, 16]. Увеличение симпатико-адреналовой активности и недостаточная реактивность парасимпатического звена ВНС указывает на дезадаптацию и утомление [17–19].

Высокий уровень стандартного отклонения NN-интервалов (SDNN) и корня из среднеквадратичного различия последовательных интервалов (RMSSD) соответствует преобладающей активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и хорошей адаптации к нагрузкам [20, 21]. Во время выполнения упражнений происходит усиление воздействия симпатической нервной системы, что приводит к снижению кратковременной вариабельности, отражающей парасимпатическую активность. В то же время регулярные тренировки способствуют увеличению общей вариабельности сердечного ритма и усилению парасимпатической модуляции в состоянии покоя, улучшая адаптационные возможности сердца и всего организма в целом [22, 23].

Целью работы была оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы русских и туркменских студентов до и после физической нагрузки методом анализа временных показателей вариабельности сердечного ритма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами были сформированы четыре группы студентов, обучающихся в НИУ «БелГУ». В состав I и III групп – контрольных – вошли девушки и юноши, соответственно, рожденные и проживающие до поступления в университет на территории Российской Федерации; II и IV группы – опытные, включали в себя девушек и юношей, соответственно, родившихся и проживающих до поступления в университет на территории Туркменистана. В каждую из групп входило не менее 50 человек в возрасте от 18 до 20 лет.

Оценку состояния системы кровообращения обучающихся осуществляли методом анализа временных показателей ВСР. В качестве функциональной нагрузки использовали пробу С. П. Летунова. Измерения проводились до и сразу после нагрузки. Применялось программное обеспечение «Поли-Спектр-Ритм» (ООО «Нейрософт», г. Иваново), при помощи которого во втором стандартном биполярном отведении осуществлялась запись временных показателей кривых электрокардиограммы в течение 5 минут. Во время эксперимента студенты находились в горизонтальном положении, были устранены факторы, приводящие к эмоциональному возбуждению, и физические влияния. Температура в помещении составляла от +18 до +20 °C.

В исследовании были изучены следующие параметры: R-R min и R-R max – временные показатели вариабельности сердечного ритма, которые обозначают минимальную и максимальную длину интервалов R-R в записи ЭКГ; RRNN – медиана всех интервалов между последовательными сокращениями сердца за исследуемый промежуток времени; SDNN – стандартное отклонение интервалов R-R, определяющее общую ВСР; RMSSD – корень из среднеквадратичного различия последовательных интервалов, характеризующий парасимпатическую активность отдела ВНС; pNN50 – процент пар интервалов R-R с разницей более 50 мс, также отражающий парасимпатическую регуляцию; CV – коэффициент вариации интервалов.

При помощи компьютерной программы IBM SPSS Statistics 20 нами обработаны полученные в ходе исследования результаты, которые представлены в виде среднего значения и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$). По параметрическому t-критерию Стьюдента для независимых выборок определена достоверность различий ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, характеризующие временные показатели вариабельности сердечного ритма русских и туркменских студентов, представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Временные параметры ВСР девушек

Показатель, ед. изм.	Группы студентов			
	I		II	
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки
R-R min, мс	586,90 ± 19,92	598,55 ± 23,93	491,00 ± 41,90*	560,78 ± 45,13
R-R max, мс	1012,10 ± 24,44	966,15 ± 21,41	920,80 ± 36,58*	887,67 ± 31,19#
RRNN, мс	801,35 ± 20,19	759,65 ± 24,75	760,80 ± 31,41	726,78 ± 34,02

Примечание: достоверное различие: * – по сравнению с I группой студенток до нагрузки, # – по сравнению с I группой студенток после нагрузки, при условии $p < 0,05$.

