

ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЛИЧИЯ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ

Бочарин Иван Владимирович^{ABCD}

Старший преподаватель кафедры физической культуры и спорта, Приволжский исследовательский медицинский университет (Нижний Новгород, Россия), аспирант кафедры физиологии и биохимии животных, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия). E-mail: bocharin.ivan@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4961-5351

Мартусевич Андрей Кимович^{ABD}

Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории медицинской биофизики, Приволжский исследовательский медицинский университет (Нижний Новгород, Россия), профессор кафедры физиологии и биохимии животных, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия). E-mail: [crist-mart@yandex.ru](mailto:cryst-mart@yandex.ru). ORCID: 0000-0002-0818

Гурьянов Максим Сергеевич^{AC}

Доктор медицинских наук, доцент, зав. кафедрой физической культуры и спорта, Приволжский исследовательский медицинский университет (Нижний Новгород, Россия). E-mail: msg210411@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-9910-5141

Чечурова Дарья Дмитриевна^{AB}

Студентка лечебного факультета, Приволжский исследовательский медицинский университет (Нижний Новгород, Россия). E-mail: dariachechurova28@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1405-6166

FEATURES OF THE STATE OF HEMODYNAMICS OF STUDENTS DEPENDING ON THE AVAILABILITY OF SPORTS TRAINING

Bocharin Ivan Vladimirovich^{ABCD}

Senior teacher of the department of physical culture and sport, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia), PhD student of the department of physiology and biochemistry, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Nizhny Novgorod, Russia). E-mail: bocharin.ivan@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4961-5351

Martusevich Andrey Kimovich^{ABD}

Advanced Doctor in biological science, Leading Researcher, Laboratory of Medical Biophysics, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia), professor of the department of physiology and biochemistry, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Nizhny Novgorod, Russia). E-mail: crist-mart@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-0818

Guryanov Maksim Sergeevich^{AC}

Advanced Doctor in medical science, Associate Professor, Head of the department of physical culture and sport, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia). E-mail: msg210411@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-9910-5141

Checurova Darya Dmitrievna^{AB}

Student of the medical faculty, Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russia). E-mail: dariachechurova28@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1405-6166

Следует цитировать / Citation:

Бочарин И.В., Мартусевич А.К., Гурьянов М.С., Чечурова Д.Д. Особенности состояния гемодинамики студентов в зависимости от наличия спортивной подготовки // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. 2021. 22 (2). С. 62-71 URL: <http://journal.asu.ru/index.php/zosh>. DOI: [https://doi.org/10.14258/zosh\(2021\)2.06](https://doi.org/10.14258/zosh(2021)2.06).

Bocharin I.V., Martusevich A.K., Guryanov M.S., Checurova D.D. (2021) Features of the state of hemodynamics of students depending on the availability of sports training. Health, Physical Culture and Sports, 22 (2), pp. 62–71 (in Russian). URL: <http://journal.asu.ru/index.php/zosh>. DOI: [https://doi.org/10.14258/zosh\(2021\)2.06](https://doi.org/10.14258/zosh(2021)2.06).

Поступило в редакцию / Submitted 30.02.2021

Принято к публикации / Accepted 11.05.2021

Аннотация. Целью данной статьи послужило изучение состояния параметров гемодинамики студентов в зависимости от наличия или отсутствия спортивной подготовки. В исследование вошли результаты кардиоинтервалографического обследования 102 студентов (возраст 19–20 лет), дифференцированных на студентов, регулярно занимающихся физической нагрузкой, и студентов, у которых практически не наблюдается физическая активность. Для регистрации ЭКГ и анализа гемодинамических показателей, в том числе характеризующих вариабельность сердечного ритма, применяли систему спортивного тестирования «Medical Soft» (вариант «MS FIT Pro», Россия). Для мониторинга использовали стандартные гемодинамические параметры (уровень артериального давления, частота пульса, ударный объем, сердечный выброс и др.), статистические и спектральные показатели вариабельности сердечного ритма, а также интегральный критерий состояния микроциркуляции. Анализ данных производили в соответствии с возрастными нормативами, сформированными разработчиками оборудования. Проведенное исследование позволило установить, что изученные гемодинамические индикаторы и параметры вариабельности сердечного ритма у большинства студентов-спортсменов в целом укладывались в пределы физиологического возрастного диапазона. У тренированной группы лиц наблюдались более низкий уровень частоты сердечных сокращений, меньший риск аритмогенных событий, повышенная симпатическая стимуляция миокарда, больший объем кровеносных сосудов и тонус артериол. Следовательно, большими адаптивными резервами и лучшей тренированностью миокарда обладают студенты, занимающиеся физическими упражнениями.

