

Исследование регуляции и адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы у молодых лиц с разным уровнем физической нагрузки

М.В. Мужиченко¹, Д.С. Новиков² ✉, Е.Ю. Надежкина^{1,2}, М.Г. Маринина¹

¹ Волгоградский государственный социально-педагогический университет, Волгоград, Россия

² Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

Аннотация. Исследование вариабельности сердечного ритма студентов свидетельствует о том, что независимо от уровня физической активности юноши по сравнению с девушками имеют более благоприятный тип регуляции работы сердца и высокие адаптационные возможности организма. Тем не менее, у студентов с высоким уровнем физической активности эти различия менее выражены; преобладают девушки и юноши, имеющие вегетативное равновесие или преимущественную вагусную активность в регуляции работы сердца.

Ключевые слова: половые особенности, вариабельность сердечного ритма, вегетативная регуляция, физическая нагрузка

ORIGINAL RESEARCHES

Original article

doi: <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2023-20-4-117-121>

Study of regulation and adaptive capabilities of the cardiovascular system of young people with different levels of physical activity

M.V. Muzhichenko¹, D.S. Novikov² ✉, E.Yu. Reliable^{1,2}, M.G. Marinina¹

¹ Volgograd State Socio-Pedagogical University, Volgograd, Russia

² Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Abstract. The study of HRV of students indicates that regardless of the level of physical activity, young men had a more favorable type of regulation of the heart and high adaptive capabilities of the body. In students with a high level of physical activity, these differences are less pronounced.

Keywords: sexual characteristics, heart rate variability, autonomic regulation, physical activity

Состояние сердечно-сосудистой системы, регулируемое вегетативной нервной системой (ВНС), отражает развитие приспособительных реакций организма к действию различных факторов [1]. Так, известно, что вариабельность сердечного ритма зависит от типа конституции, психологического состояния человека, возраста [2, 3]. Оптимальная физическая нагрузка в сочетании с рациональными рекреационными составляющими здорового образа жизни является наиболее эффективной формой увеличения функциональных резервов [4]. В то же время чередование физической и умственной нагрузки должно быть адекватным, поскольку чрезмерная физическая активность может являться дезадаптивным фактором [5].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выявить половые особенности регуляции и функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов с разным уровнем физической активности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования явились студенты 3–4-х курсов ВГСПУ, имеющие разную интенсивность физических нагрузок. В обследовании принимали участие 35 юношей и 25 девушек профиля подготовки «Физическая культура и безопасность жизнедеятельности» (ФББ), которые имеют достаточно высокий уровень физической нагрузки, и 25 юношей и 45 девушек профилей подготовки «Биология/Химия» и «Биология/География» (БХБ, БГБ) с низким уровнем физической активности.

Оценка вариабельности сердечного ритма осуществлялась аппаратно-программным комплексом пульсовой диагностики «Веда-Пульс». Исследовались: частота сердечных сокращений (ЧСС); АМо – амплитуда моды; SDNN – стандартное отклонение NN интервалов, которое характеризует суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения; RMSSD – среднеквадратичное отклонение R-R-интервала; спектральные

показатели ВСР: HF, LF; интегральные показатели ВСР, такие как ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции, ИН – индекс напряжения регуляторных систем (Si – стресс-индекс); индекс вегетативного равновесия (ИВР/ИВТ).

Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы проводилась с помощью нагрузочной пробы Летунова и расчетных показателей, таких как систолический объем крови (СОК), минутный объем крови (МОК), тип реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку.

Статистический анализ полученных данных осуществляли в программе «Статистика 10». Достоверность отличий между показателями групп оценивали по критерию Манна – Уитни. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05 (* $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$).

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты исследования вариабельности сердечного ритма у студентов профилей подготовки «БХБ», «ГББ» представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Средние значения вариабельности
сердечного ритма юношей и девушек
профилей подготовки «БХБ», «ГББ»**

Показатель (M ± m)	Юноши	Девушки
ЧСС, уд./мин	76,6 ± 5,7	85,0 ± 8,5*
АМо, %	36,2 ± 3,8	42,6 ± 2,5
ИН, у. е.	108,6 ± 35,8	144,6 ± 26,4*
ИВР, у. е.	159,5 ± 24,2	197,8 ± 46,5*
SDNN, мс	59,5 ± 8,3	49,6 ± 12,9*
HF, %	40,6 ± 3,1	33,3 ± 4,8*
LF, %	30,6 ± 5,0	41,5 ± 3,6*
RMSSD, мс	38,8 ± 1,6	34,0 ± 3,7
ПАПР, у. е.	49,7 ± 7,7	60,3 ± 5,5*