Величины R-R min и R-R max у студенток II группы до нагрузки были ниже на 16,34 % ($p < 0,05$) и 9,02 % ($p < 0,05$), соответственно, по сравнению с I группой. R-R max у девушек II группы после нагрузки было ниже на 8,12 % ($p < 0,05$), по сравнению с I группой. У русских студенток параметры, отражающие минимальные и максимальные интервалы R-R, свидетельствуют о достаточно высокой адаптивной способности сердечно-сосудистой системы. У обучающихся из Туркменистана отмечалось уменьшение R-R max после нагрузки, что может указывать на симпатикотонию и более низкую ВСР [24, 25].

R-R max у студентов IV группы до нагрузки было на 10,47 % ($p < 0,05$) ниже, по сравнению с III группой. Данное значение определяет максимальный интервал между последовательными сокращениями сердца, его уменьшение у IV группы

может свидетельствовать о меньшей адаптивной вариабельности сердечного ритма в состоянии покоя [26].

Таблица 2

Временные параметры ВСР юношей

Показатель, ед. изм.	Группы студентов			
	III		IV	
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки
R-R min, мс	575,38 ± 43,80	619,25 ± 23,32	561,50 ± 42,27	521,19 ± 41,74#
R-R max, мс	1072,13 ± 48,81	1000,75 ± 54,73	959,93 ± 23,95*	1011,69 ± 35,05
RRNN, мс	813,44 ± 43,58	773,25 ± 37,13	807,38 ± 24,73	778,38 ± 20,31

Примечание: достоверное различие: * – по сравнению с III группой студентов до нагрузки, # – по сравнению с III группой студентов после нагрузки, при условии $p < 0,05$.

R-R min у юношей IV группы после нагрузки было на 15,84 % ($p < 0,05$) ниже, по сравнению с III группой, что наблюдается при снижении парасимпатической активности вегетативной нервной системы [27].

Величины, характеризующие временные показатели сердечного ритма русских и туркменских студентов, представлены в таблицах 3, 4.

Таблица 3

Временные показатели сердечного ритма девушек

Показатель, ед. изм.	Группы студентов			
	I		II	
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки
SDNN, мс	74,70 ± 5,74	62,65 ± 4,44	54,50 ± 7,49*	46,22 ± 6,52#
RMSSD, мс	62,15 ± 7,04	51,60 ± 5,91	50,30 ± 8,06	33,89 ± 6,3#
pNN50, %	32,05 ± 4,50	21,26 ± 3,97	18,15 ± 5,02*	16,98 ± 5,61
CV, %	8,51 ± 0,64	7,54 ± 0,52	7,62 ± 0,95	7,07 ± 0,79

Примечание: достоверное различие: * – по сравнению с I группой студенток до нагрузки, # – по сравнению с I группой студенток после нагрузки, при условии $p < 0,05$.

Результаты SDNN и pNN50 у студенток II группы до нагрузки были ниже на 27,04 % ($p < 0,05$) и 44,15 % ($p < 0,05$), соответственно, по сравнению с I группой. SDNN и RMSSD у девушек II группы после нагрузки были ниже на 26,23 % ($p < 0,05$) и 34,32 % ($p < 0,05$), соответственно, по сравнению с I группой.

Снижение SDNN, RMSSD и pNN50 у туркменских студенток указывает на пониженную активность парасимпатического отдела ВНС, что отмечается на

способности организма адекватно реагировать на внешние воздействия. Физическая нагрузка усиливает симпатическую активность, уменьшая ВСР [28, 29].

Таблица 4
Временные показатели сердечного ритма юношей

Показатель, ед. изм.	Группы студентов			
	III		IV	
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки
SDNN, мс	66,40 ± 5,88	63,13 ± 6,69	59,75 ± 5,14	63,63 ± 3,35
RMSSD, мс	51,43 ± 6,58	47,71 ± 7,93	35,07 ± 3,60*	47,31 ± 4,99
pNN50, %	26,59 ± 5,26	31,41 ± 6,99	14,10 ± 2,76*	15,05 ± 3,11#
CV, %	8,22 ± 0,50	8,96 ± 1,04	7,40 ± 0,63	8,21 ± 0,42

Примечание: достоверное различие: * – по сравнению с III группой студентов до нагрузки, # – по сравнению с III группой студентов после нагрузки, при условии $p < 0,05$.