Ключевые слова: физические нагрузки, система спортивного тестирования, гемодинамика, вариабельность сердечного ритма, студенты.

Abstract. The purpose of the study in this article was to study the state of the hemodynamic parameters of students, depending on the presence or absence of sports training. The study included the results of a cardiointervalographic study of 102 students (age 19–20 years), differentiated into students who regularly engage in physical activity and students who have virtually no physical activity. For ECG registration and analysis of hemodynamic parameters, including those characterizing heart rate variability, the sports testing system "Medical Soft" (variant "MS FIT Pro", Russia) was used. Standard hemodynamic parameters (blood pressure level, pulse rate, stroke volume, cardiac output, etc.), statistical and spectral indicators of heart rate variability, as well as an integral criterion of the state of microcirculation were used for monitoring. The data analysis was performed in accordance with the age standards formed by the equipment developers. The study allowed us to establish that the studied hemodynamic indicators and parameters of heart rate variability in the majority of student-athletes generally fit within the physiological age range. The trained group of individuals had a lower level of heart rate, a lower risk of arrhythmogenic events, increased sympathetic stimulation of the myocardium, a larger volume of blood vessels and arteriole tone. Consequently, students engaged in physical exercises have greater adaptive reserves and better training of the myocardium.

Keywords: physical activity, sports testing system, hemodynamics, heart rate variability, students.

Введение и цель исследования. В настоящее время оценка параметров гемодинамики и вариабельности сердечного ритма (ВСР) являются одним из наиболее универсальных индикаторов

состояния сердечно-сосудистой системы (Баевский, 2002; Ноздрачев и др., 2001; Pichon et al., 2010). Показано, что анализ ВСР способен верифицировать как внутрисердечные механизмы регуляции

гемодинамики, так и характер внешних (нейрогуморальных, метаболических и др.) влияний на сердечный ритм и функциональное состояние организма (Баевский, 2002; Ноздрачев и др., 2001; Котельников и др., 2001; Sztajzel, 2004). На этом основании комплексное изучение параметров гемодинамики ВСП продемонстрировало свою информативность при различных заболеваниях и патологических состояниях, включая непосредственно кардиологическую (например, эссенциальную гипертензию (Остроумова и др., 2000) и внекардиальную патологию (в частности, тяжелые ожоги (Перетягин и др., 2011) и алкогольную абстиненцию (Мартусевич и др., 2011).

Отдельным аспектом применения кардиоинтервалографии является мониторинг состояния различных групп населения, в том числе — студенческой молодежи, которая априорно должна относиться к категории «практически здоровых лиц» (Бочарин и др., 2020; Першина и др., 2013). С другой стороны, у данной группы могут быть выявлены различные нарушения состояния сердечно-сосудистой системы (Pichon et al, 2010; Бочарин и др., 2020; Першина и др., 2013). Однако эта проблема изучена недостаточно подробно. Еще одна слабо освещенная проблема — анализ кардиоваскулярных резервов у значительной доли студентов, активно занимающихся спортом (Ноздрачев и др., 2001; Britton et al., 2019; Misigoj-Durakovic et al., 2019). В этом плане имеются определенные сведения, касающиеся переносимости нагрузок (Misigoj-Durakovic et al., 2019; Boettger et al., 2010) и стрессовых ситуаций (Britton et al., 2019; Hulka, 2015). Указано наличие определенной связи между успеваемостью студентов и уровнем их физической работоспособности по параметрам гемодинамики и ВСП (Britton et al., 2019; Hulka, 2015; Redondo et al., 2019). В то же время в литературе присутствуют лишь единичные косвенные свидетельства неодинаковости состояния гемодинамических показателей и сердечного ритма в зависимости от спортивной подготовленности студентов (Wang et al., 2018; Drezner et al., 2019). Важно отметить, что учет данного параметра может влиять на степень

выявляемости негативных кардиоваскулярных инцидентов у них (Perkins et al., 2017; Sharashdze et al., 2008; Adams et al., 2018). Это детерминирует необходимость более подробного рассмотрения состояния ВСП у различных групп студентов-спортсменов. Мониторинг состояния сердечно-сосудистой системы в том числе целесообразно проводить с помощью неинвазивных аппаратных комплексов. Одним из них является система спортивного тестирования «Medical Soft» — комплекс для тестирования функционального состояния организма, позволяющий произвести комплексный мониторинг состояния здоровья, сердечно-сосудистой системы, оценку их адаптационного потенциала, жесткость кровеносных сосудов, микроциркуляцию и др.

Целью исследования послужил анализ параметров гемодинамики и variability сердечного ритма у студентов в зависимости от уровня их спортивной подготовки.

