




DOI: 10.22363/2313-0245-2023-27-3-305-317

EDN: QIFSOU

ORIGINAL RESEARCH
ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Особенности кардиоритма при постуральных изменениях в зависимости от реактивности вегетативных центров

Д.А. Скорлупкин  , Е.К. Голубева , Л.Л. ЯрченковаИвановская государственная медицинская академия, г. Иваново, Российская Федерация
 sk_dmit96@mail.ru

Аннотация. *Актуальность.* Постуральные изменения сопровождаются формированием адаптивного ответа сердечно-сосудистой системы. Это проявляется изменением variability сердечного ритма. Особенности реакции во многом зависят от возбудимости (реактивности) вегетативных центров. *Цель:* выявить индивидуальные особенности регуляции сердечного ритма при постуральных изменениях в зависимости от реактивности симпатических и парасимпатических вегетативных центров у студентов. *Материал и методы.* У 50 мужчин определяли временные, частотные, геометрические и расчетные показатели variability сердечного ритма в горизонтальном положении, при активном ортостазе, пассивном ортостазе и пассивном антиортостазе. Реактивность симпатической системы оценивали по изменению частоты сердечных сокращений при активном ортостазе. Реактивность парасимпатической системы определяли по К30:15. *Результаты и обсуждение.* При нормальной и высокой симпатической реактивности активный ортостаз вызывает увеличение низкочастотной мощности спектра, стресс-индекса, частоты сердечных сокращений, уменьшение высокочастотного компонента и длительности кардиоинтервалов. Изменения более выражены при высокой симпатической реактивности. При пассивном ортостазе высокая симпатическая реактивность проявляется большим увеличением частоты сердечных сокращений, укорочением кардиоинтервалов и уменьшением доли высокочастотного компонента в спектрограмме. Пассивный антиортостаз при нормальной симпатической реактивности вызывает снижение показателя адекватности процессов регуляции и расширение скаттерограммы. У испытуемых с высокой парасимпатической реактивностью при активном ортостазе увеличение индекса напряжения меньше, чем при нормальной и низкой реактивности. При низкой парасимпатической реактивности показатель адекватности процессов регуляции больше, чем при нормальной и высокой реактивности, а увеличение частоты сердечных сокращений и укорочение минимального кардиоинтервала больше, чем при нормальной. При пассивном ортостазе уменьшается доля высокочастотного компонента, увеличивается доля сверхнизкочастотного компонента, укорачивается модальный кардиоинтервал, что более выражено при низкой парасимпатической реактивности, чем при нормальной. При пассивном антиортостазе у лиц с нормальной реактивностью снижается сверхнизкочастотный компонент. При высокой реактивности возрастает максимальное значение высокочастотного компонента и снижается показатель адекватности процессов регуляции. *Выводы.* Активный и пассивный ортостаз сопровождается активацией симпатических центров. Это более выражено при высокой реактивности

© Скорлупкин Д.А., Голубева Е.К., Ярченкова Л.Л., 2023

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

симпатического отдела и низкой реактивности парасимпатического. Пассивный антиортостаз стимулирует деятельность парасимпатических кардиальных центров у испытуемых с нормальной, высокой парасимпатической реактивностью и нормальной симпатической реактивностью.

Ключевые слова: ортостаз, антиортостаз, сердечный ритм, вегетативная нервная система

Информация о финансировании. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Вклад авторов. Скорлупкин Д.А. — сбор материала, статистическая обработка результатов, написание текста рукописи; Голубева Е.К. — концепция и дизайн исследования, написание текста рукописи, Ярченкова Л.Л. — анализ данных, редактирование рукописи. Все авторы внесли значительный вклад в разработку концепции, исследования и подготовку рукописи, прочитали и утвердили окончательную версию перед публикацией.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Этическое утверждение. Протокол исследования утвержден этическим комитетом Ивановской государственной медицинской академии.

Благодарности — неприменимо.

Информированное согласие на публикацию. Перед началом исследования все участники исследования дали добровольное письменное информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013).


Поступила 20.04.2023. Принята 26.05.2023.

Для цитирования: Скорлупкин Д.А., Голубева Е.К., Ярченкова Л.Л. Особенности кардиоритма при постуральных изменениях в зависимости от реактивности вегетативных центров // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2023. Т. 27. No 3. С. 305—317. doi: 10.22363/2313-0245-2023-27-2-305-317

Cardiorhythm in postural changes depending on the autonomic centers reactivity

Dmitry A. Skorlupkin  , Elena K. Golubeva , Larisa L. Yarchenkova

Ivanovo State Medical Academy, Ivanovo, Russian Federation

 sk_dmit96@mail.ru

Abstract. Postural changes are accompanied by the formation of an adaptive response of the cardiovascular system. This is manifested by a change in heart rate variability. The features of the reaction largely depend on the excitability (reactivity) of the vegetative centers. *The aim* of the study was to identify individual features of heart rate regulation in postural changes depending on the reactivity of sympathetic and parasympathetic autonomic centers in students. *Material and Methods.* In 50 men, temporal, frequency, geometric and calculated indicators of heart rate variability were determined in a horizontal position, with active orthostasis, passive orthostasis and passive antiorthostasis. The reactivity of the sympathetic system was assessed by the change of heart rate in active orthostasis. The reactivity of the parasympathetic system was determined by K30:15. *Results and Discussion.* With normal and high sympathetic reactivity, active orthostasis causes an increase in the low-frequency power

of the spectrum, stress index, heart rate, a decrease in the high-frequency component and the duration of cardiac intervals. The changes are more pronounced with high sympathetic reactivity. In passive orthostasis, high sympathetic reactivity is manifested by a large increase in heart rate, shortening of cardiac intervals and a decrease in the proportion of the spectrogram high-frequency component. Passive antiorthostasis with normal sympathetic reactivity causes a decrease in the adequacy of the regulation processes and an expansion of the scatterogram. In subjects with high parasympathetic reactivity with active orthostasis, the increase in the stress index is less than with normal and low reactivity. With low parasympathetic reactivity, the indicator of the adequacy of the regulation processes is greater than with normal and high reactivity, and the increase in heart rate and shortening of the minimum cardiac interval is greater than with normal. In passive orthostasis, the proportion of the high-frequency component decreases, the proportion of the ultra-low-frequency component increases, the modal cardiointerval shortens, which is more pronounced with low parasympathetic reactivity than with normal. In passive antiorthostasis, the ultra-low frequency component decreases in individuals with normal reactivity. With high reactivity, the maximum value of the high-frequency component increases and the adequacy of the regulation processes decreases. *Conclusion.* Active and passive orthostasis is accompanied by activation of sympathetic centers. It is more pronounced with high reactivity of the sympathetic department and low reactivity of the parasympathetic. Passive antiorthostasis stimulates the activity of parasympathetic cardiac centers in subjects with normal, high parasympathetic reactivity and normal sympathetic reactivity.

