

DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-336-350

УДК 612.176.4

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ УМСТВЕННОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ У СТУДЕНТОВ

*Т.М. Николаева, Е.К. Голубева,
Д.А. Скорлупкин, Л.Л. Ярченкова*

Влияние физической и когнитивной нагрузки вызывает напряжение регуляторных систем организма, что приводит к изменению variability сердечного ритма. Целью работы является сравнительное исследование особенностей variability сердечного ритма при умственной и физической нагрузке у студентов.

Определение временных и спектральных показателей variability сердечного ритма проводили с использованием АПК «Поли-Спектр» компании «Нейрософт» (г. Иваново). Для моделирования состояния умственного напряжения применялась корректурная проба Бурдона-Анфимова. При исследовании влияния физической нагрузки на показатели сердечного ритма испытуемому предлагалось осуществлять подъемы на ступеньку высотой 25 см в течение 5 минут. Использовали две нагрузки. Мощность первой из них составляла 300 кг·м/мин, мощность второй – 600 кг·м/мин.

Влияние когнитивной и физической нагрузки приводит к активации симпатического звена вегетативной нервной системы. Наибольшее отклонение показателей сердечного ритма оказывает физическая нагрузка мощностью 600 кг·м/мин. Степень изменения параметров variability сердечного ритма при нагрузке 300 кг·м/мин практически не отличается от результатов влияния когнитивной нагрузки, свидетельствуя об одинаковой выраженности вегетативной реакции.

Ключевые слова: *variability сердечного ритма; умственная нагрузка; физическая нагрузка; адаптация*

Для цитирования. *Николаева Т.М., Голубева Е.К., Скорлупкин Д.А., Ярченкова Л.Л. Variability сердечного ритма при умственной и физической нагрузке у студентов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 1. С. 336-350. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-336-350*

HEART RATE VARIABILITY DURING MENTAL AND PHYSICAL LOAD IN STUDENTS

*T.M. Nikolaeva, E.K. Golubeva,
D.A. Skorlupkin, L.L. Yarchenkova*

The influence of physical and cognitive activity causes tension in the regulatory systems of the body, which leads to a change in heart rate variability. The aim of the work is a comparative investigation of the characteristics of heart rate variability during mental and physical activity in students. Determination of temporal and spectral indicators of heart rate variability was carried out using the APK "Poly-Spectrum" company "Neurosoft" (Ivanovo). To simulate the state of mental tension, the Bourdon-Anfimov correction test was used. When studying the effect of physical activity on heart rate indicators, the subject was asked to climb a step 25 cm high for 5 minutes. Two loads were used. The power of the first of them was 300 kg · m / min, the power of the second – 600 kg · m / min. The influence of cognitive and physical activity leads to the activation of the sympathetic link of the autonomic nervous system. The greatest deviation of heart rate indicators is exerted by a physical load with a capacity of 600 kg·m / min. The degree of change in the parameters of heart rate variability at a load of 300kg m / min practically does not differ from the results of the influence of cognitive load, indicating the same severity of the autonomic response.

Keywords: heart rate variability; cognitive activity; physical activity; adaptation

For citation. Nikolaeva T.M., Golubeva E.K., Skorlupkin D.A., Yarchenkova L.L. Heart Rate Variability During Mental and Physical Load in Students. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 336-350. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-1-336-350

Введение

В развитии реакций приспособления организма, как к умственной, так и двигательной активности, большую роль играет сердечно-сосудистая система. Благодаря активации нейроэндокринных процессов и механизмов саморегуляции системы кровообращения происходят адаптивные изменения гемодинамических показателей. Поэтому систему кровообращения считают универсальным индикатором адапционных процессов в организме [1, 13, 19]. Наиболее информативным и простым методом оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека в норме и патологии является анализ variability сердечного ритма

(BCP) [7, 10, 16]. Исследуя показатели BCP, получают важную информацию о соотношении активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, определяют степень напряжения регулирующих систем организма [8, 9, 17]. Известно, что и физическая, и когнитивная нагрузка вызывает напряжение регуляторных систем организма, что приводит к изменению variability сердечного ритма [14, 15]. Изучение влияния физической нагрузки на variability сердечного ритма часто применяется в спортивной медицине для диагностики функционального состояния профессиональных спортсменов и управления тренировочным процессом [4, 18]. Данные исследований влияния умственной нагрузки на изменение ритма сердца противоречивы: когнитивная деятельность может приводить как к снижению, так и повышению BCP, что, вероятно, может быть обусловлено степенью напряжения и особенностями реактивности вегетативной нервной системы [2]. Поэтому актуальным является изучение изменений параметров variability сердечного ритма не только при физической, но и при когнитивной деятельности человека.