Материалы и методы исследования. В исследование вошли результаты кардиоинтервалографического обследования 102 студентов Приволжского исследовательского медицинского университета (возраст 19–20 лет), дифференцированных на нетренированных студентов (n=41) и студентов, регулярно занимающихся физическими упражнениями. Исследование проводили в середине учебного дня, в спокойном состоянии (в межсессионный период, вне дней сдачи зачетов или коллоквиумов) в полном соответствии со стандартными правилами процедуры снятия электрокардиограммы (ЭКГ) (Баевский, 2002; Ноздрачев и др., 2001; Sztajzel, 2004; Остроумова и др., 2000). Для регистрации ЭКГ и анализа гемодинамических показателей, в том числе характеризующих variability сердечного ритма, применяли систему спортивного тестирования «Medical Soft» (вариант «MS FIT Pro», Россия). Для мониторинга использовали стандартные гемодинамические параметры (уровень артериального давления, частота пульса, ударный объем, сердечный выброс и др.), статистические и спектральные показатели variability сердечного ритма, а также интегральный критерий состояния микроциркуляции. Анализ данных

производили в соответствии с возрастными нормативами, сформированными разработчиками оборудования (Баевский, 2002; Ноздрачев и др., 2001; Pichon et al., 2010; Котельников и др., 2001; Sztajzel, 2004).

Полученные данные были обработаны статистически в программном пакете Statistica 6.0. Нормальность распределения значений параметров оценивали с использованием критерия Шапиро-Уилка. Результаты представлены в виде $M \pm \sigma$, где M — среднее значение, а σ — среднее квадратичное отклонение. Для оценки существенности межгрупповых различий выборку использовали критерий Стьюдента. Межгрупповые различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. На данном этапе исследования осуществляли оценку классических параметров,

характеризующих гемодинамические показатели, и ВСР студентов, входящих в сформированные группы (рис. 1–5). На этом основании установлено, что представители данного контингента лиц не демонстрируют отклонений от возрастного норматива по уровню артериального давления. Наблюдая за показателем частоты сердечных сокращений, можно предположить, что студенты-спортсмены имеют наличие более низкого показателя ($p < 0,05$), чем студенты, не занимающиеся спортом, что может быть обусловлено адаптационными изменениями миокарда в ответ на регулярную физическую нагрузку; в результате у студентов-спортсменов может наблюдаться компенсаторная брадикардия. Это создает резерв, необходимый для увеличения ЧСС при воздействии интенсивных физических нагрузок (рис. 1).

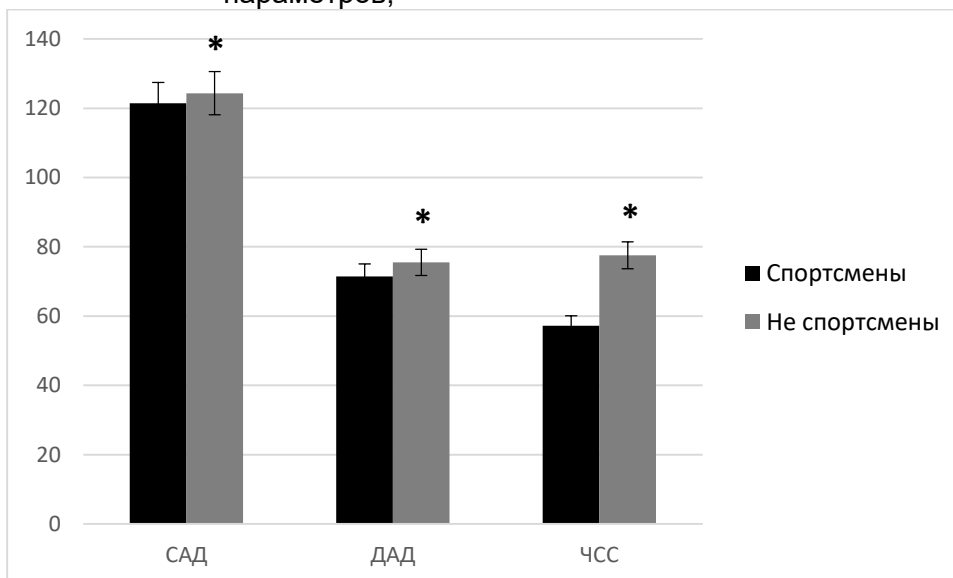


Рис. 1. Уровень систолического (САД) и диастолического (ДАД) давления у студентов в зависимости от их физической подготовки («*» — различия с уровнем, характерным для спортсменов, статистически значимы, $p < 0,05$)

Необходимо отметить, что значение систолического давления у нетренированной группы лиц превышает аналогичное значение у спортсменов ($p < 0,05$). По уровню диастолического давления различий практически не обнаружено ($p < 0,05$).