Key words: orthostasis, antiorthostasis, heart rate, autonomic nervous system

Funding. The authors state that there was no external funding.

Author contributions. Skorlupkin D.A. — collection of material, statistical processing of results, writing the text of the manuscript; Golubeva E.K. — concept and design of the study, writing the text of the manuscript, Yarchenkova L.L. — data analysis, editing of the manuscript. All authors have made significant contributions to the development concepts, research, and manuscript writing, read and approved final version before publication.

Conflicts of interest statement. The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics approval. The protocol of the study was approved by the Ethics Committee of Ivanovo State Medical Academy.

Acknowledgements — not applicable.

Consent for publication. Before starting the study, all participants provided voluntary informed consent to participate in the study in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013), the processing of personal data and consent to publication.

Received 20.04.2023. Accepted 26.05.2023.

For citation: Skorlupkin D.A., Golubeva E.K., Yarchenkova L.L. Cardiorhythm in postural changes depending on the autonomic centers reactivity. *RUDN Journal of Medicine*. 2023;27(3):305—317. doi: 10.22363/2313-0245-2023-27-2-305-317

Введение

Изменения положения тела являются неотъемлемым компонентом повседневной жизни человека. Особое значение они приобретают при спортивных тренировках, в том числе выполнении упражнений йоги. Различные постральные положения используются в диагностических, лечебных и реабилитационных мероприятиях [1]. Изменение положения тела в пространстве активирует комплекс

тонических рефлексов, направленных на фиксацию центра тяжести человека и сохранение устойчивой позы [2]. Это достигается за счёт интеграции биомеханических процессов и афферентной сенсорной информации с широкого спектра источников, включая рецепторные зоны соматосенсорного, зрительного и вестибулярного анализаторов [3]. Активируемые механизмы пострального контроля сопровождаются развитием адаптивных реакций

со стороны различных физиологических систем с участием вегетативной нервной системы (ВНС), что направлено на поддержание адекватного уровня функциональной активности организма и сохранение гомеостаза [4]. Изменение степени активности симпатических и парасимпатических центров регуляции оказывает влияние на сердечную деятельность, модулируя периодические колебания продолжительности R-R интервалов [5, 6]. В связи с этим объективным индикатором сдвига вегетативного равновесия является изменение variability сердечного ритма (ВСР) [7, 8]. Временные, спектральные, нелинейные, геометрические и расчетные параметры ВСР позволяют дать наиболее точную количественную оценку вклада симпатических и парасимпатических влияний в регуляцию деятельности сердца [9, 10]. При этом степень отклонения показателей ВСР при постуральных изменениях зависит от индивидуальных особенностей реактивности (возбудимости) вегетативных центров, что на сегодняшний день изучено недостаточно, чем и определяется актуальность настоящего исследования [11].

Цель исследования — выявить индивидуальные особенности регуляции сердечного ритма при постуральных изменениях в зависимости от реактивности симпатических и парасимпатических вегетативных центров у студентов.

Материалы и методы

Работа выполнена на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры нормальной физиологии Ивановской государственной медицинской академии. Было обследовано 50 практически здоровых студентов мужского пола с индексом массы тела $22,55 \pm 0,39$ кг/м² [12]. Средний возраст участников исследования составил $19,35 \pm 0,21$ лет. Критериями исключения были острые инфекционные и неинфекционные заболевания, хронические заболевания в стадии обострения, а также индекс массы тела менее 18,5 кг/м² и более 25 кг/м². Предварительно все участники исследования были ознакомлены с протоколом исследования (утвержден этическим

комитетом ФГБОУ ВО ИвГМА Минздрава России, протокол № 5 от 16.11.2020 г.) и дали добровольное письменное информированное согласие на участие. Работа выполнена в соответствии с этическими принципами Хельсинской декларации по проведению биомедицинских исследований с участием человека [13]. Variability сердечного ритма оценивали с помощью АПК «Поли-спектр» («Нейрософт», г. Иваново). У испытуемых регистрировали ЭКГ в I стандартном отведении в течение 5 минут в горизонтальном положении тела (контроль), а также в течение 5 минут при следующих постуральных изменениях: активный ортостаз, пассивный ортостаз (угол наклона 25°) и пассивный антиортостаз (угол наклона 15°) [14].

Определяли временные, частотные, геометрические и расчётные показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), среднюю продолжительность кардиоинтервалов (RRNN, мс), долю кардиоинтервалов, отличающихся между собой на 50 и более мс (pNN50, %), минимальную продолжительность кардиоинтервала (R-Rmin, мс), максимальную продолжительность кардиоинтервала (R-Rmax, мс), мощность спектра в диапазоне низких частот в нормализованных единицах (LFnorm, п.у.), мощность спектра в диапазоне высоких частот с нормализованных единицах (HFnorm, п.у.), индекс симпатовагального взаимодействия (LF/HF, у.е.), долю мощности спектра в диапазоне высоких частот (HF, %), долю мощности спектра в диапазоне низких частот (LF, %), долю мощности спектра в диапазоне сверхнизких частот (VLF, %), максимальное значение мощности спектра в диапазоне высоких частот (HFmx, мс²/Гц*1000), продолжительность медианного кардиоинтервала (Me, с), продолжительность модального кардиоинтервала (Mo, с), амплитуду модального кардиоинтервала (AMo, %), ширину эллипса скаттерограммы (ell_w, мс), длину эллипса скаттерограммы (ell_L, мс), отношение длины эллипса скаттерограммы к её ширине (L/w, у.е.), индекс напряжения регуляторных систем (SI, у.е.), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, у.е.). Рассчитывали отклонение показателей ВСР (Δ) при постуральных изменениях

у испытуемых с разной симпатической и парасимпатической реактивностью.

