

УДК 612.1:616-053.82  
DOI: 10.26456/vtbio327

## **ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИКИ И АДАПТАЦИОННЫЕ РЕЗЕРВЫ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У СТУДЕНТОК В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ**

**Н.Н. Тятенкова, А.С. Спивак, О.Н. Теплякова**

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль

В статье рассматриваются сравнительные характеристики состояния сердечно-сосудистой системы студенток-девушек во время коронавирусной инфекции (COVID-19) в 2019 году и после снятия ограничительных мер в 2021 году. Были взяты во внимание такие характеристики как частота сердечных сокращений, артериальное давление, систолический объём крови, минутный объём кровообращения, общее периферическое сопротивление сосудов, индекс напряжения миокарда, показатель внешней работы миокарда, коэффициент эффективности миокарда, коэффициент экономичности кровообращения, вегетативный индекс Кердо, индекс Робинсона, адаптационный потенциал. Исследование показало, что произошло снижение функциональных возможностей и адаптационных резервов сердечно-сосудистой системы, проявляется преобладание неэкономичных для системы кровообращения механизмов, которые снижают эффективность приспособительных реакций.

**Ключевые слова:** гемодинамика, сердечно-сосудистая система, студентки, COVID-19, адаптационный потенциал

**Введение.** Пандемия COVID-19 стала серьезным испытанием для человечества. Карантинные ограничения в передвижении, закрытие спортивно-оздоровительных центров и переход на дистанционную форму обучения повлекли за собой ухудшение здоровья людей. В литературе все чаще встречаются данные о влиянии пандемии на различные показатели здоровья студенческой молодежи, в том числе пищевое поведение (Мельникова, 2021), физическое развитие (Тятенкова, 2022; Guo, 2021), психологическое состояние (Бессчетнова, 2021; Кононенко, 2021), сердечно-сосудистую систему человека (Хромина, 2021; Малыхин, 2022).

Заболееваемость SARS-CoV-2 на фоне ослабления карантинных мер в России продолжает расти. Всплески заболеваемости чередуются с периодами снижения количества заболевших. В этой связи важнейшей задачей научного сообщества является регулярный

комплексный мониторинг состояния различных возрастных и социальных групп населения. Одной из наиболее сенситивных социальных категорий являются студенты. В период студенчества серьезные изменения претерпевает не только психологический и социальный статус индивида, но и его биологическое состояние. Переход из периода юношества в период зрелости, сочетающийся с высокими учебными нагрузками и стрессом от учебного процесса, делает студентов крайне уязвимой группой (Салихова, 2021).

Сердечно-сосудистая система зачастую рассматривается как важный индикатор не только адаптационных процессов, но и функционального статуса организма в целом (Малюкова, 2020). Мониторинг состояния данной системы и своевременные меры по поддержанию ее тонуса могут минимизировать последствия чрезвычайно высокого стрессогенного фактора – пандемии COVID-19.

Цель работы: оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы девушек-студенток до пандемии COVID-19 и после дистанционного обучения.

**Методика.** Выборка сформирована из студенток, обучающихся в Ярославском государственном университете им. П.Г. Демидова. Обследованы две группы девушек. В первую группу вошли девушки, у которых измерения проводились осенью 2019 года (71 человек, средний возраст  $18,1 \pm 0,05$  лет). Вторую группу составили студентки, показатели которых измерялись осенью 2021 года (76 человек, средний возраст  $18,4 \pm 0,07$  лет). Измерение проводили после предварительного взятого информированного согласия в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации.

