Дата публикации: 01.12.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_18
УДК 57.034

Publication date: 01.12.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_18
UDC 57.034

ОСОБЕННОСТИ ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА

С.И. Павленко[1,2], Д.С. Громова[2,3]
[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Самара, Россия
[3]Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской Академии Наук, г. Пущино, Россия

Аннотация. ***Введение.*** В организме человека в функционировании большинства органов и тканей наблюдается строго заданная суточная динамика. Контроль за изменением активности функционирования органов в течение суток осуществляется сложной системой взаимодействующих генов. Цель настоящей работы: изучить особенности хронобиологической организации сердечно-сосудистой системы у студентов медицинского вуза. ***Методы.*** В исследовании принимали участие 40 студентов обоих полов в возрасте от 19 до 22 лет. Для определения хронотипа студентов применяли тест Д. Хорна – О. Остберга в модификации А.А. Путилова. Показатели артериального давления регистрировали в положении сидя по методу Короткова с помощью тонометра. Частоту сердечных сокращений измеряли в состоянии покоя с помощью напалечного пульсоксиметра «Little Doctor, MD300». На основании зарегистрированных данных рассчитывали вегетативный индекс Кердо для оценки ведущего отдела нервной системы. Для статистического анализа применяли тест Шапиро-Уилка, U-критерий Манна-Уитни. ***Результаты.*** По результатам исследования установлено, что наиболее низкие показатели гемодинамики наблюдаются у представителей утреннего хронотипа, а наиболее высокие параметры систолического и диастолического артериального давления отмечены для лиц с хронотипом «голуби». В течение дня тонус симпатической нервной системы у лиц с утренним хронотипом снижается. ***Заключение.*** На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что функционирование сердечно-сосудистой системы имеет четкую выраженную в течение суток биоритмологическую организацию, которая в том числе зависит от хронотипа человека.
Ключевые слова: хронотип, циркадианные гены, артериальное давление, частота сердечных сокращений, вегетативный индекс Кердо.

CHARACTERISTICS OF THE CHRONOBIOLOGICAL ORGANIZATION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM IN MEDICAL STUDENTS

S.I. Pavlenko[1,2], D.S. Gromova[2,3]
[1]Samara National Research University, Samara, Russia
[2]Samara State Medical University, Samara, Russia
[3]Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Pushchino, Russia

Abstract. ***Introduction.*** In the human body, the functioning of most organs and tissues follows a strictly defined daily pattern. Changes in organ function throughout the day are controlled by a complex system of interacting genes. The aim of this study was to examine the chronobiological characteristics of the cardiovascular system in medical students. ***Methods.*** Forty male and female students aged 19 to 22 participated in the study. To determine the students' chronotype, the D. Horn-O. Ostberg test, modified by A.A. Putilov, was used. Blood pressure readings were recorded in a sitting position using the Korotkov method and a tonometer. Heart rate was measured at rest using a Little Doctor MD300 fingertip pulse oximeter. Based on the recorded data, the Kerdo autonomic index was calculated to assess the dominant nervous system function. The Shapiro-Wilk test and the Mann-Whitney U-test were used for statistical analysis. ***Results.*** The study found that the lowest hemodynamic parameters were observed in those with the morning chronotype, while the highest systolic and diastolic blood pressure parameters were observed in those with the "pigeon" chronotype. Throughout the day, sympathetic nervous system tone decreases in those with the morning chronotype. ***Conclusion.*** Based on the study, it can be concluded that the functioning of the cardiovascular system has a clearly defined biorhythmological organization throughout the day, which, among other things, depends on a person's chronotype.
Keywords: chronotype, circadian genes, blood pressure, heart rate, Kerdo autonomic index.