Реактивность симпатических вегетативных центров оценивали по степени изменения ЧСС в результате активного ортостаза. При увеличении ЧСС на 6–24 уд/мин реактивность симпатической нервной системы считали нормальной, при увеличении ЧСС более чем на 24 уд/мин — высокой, при увеличении менее чем на 6 уд/мин — низкой. На основании этого было выделено 2 группы испытуемых: с нормальной ($n = 21$) и высокой ($n = 29$) симпатической реактивностью. Реактивность парасимпатических вегетативных центров оценивали по величине коэффициента К30:15 [15]. При значении К30:15, составляющем 1,25–1,75 единиц, реактивность парасимпатической нервной системы считали нормальной, при значении К30:15 более чем 1,75 — высокой, при значении К30:15 менее чем 1,25 — низкой. На основании этого испытуемые были разделены на 3 группы: с нормальной ($n = 33$), низкой ($n = 9$) и высокой ($n = 8$) парасимпатической реактивностью.

Статистический анализ полученных результатов проводили с помощью электронных таблиц Microsoft

Excel 2007 и программы Statistica 12.0. Проверка гипотезы о нормальности распределения экспериментальных данных производилась с помощью критерия Шапиро–Уилка (при $n < 50$). Принимая во внимание то, что результаты не подчинялись закону нормального распределения, для описания количественных переменных рассчитывали медиану и интерквартильный размах $Me [Q1; Q3]$. Для оценки достоверности различий показателей ВСР были использованы непараметрический критерий Вилкоксона для зависимых групп и U-критерий Манна–Уитни для независимых групп [16]. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

Анализ ВСР при активном ортостазе показал, что в спектрограмме испытуемых с нормальной и высокой реактивностью симпатических центров увеличивается мощность в диапазоне низких частот при снижении высокочастотного компонента, что сопровождается возрастанием индекса симпатовагального взаимодействия (табл. 1).

Таблица 1

Вариабельность ритма сердца при активном ортостазе у мужчин в зависимости от реактивности симпатической нервной системы, $Me [Q1; Q3]$

Положение тела	Показатель ВСР			
	LFnorm, n. u.	HFnorm, n. u.	LF/HF, y. e.	SI, y. e.
Нормальная реактивность				
Контроль ($n = 21$)	41,50 [33,30; 55,40]	58,50 [44,60; 66,70]	0,71 [0,50; 1,24]	41,17 [34,59; 56,97]
Активный ортостаз ($n = 21$)	77,00 [67,50; 82,90] * ($p = 0,0001$)	23,00 [17,10; 32,50] * ($p < 0,0001$)	3,25 [2,08; 4,84] * ($p = 0,0008$)	99,89 [70,60; 216,69] * ($p = 0,0003$)
Высокая реактивность				
Контроль ($n = 29$)	36,40 [30,40; 49,35]	63,60 [50,65; 69,60]	0,57 [0,44; 0,97]	55,73 [38,60; 72,75]
Активный ортостаз ($n = 29$)	82,65 [74,78; 88,80] * ($p < 0,0001$) # ($p = 0,05$)	17,35 [11,20; 25,23] * ($p < 0,0001$) # ($p = 0,05$)	4,75 [2,96; 7,96] * ($p < 0,0001$) # ($p = 0,05$)	205,49 [145,30; 265,42] * ($p < 0,0001$) # ($p = 0,03$)

Примечание: * — статистически значимые различия с контролем ($p \leq 0,05$); # — статистически значимые различия отклонения показателей ВСР у испытуемых с нормальной и высокой симпатической реактивностью ($p \leq 0,05$).

Table 1

Heart rate variability with active orthostasis in men depending on the reactivity of the sympathetic nervous system, Me [Q1; Q3]

Body position	HRV indicator			
	LFnorm, n. u.	HFnorm, n. u.	LF/HF, c. u.	SI, c. u.
Normal reactivity				
Control (n = 21)	41.50 [33.30; 55.40]	58.50 [44.60; 67.70]	0.71 [0.50; 1.24]	41.17 [34.59; 56.97]
Active orthostasis (n = 21)	77.00 [67.50; 82.90] * (p = 0.0001)	23.00 [17.10; 32.50] * (p < 0.0001)	3.25 [2.08; 4.84] * (p = 0.0008)	99.89 [70.60; 216.69] * (p = 0.0003)
High reactivity				
Control (n = 29)	36.40 [30.40; 49.35]	63.60 [50.65; 69.60]	0.57 [0.44; 0.97]	55.73 [38.60; 72.75]
Active orthostasis (n = 29)	82.65 [74.78; 88.80] * (p < 0.0001) # (p = 0.05)	17.35 [11.20; 25.23] * (p < 0.0001) # (p = 0.05)	4.75 [2.96; 7.96] * (p < 0.0001) # (p = 0.05)	205.49 [145.30; 265.42] * (p < 0.0001) # (p = 0.03)

Note: * – statistically significant differences with control ($p \leq 0.05$); # – statistically significant differences in the deviation of HRV indicators in subjects with normal and high sympathetic reactivity ($p \leq 0.05$).

Это свидетельствует об отклонении вегетативно-го равновесия в сторону симпатических влияний [17, 18]. Изменения в большей степени выражены у студентов с высокой симпатической реактивностью, чем с нормальной.

При высокой симпатической реактивности в результате активного ортостаза отмечается прирост индекса напряжения регуляторных систем. ЧСС увеличивается до 98,65 [91,95; 103,48] уд/мин по сравнению с контрольным значением, составляющим 63,20 [58,73; 70,25] уд/мин ($p < 0,0001$). Также происходит укорочение средней продолжительности кардиоинтервалов, которая в горизонтальном положении соответствует 949,00 [853,75; 1022,25] мс, а при активном ортостазе — 608,00 [580,00; 652,50] мс ($p < 0,0001$).