Параметр, характеризующий количество крови, выталкиваемой сердцем в сосуды при каждом сокращении, характеризует одну из функций насосной деятельности сердца (рис. 2).

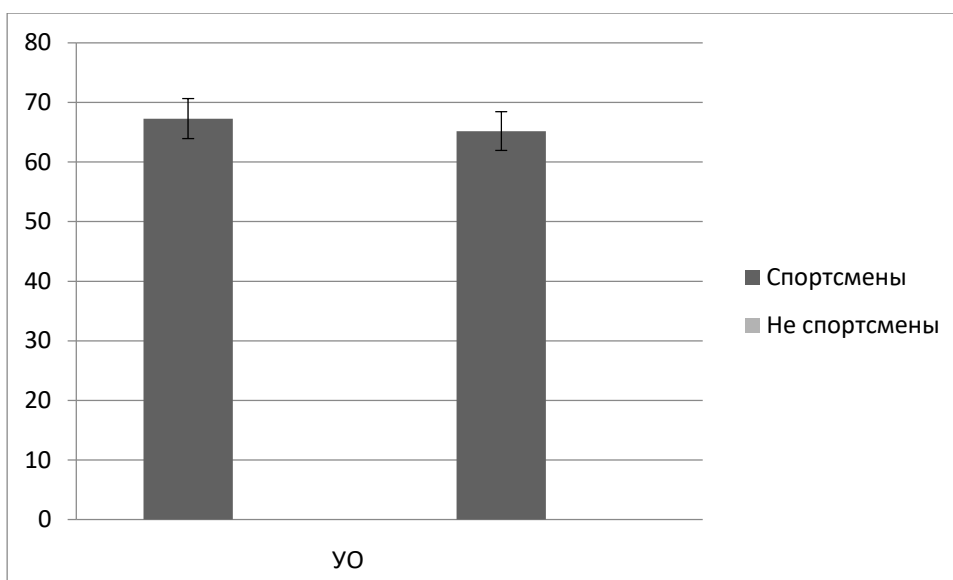


Рис. 2. Уровень ударного объема (УО) у студентов в зависимости от их физической подготовки («*» — различия с уровнем, характерным для спортсменов, статистически значимы, $p < 0,05$)

Гемодинамический показатель ударного объема сохраняется в нормативном диапазоне у обеих групп испытуемых ($p < 0,05$), у студентов-спортсменов он незначительно превышает аналогичный показатель нетренированных студентов. Это обусловлено большей потребностью тканей и органов в

кислороде при воздействии физических упражнений, тем самым способствуя увеличению данного показателя.

Показатели сердечного выброса, $pNN50$, и индекса вегетативного равновесия можно наблюдать в различных физиологических значениях у данного контингента лиц (рис. 3).

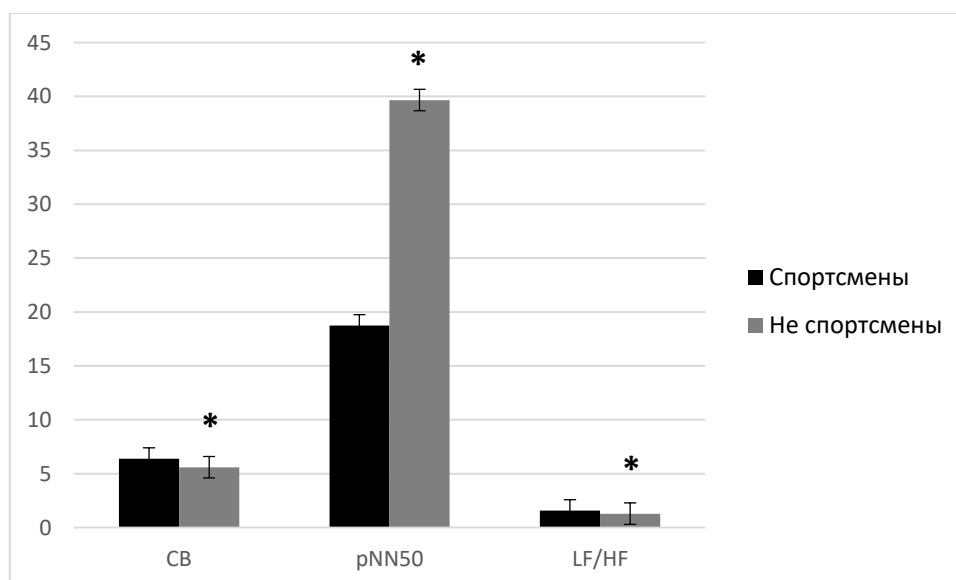


Рис. 3. Уровень сердечного выброса (CB), параметр $pNN50$, спектральный показатель вегетативного баланса (LF/HF) у студентов в зависимости от их физической подготовки