Введение. Цикличность биологических процессов, наблюдаемая в природе, в организме человека проявляется определенной внутренней организацией суточной динамики работы жизненно важных органов и систем. Контроль за изменением активности функционирования органов в течение суток осуществляется сложной системой взаимодействующих генов. К ним относятся гены *Bmal1* и *Clock*, запускающие транскрипцию; гены транскрипционных факторов *period* (*Per1, Per2, Per3*); ген *Timeless* (*TIM*); ген *Npas2*; гены белков криптохромов 1 и 2 (*Cry1* и *Cry2*), участвующих в процессе улавливания света; гены казеинкиназ (*Csnk1d, Csnk1e*), а также гены *Rev-erbα, Rora, Bhlhe40* и *Bhlhe41*. Кодируемые этими генами факторы транскрипции, ферменты, транспортеры, прогормоны, сигнальные и другие белки вовлечены в регуляцию суточной периодичности [1-3]. Роль ключевого регулятора циркадианных ритмов принадлежит генам, ассоциированным с обменом мелатонина. Два из них кодируют ферменты, ответственные за превращение серотонина в мелатонин. Гены *Mel 1a, Mel 1b* и *GPR50* обеспечивают синтез белков, выступающих рецепторами к мелатонину. Такие рецепторы располагаются на поверхности клеточных мембран супрахиазматического ядра гипоталамуса, гиппокампа, в коре больших полушарий и мозжечке [3]. Экспрессия генов *Mel 1* обнаруживается в коронарных артериях, *Mel 2* – в аорте, левом желудочке, коронарных артериях. Вероятно, эти рецепторы обеспечивают циркадианный ритм гемодинамики [3, 4].

Взгляд на сердечно-сосудистую систему с точки зрения циркадианных генов представляет большой интерес, так как может помочь в описании физиологических механизмов, лежащих в основе адаптационных процессов, а также расширить возможности для поиска лекарственных средств, направленных на терапию заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Цель настоящей работы: изучить особенности хронобиологической организации сердечно-сосудистой системы у студентов медицинского вуза.

Методы и организация исследования. В исследовании участвовали 40 студентов обоих полов в возрасте 19-22 лет, обучающиеся на педиатрическом и лечебном факультетах Самарского государственного медицинского университета. Критериями исключения для участия в исследовании были диагностированные заболевания сердечно-сосудистой системы, психические и неврологические нарушения. Перед участием в исследовании со всех респондентов было получено письменное информированное добровольное согласие. Исследование выполнено с соблюдением этических принципов проведения биомедицинских научных исследований с участием человека.

Для определения хронотипа студентов применяли тест Д. Хорна – О. Остберга в модификации А.А. Путилова. На основании полученных данных были сформированы три экспериментальные группы. Первая группа – лица, имеющие утренний тип суточной активности («жаворонки», n=10), вторая группа – лица, имеющие дневной хронотип («голуби», n=16), третья группа – лица, имеющие вечерний хронотип («совы», n=17).

Показатели артериального давления (систолическое – САД и диастолическое – ДАД) регистрировали в положении сидя по методу Короткова с помощью тонометра. Частоту сердечных сокращений (ЧСС) измеряли в состоянии покоя с помощью напалечного пульсоксиметра «Little Doctor, MD300». Измерение показателей сердечно-сосудистой системы осуществляли трижды в день: утром с 8.00 до 9.00, днем с 13.00 до 14.00 ч и вечером с 18.00 до 19.00 ч.

Используя показатели артериального давления для каждого испытуемого, проводили оценку тонуса ведущего отдела нервной системы путем расчета вегетативного индекса Кердо (ВИК). Индекс рассчитывали по формуле:

$$ВИК = (1 – ДАД/ЧСС) \times 100\%.$$

Статистический анализ проводили с использованием программного пакета SigmaPlot 12.0. Для оценки распределения полученных данных применяли тест Шапиро-Уилка. Для сравнения количественных показателей двух независимых выборок применяли U-критерий Манна-Уитни. Статистически значимыми считались различия при $p<0,05$. Полученные результаты описывались с указанием

медианы (Me) и интерквартильного размаха в виде 1-го и 3-го квартилей [Q1; Q3], а также как изменения средних значений в %.

Результаты исследования и их обсуждение. Из всех органов и систем организма человека сердечно-сосудистая система имеет наиболее четкую хронобиологическую организацию.

В проведенном исследовании отмечены достоверные статистически значимые отличия в показателях ДАД между лицами, имеющими хронотип «жаворонки» и хронотип «голуби» в утреннее, дневное и вечернее время суток. В частности, значения диастолического артериального давления у студентов-«голубей» превышали таковые у студентов-«жаворонков» на 16,3% утром, 9,7% днем и 10,6% вечером (рис. 1). Кроме этого, важно отметить тот факт, что у лиц с утренним хронотипом отмечаются самые минимальные среди всех испытуемых показатели ДАД на протяжении суток, а именно 67,50 [61,95; 72,75] мм рт. ст. утром; 70,30 [65,97; 72,00] мм рт. ст. днем и 68,80 [64,50; 74,40] мм рт. ст. вечером. В то же время для лиц с хронотипом «голуби» зарегистрированы самые высокие показатели данного параметра функционирования сердечно-сосудистой системы: в утренние часы – 79,50 [69,00; 80,00] мм рт. ст., дневные – 77,50 [64,75; 80,00] мм рт. ст. и вечерние – 76,50 [67,50; 81,85] мм рт. ст. У студентов, имеющих хронотип «совы», показатель ДАД в течение дня соответствовал в среднем значениям 71,00 [63,00; 77,50] мм рт. ст.