RMSSD у студентов IV группы до нагрузки было на 31,81 % ($p < 0,05$) ниже, по сравнению с III группой. Уменьшение параметра может наблюдаться при сниженном тоне парасимпатического влияния на сердце в состоянии покоя [30].

pNN50 у юношей IV группы до и после физической нагрузки было на 46,97 % ($p < 0,05$) и 52,09 % ($p < 0,05$) ниже, соответственно, по сравнению с III группой. Данные различия у студентов свидетельствуют об увеличении регуляции ритма сердца симпатической нервной системой [31].

Барорецепторы рефлекторно регулируют кровяное давление и сердечный ритм, меняя симпато-парасимпатический баланс в зависимости от потребностей организма. Физическая нагрузка приводит к активации симпатического отдела вегетативной нервной системы, уменьшению вариабельности [32, 33].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования была проведена сравнительная оценка временных показателей вариабельности сердечного ритма у русских и туркменских студентов до и после физической нагрузки. Формирование групп по этническому признаку позволило выявить различия в функционировании системы кровообращения. У туркменских студентов II и IV групп отмечалось снижение временных показателей ВСР, таких как R-R min, R-R max, SDNN, RMSSD и pNN50, как до нагрузки, так и после нее. Это указывает на уменьшение вариабельности сердечного ритма, свидетельствующее о сниженной адаптивной способности ВНС. У русских студентов I и III групп значения ВСР были выше, что демонстрирует лучшую физиологическую адаптацию, обусловленную парасимпатической активностью.

Полученные результаты исследования показывают на различия в вариабельности сердечного ритма между группами студентов из Российской Федерации и Туркменистана. Это подчеркивает важность своевременного мониторинга и оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы

для поддержания здоровья и улучшения адаптации молодых людей в период их обучения.