Цель исследования

Провести сравнительное исследование variability сердечного ритма при умственной и физической нагрузке у студентов.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 10 мужчин-добровольцев с нормальным физическим развитием, не имеющих специальной физической подготовки, без соматических патологий. Средний возраст испытуемых составил $20,60 \pm 0,2$ г, масса тела – $73,48 \pm 2,25$ кг, рост – $178,55 \pm 1,42$ см. Выбор испытуемых из числа возможных был выполнен рандомизированно.

Для анализа параметров variability ритма сердца использовали АПК «Поли-Спектр» компании «Нейрософт» (г.Иваново). Запись ЭКГ осуществляли в течение 5-ти минут в положении сидя до и после выполнения нагрузочных функциональных проб в соответствии с рекомендациями группы Российских экспертов [11]. Определяли статистические и спектральные показатели BCP: частоту сердечных сокращений (HR, уд/мин), минимальный интервал R-R (R-R min, мс), максимальный интервал R-R (R-R max, мс), среднюю длительность интервалов R-R (RRNN, мс), стандартное отклонение SD величин нормальных интервалов R-R (SDNN, мс), квадратный корень из суммы квадратов разности величин последова-

тельных пар интервалов NN (RMSSD, мс), количество пар соседних интервалов, различающихся более, чем на 50 мс, полученное за весь период записи (pNN50, %), коэффициент вариации (CV, %), общую мощность спектра (TP, мс²), коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF), нормированную мощность низких частот (LFnorm, у.е.), нормированную мощность высоких частот (HFnorm, у.е.), процент низкочастотных колебаний в диапазоне частот 0,04 - 0,40 Гц в структуре общей мощности спектра нейрогуморальной регуляции (%LF, %), процент высокочастотных колебаний в диапазоне частот 0,15 - 0,40 Гц в структуре общей мощности спектра нейрогуморальной регуляции (%HF, %).

Для моделирования состояния умственного напряжения применялась корректурная проба Бурдона-Анфимова. При воспроизведении физической нагрузки испытуемому предлагалось осуществлять подъемы на ступеньку высотой 25 см в течение 5 минут. Испытуемый поднимался с одной стороны ступеньки, а спускался с другой. Потом, стоя на полу, поворачивался на 180° и опять совершал подъем. Количество восхождений на ступеньку в 1 минуту устанавливалась в зависимости от веса тела и необходимой мощности нагрузки. Использовали две нагрузки. Мощность первой из них составляла 300 кг·м/мин, мощность второй – 600 кг·м/мин.

Статистическая обработка проводилась с использованием электронных таблиц Excel и программы Statistica. Рассчитывали среднее арифметическое (M), ошибку среднего (m), стандартное отклонение (σ). Степень достоверности различий определялась по t-критерию Стьюдента, непараметрическим критериям Колмогорова-Смирнова и Манна-Уитни. Для определения нормальности распределения использовался критерий Шапиро-Уилка. Различия считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные результаты показали, что когнитивная нагрузка приводит к незначительному повышению ЧСС $81,2 \pm 1,7$ уд/мин по сравнению с контролем $76,0 \pm 2,1$ уд/мин. При анализе показателей ВСР до и после выполнения корректурного теста выявлено изменение статистических и спектральных параметров ритма сердца (табл.1). Умственная деятельность приводит к снижению вариабельности ритмограммы (pNN50) и понижению общей мощности спектра (TP), что можно связать с уменьшением высокочастотного компонента (%HF) и усилением регуляторных механизмов со стороны симпатического звена ВНС [5, 11]. Понижение SDNN отражает подавление активности автономного контура регуляции и усиление симпа-

тических влияний. Когнитивная нагрузка приводит к повышению низкочастотных компонентов (LFnorm, %LF) ритма сердца и вагосимпатического баланса (LF/HF), что может свидетельствовать о смещении симпато-парасимпатического равновесия в сторону активации симпатического отдела в условиях психоэмоционального напряжения [6, 12].