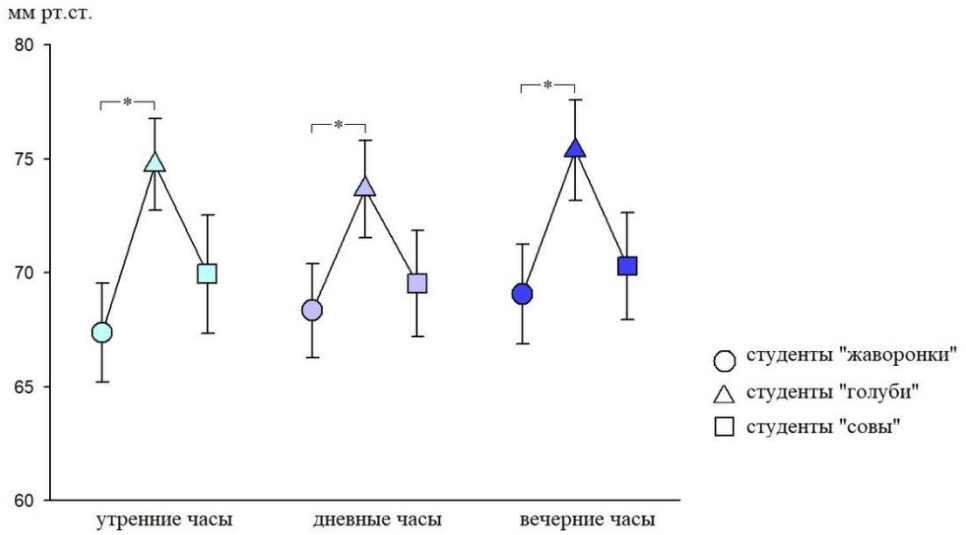


Рис. 1. Показатели диастолического артериального давления у лиц с разными хронотипами
Примечание: * – $p<0,05$.

Наиболее значимые различия между параметрами функционирования сердечно-сосудистой системы у студентов с разными хронотипами отмечаются в отношении такого показателя, как систолическое артериальное давление. Статистически значимые отличия между величиной САД у лиц с утренним и вечерним хронотипами отмечены только в вечернее время (рис. 2). Величина САД в это время в группе «жаворонков» составила 111,5 [100,65; 117,15] мм рт. ст., а в группе «сов» – 120,0 [110,0; 124,0] мм рт. ст. ($p<0,05$).

У лиц с утренним и дневным хронотипами отмечается статистически значимая разница в показателях САД в утренние, дневные и вечерние часы. Так же, как и для показателей ДАД, максимальные величины САД отмечены в группе студентов, имеющих хронотип «голуби»: в утренние часы – 116,0 [111,25; 124,5] мм рт. ст., в дневные – 119,0 [112,25; 120,75] мм рт. ст., вечерние – 120,0 [114,25; 124,75] мм рт. ст. Минимальные значения САД были характерны для студентов-«жаворонков», у которых в утреннее время величина систолического артериального давления равнялась 110,0 [104,47; 114,0] мм рт. ст., в дневные – 110,0 [104,90; 117,07] мм рт. ст., а в вечерние – 111,5 [100,65; 117,15] мм рт. ст. (рис. 2). Таким образом, средние показатели артериального давления свидетельствуют о некоторой гипотонии, которая наблюдается у студентов, имеющих утренний хронотип.

По мнению некоторых ученых циркадианные колебания артериального давления могут быть связаны с участием мелатонина в регуляции этого показателя сердечно-сосудистой деятельности. Подтверждением, вероятно, выступает наличие рецепторов к мелатонину в мышечном слое и эндотелии сосудов [5].