Список литературы

1. Baillard C. Use of time frequency analysis to follow transitory modulation of the cardiac autonomic system in clinical studies / C. Baillard, P. Goncalves, L. Mangin // *Auton Neurosci.* – 2001. – №90 (1-2). – P. 24–28.
2. Спицин А. П. Функциональное состояние студентов медицинского вуза по данным анализа variability сердечного ритма и центральной гемодинамики / А. П. Спицин, Е. В. Колодкина, Т. А. Першина [и др.] // *ЗНиСО.* – 2020. – №1 (322). – С. 24–29.
3. Михалюк Е. Л. Ритм сердца, центральная гемодинамика и физическая работоспособность у спортсменов обоего пола под воздействием многолетних тренировочных нагрузок / Е. Л. Михалюк, Т. С. Соболева // *Лечебная физкультура и спортивная медицина.* – 2015. – №2 (128). – С. 24–27.
4. Платошкина Е. Е. Показатели variability сердечного ритма у юных бадминтонистов / Е. Е. Платошкина, Н. Н. Чершинцева, А. С. Назаренко [и др.] // *РКЖ.* – 2023. – №S5. – С. 53–54.
5. Макаров Л. М. Национальные российские рекомендации по применению методики холтеровского мониторирования в клинической практике / Л. М. Макаров, В. Н. Комолятова, О. О. Куприянова [и др.] // *Российский кардиологический журнал.* – 2014. – №2 (106). – С. 6–71.
6. Pradhapan P. Effect of heart rate correction on pre-and post-exercise heart rate variability to predict risk of mortality-an experimental study on the fincavas cohort / P. Pradhapan, M. P. Tarvainen, T. Nieminen // *Front. physiol.* – 2014. – №5. – P. 208.
7. Псеунок А. А. Сравнительный анализ variability сердечного ритма футболистов 17–18 лет / А. А. Псеунок, Д. А. Пустовет, М. А. Меретукова // *МНИЖ.* – 2023. – №3 (129). – С. 1–4.
8. Псеунок А. А. Особенности variability сердечного ритма у футболистов 14–16 лет / А. А. Псеунок, М. А. Муготлев, М. Н. Силантьев // *ТиПФК.* – 2020. – №1. – С. 31–33.
9. Кулаков В. Ф. Variability сердечного ритма в оценке периоперационного риска сердечно-сосудистых осложнений / В. Ф. Кулаков, Л. Ф. Гончаров, М. В. Грицкевич // *Кубанский научный медицинский вестник.* – 2015. – №5. – С. 144–147.
10. Никулина М. В. Опыт оценки variability сердечного ритма по сглаженным кардиоинтервалограммам / М. В. Никулина, В. А. Антоненко // *Известия вузов. ПНД.* – 2022. – №2. – С. 176–188.
11. Прекина В. И. Variability сердечного ритма у здоровых людей / В. И. Прекина, И. Ю. Чернова, О. Н. Ефремова [и др.] // *РКЖ.* – 2020. – №S2. – С. 12–13.
12. Галеев А. Р. Variability сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6–16 лет / А. Р. Галеев, Л. Н. Игишева, Э. М. Казин // *Физиология человека.* – 2002. – Т. 28, №4. – С. 54–58.
13. Billman G. E. An introduction to heart rate variability: methodological considerations and clinical applications / G. E. Billman, H. V. Huikuri, S. Jerzy [et al.] // *Frontiers in Physiology.* – 2015. – Vol. 6. – P. 43–48.
14. Корепанов А. Л. Variability сердечного ритма при когнитивной нагрузке / А. Л. Корепанов, Ю. В. Бобрик // *Вестник физиотерапии и курортологии.* – 2021. – №2. – С. 80.
15. Кадочникова Н. И. Variability сердечного ритма акробатов группы спортивного совершенствования / Н. И. Кадочникова, П. Д. Шпилевой // *Современные образовательные практики в студенческих исследованиях.* – 2023. – №1. – С. 264–268.
16. Agelink M. W. Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from healthy humans, and effects of age, gender, and heart rate / M. W. Agelink, R. Malessa, B. Baumann // *Clin Auton Res.* – 2001. – №11 (2). – P. 99–108.
17. Ермолаев А. А. Динамика клинических проявлений и ЭКГ изменений тромбоэмболии легочной артерии у больных без артериальной гипотензии в острейшем периоде / А. А. Ермолаев, Н. Ф. Плавунов, Е. А. Спиридонова [и др.] // *Общая реаниматология.* – 2011. – Т. VII, №4. – С. 28–33.
18. Аббаров Р. Показатели variability сердечного ритма у подростков, родившихся недоношенными / Р. Аббаров, Л. Панова // *Врач.* – 2018. – №8. – С. 15–17.