У студентов с нормальной симпатической реактивностью изменения выражены в меньшей степени. Так, ЧСС в контроле составляет 65,80 [56,60; 74,60] уд/мин, а при активном ортостазе увеличивается до 86,30 [78,20; 91,90] уд/мин ($p < 0,0001$). Средняя продолжительность кардиоинтервала укорачивается до 695,00 [653,00; 767,00] мс по сравнению с 913,00 [805,00; 1059,00] мс в горизонтальном положении ($p < 0,0001$). То есть у испытуемых с высокой симпатической реактивностью ЧСС увеличивается на 31,60 [29,10; 34,90] уд/мин, RRNN уменьшается

на 341,00 [–361,75; –265,00] мс, что больше, чем у лиц с нормальной реактивностью, при которой увеличение ЧСС составляет 20,50 [18,00; 22,10] уд/мин, а снижение RRNN — 218,00 [–290; –156] мс ($p < 0,0001$, $p = 0,0001$ соответственно).

Пассивный ортостаз также у всех испытуемых приводит к активации симпатических механизмов регуляции ритма сердца. У студентов отмечается увеличение ЧСС, укорочение среднего и медианного значения кардиоинтервала, что при высокой реактивности симпатического отдела ВНС выражено в большей степени, чем у испытуемых с нормальной реактивностью, как и снижение доли высокочастотного компонента в суммарной мощности спектра ВСР (табл. 2). Кроме того, у лиц с высокой реактивностью симпатических центров в результате пассивного ортостаза отмечается уменьшение рNN50 до 20,50 [15,30; 36,20] % при фоновом значении показателя, составляющем 33,70 [24, 30; 40,50] % ($p = 0,005$). Индекс симпатовагального взаимодействия увеличивается до 1,17 [0,56; 1,60] у. е. по сравнению с 0,64 [0,39; 0,87] у. е. в контроле ($p = 0,0009$).

Пассивный антиортостаз у студентов с нормальной реактивностью симпатического отдела ВНС сопровождается уменьшением показателя адекватности процессов регуляции, который в горизон-

тальном положении составляет 41,70 [36,80; 55,30] у.е., а при пассивном антиортостазе — 36,70 [29,60; 47,60] у.е. ($p = 0,01$). Это указывает на снижение активности пейсмекерных клеток синоатриального узла проводящей системы сердца. В связи с этим наблюдается увеличение вариативности временных рядов кардиоинтервалов, о чём говорит уменьшение амплитуды моды и расширение эллипса скаттеро-

граммы. Амплитуда модального R-R интервала в горизонтальном положении равна 35,00 [30,50; 40,20] %, а при пассивном антиортостазе она уменьшается до 33,40 [27,10; 43,70] % ($p = 0,04$). Ширина эллипса скаттерограммы увеличивается до 91,00 [50,00; 114,00] мс по сравнению с 79,00 [49,00; 96,00] мс в контроле ($p = 0,04$).

Таблица 2

Вариабельность ритма сердца при пассивном ортостазе у мужчин в зависимости от реактивности симпатической нервной системы, Me [Q1; Q3]

Положение тела	Показатель ВСР			
	ЧСС, уд/мин	RRNN, мс	Me, с	HF, %
Нормальная реактивность				
Контроль (n = 21)	62,95 [58,90; 66,90]	939,00 [889,00; 1010,00]	0,94 [0,89; 1,00]	46,30 [31,70; 54,70]
Пассивный ортостаз (n = 21)	64,00 [61,10; 70,00] * ($p = 0,01$)	941,00 [869,00; 1027,00] * ($p = 0,04$)	0,95 [0,86; 1,02] * ($p = 0,03$)	39,10 [29,10; 44,40] * ($p = 0,04$)
Высокая реактивность				
Контроль (n = 29)	61,70 [59,30; 69,60]	973,00 [862,00; 1012,00]	0,98 [0,86; 1,02]	40,10 [30,00; 52,40]
Пассивный ортостаз (n = 29)	65,40 [63,60; 71,30] * ($p = 0,0001$) # ($p = 0,0002$)	918,00 [841,00; 944,00] * ($p < 0,0001$) # ($p = 0,0004$)	0,92 [0,84; 0,96] * ($p = 0,0001$) # ($p = 0,002$)	24,50 [18,00; 44,50] * ($p = 0,001$) # ($p = 0,03$)

Примечание: * — статистически значимые различия с контролем ($p \leq 0,05$); # — статистически значимые различия отклонения показателей ВСР у испытуемых с нормальной и высокой симпатической реактивностью ($p \leq 0,05$).

Table 2

Heart rate variability in passive orthostasis in men depending on the reactivity of the sympathetic nervous system, Me [Q1; Q3]

Body position	HRV indicator			
	HR, bpm	RRNN, ms	Me, s	HF, %
Normal reactivity				
Control (n = 21)	62.95 [58.90; 66.90]	939.00 [889.00; 1010.00]	0.94 [0.89; 1.00]	46.30 [31.70; 54.70]
Passive orthostasis (n = 21)	64.00 [61.10; 70.00] * ($p = 0.01$)	941.00 [869.00; 1027.00] * ($p = 0.04$)	0.95 [0.86; 1.02] * ($p = 0.03$)	39.10 [29.10; 44.40] * ($p = 0.04$)
High reactivity				
Control (n = 21)	61.70 [59.30; 69.60]	973.00 [862.00; 1012.00]	0.98 [0.86; 1.02]	40.10 [30.00; 52.40]
Passive orthostasis (n = 21)	65.40 [63.60; 71.30] * ($p = 0.0001$) # ($p = 0.0002$)	918.00 [841.00; 944.00] * ($p < 0.0001$) # ($p = 0.0004$)	0.92 [0.84; 0.96] * ($p = 0.0001$) # ($p = 0.002$)	24.50 [18.00; 44.50] * ($p = 0.001$) # ($p = 0.03$)

Note: * — statistically significant differences with control ($p \leq 0.05$); # — statistically significant differences in the deviation of HRV indicators in subjects with normal and high sympathetic reactivity ($p \leq 0.05$).

Подобные изменения ВСР свидетельствует об увеличении парасимпатических влияний на сердечный ритм у испытуемых с нормальной симпатической реактивностью. У студентов с высокой симпатической реактивностью ВСР при пассивном антиортостазе не изменяется.

Анализ особенностей ВСР в зависимости от реактивности парасимпатической нервной системы показал, что при активном ортостазе у испытуемых с высокой реактивностью парасимпатических центров индекс напряжения регуляторных систем увеличивается в меньшей степени, чем у студентов с нормальной и низкой реактивностью (табл. 3).