Таблица 1.

Изменение показателей variability сердечного ритма при умственной нагрузке (M±m)

Показатели	Контроль	Умственная нагрузка
SDNN, мс	66,60±4,60	54,70±3,31 * (p=0,05)
pNN50, %	26,94±3,88	16,43±2,09 * (p=0,03)
TP, мс ²	7469,60±420,08	5493,00±196,51 * (p=0,001)
LFnorm, n.u.	50,55±6,63	88,11±8,47 * (p=0,003)
HFnorm, n.u.	37,345,73	33,25±4,64
LF/HF	1,81±0,39	2,93±0,32 * (p=0,04)
%LF	36,13±3,36	37,22±3,28 * (p=0,05)
%HF	45,60±3,02	22,42±4,90 * (p=0,02)

Примечание: (здесь и далее) * – статистически значимые различия с контролем ($p \leq 0,05$).

Физическая нагрузка сопровождается достоверным увеличением частоты сердечных сокращений у испытуемых. Так, после физической нагрузки мощностью 300кг·м/мин значение HR повышается до 88,9±3,6уд/мин при 75,2±2,5уд/мин в контроле ($p=0,01$). После нагрузки мощностью 600кг·м/мин показатель ЧСС составляет 88,6±2,9уд/мин по сравнению с исходным значением 77,9±3,1уд/мин ($p=0,02$). Увеличение частоты сердечных сокращений связано с усилением симпатических влияний и ростом напряжения системы вегетативной регуляции сердечного ритма [3, 4].

При физической нагрузке мощностью 300кг·м/мин происходит достоверное снижение минимального интервала R-R до 482,90±26,65мс по сравнению с 556,20±21,54мс в контроле ($p=0,03$), а также максимального интервала R-R до 929,90±38,69мс по сравнению с контролем, составляющим 1074,50±55,44мс ($p=0,05$). После мышечной нагрузки мощностью 300кг·м/мин отмечается достоверное понижение SDNN по сравнению с контрольным значением (табл.2), что свидетельствует об усилении симпатической регуляции и подавлении активности автономного контура [7].

Таблица 2.

Изменение показателей вариабельности сердечного ритма при физической нагрузке мощностью 300кг·м/мин (M±m)

Показатели	Контроль	Физическая нагрузка
RRNN, мс	721,80±29,55	685,20±29,59
SDNN, мс	59,20±4,37	45,10±3,27 * (p=0,02)
RMSSD, мс	47,90±5,46	44,00±5,68
pNN50, %	19,40±1,78	12,61±1,45 * (p=0,01)
CV, %	8,22±0,59	6,59±0,58
TP, мс ²	4923,70±734,20	3076,50±491,85 * (p=0,05)
LFnorm, у.е.	58,38±3,45	70,13±3,33 * (p=0,01)
HFnorm, у.е.	52,49±5,39	33,87±3,82 * (p=0,01)
LF/HF	1,28±0,20	2,57±0,56 * (p=0,05)
%LF, %	41,23±4,11	48,39±6,28
%HF, %	28,61±4,22	21,01±3,58

Показатель pNN50 отражает парасимпатическую активность ВНС и имеет тенденцию к уменьшению после степ-нагрузки. Общая мощность спектра (TP) достоверно снижается, что отражает преобладание симпатического влияния над парасимпатической регуляцией. Показатель нормированной мощности низких частот (LFnorm, у.е.) после воздействия возрастает, а нормированная мощность высоких частот HFnorm при этом снижается. Уменьшение %HF и повышение %LF оказывается незначительным и не демонстрирует статистически достоверных различий по сравнению с контролем. Увеличение показателя вегетативного баланса (LF/HF) в результате физической нагрузки мощностью 300кг·м/мин может свидетельствовать о снижении активности парасимпатического отдела и росте напряженности вегетативной регуляции сердечного ритма [15].

Изменение статистических и спектральных показателей вариабельности сердечного ритма при увеличении интенсивности физической нагрузки до 600кг·м/мин обнаруживает сходные тенденции, что и при физической нагрузке мощностью 300кг·м/мин. Нагрузка 600кг·м/мин приводит к уменьшению основных временных показателей сердечного ритма: RRNN, SDNN, RMSSD, pNN50, CV% (табл. 3).