19. Аль-шаммари М. Я. И. Особенности функционального статуса студентов-первокурсников с разным типом вегетативной регуляции сердечного ритма / М. Я. И. Аль-шаммари, Т. А. Погребняк, С. Д. Чернявских // Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. – 2019. – №1. – С. 14–21.
20. Беляева В. А. Анализ variability сердечного ритма у студентов и школьников при ортостатическом тестировании / В. А. Беляева // ВНМТ. – 2023. – №1. – С. 80–84.
21. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Баевский Р. М. // Вестник аритмологии. – 2001. – №24. – С. 69–85.
22. Царев Н. Н. Динамика показателей вегетативной регуляции выпускников медицинского института за 2006–2016 годы / Н. Н. Царев // ВНМТ. – 2017. – №1. – С. 168–172.
23. Чаулин А. М. Факторы окружающей среды и сердечно-сосудистые заболевания / А. М. Чаулин, Д. В. Дупляков // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, №3. – С. 223–228.
24. Бондаренко В. Ф. Зависимость variability сердечного ритма от частоты сердечных сокращений в юношеском возрасте / В. Ф. Бондаренко, А. К. Исмаилова, Ю. А. Курбаналиева [и др.] // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2018. – №3. – С. 94–102.
25. Веневцева Ю. Л. Индивидуальная динамика variability сердечного ритма у здоровых лиц / Ю. Л. Веневцева, С. А. Нестерова, А. Х. Мельников // Российский кардиологический журнал. – 2023. – №S6. – С. 12.
26. Щербакова А. Э. Показатели функционального состояния центральной нервной системы и вегетативной регуляции сердечного ритма студентов с разным уровнем личностного адаптационного потенциала / А. Э. Щербакова, М. А. Попова, Е. В. Хабибуллин [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – №2. – С. 1–9.
27. Путилин Л. В. Гендерные особенности электрокардиограммы студентов 4 курса медицинского института: есть ли связь с состоянием вегетативной нервной системы? / Л. В. Путилин, П. Ю. Прохоров // Российский кардиологический журнал. – 2021. – №S5. – С. 12–13.
28. Кретова И. Г. Анализ и прогнозирование резервных возможностей организма студентов по параметрам variability сердечного ритма / И. Г. Кретова, О. А. Ведясова, М. В. Комарова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – №6. – С. 556–561.
29. Анфилов И. Ю. Variability сердечного ритма студентов вуза разной физической подготовленности / И. Ю. Анфилов, Н. С. Туманова // Человек. Спорт. Медицина. – 2023. – №1. – С. 37–43.
30. Касымбекова К. Б. Исследование variability кардиосигналов / К. Б. Касымбекова, А. С. Кыздарбекова, Д. М. Дутбайева // Проблемы Науки. – 2017. – №6 (88). – С. 73–76.
31. Красильникова В. А. Морфофункциональные показатели первокурсников тувинского государственного университета из городской и сельской местности / В. А. Красильникова, Р. И. Айзман // Вестник НГПУ. – 2017. – №5. – С. 178–192.
32. Иванов С. А. Количественная оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы / С. А. Иванов, Е. В. Невзорова, А. В. Гулин // Вестник российских университетов. Математика. – 2017. – №6-2. – С. 1535–1540.
33. Кононец И. Е. Variability ритма сердца и вегетативная регуляция у учащихся колледжа различных специализаций / И. Е. Кононец, А. А. Калыкеева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – №12-1. – С. 42–46.

ANALYSIS OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF RUSSIAN AND TURKMEN STUDENTS

Skorozvon M. S.¹, Chernyavskikh S. D.¹, Glubshev E. O.²

¹*Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia*

²*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia*

E-mail: 1126112@bsuedu.ru

The state of the cardiovascular system of the students was assessed by analyzing the temporal indices of heart rate variability (HRV). The S.P. Letunov test was used as a functional load. Measurements were taken before and immediately after the load. The Poli-Spectr-Rhythm software (Neurosoft LLC, Ivanovo) was used to record the temporal indices of the electrocardiogram curves in the second standard bipolar lead for 5 minutes. During the experiment, the students were in a horizontal position, factors leading to emotional arousal and physical influences were eliminated. The room temperature ranged from +18 to +20 °C. The following parameters were examined in the study: R-R min and R-R max are temporal indices of heart rate variability, which denote the minimum and maximum length of the R-R intervals in the ECG recording; RRNN is the median of all intervals between successive heart contractions over the studied time period; SDNN is the standard deviation of R-R intervals, which determines the overall HRV; RMSSD is the root of the root-mean-square difference of consecutive intervals, characterizing the parasympathetic activity of the ANS; pNN50 is the percentage of R-R interval pairs with a difference of more than 50 ms, also reflecting parasympathetic regulation; CV is the interval variation coefficient. We formed four groups of students studying at Belgorod State University. Groups I and III (control groups) included girls and boys, respectively, born and living in the Russian Federation before entering the university; Groups II and IV (experimental groups) included girls and boys, respectively, born and living in Turkmenistan before entering the university. Each group included at least 50 people aged 18 to 20 years. Formation of groups based on ethnicity made it possible to identify differences in the functioning of the circulatory system. Turkmen students in Groups II and IV demonstrated decreased temporal HRV parameters, such as R-R min, R-R max, SDNN, RMSSD, and pNN50, both before and after exercise, compared to students in Groups I and III. This indicates a decrease in heart rate variability, suggesting a reduced adaptive capacity of the autonomic nervous system (ANS). Russian students in Groups I and III had higher HRV values compared to students in Groups II and IV, demonstrating better physiological adaptation due to parasympathetic activity. The results of the study demonstrate differences in heart rate variability between the groups of students from the Russian Federation and Turkmenistan. This underscores the importance of timely monitoring and assessing the functional state of the cardiovascular system to maintain health and improve adaptation in young people during their studies.