Максимальный прирост показателя адекватности процессов регуляции отмечается у лиц с низкой

парасимпатической реактивностью по сравнению с испытуемыми других групп. Возбуждение симпатических кардиальных центров у испытуемых с низкой парасимпатической реактивностью сопровождается увеличением ЧСС до 106,80 [101,00; 108,70] уд/мин по сравнению с фоновым значением, равным 73,50 [67,60; 82,40] уд/мин ($p=0,007$). Отклонение составляет 33,30 [31,40; 37,00] уд/мин. Это больше, чем у студентов с нормальной парасимпатической реактивностью, у которых ЧСС увеличивается на 28,35 [20,63; 29,80] уд/мин ($p=0,004$). В контроле при нормальной реактивности сердце сокращается с частотой 63,45 [56,73; 69,75] уд/мин, а при активном ортостазе — 91,80 [82,83; 98,50] уд/мин ($p<0,0001$).

Таблица 3

Вариабельность ритма сердца при активном ортостазе у мужчин в зависимости от реактивности парасимпатической нервной системы, Ме [Q1; Q3]

Положение тела	Показатель ВСР	
	SI, y. e.	ПАПР, y. e.
Нормальная реактивность		
Контроль (n = 33)	47,63 [36,50; 72,75]	35,80 [30,75; 42,50]
Активный ортостаз (n = 33)	193,57 [102,89; 257,50] * ($p<0,0001$)	72,25 [49,88; 85,73] * ($p<0,0001$)
Низкая реактивность		
Контроль (n = 9)	58,22 [43,06; 59,51]	53,90 [38,00; 57,50]
Активный ортостаз (n = 9)	295,30 [107,34; 366,44] * ($p = 0,01$); # ($p = 0,03$)	95,60 [90,50; 107,40] * ($p = 0,01$); ^ ($p = 0,04$); # ($p = 0,05$)
Высокая реактивность		
Контроль (n = 8)	42,47 [31,63; 53,11]	37,15 [29,38; 41,40]
Активный ортостаз (n = 8)	133,83 [78,22; 160,62] * ($p = 0,01$); < ($p = 0,01$)	67,40 [48,85; 81,75] * ($p = 0,01$)

Примечание: * — статистически значимые различия с контролем ($p \leq 0,05$); ^ — статистически значимые различия отклонения показателей у испытуемых с нормальной и низкой реактивностью; < — статистически значимые различия отклонения показателей у испытуемых с нормальной и высокой реактивностью; # — статистически значимые различия отклонения показателей у испытуемых с низкой и высокой реактивностью ($p \leq 0,05$).

Table 3

Heart rate variability with active orthostasis in men depending on the reactivity of parasympathetic nervous system, Me [Q1; Q3]

Body position	HRV indicator	
	SI, c. u.	PAPR, c. u.
Normal reactivity		
Control (n = 33)	47.63 [36.50;72.75]	35.80 [30.75;42.50]
Active orthostasis (n = 33)	193.57 [102.89; 257.50] * ($p<0.0001$)	72.25 [49.88; 85.73] * ($p<0.0001$)
Low reactivity		
Control (n = 9)	58.22 [43.06; 59.51]	53.90 [38.00; 57.50]
Active orthostasis (n = 9)	295.30 [107.34; 366.44] * ($p = 0.01$); # ($p = 0.03$)	95.60 [90.50; 107.40] * ($p = 0.01$); ^ ($p = 0.04$); # ($p = 0.05$)
High reactivity		
Control (n = 8)	42.47 [31.63; 53.11]	37.15 [29.38; 41.40]
Active orthostasis (n = 8)	133.83 [78.22; 160.62] * ($p = 0.01$); < ($p = 0.01$)	67.40 [48.85; 81.75] * ($p = 0.01$)

Note: * — statistically significant differences with control ($p \leq 0.05$); ^ — statistically significant differences in the deviation of indicators in subjects with normal and low reactivity; < — statistically significant differences in the deviation of indicators in subjects with normal and high reactivity; # — statistically significant differences in the deviation of indicators in subjects with low and high reactivity ($p \leq 0.05$).

У лиц с высокой реактивностью ЧСС увеличивается до 90,55 [83,90; 97,15] уд/мин по сравнению с 64,15 [61,10; 68,15] уд/мин в горизонтальном положении ($p=0,01$). Отклонение составляет 26,40 [20,23; 30,73] уд/мин, что достоверно ниже, чем при низкой парасимпатической реактивности ($p=0,02$). У испытуемых с низкой парасимпатической реактивностью отмечается укорочение минимального кардиоинтервала. В контроле он составляет 631,00 [614,00; 733,00] мс, при активном ортостазе — 493,00 [470,00; 508,00] мс ($p=0,007$). Это изменение более выражено, чем у лиц с нормальной реактивностью, у которых R-Rmin в горизонтальном положении равен 709,00 [648,25; 788,50] мс, а при активном ортостазе — 570,00 [522,25; 599,75] мс ($p=0,0003$). Отклонение R-Rmin составляет -233,50 [-265,75; -149,50] мс при низкой реактивности и -155 [-210,00; -95,75] мс при нормальной ($p=0,02$).

В результате пассивного ортостаза в спектрограмме испытуемых с низкой парасимпатической реактивностью отмечается снижение доли мощности спектра в диапазоне высоких частот до 18,80 [16,50; 24,62] % по сравнению со значением в контроле, равным 43,50 [36,50; 48,63] %, ($p=0,01$), увеличение доли сверхнизкочастотного компонента, которая в горизонтальном положении составляет 28,85 [21,00; 34,80] %, а при пассивном ортостазе — 46,20 [40,32; 59,00] % ($p=0,01$). Также происходит уменьшение модального кардиоинтервала от 0,85 [0,79; 0,98] с до 0,79 [0,77; 0,92] с ($p=0,01$). Изменение этих показателей при низкой парасимпатической ре-

активности выражено в большей степени, чем у лиц с нормальной реактивностью, у которых доля мощности HF компонента в контроле составляет 39,35 [30,35; 51,98] %, а при пассивном ортостазе — 34,70 [20,50; 46,78] % ($p=0,01$). Доля мощности VLF составляющей спектра в контроле — 28,60 [22,53; 43,65] %, а при пассивном ортостазе — 37,10 [25,88; 50,90] % ($p=0,006$). Величина модального кардиоинтервала у испытуемых с нормальной реактивностью парасимпатических центров уменьшается до 0,95 [0,88; 1,03] с по сравнению с фоновым значением, составляющим 0,99 [0,90; 1,05] с ($p=0,007$). Пассивный ортостаз у всех испытуемых сопровождается увеличением частоты сердечных сокращений и укорочением продолжительности кардиоинтервалов, при этом отношение длины эллипса скаттерограммы к её ширине становится больше (L/w) (табл. 4).