Величина минимального и максимального интервалов R-R после этой нагрузочной пробы достоверно снижается. RR min в состоянии относительного покоя составляет 613,20±29,94мс, а после физической

нагрузки сокращается до $512,90 \pm 26,76$ мс ($p=0,02$). RR max уменьшается до $890,40 \pm 58,21$ мс по сравнению с $1107,20 \pm 83,67$ мс в контроле ($p=0,05$).

Такие показатели ВСП, как TP, HFnorm, HF% уменьшаются, что свидетельствует о понижении парасимпатической активности [5, 15]. LFnorm и LF% определяют активность симпатического кардиального центра и достоверно повышаются при мощности нагрузки до $600 \text{ кг} \cdot \text{м/мин}$. Коэффициент вагосимпатического баланса (LF/HF) также возрастает, отражая увеличение симпатического влияния.

Таблица 3.

Изменение показателей вариабельности сердечного ритма при физической нагрузке мощностью $600 \text{ кг} \cdot \text{м/мин}$ ($M \pm m$)

Показатели	Контроль	Физическая нагрузка
RRNN, мс	$745,00 \pm 25,45$	$675,80 \pm 20,32$ * ($p=0,05$)
SDNN, мс	$68,10 \pm 4,86$	$48,10 \pm 5,07$ * ($p=0,01$)
RMSSD, мс	$58,70 \pm 7,36$	$31,80 \pm 6,05$ * ($p=0,01$)
pNN50, %	$18,30 \pm 1,90$	$10,07 \pm 1,09$ * ($p=0,002$)
CV, %	$8,78 \pm 0,78$	$6,01 \pm 0,53$ * ($p=0,01$)
TP, мс ²	$7326,50 \pm 451,78$	$4838,20 \pm 595,80$ * ($p=0,004$)
LFnorm, y.e	$35,72 \pm 3,91$	$73,04 \pm 3,88$ * ($p=0,00002$)
HFnorm, y.e.	$64,26 \pm 3,92$	$20,56 \pm 1,65$ * ($p=0,0002$)
LF/HF	$0,61 \pm 0,11$	$3,82 \pm 0,43$ * ($p=0,0002$)
%LF, %	$42,49 \pm 3,51$	$62,90 \pm 8,85$ * ($p=0,05$)
%HF, %	$41,73 \pm 5,78$	$25,14 \pm 4,76$ * ($p=0,04$)

Сравнительный анализ влияния нагрузочных проб на сердечный ритм позволил выявить тенденцию к увеличению степени отклонения таких показателей, как R-R min, R-R max, TP, HFnorm, LF/HF, при возрастании интенсивности нагрузки (табл.4).

Следует отметить, что выраженность изменения ВСП при когнитивной и физической нагрузке мощностью $300 \text{ кг} \cdot \text{м/мин}$ не имеет достоверных различий по большинству параметров, на основании чего можно судить о сопоставимом уровне напряжения регуляторных механизмов при этих воздействиях. Однако мышечная нагрузка приводит к более выраженному тахикардильному ответу вегетативной нервной системы, чем умственная, что проявляется большим увеличением частоты сердечных сокращений ($p=0,002$).

Таблица 4.

Выраженность отклонения показателей variability сердечного ритма при умственной и физической нагрузке (M±m)

Показатели	Умственная нагрузка	Физическая нагрузка 300кг·м/мин	Физическая нагрузка 600кг·м/мин
Δ HR, уд/мин	5,2±1,6	15,6±2,3 «(p=0,002)	11,5±3,4
ΔR-R, min	86,60±31,81	100,50±32,95	109,50±29,59
ΔR-R, max	89,30±26,65	168,40±54,01	216,80±46,13 #(p=0,03)
ΔSDNN, мс	18,30±4,29	14,10±1,85	23,00±4,41
ΔRMSSD, мс	18,80±7,69	10,10±3,78	31,90±7,76 *(p=0,03)
ΔpNN50, %	10,93±3,27	7,41±1,21	8,27±1,43
ΔCV%	2,18±0,48	1,63±0,38	2,77±0,83
ΔTP, мс ²	1976,60±456,60	2586,80±482,44	3260,10±591,62
ΔLFnorm, y.e.	37,56±11,82	16,45±3,06	37,32±6,44 *(p=0,01)
ΔHFnorm, y.e.	14,77±4,02	20,44±4,25	43,70±4,15 #(p=0,01), *(p=0,01)
ΔRRNN, мс	58,00±25,69	39,20±19,72	71,40±13,91
ΔLF/HF	1,34±0,41	1,43±0,45	3,21±0,47 #(p=0,01), *(p=0,01)
Δ%VLF	8,18±2,26	12,50±3,32	13,28±3,70
Δ%LF	16,67±3,07	13,40±3,48	26,75±6,49
Δ%HF	19,48±3,33	12,90±3,06	12,59±6,18