Keywords: cardiovascular system, functional state, heart rate variability, students.

References

1. Baillard C., Goncalves P., Mangin L. Use of time-frequency analysis to follow transitory modulation of the cardiac autonomic system in clinical studies. *Auton Neurosci*, **90** (1-2), 24 (2001).
2. Spitsin A. P., Kolodkina E. V., Pershina T. A., Byakov I. S. Functional state of medical students according to the analysis of heart rate variability and central hemodynamics. *ZNISO*, **1** (322), 24 (2020).
3. Mikhalyuk E. L., Soboleva T. S. Heart rhythm, central hemodynamics and physical performance in athletes of both sexes under the influence of long-term training loads. *Therapeutic physical education and sports medicine*, **2** (128), 24 (2015).
4. Platoshkina E. E., Chershintseva N. N., Nazarenko A. S., Zverev A. A. Heart rate variability indicators in young badminton players. *RKZh*, **S5**, 53 (2023).
5. Makarov L. M., Komolyatova V. N., Kupriyanova O. O., Pervova E. V., Ryabykina G. V., Sobolev A. V. National Russian recommendations for the use of Holter monitoring in clinical practice. *Russian Journal of Cardiology*, **2** (106), 6 (2014).
6. Pradhapan P., Tarvainen M. P., Nieminen T. Effect of heart rate correction on pre- and post-exercise heart rate variability to predict risk of mortality – an experimental study on the fincavas cohort. *Front. Physiol.*, **5**, 208 (2014).
7. Pseunok A. A., Pustovet D. A., Meretukova M. A Comparative analysis of heart rate variability in 17–18 year old football players. *MNIZH*, **3** (129), 1 (2023).
8. Pseunok A. A., Mugotlev M. A., Silantyev M. N. Features of heart rate variability in 14–16 year old football players. *TiPFK*, **1**, 31 (2020).
9. Kulakov V. F., Goncharov L. F., Gritskevich M. V. Heart rate variability in assessing the perioperative risk of cardiovascular complications. *Kuban Scientific Medical Bulletin*, **5**, 144 (2015).
10. Nikulina M. V., Antonets V. A. Experience in assessing heart rate variability using smoothed cardiointervalograms. *News of universities. PND*, **2**, 176 (2022).
11. Prekina V. I., Chernova I. Yu., Efremova O. N., Esina M. V. Heart rate variability in healthy people. *RKJ*, **S2**, 12 (2020).
12. Galeev A. R., Igisheva L. N., Kazin E. M. Heart rate variability in healthy children aged 6–16 years. *Human Physiology*, **4**, 54 (2002).
13. Billman G. E., Huikuri H. V., Jerzy S., Trimmel K. An introduction to heart rate variability: methodological considerations and clinical applications. *Frontiers in Physiology*, **6**, 43 (2015).
14. Korepanov A. L., Bobrik Yu. V. Heart rate variability during cognitive load. *Bulletin of Physiotherapy and Balneology*, **2**, 80 (2021).
15. Kadochnikova N. I., Shpilevoy P. D. Heart rate variability of acrobats in the sports improvement group. *Modern educational practices in student research*, **1**, 264 (2023).
16. Agelink M. W., Malessa R., Baumann B. Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from healthy humans, and effects of age, gender, and heart rate. *Clin Auton Res*, **11** (2), 99 (2001).
17. Ermolaev A. A., Plavunov N. F., Spiridonova E. A., Stazhadze L. L. Dynamics of clinical manifestations and ECG changes in pulmonary embolism in patients without arterial hypotension in the acute period. *General Reanimatology*, **4**, 28 (2011).
18. Abrarov R., Panova L. Heart rate variability indicators in adolescents born premature. *Doctor*, **8**, 15 (2018).
19. Al-shammari M. Ya. I., Pogrebnyak T. A., Chernyavskikh S. D. Features of the functional status of first-year students with different types of autonomic regulation of heart rate. *Scientific Notes of the KGAVM im. N.E. Bauman*, **1**, 14 (2019).
20. Belyaeva V. A. Analysis of heart rate variability in students and schoolchildren during orthostatic testing. *VNMT*, **1**, 80 (2023).
21. Baevisky R. M. Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems. *Bulletin of Arrhythmology*, **24**, 69 (2001).
22. Tsarev N. N. Dynamics of autonomic regulation indicators of medical institute graduates for 2006–2016. *VNMT*, **1**, 168 (2017).
23. Chaulin A. M., Duplyakov D. V. Environmental factors and cardiovascular diseases. *Hygiene and Sanitation*, **3**, 223 (2021).