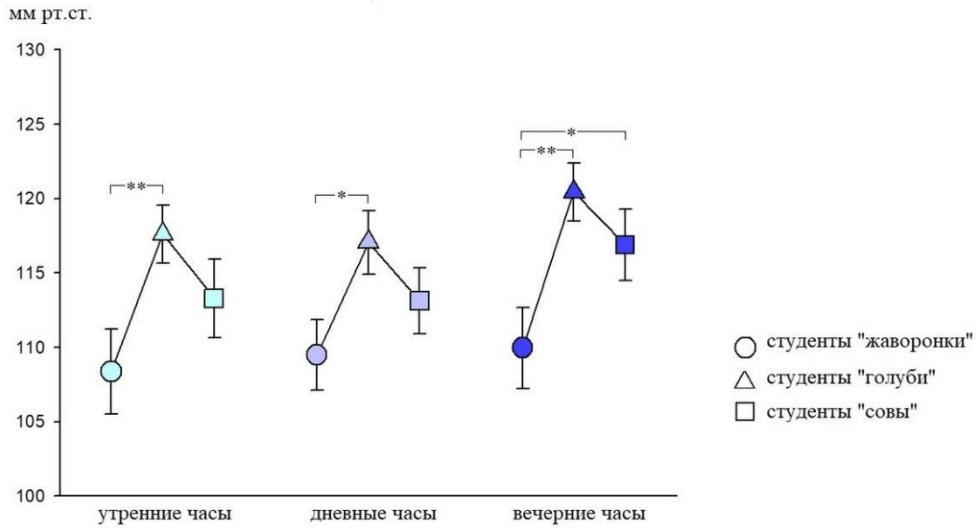


Рис. 2. Показатели систолического артериального давления у лиц с разными хронотипами
Примечание: * – $p<0,05$, ** – $p<0,01$.

Показатели ЧСС не имели статистически значимых отличий у лиц с разными хронотипами (рис. 3), однако была выявлена определенная динамика изменений в течение суток внутри группы. Так, у студентов с утренним хронотипом значения ЧСС изменялись в сторону снижения величины в вечернее время 76,0 [69,37; 85,40] уд/мин в сравнении с утренними часами – 82,30 [68,70; 94,97] уд/мин ($p<0,05$). При этом в утреннее время суток ЧСС у представителей всех хронотипов была практически одинаковой и составляла в среднем 81,93 [72,56; 92,24] уд/мин, что соответствует верхней границе нормы для взрослого человека. В целом для представителей всех хронотипов была отмечена динамика урежения пульса в течение дня с минимальными показателями ЧСС в вечернее время.

В некоторых исследованиях отмечено, что у здоровых людей наблюдается значительное снижение ЧСС в ночное время, заметный подъем в утренние часы и постепенное снижение в вечернее время [6, 7].

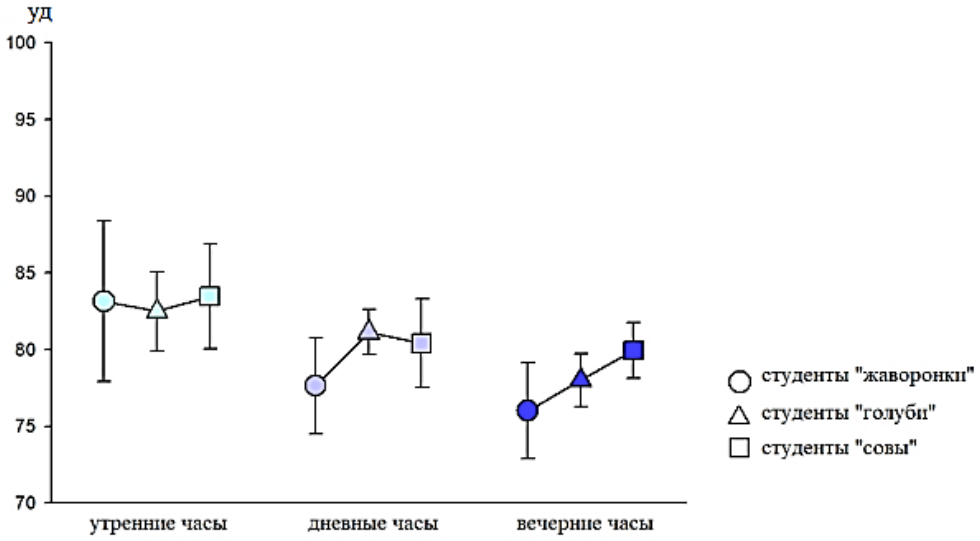


Рис. 3. Показатели частоты сердечных сокращений у лиц с разными хронотипами

Показатели ведущего тонуса нервной системы у представителей дневного и вечернего хронотипов имели статистически значимые отличия только в вечернее время, и эта разница составила 110,5% (рис. 4).