При пассивном антиортостазе у испытуемых с нормальной парасимпатической реактивностью отмечается снижение доли сверхнизкочастотного компонента в общей мощности спектра ВСП до 28,05 [17,13; 41,33] % по сравнению с контрольным значением, равным 30,15 [22,65; 43,65] %, ($p=0,03$). Это указывает на снижение активности симпатических регуляторных механизмов. У студентов с высокой парасимпатической реактивностью при пассивном антиортостазе возрастает максимальное значение мощности спектра в диапазоне высоких частот, которое в горизонтальном положении составляет 46,25 [21,35; 86,60] мс²/Гц*1000, а при пассивном антиортостазе — 61,10 [44,23; 112,95] мс²/Гц*1000 ($p=0,04$).

Таблица 4

**Вариабельность ритма сердца при пассивном ортостазе у мужчин
в зависимости от реактивности парасимпатической системы, Me [Q1; Q3]**

Положение тела	Показатель ВСП		
	ЧСС, уд/мин	RRNN, мс	L/w, y. e.
Нормальная реактивность			
Контроль (n = 33)	60,90 [57,45; 66,63]	985,50 [901,00; 1044,00]	1,67 [1,26; 2,08]
Пассивный ортостаз (n = 33)	63,95 [58,78; 68,65] * ($p=0,0006$)	939,00 [874,25; 1020,75] * ($p=0,005$)	1,97 [1,64; 2,76] * ($p=0,01$)
Низкая реактивность			
Контроль (n = 9)	71,50 [61,98; 73,08]	839,50 [811,50; 968,50]	1,55 [1,48; 2,26]
Пассивный ортостаз (n = 9)	75,30 [66,52; 78,35] * ($p=0,01$)	797,00 [766,25; 902,25] * ($p=0,04$)	2,36 [2,19; 2,79] * ($p=0,03$)

Окончание табл. 4

Положение тела	Показатель ВСР		
	ЧСС, уд/мин	RRNN, мс	L/w, у.е.
Высокая реактивность			
Контроль (n = 8)	62,95 [61,10; 68,05]	953,50 [882,00; 982,75]	1,51 [1,32; 1,72]
Пассивный ортостаз (n = 8)	65,70 [63,45; 69,83] * (p = 0,01)	914,50 [859,25; 945,00] * (p = 0,01)	1,80 [1,72; 2,31] * (p = 0,01)

Примечание: * – статистически значимые различия с контролем ($p \leq 0,05$); ^ – статистически значимые различия отклонения показателей у испытуемых с нормальной и низкой реактивностью; « – статистически значимые различия отклонения показателей у испытуемых с нормальной и высокой реактивностью; # – статистически значимые различия отклонения показателей у испытуемых с низкой и высокой реактивностью ($p \leq 0,05$).

Table 4

Heart rate variability in passive orthostasis in men depending on the reactivity of the parasympathetic system, Me [Q1; Q3]

Body position	HRV indicator		
	HR, bpm	RRNN, ms	L/w, c. u.
Normal reactivity			
Control (n = 33)	60.90 [57.45; 66.63]	985.50 [901.00; 1044.00]	1.67 [1.26; 2.08]
Passive orthostasis (n = 33)	63.95 [58.78; 68.65] * (p = 0.0006)	939.00 [874.25; 1020.75] * (p = 0.005)	1.97 [1.64; 2.76] * (p = 0.01)
Low reactivity			
Control (n = 9)	71.50 [61.98; 73.08]	839.50 [811.50; 968.50]	1.55 [1.48; 2.26]
Passive orthostasis (n = 9)	75.30 [66.52; 78.35] * (p = 0.01)	797.00 [766.25; 902.25] * (p = 0.04)	2.36 [2.19; 2.79] * (p = 0.03)
High reactivity			
Control (n = 8)	62.95 [61.10; 68.05]	953.50 [882.00; 982.75]	1.51 [1.32; 1.72]
Passive orthostasis (n = 8)	65.70 [63.45; 69.83] * (p = 0.01)	914.50 [859.25; 945.00] * (p = 0.01)	1.80 [1.72; 2.31] * (p = 0.01)

Note: * – statistically significant differences with control ($p \leq 0.05$); ^ – statistically significant differences in the deviation of indicators in subjects with normal and low reactivity; « – statistically significant differences in the deviation of indicators in subjects with normal and high reactivity; # – statistically significant differences in the deviation of indicators in subjects with low and high reactivity ($p \leq 0.05$).

Также при высокой реактивности увеличивается ширина эллипса скаттерограммы до 111,00 [74,00; 138,75] мс при фоновом значении 95,00 [64,50; 131,50] мс ($p = 0,01$). Показатель адекватности процессов регуляции у испытуемых этой группы снижается до 32,10 [24,98; 47,03] у.е. по сравнению с контрольным значением 44,65 [31,25; 53,37] у.е. ($p = 0,01$). Это свидетельствует об активации пара-

симпатических механизмов регуляции. У испытуемых с низкой реактивностью пассивный антиортостаз изменений ритма сердца не вызывает.

Анализ результатов проведенного исследования показал наличие индивидуальных особенностей реагирования испытуемых на различные поструральные изменения, что в значительной степени определяется уровнем возбудимости центров вегетативной

нервной системы. Это согласуется с результатами работ ряда ученых [19, 20], что позволяет не только обосновать возможные варианты приспособительной реакции сердечно-сосудистой системы человека при изменении положения тела, но и использовать материалы настоящей работы в области спортивной медицины и реабилитологии.