Проведено измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), артериального давления систолического (АДС, мм рт. ст.) и артериального давления диастолического (АДД, мм рт. ст.). Рассчитаны показатели системной гемодинамики: пульсовое артериальное давление [АДП (мм рт. ст.) = АДС - АДД], среднее артериальное давление [АД<sub>ср</sub> (мм рт. ст.) =  $0,42\text{АДС} + 0,58\text{АДП}$ ], систолический объем крови [СОК (мл) =  $90,97 + 0,54 \times \text{АДП} - 0,57\text{АДД} - 0,61 \times \text{возраст}$ ], минутный объем кровообращения [МОК(мл) =  $\text{СОК} \times \text{ЧСС}$ ], общее периферическое сопротивление сосудов [ОПСС(дин $\times$ с/см<sup>3</sup>) =  $(\text{АД}_{\text{ср}} \times 1333) / (\text{МОК} \times 60)$ ], индекс напряжения миокарда [ИНМ(усл.ед.) =  $(\text{АДС} \times \text{ЧСС}) / 1000$ ], показатель внешней работы миокарда [ВРМ(усл. ед.) =  $\text{АД}_{\text{ср}} \times \text{СОК} / 1000$ ], коэффициент эффективности миокарда [КЭМ(усл.ед.) =  $\text{ВРМ} / \text{ИНМ}$ ], коэффициент экономичности кровообращения [КЭК(усл.ед.) =  $(\text{САД} - \text{ДАД}) / \text{ЧСС}$ ]. Баланс тонуса между симпатической и парасимпатической нервной системой оценивали по вегетативному индексу Кердо. Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы

использовали индекс Робинсона [ИР(усл. ед.)=(АДС×ЧСС)/100]. Адаптационные резервы организма оценивали с использованием адаптационного потенциала:

$$АП=0,011ЧСС+0,014АДС+0,008АДД+0,014возраст+0,009масса\ тела-0,009длина\ тела-0,27$$

Результаты обрабатывали статистически при помощи программы Statistica 10.0. Для определения нормальности распределения использовали критерий Колмогорова-Смирнова. Количественные данные представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей (Ме [Q1;Q3]). Значимость межгрупповых различий оценивали по U-критерию Манна-Уитни при  $p < 0,05$ . Сравнение номинальных данных проводилось при помощи критерия  $\chi^2$  Пирсона. Для описания качественных признаков применяли относительную частоту (%).

**Результаты и обсуждение.** Результаты обследования студенток до пандемии COVID-19 и после дистанционного обучения приведены в таблице 1. Медианные значения всех показателей системы гемодинамики укладываются в диапазон среднестатистических возрастных нормативов. При этом значения большинства показателей статистически значимо отличаются у девушек, обследованных в 2019 и 2021 годах.

Таблица 1

Показатели сердечно-сосудистой системы девушек, обследованных в 2019 и 2021 годах

Показатель	Ме [Q1;Q3]		Р-уровень
	2019 год	2021 год	
АДС, мм рт. ст.	121 [114;126]	119,0 [114;129]	0,74
АДД, мм рт. ст.	74 [68;80]	70 [64;77]	0,002*
АДср., мм рт. ст.	93 [90;98]	90,7 [85;97]	0,034*
ПД, мм рт. ст.	46 [41;52]	50 [44,5;55]	0,01*
ЧСС, уд./мин	73 [67;81]	79 [71;84]	0,01*
СО, мл	62,4 [58,50;68,39]	67,2 [62,22;71,42]	0,00*
МОК, мл	4543 [4224;5058]	5288 [4733;5914]	0,00*
ДМОК, мл	3370 [3111;3540]	3456 [3062;3732]	0,358
МОК/ДМОК, %	140 [121;155]	156 [135;181]	0,002*
ОПСС, дин*см/см <sup>3</sup>	1662,2 [1417,3;1810,1]	1378,6 [1185,5;1551,9]	0,00*
ИНМ, усл. ед.	8,7 [7,8;10,1]	9,3 [8,2;10,5]	0,093
ВРМ, усл.ед.	7,5 [6,8;8,3]	6,1 [5,6;6,4]	0,00*
КЭМ, усл. ед.	0,86 [0,73;0,99]	0,66 [0,57;0,73]	0,00*
КЭК, усл. ед.	3322 [2955;3806]	3872 [3242;4573]	0,00*
Индекс Робинсона	89,7 [78,2;101,3]	94,9 [82,5;105,1]	0,093
АП	2,12 [1,95;2,30]	2,14 [1,96;2,37]	0,859

Примечание: \* - различия статистически значимы при  $p < 0,05$

Отмечено снижение медианных значений АДД и АДср у девушек в 2021. Результаты индивидуальной оценки показали, что низкое артериальное давление в 2019 году выявлено у 3 %, в 2021 – 16% обследованных. Частота сердечных сокращений статистически значимо увеличилась за исследуемый период. В 2019 году у 36% девушек фактическая ЧСС превышала должную более чем на 15%, в 2021 году таковых было 47%. Повышение частоты сердечных сокращений и пульсового давления в течение наблюдаемого периода свидетельствует о снижении эффективности работы сердечной мышцы, происходящем за счет сокращения общей паузы (Копосова Т. С и др., 2004). Увеличение частоты сердечных сокращений, приводящее к постепенному истощению сердечной мышцы, связано с повышенным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, в частности, инфаркта миокарда и инсульта (Kannel, 1987; Yu, 2017).