У юношей этой группы ЧСС находится в пределах нормы и составляет (76,6 ± 5,7) уд./мин, у девушек выявлена умеренная тахикардия – (85 ± 8,5) уд./мин. Индекс напряжения и индекс вегетативного равновесия у девушек достоверно выше, чем у юношей, что указывает на преобладание у девушек симпатических влияний, достоверные отличия также имеет показатель ПАПР, увеличение которого указывает на преимущество адренергических воздействий. У юношей преобладают высокочастотные колебания (HF), отражающие

вклад парасимпатической системы. Кроме того, у них достоверно ниже показатель SDNN, что также указывает на вагусное воздействие, которое является более благоприятным для работы сердца, обеспечивая автономный контур регуляции.

Анализ индивидуальных показателей (табл. 2) свидетельствует о том, что у большинства юношей профилей «БХБ», «ГББ» по таким интегральным показателям ВСР, как ИН, ИВР, ПАПР, имеется вегетативное равновесие.

Таблица 2

**Соотношение юношей и девушек профилей
подготовки «БХБ», «ГББ» с различным типом
вегетативной регуляции по интегральным
показателям ВСР, %**

Группа	Тип регуляции	ИН	ИВР	ПАПР
Юноши	Нормотония	65	67	50
	Симпатотония	23	10	25
	Ваготония	17	23	25
Девушки	Нормотония	43	40	29
	Симпатотония	57	67	51
	Ваготония	13	20	10

Среди девушек данного профиля подготовки преобладают симпатотоники, меньшее количество девушек с вегетативным равновесием и лишь небольшое число студенток имеют преимущественные ваготонические влияния.

При обследовании студентов профиля подготовки «ГББ» (табл. 3) установлено, что ЧСС, как у юношей, так и у девушек, соответствует нормокардии.

Таблица 3

**Средние значения вариабельности сердечного ритма
юношей и девушек профиля подготовки «ГББ»**

Показатель (M ± m)	Юноши	Девушки
ЧСС, уд./мин	74,0 ± 5,6	78,8 ± 7,9
АМо, %	36,3 ± 4,7	38,5 ± 6,0
ИН, у. е.	100,7 ± 15,2	134,6 ± 26,4*
ИВР, у. е.	150,5 ± 24,2	168,3 ± 35,1
SDNN, мс	59,6 ± 8,0	50,5 ± 20,1
HF, %	34,2 ± 4,1	30,2 ± 9,5
LF, %	41,6 ± 5,1	44,8 ± 7,5
RMSSD, мс	44,0 ± 8,5	30,5 ± 4,5*
ПАПР, у. е.	46,3 ± 6,0	55,6 ± 4,5*

Индекс напряжения у девушек достоверно выше, чем у юношей. ИВР в обеих группах соответствует вегетативному балансу, хотя у девушек несколько сдвинут в сторону симпатической регуляции. Величина

SDNN у юношей равна (9,96 ± 18,0), что характерно для умеренного преобладания холинэргических влияний, у девушек (50,0 ± 20,0), что соответствует вегетативному равновесию. На это же указывает показатель RMSSD, который у юношей достоверно выше, чем у девушек. Спектральные показатели ВСР (HF, LF) свидетельствуют об оптимальном влиянии высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр, хороший уровень сегментарной регуляции и состояния сосудистого тонуса. Достоверных отличий между девушками и юношами в этой группе меньше, чем у студентов, имеющих низкую физическую нагрузку.

Анализ индивидуальных данных (табл. 4) показывает, что по интегральным показателям у преобладающего числа юношей данной группы имеется вегетативное равновесие или ваготония. У большинства девушек профиля подготовки «ФББ» отмечается вегетативное равновесие, несколько меньше симпатотоников и небольшое число девушек с холинэргическим типом регуляции.

Сравнение ВСР студентов обоих факультетов свидетельствует о том, что, несмотря на различие в уровне физической активности, юноши имели более

благоприятный тип регуляции работы сердца. Тем не менее, у студентов с высоким уровнем физической активности эти отличия менее выражены, а количество девушек и юношей, имеющих вегетативное равновесие или преобладание вагусной активности, значительно больше.

Проведение нагрузочного теста с помощью пробы Летунова показало, что у юношей профилей подготовки «БХБ», «БГБ» в покое наблюдается умеренная брадикардия, у девушек показатели ЧСС находятся в пределах нормы.