(«*» — различия с уровнем, характерным для спортсменов, статистически значимы, $p < 0,05$)

Показатель сердечного выброса также сохраняется в пределах нормы у обеих групп обследуемых ($p < 0,05$), у студентов спортсменов он незначительно выше, относительно нетренированной группы лиц. В отношении параметра, характеризующего скорость переключения ВСР — показателя рNN50 (указывает на долю кардиоинтервалов, отличающихся от предыдущего на 50 мс. и более), нетренированные студенты значительно превосходят тренированных ($p < 0,05$), демонстрируя уровень показателя 39,7 %, что может указывать на высоковариабельный сердечный ритм и

повышенный риск аритмогенных событий у данного контингента лиц. Спектральный показатель вегетативного баланса (LF/HF), указывающий на соотношение мощностей спектра в области низких и высоких частот, являющийся основным спектральным показателем вегетативного обеспечения кардиоритма, говорит о его смещении у студентов-спортсменов в сторону более высокой симпатической стимуляции миокарда. Об этом также свидетельствует интегральный показатель стресс-индекса у представителей сформированных групп (рис. 4).

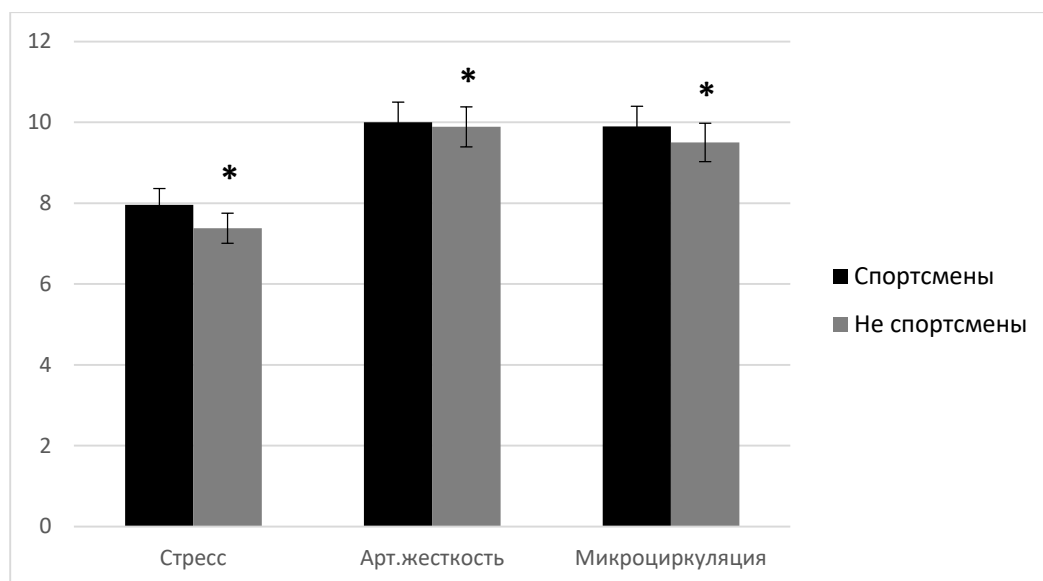


Рис. 4. Интегральные показатели стресс-индекса, артериальной жесткости, микроциркуляции, выраженные в баллах, у студентов в зависимости от их физической подготовки («*» — различия с уровнем, характерным для спортсменов, статистически значимы, $p < 0,05$)

Кроме того, комплексное аппаратное обследование на диагностическом комплексе позволило произвести балльную оценку микроциркуляции у данного контингента лиц. Выявлена большая активность данного параметра у студентов-спортсменов относительно нетренированной группы лиц ($p < 0,05$). В то же время параметр не выходил за границу

возрастного норматива у обеих групп испытуемых. Интегральный показатель артериальной жесткости также наблюдается выше у студентов-спортсменов ($p < 0,05$), указывая на больший спазм сосудов, что также коррелирует с параметром общего периферического сопротивления сосудов (рис. 5).