Одним из механизмов обеспечения адаптации организма к стресс-факторам является увеличение кровотока в работающих системах. В группе девушек, обследованных в 2021 году, показатели систолического и минутного объема кровообращения значимо увеличились. Однако увеличение МОК происходило преимущественно за счет увеличения ЧСС, что расценивается как неэкономичный для системы кровообращения механизм, снижающий эффективность приспособительных реакций.

Снижение значений общего периферического сопротивления сосудов может объясняться повышением частоты сердечных сокращений. Согласно данным литературы (Першина, 2012), между этими показателями существует отрицательная корреляционная зависимость. Изменения, затрагивающие такие показатели, как коэффициент экономичности кровообращения, критерий эффективности миокарда, показатель внешней работы миокарда, свидетельствуют об усиленном расходовании резервов организма, вызванном утомлением сердечной мышцы.

Индекс Робинсона отражает уровень гемодинамической нагрузки на сердечно-сосудистую систему и характеризует работу сердечной мышцы. Медианные значения индекса статистически значимо не изменились за два года. Однако распределение девушек по величине этого показателя свидетельствует, что доля лиц с низкими значениями индекса увеличилась на 12 % (рис. 1), что свидетельствует о снижении функциональных резервов сердечно-сосудистой системы.

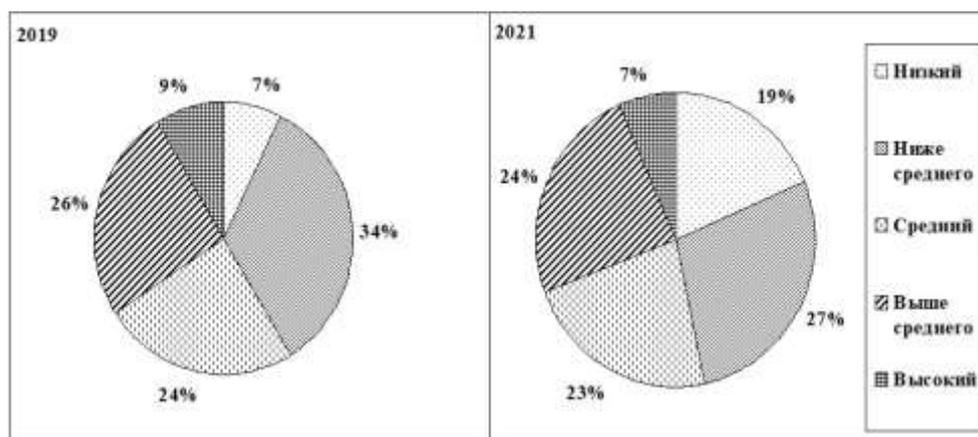


Рис. 1. Распределение девушек по величине индекса Робинсона (доля обследованных, %)

Медианные значения АП статистически значимо не изменились в течение наблюдаемого периода и в обеих группах оценивались как напряжение адаптации. Результаты индивидуальной оценки показали, что в 2019 году удовлетворительная адаптация отмечена у 51,4%, напряжение адаптации – у 48,6% девушек, в 2021 году таковых было 45,7% и 53,3% соответственно.

Сердечно-сосудистая система, участвуя в процессе адаптации, подвергается существенному влиянию автономной нервной системы. Оценка баланса тонуса между симпатическим и парасимпатическим отделами автономной нервной системой производилась с помощью вегетативного индекса Кердо. Результаты показали, что существенным образом изменился характер распределения обучающихся по типу регуляции сердечной деятельности. Доля ваготоников снизилось более чем в 4 раза (6,7% в 2021 году против 27,1% в 2019 году). Доля лиц с нормальным тонусом симпатической и парасимпатической нервной системы также снизилась – с 45,8 % до 37,3 %. При этом встречаемость студенток-симпатотоников увеличилась с 27,1 % до 56,0 %, что свидетельствует о напряжении в работе сердечно-сосудистой системы. Преобладание симпатических влияний в регуляции гемодинамики вызывает увеличение энергетических затрат и избыточное расходование функциональных резервов организма. Это может быть связано с повышенным уровнем стресса. Многие авторы отмечают, что ответом организма на стресс и высокие учебные нагрузки является повышенный тонус симпатической части вегетативной нервной системы (Ибрагимова, 2017). Очевидно, что во время пандемии люди находятся в состоянии так называемого «непрерывного травматического стресса» (Continuous Traumatic Stress – CTS), оказывающего колоссальное негативное воздействие на