Примечание: « – статистически значимые различия отклонения показателей ВСП от контрольных значений после физической нагрузки мощностью 300кг·м/мин и после корректурной пробы (p≤0,05); # – статистически значимые различия отклонения показателей ВСП от контрольных значений после физической нагрузки мощностью 600кг·м/мин и после умственной нагрузки (p≤0,05); * – статистически значимые различия отклонения показателей ВСП от контрольных значений после физической нагрузки мощностью 600кг·м/мин и 300кг·м/мин (p ≤0,05).

Наибольшее влияние на показатели ВСП оказывает физическая нагрузка мощностью 600кг·м/мин. Так, отклонение максимального кардиоинтервала (R-R max) в этом случае в 2,4 раза превышает изменение аналогичного показателя после когнитивной нагрузки (p=0,03). Уменьшение RMSSD, отражающего физиологическое восстановление организма после воздействия, также оказывается более выраженным после нагрузки мощностью 600кг·м/мин, чем под влиянием физической нагрузки меньшей мощности (p=0,03), что свидетельствует о большем напряжении регуляторных физиологических механизмов. Нормированная мощность низких частот (LFnorm,

у.е.) при мышечной нагрузке 600кг·м/мин увеличивается в большей степени, чем после нагрузки 300кг·м/мин ($p=0,01$), при отсутствии достоверных различий с изменением этого показателя в результате умственной деятельности. Уменьшение показателя нормированной мощности высоких частот (HFnorm, у.е.) также более выражено при высокой мощности физической нагрузки по сравнению с остальными воздействиями ($p=0,01$). Увеличение мощности физической нагрузки до 600кг·м/мин вызывает более выраженный гиперадаптивный ответ, чем нагрузка мощностью 300кг·м/мин и корректурный тест, что подтверждается наибольшим увеличением коэффициента вагосимпатического баланса (LF/HF), связанным с повышением влияния симпатического отдела на сердечный ритм [3, 6].

Заключение

Умственная и физическая нагрузка способствует возникновению аналогичных изменений вариабельности сердечного ритма у студентов, отражающих увеличение активности симпатического отдела ВНС в связи с формированием адаптивно-приспособительного ответа, адекватного для нетренированного организма. Напряжение регуляторных механизмов наиболее выражено при физической нагрузке мощностью 600кг·м/мин. Степень изменения показателей ВСП при нагрузке 300кг·м/мин практически не отличается от результатов влияния умственной нагрузки, что свидетельствует об одинаковой выраженности вегетативной реакции.

Список литературы

1. Анализ и прогнозирование резервных возможностей организма студентов по параметрам вариабельности сердечного ритма / Кретова И.Г., Ведясова О.А., Комарова М.В., Ширяева О.И. // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, № 6. С. 556–561. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-556-561>
2. Бодров И.Г., Шишелова А.Ю., Алиев Р.Р. Типология вегетативной адаптации к когнитивной нагрузке по динамике вариабельности сердечного ритма // Экспериментальная психология. 2018. Т. 11, № 3. С. 78–93. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2018110306>
3. Бочарин И.В., Мартусевич А.К., Гурьянов М.С. Мониторинг состояния гемодинамики студентов медицинского вуза в условиях тестирования физической нагрузки минимальной мощности // Медицинский альманах. 2021. № 3(68). С. 32–36.
4. Быков Е.В., Зинурова Н.Г., Чипышев А.В. Вариабельность сердечного ритма и направленность физических нагрузок // Ритм сердца и тип вегетатив-