В целом, важно отметить, что максимальный показатель индекса Кердо регистрировался у лиц с хронотипом «жаворонки» в утренние часы – 16,76 [1,65; 27,09], что свидетельствует о преобладании тонуса симпатической нервной системы. Такие значения свидетельствуют об излишнем напряжении висцеральных систем у данного хронотипа в утренние часы. В течение дня тонус симпатической нервной системы у лиц с утренним хронотипом снижается, усиливаются парасимпатические влияния, о чем свидетельствует показатель вегетативного индекса Кердо, равный 9,27 [-1,59; 18,95]. У лиц с хронотипом «голуби» значения индекса Кердо изменяются волнообразно, достигают максимальных значений в дневное время, а к вечеру достигают минимальных отметок -2,68 [-8,85; 20,62], что свидетельствует о нормотонусе респондентов.

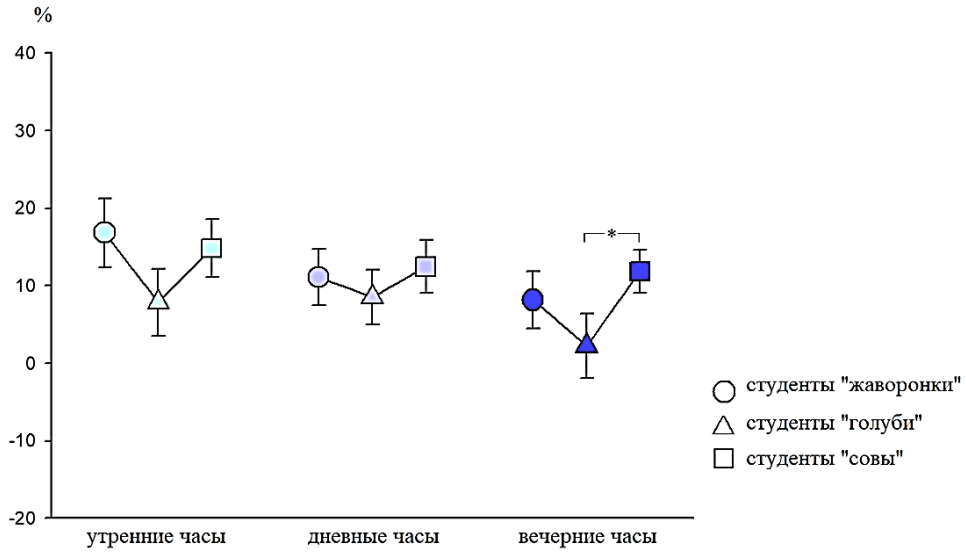


Рис. 4. Показатели изменения вегетативного индекса Кердо у лиц с разными хронотипами
Примечание: * – p<0,05.

Заключение. Таким образом, нами была изучена особенность хронобиологической организации сердечно-сосудистой системы у студентов медицинского вуза, имеющих утренний, дневной и вечерний типы активности. На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что функционирование сердечно-сосудистой системы имеет четкую, выраженную в течение суток биоритмологическую организацию, которая в том числе зависит от хронотипа человека, мелатонин, синтез и эффект которого контролируется специфическими генами, является ключевым веществом, регулирующим циркадианную ритмичность параметров гемодинамики.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Genome-wide association analyses of chronotype in 697,828 individuals provides insights into circadian rhythms / E. Samuel, M. Jacqueline, A.R. Wood [et al.] // Nature Communications. – 2019. – Vol. 10. – P. 343. DOI: 10.1038/s41467-018-08259-7.
2. Martha, H. Genetics of Circadian Rhythms / H. Martha, S. Kazuhiro, J. Peng // Neurol Clin. – 2019. – Vol. 37. – No. 3. – P. 487-504. DOI: 10.1016/j.ncl.2019.05.002.
3. Соловьева, Н.А. Генетические аспекты регуляции циркадных ритмов, влияющих на устойчивость к стрессу / Н.А. Соловьева, О.Н. Колосова // Якутский медицинский журнал. – 2020. – № 4. – С. 112-115.
4. Молекулярные маркеры циркадианных ритмов у пациентов с острым ишемическим инсультом (предварительные результаты) / Л.С. Коростовцева, Е.Н. Заброда, С.Н. Коломейчук [и др.] // Артериальная гипертензия. – 2024. – Т.