Данное исследование имеет ряд ограничений: узкий возрастной диапазон ($19,35 \pm 0,21$ лет) и один пол (мужской) участников исследования.

Выводы

Таким образом, активный и пассивный ортостаз сопровождается возбуждением симпатических структур, участвующих в регуляции сердечного ритма, что в большей степени проявляется у лиц с высокой реактивностью симпатического отдела вегетативной нервной системы и низкой реактивностью парасимпатического. В результате пассивного антиортостаза у испытуемых с нормальной и высокой парасимпатической реактивностью, а также с нормальной реактивностью симпатической системы возрастает роль парасимпатических кардиальных центров в регуляции сердечного ритма. У лиц с высокой симпатической реактивностью и низкой парасимпатической реактивностью пассивный антиортостаз не приводит к изменению активности вегетативных кардиальных центров.

Библиографический список

1. Ермаков М.А., Казарцев В.В., Марченко А.Ю., Гаврилова Е.С., Астахов А.А. Ортостаз и антиортостаз как маркеры оценки регуляции гемодинамики тяжело больных // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 3.
2. Курникова А.А., Потехина Ю.П., Филатов А.А., Калинина Е.А., Первушкин Э.С. Роль опорно-двигательного аппарата в поддержании постурального баланса: обзор литературы // *Российский остеопатический журнал*. 2019. Т. 46–47. № 3–4. С. 135–149. doi: 10.32885/2220-0975-2019-3-4-135-149.
3. Garg A., Xu D., Laurin A., Blaber A.P. Physiological interdependence of the cardiovascular and postural control systems under orthostatic stress // *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*. 2014. V. 307. № 2. P. 259–264. doi: 10.1152/ajpheart.00171.2014.
4. Тишутин Н.А., Кисель А.Д., Рубчяня И.Н. Взаимосвязь постурального баланса и вегетативной регуляции сердечного ритма спортсменов при выполнении двигательного-когнитивных тестов // *Ученые записки Белорусского государственного университета физической культуры*. 2021. № 24. С. 328–333.
5. Fadel P.J., Raven P.B. Human investigations into the arterial and cardiopulmonary baroreflexes during exercise. // *Experimental Physiology*. 2012. V. 97. № 1. P. 39–50. doi: 10.1113/expphysiol.2011.057554.
6. Иржак Л.И., Дерновой Б.Ф. Изменения кардиогемодинамики человека при постуральных пробах // *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2015. Т. 21. № 1. С. 44–47.
7. Fois M., Maule S.V., Giudici M., Valente M., Ridolfi L., Scarsoglio S. Cardiovascular Response to Posture Changes: Multiscale Modeling and in vivo Validation During Head-Up Tilt // *Frontiers in Physiology*. 2022. № 13. doi: 10.3389/fphys.2022.826989.
8. Whittle R.S., Keller N., Hall E.A., Vellore H.S., Stapleton L.M., Findlay K.H., Dunbar B.J., Diaz-Artiles A. Gravitational Dose-Response Curves for Acute Cardiovascular Hemodynamics and Autonomic Responses in a Tilt Paradigm // *Journal of the American Heart Association*. 2022. V. 14. № 11. doi: 10.1161/jaha.121.024175.
9. Плетнев А.А., Быков Е.В., Зинурова Н.Г., Чупышев А.В. Оценка переходных процессов гемодинамики спортсменов при ортопробе на основании анализа спектральных характеристик // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1.
10. Анисимов А.А., Белов А.В., Новикова Т.В., Сергеев Т.В., Суворов Н.Б., Шабров А.В. Комплекс инструментальных средств для регистрации показателей сердечно-сосудистой, нервной и дыхательной систем при постуральных воздействиях // *Вестник новых медицинских технологий*. 2022. Т. 29. № 1. С. 67–71. doi: 10.2441/2/1609-2163-2022-1-67-71.
11. Лесова Е.М., Самойлов В.О., Филиппова Е.Б. Зависимость сосудистых реакций от баланса регуляторных влияний на сердечный ритм при выполнении ортостатической пробы // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2017. N. 57. № 1. С. 101–104.
12. Ильютик А.В., Комарова А.А., Зубовский Д.К., Астахова А.Ю. Вариабельность сердечного ритма у студентов в зависимости от индекса массы тела // *Мир спорта*. 2018. N. 70. № 1. С. 77–82.
13. Shrestha B., Dunn L. The Declaration of Helsinki on Medical Research involving Human Subjects: A Review of Seventh Revision // *Journal of Nepal Health Research Council*. 2020. V. 17. № 4. P. 548–552. doi: 10.33314/jnhrc.v17i4.1042.
14. Skorlupkin D.A., Golubeva E.K., Yarchenkova L.L. Влияние положения тела на вариабельность ритма сердца в зависимости от особенностей тонуса центров вегетативной нервной системы // *Современные вопросы биомедицины*. 2023. Т. 7. № 2. doi: 10.51871/2588-0500_2023_07_02_.
15. Сурина-Марышева Е.Ф., Епишева А.А., Ермолаева Е.Н. Индивидуально-типологический подход в анализе вари-

бельности сердечного ритма хоккеистов 7–16 лет // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22. № 3. С. 70–79. doi: 10.14529/hsm220309.

16. Караулова Л.В. О разработке алгоритма по выбору статистических критериев в медико-биологических исследованиях // Медицинское образование сегодня. 2019. N. 5. № 1. С. 61–71.

17. Sannino G., Melillo P., Stranges S., De Pietro G., Pecchia L. Short term Heart Rate Variability to predict blood pressure drops due to standing: a pilot study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2015. № 15. doi: 10.1186/1472-6947-15-S3-S2.

18. Mohammadyari P., Gadda G., Taibi A. Modelling physiology of haemodynamic adaptation in short-term microgravity exposure and orthostatic stress on Earth // *Scientific reports*. 2021. V. 11. № 1. doi: 10.1038/s41598-021-84197-7.

19. Турманидзе А.В., Турманидзе В.Г., Калинина И.Н. Кардиоваскулярные тесты в оценке срочной адаптации сердечно-сосудистой системы бадминтонистов // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1.

20. Кальсина В.В., Кудря О.Н., Реуцкая Е.А. Оценка функционального состояния биатлонисток высокой квалификации по показателям вариабельности ритма сердца // *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта*. 2021. Т. 198. № 8. С. 111–118.