- ной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов. Материалы VI всероссийского симпозиума. Ижевск. 2016. С. 92–96.
5. Вариабельность сердечного ритма у студентов с разной двигательной активностью / Литвин Ф.Г., Цыгановский А.М., Сбитный С.Н., Забелина Л.Н., Каленникова Н.Г., Станишевская Т.И. // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2015. №7. С. 123-129. <http://lesgafit-notes.spb.ru/gu/node/7782>
 6. Динамика параметров альфа-активности ЭЭГ и вариабельности сердечного ритма при интеллектуальной деятельности / Джебрайлова Т.Д., Коробейникова И.И., Каратыгин Н.А., Дудник Е.Н. // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 6. С. 36. <https://doi.org/10.7868/S0131164615040074>
 7. Дьячкова Т.В., Берсенева И.А. Изменение показателей вариабельности сердечного ритма студентов в процессе учебной деятельности // Успехи современной науки. 2016. Т. 2. № 3. С. 50–53.
 8. Емельянова А.С., Симонян Л.А., Степура Е.Е. Анализ вариабельности сердечного ритма студентов с разным уровнем двигательной активности // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6(72). № 4. С. 57–68.
 9. Кудря О.Н. Физиологические механизмы адаптации сердечно-сосудистой системы при выполнении функциональных проб спортсменами разного возраста и пола // Наука и спорт: современные тенденции. 2015. Т. 7. № 2 (7). С. 25–31.
 10. Лукина С.Ф., Чуб И.С., Борейко А.П. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма в процессе решения прогностической задачи у студентов северного вуза // Вестник уральской медицинской академической науки. 2018. Том 15. № 2. С. 184–196. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2018-15-2-184-196>
 11. Михайлов В.М., Филькина О.М., Шанина Т.Г. Пределы физиологической нормы параметров вариабельности сердечного ритма здоровых подростков 14-16 лет в зависимости от пола и уровня тренированности // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2009. № 3. С. 67–73.
 12. Оценка адаптационных резервов сердца студентов медицинского вуза в динамике обучения / Мартусевич А.К., Бочарин И.В., Дилениан Л.Р., Киселев Я.В. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13, № 1. С. 208–221. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-208-221>
 13. Попова Т.В., Сафронова О.Г., Коурова И.Р. Адаптационные реакции кровообращения на умственные и локальные физические нагрузки у студентов-пловцов // Теория и практика физической культуры. 2011. № 7. С. 10–13.

14. Похачевский А.Л., Лапкин М.М. Значение изменчивости кардиоинтервалов при нагрузочном тестировании // Физиология человека. 2017. Т. 43, № 1. С. 81–88.
15. Чернозуб А.А. Вариабельность сердечного ритма у нетренированных юношей в условиях различных режимов силовой нагрузки // Вестник Российской академии медицинских наук. 2014. Т. 69, № 1–2. С. 51–56.
16. Heart Rate Variability (HRV) and Pulse Rate Variability (PRV) for the Assessment of Autonomic Responses / Mejía-Mejía E., Budidha K., Abay T.Y. [et al.] // *Frontiers in Physiology*, 2020, vol. 11, no. MAR. P.779. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00779>
17. Improvements in heart rate variability with exercise therapy / Routledge F.S., Mcfetridge-Durdle J.A., Campbell T.S., Bacon S.L. // *Canadian Journal of Cardiology*, 2010, vol. 26, no 6, pp. 303-312. [https://doi.org/10.1016/S0828-282X\(10\)70395-0](https://doi.org/10.1016/S0828-282X(10)70395-0)
18. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers / Djaoui L., Dellal A., Haddad M., Chamari K. // *Physiology & Behavior*, 2017, vol. 181, pp. 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.09.004>
19. Heart rate variability today / Xhyheri B., Manfrini O., Mazzolini M., Pizzi C., Bugiardini R. // *Progress in Cardiovascular Diseases*, 2012, no. 55, pp. 321–331.