Таблица 4

Соотношение юношей и девушек профиля подготовки «ФББ» с различным типом вегетативной регуляции по интегральным показателям ВСР, %

Группа	Тип регуляции	ИН	ИВР	ПАПР
Юноши	Нормотония	50	55	60
	Симпатотония	15	0	0
	Ваготония	35	45	40
Девушки	Нормотония	50	47	57
	Симпатотония	33	33	23
	Ваготония	17	20	20

Таблица 5

Показатели пробы Летунова у юношей и девушек профилей подготовки «БХБ», «БГБ»

Группа	Показатели сердечно-сосудистой системы							
	покой		восстановительный период					
	ЧСС, уд./мин	АД, мм рт. ст.	1 мин		2 мин		3 мин	
			ЧСС, уд./мин	АД, мм рт. ст.	ЧСС, уд./мин	АД, мм рт. ст.	ЧСС, уд./мин	АД, мм рт. ст.
Юноши	67,5	111/63	83	126/67,5	79	122/67,5	75	118,5/65
Девушки	76	108/66	90*	125,5/74	85*	120/74	81	115/70

После нагрузки наблюдается увеличение ЧСС в обеих группах, у девушек пульс достоверно выше, чем у юношей. В покое для той и другой группы характерна гипотония, а после нагрузки в большей степени повышается систолическое давление. На третьей минуте после нагрузки пульс восстановился только у 40 % юношей и 20 % девушек, артериальное давление у 37 % юношей и 17 % девушек.

Увеличение показателей систолического объема кровотока у юношей и, особенно, у девушек после нагрузки незначительно, что указывает на неблагоприятную реакцию, так как повышение МОК произошло преимущественно за счет увеличения ЧСС.

В покое показатели ЧСС у юношей и девушек профиля подготовки «ФББ» находятся в пределах нормы и равны 69 уд./мин у юношей и 74 уд./мин у девушек. После нагрузки ЧСС в обеих группах изменилась незначительно. Показатели артериального давления

в покое у девушек достоверно ниже, чем у юношей. После физической нагрузки более значительное увеличение АД произошло у девушек. На третьей минуте после нагрузки ЧСС восстановилась у 85 % юношей и 80 % девушек, артериальное давление у 100 % юношей и 50 % девушек.

Таблица 6

Расчетные показатели оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы у юношей и девушек профилей «БХБ», «БГБ»

Группа	В покое		После нагрузки	
	СОК, мл	МОК, мл/мин	СОК, мл	МОК, мл/мин
Юноши	75,4	5,1	77,45	6,4
Девушки	70,6	5,4	70,8	6,3

Таблица 7

Показатели пробы Летунова у юношей и девушек профиля подготовки «ФББ»

Группа	Показатели сердечно-сосудистой системы							
	в покое		восстановительный период					
	ЧСС, у д/мин	АД, мм рт. ст.	1 мин		2 мин		3 мин	
			ЧСС, уд./мин	АД, мм рт. ст.	ЧСС, уд./мин	АД, мм рт. ст.	ЧСС, уд./мин	АД, мм рт. ст.
Юноши	68,5	120/68	77	126/66	69,5	121/65	69,5	119/67
Девушки	74	107/66*	79	122/69	76*	113/67*	74	110/66*

Таблица 8

Расчетные показатели оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы у юношей и девушек профиля подготовки «ФББ»

Группа	В покое		После нагрузки	
	СОК, мл	МОК, мл/мин	СОК, мл	МОК, мл/мин
Юноши	75,6	6,07	79,6	7,1
Девушки	70,6	5,2	74,1	6,8

Показатели минутного и систолического объема кровотока как в покое, так и после нагрузки соответствуют возрастной норме, и увеличение МОК у тех и у других происходит в основном за счет увеличения силы сокращения сердца.

Среди студентов профиля подготовки «ФББ» 40 % юношей и 33 % девушек имеют высокие адаптационные способности, 55 % юношей и 17 % девушек – низкие. У студентов профилей «БХБ» и «ГББ» – высокие адаптационные резервы имеют лишь 23 % юношей и 13 % девушек, средние – 60 и 46 %, а неудовлетворительные выявлены у 27 % юношей и 41 % девушек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение ВСР студентов различных профилей подготовки свидетельствует о том, что независимо от уровня физической активности, юноши имеют более благоприятный тип регуляции работы сердца и более высокие резервные возможности организма по сравнению с девушками. Тем не менее, у студентов с высоким уровнем физической активности эти различия менее выражены и преобладают девушки и юноши, имеющие вегетативное равновесие или преимущественную вагусную активность в регуляции работы сердца.