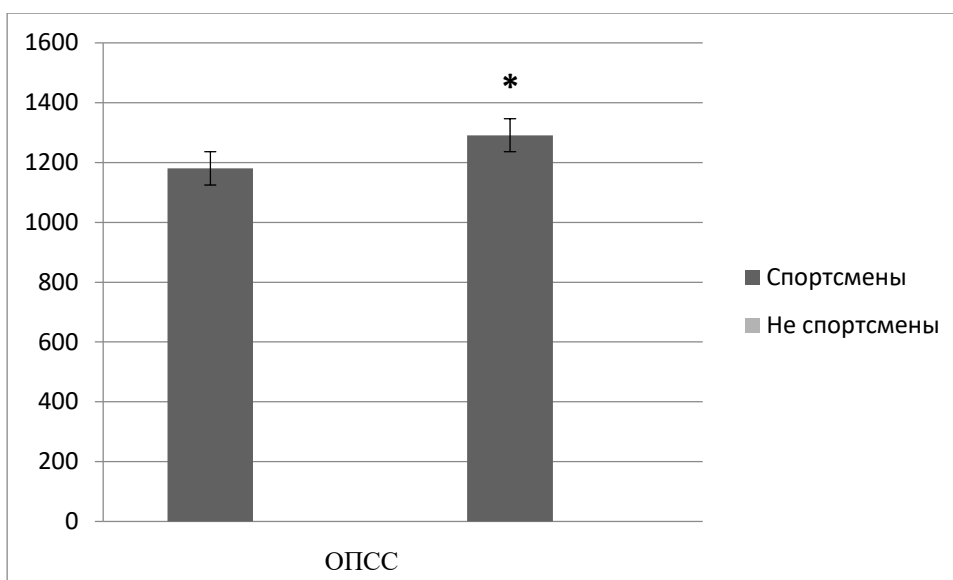


Рис. 5. Уровень общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) у студентов в зависимости от их физической подготовки («*» — различия с уровнем, характерным для спортсменов, статистически значимы, $p < 0,05$)

Величина ОПСС зависит от тонуса сосудов мышечного типа, выраженности структурных изменений их сосудистой стенки, жесткости артерий эластического типа, вязкости крови и других параметров. У студентов-спортсменов данный параметр наблюдается ниже относительно нетренированной группы лиц ($p < 0,05$), что может быть связано с большим объемом кровеносных сосудов и повышенным тонусом артериол вследствие регулярного воздействия физических нагрузок.

Обсуждение результатов.

Состояние здоровья студенческой молодежи продолжает ухудшаться вследствие не всегда правильного образа жизни, увеличивающегося объема учебной нагрузки и снижения двигательной активности (Pichon et al., 2010; Sztajzel, 2004; Wang et al., 2018). Особенно это касается студентов, обучающихся в медицинском вузе: они испытывают высокий уровень психоэмоционального стресса, связанного с большим объемом усваиваемого материала и обширной практической подготовкой (Sztajzel, 2004; Першина и др., 2013). Показано, что объем теории и практики неадекватен и прогрессирует в течение учебного года (Першина и др., 2013; Hulka, 2015; Redondo, 2019). В этом плане своевременной представляется разрабатываемая программа «Физическая культура и спорт — вторая профессия

врача». В то же время необходим строгий врачебный контроль основных функциональных систем организма в процессе занятия спортом. С указанных позиций мониторинг параметров системной гемодинамики, осуществляемый в том числе путем оценки variability сердечного ритма (Першина и др., 2013; Britton et al., 2019; Boettger et al., 2010; Hulka et al., 2015; Redondo et al., 2019; Wang et al., 2019; Sharashdze et al., 2008), служит информативным индикатором направленности влияния спортивной деятельности на организм студента.

Были зарегистрированы более низкий уровень частоты сердечных сокращений и относительно одинаковые показатели ударного объема и сердечного выброса у студентов-спортсменов относительно нетренированных лиц, измеренные в состоянии физиологического покоя. Кроме того, более высокий уровень параметра, характеризующего микроциркуляцию, отмечен также у студентов, занимающихся физическими упражнениями. В том числе студенты-спортсмены имеют меньший риск возникновения аритмогенных событий, больший объем кровеносных сосудов и улучшенный тонус артериол. Полученные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на нахождение всех показателей в пределах возрастной нормы у

представителей обеих групп, студенты-спортсмены обладают большими адаптационными резервами сердечно-сосудистой системы, следовательно, могут легче переносить интенсивный распорядок дня студента. Таким образом, регулярная физическая активность влияет на кардиоваскулярную приспособленность к различным видам нагрузок.

Выводы. Подводя итоги комплексного аппаратного обследования,

видим, что у тренированной группы лиц наблюдались более низкий уровень частоты сердечных сокращений, меньший риск аритмогенных событий, повышенная симпатическая стимуляция миокарда, больший объем кровеносных сосудов и тонус артериол. Следовательно, большими адаптивными резервами и лучшей тренированностью миокарда обладают студенты, занимающиеся физическими упражнениями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине. *Физиология человека* 2002; 28(2): 70–82.