30. – № 3. – С. 282-291. DOI: 10.18705/1607-419X-2024-2442.
5. Заславская, Р.М. Эффективность мелатонина при ишемической болезни сердца / Р.М. Заславская // Клиническая медицина. – 2022. – Т. 100. – № 6. – С. 285-287. DOI: 10.30629/0023-2149-2022-100-6-285-287.
6. Пучкова, А.Н. Режим сна и бодрствования и хронотипы студентов: формирование социального десинхроноза и связь с успеваемостью / А.Н. Пучкова, Е.О. Гандина, А.О. Таранов // Эффективная фармакотерапия. Неврология и психиатрия. – 2023. – Т. 19. – № 41. – С. 38-43.
7. Павленко, С.И. Динамика изменений параметров сердечно-сосудистой системы в течение дня у студентов с различными хронотипами / С.И. Павленко, Д.С. Громова, В.А. Гвоздева // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье. – 2025. – Т. 15. – № 3. – С. 42-47.

REFERENCES

1. Samuel E., Jacqueline M., Wood A.R. et al. Genome-wide association analyses of chronotype in 697,828 individuals provides insights into circadian rhythms. *Nature Communications*, 2019, vol. 10, p. 343. DOI: 10.1038/s41467-018-08259-7.
2. Martha H., Kazuhiro S., Peng J. Genetics of Circadian Rhythms. *Neurol Clin.*, 2019, vol. 37, no. 3, pp. 487-504. DOI: 10.1016/j. ncl.2019.05.002.
3. Solovieva N.A., Kolosova O.N. Genetic aspects of regulation of circadian rhythms as a factor in stress resistance. *Yakut Medical Journal*, 2020, no. 4, pp. 112-115. (in Russ.)
4. Korostovtseva L.S., Zabroda E.N., Kolomeychuk S.N., Gordeev A.D., Amelina V.V., Stabrova E.A., Vasilieva E.Y., Bochkarev M.V., Sviryaev Yu.V. Molecular circadian markers in acute ischemic stroke (preliminary results). *Arterial Hypertension*, 2024, vol. 30, no. 3, pp. 282-291. DOI: 10.18705/1607-419X-2024-2442. (in Russ.)
5. Zaslavskaya R.M. The effectiveness of melatonin in coronary heart disease. *Clinical Medicine (Russian Journal)*, 2022, vol. 100, no. 6, pp. 285-287. DOI: 10.30629/0023-2149-2022-100-6-285-287. (in Russ.)
6. Puchkova A.N., Gandina E.O., Taranov A.O. University Students' Sleep and Wake Schedule and Chronotypes: Formation of Social Jetlag and Relationship to Academic Performance. *Effective Pharmacotherapy. Neurology and psychiatry*, 2023, vol. 19, no. 41, pp. 38-43. (in Russ.)
7. Pavlenko S.I., Gromova D.S., Gvozdeva V.A. Daily dynamics of cardiovascular system parameters in students with different chronotypes. *Bulletin of the Medical Institute 'REAVIZ: Rehabilitation, Doctor, and Health'*, 2025, vol. 15, no. 3, pp. 42-47. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Снежанна Ивановна Павленко – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры физиологии человека и животных, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева; доцент кафедры физиологии с курсом безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф, Самарский государственный медицинский университет, Самара, e-mail: pavlenko.snezhanna@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5506-5328.
Дарья Сергеевна Громова – старший преподаватель кафедры общей и молекулярной биологии, старший преподаватель кафедры физиологии, Самарский государственный медицинский университет; научный сотрудник лаборатории изотопных исследований, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, e-mail: d.s.gromova@samsmu.ru, ORCID: 0000-0003-0650-0252.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Snezhanna I. Pavlenko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Human and Animal Physiology, Samara National Research University; Associate Professor of the Department of Physiology with the course of Life Safety and Disaster Medicine, Samara State Medical University, Samara, e-mail: pavlenko.snezhanna@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5506-5328.
Dar'ya S. Gromova – Lecturer of the Department of General and Molecular Biology, Lecturer of the Department of Physiology, Samara State Medical University, Samara; Researcher of the Laboratory of Isotope Research, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, e-mail: d.s.gromova@samsmu.ru, ORCID: 0000-0003-0650-0252.

Для цитирования: Павленко, С.И. Особенности хронобиологической организации сердечно-сосудистой системы у студентов медицинского вуза / С.И. Павленко, Д.С. Громова // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 4(34). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_18

For citation: Pavlenko S.I., Gromova D.S. Characteristics of the chronobiological organization of the cardiovascular system in medical students. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 4(34). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_04_18