Студенты с низкой физической активностью, особенно девушки, имеют неблагоприятный тип реакции сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку, что выражается в увеличении МОК за счет учащения числа сердечных сокращений и длительном периоде восстановления. У девушек этой группы преобладает гипотонический тип реакции

на физическую нагрузку и низкие адаптационные возможности организма.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шишко В. И. Вегетативная регуляция сердечной деятельности. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2009;3 (27):6–8.
2. Карпенко Ю.Д. Изучение зависимости вариабельности сердечного ритма от факторов внутренней и внешней среды. *Фундаментальные исследования*. 2011;10-3:619–623.
3. Мужиченко М.В., Надежкина Е.Ю., Новикова Е.И., Щербаклова Т.Г. Исследование особенностей внешнего дыхания и вариабельности сердечного ритма у студентов с различными типами конституции. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2019;1(69):37–40.
4. Минина Е.М. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у студенток с недостаточной двигательной активностью при различных стимулирующих воздействиях. *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия*. 2011; 24(63);2:203–213.
5. Доронцев А.В., Светличкина А.А. Оценка факторов риска развития дезадаптивных реакций на физическую нагрузку различной направленности у мужчин среднего возраста. *Человек. Спорт. Медицина*. 2020; 20(1):135–141.

REFERENCES

1. Shishko V.I. Vegetative regulation of cardiac activity. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* = Journal of Grodno State Medical University. 2009;3 (27):6–8. (In Russ.).
2. Karpenko Yu.D. Study of the dependence of heart rate variability on factors of the internal and external environment. *Fundamental'nye issledovaniya* = Basic research. 2011;10-3:619–623. (In Russ.).
3. Muzhichenko M.V., Nadezhkina E.Yu., Novikova E.I., Shcherbakova T.G. Study of features of external breathing and heart rate variability in students with different types of constitution. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* = Journal of Volgograd State Medical University. 2019;1(69):37–40. (In Russ.).
4. Minina E.M. Features of autonomic regulation of heart rhythm in female students with insufficient motor activity under

various stimulating influences. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: Biologiya, khimiya* = Scientific notes of the *Tauride National University named after V.I. Vernadsky. Series: Biology, Chemistry*. 2011;24(63);2:203–213. (In Russ.).

5. Dorontsev A.V., Svetlichkina A.A. Assessment of risk factors for the development of maladaptive reactions to physical activity of various directions in middle-aged men. *Chelovek. Sport. Meditsina* = Person. *Sport. Medicine*. 2020;20(1):135–141. (In Russ.).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Информация об авторах

Маргарита Владимировна Мужиченко – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры эколого-биологического образования и медико-педагогических дисциплин, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, Волгоград, Россия; rita31@mail.ru

Денис Сергеевич Новиков – старший преподаватель кафедры общей гигиены и экологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; dennov89@mail.ru

Елена Юрьевна Надежкина – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры эколого-биологического образования и медико-педагогических дисциплин, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, Волгоград, Россия; ассистент кафедры фундаментальной медицины и биологии, Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия; gurinae@mail.ru

Мария Георгиевна Маринина – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры эколого-биологического образования человека и медико-педагогических дисциплин, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, Волгоград, Россия; mashamarinin@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 10.09.2023; одобрена после рецензирования 21.11.2023; принята к публикации 28.11.2023.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Information about the authors

Margarita V. Muzhichenko – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecological and Biological Education and Medical and Pedagogical Disciplines, Volgograd State Socio-Pedagogical University, Volgograd, Russia; rita31@mail.ru

Denis S. Novikov – Senior Lecturer at the Department of General Hygiene and Ecology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; dennov89@mail.ru

Elena Yu. Nadezhkina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecological and Biological Education and Medical and Pedagogical Disciplines, Volgograd State Socio-Pedagogical University, Volgograd, Russia; Assistant of the Department of Fundamental Medicine and Biology, Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia; gurinae@mail.ru

Maria G. Marinina – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecological and Biological Human Education and Medical and Pedagogical Disciplines, Volgograd State Socio-Pedagogical University, Volgograd, Russia; mashamarinin@yandex.ru

The article was submitted 10.09.2023; approved after reviewing 21.11.2023; accepted for publication 28.11.2023.