Бочарин И.В., Мартусевич А.К., Гурьянов М.С., Киселев Я.В., Канатьев К.Н., Полебенцев С.Н. Результаты скринингового обследования состояния сердечно-сосудистой системы студенческой молодежи г. Нижнего Новгорода. *International Journal of Medicine and Psychology* 2020; 3(1): 118–121.

Ноздрачев А.Д., Щербатых Ю.В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы. *Физиология человека* 2001; 27(6): 95–101.

Котельников С.А. с соавт. Variability ритма сердца: представления о механизмах. *Физиология человека* 2001; 28(1): 130–143.

Остроумова О.Д. с соавт. Спектральный анализ колебаний частоты сердечных сокращений у больных эссенциальной артериальной гипертензией. *Российский кардиологический журнал* 2000; 26(6): 64–71.

Перетягин С.П., Мартусевич А.К., Борисов В.И. Исследование особенностей variability сердечного ритма у пациентов с ожогами. *Вестник анестезиологии и реаниматологии* 2011; 8(4): 10–14.

Мартусевич А.К., Жукова Н.Э. Variability сердечного ритма в динамике купирования алкогольного абстинентного синдрома. *Вопросы наркологии* 2011; 4: 11–16.

Першина Т.А., Спицин А.П. Особенности гемодинамики у студенток с наследственной отягощенностью по артериальной гипертензии в условиях экзаменационного стресса. *Гигиена и санитария* 2013; 3: 80–85.

Britton D.M., Kavanagh E.J., Polman R.C. (2019). Validating a self-report measure of student athletes' perceived stress reactivity: associations with heart-rate variability and stress appraisals. *J. Front Psychol.* 10: 1083. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01083.

Misigoj-Durakovic M., Durakovic Z., Prskalo I. (2016). Heart rate-corrected QT and JT intervals in electrocardiograms in physically fit students and student athletes. *Ann. Noninvasive Electrocardiol.* 21(6): 595–603. DOI: 10.1111/anec.12374.

Boettger S., Puta C., Yeragani V.K., Donath L., Müller H.J., Gabriel H.H., Bär K.J. (2010). Heart rate variability, QT variability, and electrodermal activity during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42(3): 443–448. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181b64db1.

Hulka O.V. (2015). Dynamics of spectral indexes of heart variability rate of the students with different character of the educational loading. *Fiziol. Zh.* 61(4): 98–104. DOI: 10.15407/fz61.04.098.

Pichon A, Nuissier F, Chapelot D. (2010). Heart rate variability and depressed mood in physical education students: a longitudinal study. *Auton Neurosci.* 156(1–2): 117–23. DOI: 10.1016/j.autneu.2010.03.019.

Redondo B., Vera J., Luque-Casado A., García-Ramos A., Jiménez R. (2019). Associations between accommodative dynamics, heart rate variability and behavioural performance during sustained attention: A test-retest study. *Vision Res.* 163: 24–32. DOI: 10.1016/j.visres.2019.07.001.

Sztajzel J. (2004). Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss med wklly.* 134: 514–522.

Wang X., Yan C., Shi B., Liu C., Karmakar C., Li P. (2018). Does the temporal asymmetry of short-term heart rate variability change during regular walking? A pilot study of healthy young subjects. *Comput. Math. Methods Med.* 2018: 3543048. DOI: 10.1155/2018/3543048.

- Drezner J.A., Peterson D.F., Siebert D.M., Thomas L.C., Lopez-Anderson M., Suchsland M.Z., Harmon K.G., Kucera K.L. (2019). Survival After Exercise-Related Sudden Cardiac Arrest in Young Athletes: Can We Do Better? *Sports Health*. 11(1): 91–98. DOI: 10.1177/1941738118799084.
- Perkins S.E., Jelinek H.F., Al-Aubaidy H.A., de Jong B. (2017). Immediate and long term effects of endurance and high intensity interval exercise on linear and nonlinear heart rate variability. *J. Sci. Med. Sport*. 20(3): 312–316. DOI: 10.1016/j.jsams.2016.08.009.
- Sharashdze N.S., Pagava Z.T., Saatashvili G.A., Agladze R.A. (2008). Heart rhythm abnormalities in middle-aged veteran elite athletes. *Georgian Med News*. (159): 31–34.
- Adams J.A., Patel S., Lopez J.R., Sackner M.A. (2018). The Effects of passive simulated jogging on short-term heart rate variability in a heterogeneous group of human subjects. *J. Sports Med*. 4340925. DOI: 10.1155/2018/4340925.