References

1. Ermakov MA, Kazartsev VV, Marchenko AYU, Gavrilova ES, Astakhov AA. Orthostasis and antiorthostasis as markers of hemodynamic regulation assessment in seriously ill patients. *Modern problems of science and education*. 2015;3. (In Russian).

2. Kournikova AA., Potekhina YuP, Filatov AA, Kalinina EA, Pervushkin ES. The role of the musculoskeletal system in maintaining postural balance: literature review. *Russian Osteopathic Journal*. 2019;3–4(46–47):135–149. doi: 10.32885/2220-0975-2019-3-4-135-149. (In Russian).

3. Garg A, Xu D, Laurin A, Blaber AP. Physiological interdependence of the cardiovascular and postural control systems under orthostatic stress. *American journal of physiology — Heart and circulatory physiology*. 2014;307(2):259–264. doi: 10.1152/ajpheart.00171.2014.

4. Tishutin NA, Kisel AD, Rubchenya IN. Interrelation of postural balance and autonomic regulation of athletes' heart rate when performing motor-cognitive tests. *Scientific notes of the Belarusian State University of Physical Culture*. 2021;24:328–333. (In Russian).

5. Fadel PJ, Raven PB. Human investigations into the arterial and cardiopulmonary baroreflexes during exercise. *Experimental Physiology*. 2012;97(1):39–50. doi: 10.1113/expphysiol.2011.057554.

6. Irzhak LI, Dernovoy BF. Changes in human cardiohemodynamics during postural tests. *Izvestiya Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2015;1(21):44–47. (In Russian).

7. Fois M, Maule SV, Giudici M, Valente M, Ridolfi L, Scarsoglio S. Cardiovascular Response to Posture Changes: Multiscale

Modeling and in vivo Validation During Head-Up Tilt. *Frontiers in Physiology*. 2022;13. doi: 10.3389/fphys.2022.826989.

8. Whittle RS, Keller N, Hall EA, Vellore HS, Stapleton LM, Findlay KH, Dunbar BJ, Diaz-Artiles A. Gravitational Dose-Response Curves for Acute Cardiovascular Hemodynamics and Autonomic Responses in a Tilt Paradigm. *Journal of the American Heart Association*. 2022;11(14). doi: 10.1161/JAHA.121.024175.

9. Pletnev AA, Bykov EV, Zinurova NG, Chipyshev AV. Assessment of transient processes of hemodynamics of athletes during orthoprobe based on the analysis of spectral characteristics. *Modern problems of science and education*. 2014;1. (In Russian).

10. Anisimov AA, Belov AV, Novikova TV, Sergeev TV, Suvorov NB, Shabrov AV. A set of tools for recording indicators of the cardiovascular, nervous and respiratory systems under postural effects. *Bulletin of New Medical Technologies*. 2022;1:67–71. doi: 10.24412/1609-2163-2022-1-67-71. (In Russian).

11. Lesova EM, Samoilo V O, Filippova EB. Dependence of vascular reactions on the balance of regulatory influences on the heart rate when performing an orthostatic test. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2017;1(57):101–104. (In Russian).

12. Ilyutik AV, Komarova AA, Zubovsky DK, Astashova AYU. Heart rate variability in students depending on body mass index. *The world of sports*. 2018;1(70):77–82. (In Russian).

13. Shrestha B, Dunn L. The Declaration of Helsinki on Medical Research involving Human Subjects: A Review of Seventh Revision. *Journal of Nepal Health Research Council*. 2020;17(4):548–552. doi: 10.33314/jnhrc.v17i4.1042.

14. Skorlupkin DA, Golubeva EK, Yarchenkova LL. The influence of body position on heart rate variability depending on the characteristics of the tone of the centers of the autonomic nervous system. *Modern issues of biomedicine*. 2023;2. (In Russian). doi: 10.51871/2588-0500_2023_07_02_.

15. Surina-Marysheva EF, Episheva AA, Ermolaeva EN. Individual typological approach in the analysis of heart rate variability of hockey players aged 7–16 years. *Human. Sport. Medicine*. 2022;3:70–79. (In Russian). doi: 10.14529/hsm220309.

16. Karaulova LV. On the development of an algorithm for the selection of statistical criteria in biomedical research. *Medical education today*. 2019;1(5):61–71. (In Russian).

17. Sannino G, Melillo P, Stranges S, De Pietro G, Pecchia L. Short term Heart Rate Variability to predict blood pressure drops due to standing: a pilot study. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2015;15. doi: 10.1186/1472-6947-15-S3-S2.

18. Mohammadyari P, Gadda G, Taibi A. Modelling physiology of haemodynamic adaptation in short-term microgravity exposure and orthostatic stress on Earth. *Scientific reports*. 2021;11(1). doi: 10.1038/s41598-021-84197-7.

19. Turmanidze AV, Turmanidze VG, Kalinina IN. Cardiovascular tests in assessing the urgent adaptation of the cardiovascular system of badminton players. *Modern problems of science and education*. 2015;1. (In Russian).

20. Kalsina VV, Kudrya ON, Reutskaya EA. Assessment of heart rate variability. *Scientific notes of the P.F. Lesgaft University*. the functional state of highly qualified biathletes by indicators of 2021;8(198):111–118. (In Russian).

Ответственный за переписку: Скорлупкин Дмитрий Андреевич — аспирант кафедры нормальной физиологии Ивановской государственной медицинской академии, Российская Федерация, 153012, г. Иваново, Шереметевский пр-т, д. 8. E-mail: sk_dmit96@mail.ru.

Скорлупкин Д.А. SPIN 5232–5682; ORCID 0009–0001–2586–6711

Голубева Е.К. SPIN 1750–0121; ORCID 0000–0002–0664–4742

Ярченкова Л.Л. SPIN 3228–3480

Corresponding author: Skorlupkin Dmitry Andreevich — PhD student of the Department of Normal Physiology, Ivanovo State Medical Academy, 153012, Sheremetevsky pr-t, 8, Ivanovo, Russian Federation. E-mail: sk_dmit96@mail.ru.

Skorlupkin D.A. ORCID 0009–0001–2586–6711

Golubeva E.K. ORCID 0000–0002–0664–4742