References

1. Kretova I.G., Vedyasova O.A., Komarova M.V., Shiryaeva O.I. Analiz i prognozirovanie rezervnykh vozmozhnostey organizma studentov po parametram variabel'nosti serdechnogo ritma [Analysis and forecasting of reserve capabilities of the organism of students according to indices of heart rate variability]. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene & Sanitation], 2017, vol. 96, no. 6, pp. 556–561, <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-6-556-561>
2. Bodrov I.G., Shishelova A. Yu., Aliev R.R. Tipologiya vegetativnoy adaptatsii k kognitivnoy nagruzke po dinamike variabel'nosti serdechnogo ritma [The typology of mechanisms of adaptation to the cognitive load on the variability of heart rate dynamics]. *Ekspperimental'naya psikhologiya* [Experimental Psychology], 2018, vol. 11, no. 3, pp. 78–93. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2018110306>
3. Bocharin I.V., Martusevich A.K., Gur'yanov M.S. Monitoring sostoyaniya gemodinamiki studentov meditsinskogo vuza v usloviyakh testirovaniya fizicheskoy nagruzki minimal'noy moshchnosti [Monitoring of the state of hemodynamics of medical students by means of testing with low load exercise]. *Meditsinskiy al'manakh* [Medical almanac], 2021, no. 3(68), pp. 32–36.
4. Bykov E.V., Zinurova N.G., Chipyshev A.V. Variabel'nost' serdechnogo ritma i napravlennost' fizicheskikh nagruzok [Variability of the warm rhythm and orientation of physical loads].

- tation of physical activities]. *Ritm serdtsa i tip vegetativnoy regulyatsii v otsenke urovnya zdorov'ya naseleniya i funktsional'noy podgotovlennosti sportsmenov. Materialy VI vserossiyskogo simpoziuma* [The heart rhythm and the type of autonomic regulation in assessing the health of the population and functional training of athlete], Izhevsk, 2016, pp. 92–96.
5. Litvin F.G., Tsyganovskiy A.M., Sbitnyy S.N., Zabelina L.N., Kalennikova N.G., Stanishevskaya T.I. Variabel'nost' serdechnogo ritma u studentov s raznoy dvigatel'noy aktivnost'yu [Heart rate variability among the students with different physical activity]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2015, no. 7. pp. 123-129. <http://lesgaft-notes.spb.ru/ru/node/7782>
 6. Dzebrailova T.D., Korobeynikova I.I., Karatygin N.A., Dudnik E.N. Dinamika parametrov al'fa-aktivnosti EEG i variabel'nosti serdechnogo ritma pri intellektual'noy deyatel'nosti [Dynamics of EEG Alpha-Activity and Heart Rate Variability in Subjects Performing Cognitive Tests]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2015, vol.41, no. 6, 36 p. <https://doi.org/10.7868/S0131164615040074>
 7. D'yachkova T.V., Berseneva I.A. Izmenenie pokazateley variabel'nosti serdechnogo ritma studentov v protsesse uchebnoy deyatel'nosti [The change of indicators of heart rate variability of students in the process of educational activity]. *Uspekhi sovremennoy nauki* [Advances in modern science], 2016, vol. 2, no. 3, pp. 50–53.
 8. Emel'yanova A.S., Simonyan L.A., Stepura E.E. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma studentov s raznym urovnem dvigatel'noy aktivnosti [Analysis of heart rate variability in students with different levels of motor activity]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya* [Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry], 2020, vol. 6(72), no. 4, pp. 57–68.
 9. Kudrya O.N. Fiziologicheskie mekhanizmy adaptatsii serdechno-sosudistoy sistemy pri vypolnenii funktsional'nykh prob sportsmenami raznogo vozrasta i pola [Physiological mechanisms of adaptation of cardio-vascular system while functional tests among sportsmen of different age and sex]. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii* [Science and Sport: Current Trends], 2015, vol. 7, no 2(7), pp. 25–31.
 10. Lukina S.F., Chub I.S., Boreyko A.P. Osobennosti vegetativnoy regulyatsii serdechnogo ritma v protsesse resheniya prognosticheskoy zadachi u studentov severnogo vuza [Features of vegetative regulation of heart rate in the process of solving the prognostic problem in students of northern high school]. *Vestnik*

- ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki* [Journal of Ural medical academic science], 2018, vol.15, no 2, pp. 184–196. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2018-15-2-184-196>
11. Mikhaylov V.M., Fil'kina O.M., Shanina T.G. Predely fiziologicheskoy normy parametrov variabel'nosti serdechnogo ritma zdorovykh podrostkov 14-16 let v zavisimosti ot pola i urovnya trenirovannosti [Heart Rate Variability Physiological Norm Parameters Limits in Healthy Teenagers in Dependence of Sex and Training Level]. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika* [Ultrasound and Functional Diagnostics], 2009, no. 3, pp. 67–73.
 12. Martusevich A.K., Bocharin I.V., Dilenyan L.R., Kiselev Ya.V. Otsenka adaptatsionnykh rezervov serdtsa studentov meditsinskogo vuza v dinamike obucheniya [The study of adaptation reserves of the heart in medical students during education]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 208–221. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-208-221>
 13. Popova T.V., Safronova O.G., Kourova I.R. Adaptatsionnye reaktsii krovoobrashcheniya na umstvennye i lokal'nye fizicheskie nagruzki u studentov-plovtsov [Adaptive responses of blood circulation to mental and local physical loads in students-swimmers]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2011, no. 7, pp. 10–13.
 14. Pokhachevskiy A.L., Lapkin M.M. Znachenie izmenchivosti kardiointervalov pri nagruzochnom testirovanii [Importance of RR-Interval Variability in Stress Test]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2017, vol. 43, no. 1, pp. 81–88.
 15. Chernozub A.A. Variabel'nost' serdechnogo ritma u netrenirovannykh yunoshyev v usloviyakh razlichnykh rezhimov silovoy nagruzki [Heart Rate Variability in Untrained Young Men Under Different Power Loading Modes]. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences], 2014, vol. 69, no. 1–2, pp. 51–56.
 16. Mejía-Mejía E., Budidha K., Abay T.Y. [et al.] Heart Rate Variability (HRV) and Pulse Rate Variability (PRV) for the Assessment of Autonomic Responses. *Frontiers in Physiology*, 2020, vol. 11, no. MAR, 779 p. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00779>
 17. Routledge F.S., Mcfetridge-Durdle J.A., Campbell T.S., Bacon S.L. Improvements in heart rate variability with exercise therapy. *Canadian Journal of Cardiology*, 2010, vol. 26, no. 6, pp. 303-312. [https://doi.org/10.1016/S0828-282X\(10\)70395-0](https://doi.org/10.1016/S0828-282X(10)70395-0)
 18. Djaoui L., Dellal A., Haddad M., Chamari K. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiology & Behavior*, 2017, vol. 181, pp. 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.09.004>

19. Xhyheri B., Manfrini O., Mazzolini M., Pizzi C., Bugiardini R. Heart rate variability today. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 2012, no 55, pp. 321–331.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Николаева Татьяна Михайловна, ассистент кафедры патофизиологии и иммунологии

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Шереметевский проспект, 8, г. Иваново, 153012, Российская Федерация
tania020480@yandex.ru*

Голубева Елена Константиновна, д. м. н., доцент, профессор кафедры нормальной физиологии

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Шереметевский проспект, 8, г. Иваново, 153012, Российская Федерация
elkgol@yandex.ru*

Скорлупкин Дмитрий Андреевич, аспирант кафедры нормальной физиологии

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Шереметевский проспект, 8, г. Иваново, 153012, Российская Федерация
sk_dmit96@mail.ru*

Ярченкова Лариса Леонидовна, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой лучевой, функциональной и клинической лабораторной диагностики ИПО

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская государственная ме-

*дицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Шереметевский проспект, 8, г. Иваново, 153012, Российская Федерация
yarchenkova@yandex.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Tatyana M. Nikolaeva, Assistant, Department of Pathophysiology and Immunology
*Ivanovo State Medical Academy
8, Sheremetevsky prospect, Ivanovo, Russian Federation
tania020480@yandex.ru*

Elena K. Golubeva, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Normal Physiology
*Ivanovo State Medical Academy
8, Sheremetevsky prospect, Ivanovo, Russian Federation
elkgol@yandex.ru*

Dmitriy A. Skorlupkin, Postgraduate student of the Department of Normal Physiology
*Ivanovo State Medical Academy
8, Sheremetevsky prospect, Ivanovo, Russian Federation
sk_dmit96@mail.ru*

Larisa L. Yarchenkova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Radiation, Functional and Clinical Laboratory Diagnostics, IPO
*Ivanovo State Medical Academy
8, Sheremetevsky prospect, Ivanovo, Russian Federation
yarchenkova@yandex.ru*

Поступила 07.12.2021

После рецензирования 14.12.2021

Принята 21.12.2021

Received 07.12.2021

Revised 14.12.2021

Accepted 21.12.2021