REFERENCES

- Baevsky R.M. (2002). Analysis of heart rate variability in space medicine. *Fiziologiya cheloveka*. 28(2): 70–82 (in Russian).
- Bocharin I.V., Martusevich A.K., Guryanov M.S., Kiselev Ya.V., Kanatyev K.N., Polebentsev S.N. (2020). Results of screening examination of the cardiovascular system of students of Nizhny Novgorod. *International Journal of Medicine and Psychology*. 3(1): 118–121 (in Russian).
- Nozdrachev A.D., sherbatykh Yu.V. (2001). Modern methods of evaluating the functional state of the Autonomous (vegetative) nervous system. *Fiziologiya cheloveka*. 27(6): 95–101 (in Russian).
- Kotelnikov S.A. et al. (2001). The heart rate variability: understanding the mechanisms. *Fiziologiya cheloveka*. 28(1): 130–143 (in Russian).
- Ostroumova O.D. et al. (2000). Spectral analysis of heart rate fluctuations in patients with essential arterial hypertension. *Rossiyskiy kardiologichesky zhurnal*. 26(6): 64–71 (in Russian).
- Peretyagin S.P., Martusevich A.K., Borisov V.I. (2011). Investigation of heart rate variability in patients with burns. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*. 8(4): 10–14 (in Russian).
- Martusevich A.K., Zhukova N.E. (2011). Heart rate Variability in the dynamics of alcohol withdrawal syndrome relief. *Voprosy nakrologii*. 4: 11–16 (in Russian).
- Pershina T.A., Spitsin A.P. (2013). Features of hemodynamics in students with hereditary burden of arterial hypertension in the conditions of exam stress. *Gigiena i sanitariya*. 3: 80–85 (in Russian).
- Britton D.M., Kavanagh E.J., Polman R.C. (2019). Validating a self-report measure of student athletes' perceived stress reactivity: associations with heart-rate variability and stress appraisals. *J. Front Psychol*. 10: 1083. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01083.
- Misigoj-Durakovic M., Durakovic Z., Prskalo I. (2016). Heart rate-corrected QT and JT intervals in electrocardiograms in physically fit students and student athletes. *Ann. Noninvasive Electrocardiol*. 21(6): 595–603. DOI: 10.1111/anec.12374.
- Boettger S., Puta C., Yeragani V.K., Donath L., Müller H.J., Gabriel H.H., Bär K.J. (2010). Heart rate variability, QT variability, and electrodermal activity during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc*. 42(3): 443–448. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181b64db1.
- Hulka O.V. (2015). Dynamics of spectral indexes of heart variability rate of the students with different character of the educational loading. *Fiziol. Zh*. 61(4): 98–104. DOI: 10.15407/fz61.04.098.
- Pichon A, Nuissier F, Chapelot D. (2010). Heart rate variability and depressed mood in physical education students: a longitudinal study. *Auton Neurosci*. 156(1–2): 117–23. DOI: 10.1016/j.autneu.2010.03.019.
- Redondo B., Vera J., Luque-Casado A., García-Ramos A., Jiménez R. (2019). Associations between accommodative dynamics, heart rate variability and behavioural performance during sustained attention: A test-retest study. *Vision Res*. 163: 24–32. DOI: 10.1016/j.visres.2019.07.001.
- Sztajzel J. (2004). Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss med wkly*. 134: 514–522.
- Wang X., Yan C., Shi B., Liu C., Karmakar C., Li P. (2018). Does the temporal asymmetry of short-term heart rate variability change during regular walking? A pilot study of healthy young subjects. *Comput. Math. Methods Med*. 2018: 3543048. DOI: 10.1155/2018/3543048.
- Drezner J.A., Peterson D.F., Siebert D.M., Thomas L.C., Lopez-Anderson M., Suchsland M.Z., Harmon K.G., Kucera K.L. (2019). Survival After Exercise-Related Sudden Cardiac Arrest in Young Athletes: Can We Do Better? *Sports Health*. 11(1): 91–98. DOI: 10.1177/1941738118799084.

Perkins S.E., Jelinek H.F., Al-Aubaidy H.A., de Jong B. (2017). Immediate and long term effects of endurance and high intensity interval exercise on linear and nonlinear heart rate variability. *J. Sci. Med. Sport.* 20(3): 312–316. DOI: 10.1016/j.jsams.2016.08.009.

Sharashdze N.S., Pagava Z.T., Saatashvili G.A., Agladze R.A. (2008). Heart rhythm abnormalities in middle-aged veteran elite athletes. *Georgian Med News.* (159): 31–34.

Adams J.A., Patel S., Lopez J.R., Sackner M.A. (2018). The Effects of passive simulated jogging on short-term heart rate variability in a heterogeneous group of human subjects. *J. Sports Med.* 4340925. DOI: 10.1155/2018/4340925.