24. Bondarenko V. F., Ismailova A. K., Kurbanalieva Yu. A., Teterina I. A. Dependence of heart rate variability on heart rate in adolescence. *Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, **3**, 94 (2018).
25. Venevtseva Yu. L., Nesterova S. A., Melnikov A. Kh. Individual dynamics of heart rate variability in healthy individuals. *Russian Journal of Cardiology*, **S6**, 12 (2023).
26. Shcherbakova A. E., Popova M. A., Khabibullin E. V., Lakomkina A. S., Chistova V. V. Indicators of the functional state of the central nervous system and autonomic regulation of the heart rate of students with different levels of personal adaptive potential. *Modern issues of biomedicine*, **2**, 1 (2024).
27. Putilin L. V., Prokhorov P. Yu. Gender features of the electrocardiogram of 4th-year medical students: is there a connection with the state of the autonomic nervous system? *Russian journal of cardiology*, **S5**, 12 (2021).
28. Kretova I. G., Vedyasova O. A., Komarova M. V., Shiryaeva O. I. Analysis and forecasting of reserve capacities of students' body based on heart rate variability parameters. *Hygiene and Sanitation*, **6**, 556 (2017).
29. Anfilatov I. Yu., Tumanova N. S. Heart rate variability of university students with different levels of physical fitness. *Man. Sport. Medicine*, **1**, 37 (2023).
30. Kasymbekova K. B., Kyzdarbekova A. S., Dutbayeva D. M. Study of cardiac signal variability. *Problemy Nauki*, **6 (88)**, 73 (2017).
31. Krasilnikova V. A., Aizman R. I. Morphofunctional indicators of first-year students of Tuvan State University from urban and rural areas. *Bulletin of NSPU*, **5**, 178 (2017).
32. Ivanov S. A., Nevzorova E. V., Gulin A. V. Quantitative assessment of the functional capabilities of the cardiovascular system. *Bulletin of Russian Universities. Mathematics*, **6-2**, 1535 (2017).
33. Kononets I. E., Kalykeeva A. A. Heart rate variability and autonomic regulation in college students of various specializations. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, **12-1**, 42 (2018).