психологическое состояние (Екимова, 2021; Eagle, 2013; Brooks, 2020; Xiong, 2020). Ухудшение может быть вызвано как прямыми факторами – перенесенным COVID-19 и наличием постковидного синдрома (Вахненко, 2022), так и с косвенными. К косвенным факторам следует отнести длительную самоизоляцию, сопряженную с увеличением роли поведенческих факторов риска в ухудшении состояния сердечно-сосудистой системы. Резкое снижение физической нагрузки, обусловленное переходом на режим самоизоляции, дистанционной формой обучения и иными ограничительными мероприятиями, могло повлечь за собой не только изменение уровня физического развития студентов (увеличение доли лиц с избыточной массой тела, увеличение жировой ткани и уменьшение активной клеточной массы в компонентном составе тела), но и ухудшения состояния сердечно-сосудистой системы (Криворотов, 2020; Тятенкова, 2022).

**Заключение.** В условиях пандемии, связанной с COVID-19, наблюдаются статистически значимые изменения в показателях гемодинамики у девушек-студенток. Отмечено снижение функциональных возможностей и адаптационных резервов сердечно-сосудистой системы, преобладание неэкономичных для системы кровообращения механизмов, снижающих эффективность приспособительных реакций.

#### **Список литературы**

- Бессчетнова О.В., Кадуцкий П.А., Борисов А.Б., Магомадов Р.А.* 2021. Психологическое здоровье студентов вузов в условиях пандемии COVID-19 // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. Т. 29. № S2. С. 1417-1422.
- Вахненко Ю.В., Доровских И.Е., Домке А.П.* 2022. Кардиоваскулярная составляющая постковидного синдрома // Тихоокеанский медицинский журнал. № 1(87). С. 56-64.
- Екимова В.И., Розенова М.И., Литвинова А.В., Котенева А.В.* 2021. Травматизация страхом: психологические последствия пандемии Covid-19 // Современная зарубежная психология. Т. 10. № 1. С. 27-38.
- Ибрагимова Э.Э., Якубова Э.Ф., Якубова З.А.* 2017. Оценка физиологического состояния вегетативной нервной системы студентов-первокурсников по данным функциональных проб // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. №5 (29). С. 165-169
- Кононенко И. О., Вишнякова Н.Н., Малюткина Е.П.* 2021. Выраженность стресса и тревоги у студентов в период вспышки COVID-19 // Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования. Т. 10. № 5-1. С. 217-224.
- Копосова Т. С., Чикова С.Н., Чиков А.Е.* 2004. Сезонные изменения показателей кардиогемодинамики и вегетативного статуса организма студентов // Экология человека. 2004. № 5. С. 23-25
- Криворотов С.К.* 2020. Влияние дистанционного обучения на физическую активность студентов в период пандемии 2020 года // КПЖ. №4 (141). С. 173-177.

- Малыхин Ф.Т.* 2022. Симптоматология новой коронавирусной инфекции в остром периоде заболевания и постковидный синдром у студентов-медиков в период пандемии COVID-19 // *Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний*. Т. 10. № 33. 1. С. 38-43.
- Малюкова Т.И.* 2020. Реакция сердечно-сосудистой системы на стрессовые воздействия // *Современные проблемы науки и образования*. № 6.
- Мельникова И.Ю., Шаповалов Е.Г., Храмова Е.Г.* 2021. Особенности пищевого поведения студентов медиков в период объявленной пандемии инфекции COVID 19 // *Children's Medicine of the North-West*. Т. 9. № 3. С. 61-66.
- Першина Т.А., Спицин А.П., Гуляева С.Ф.* 2012. Изменение центральной гемодинамики у студентов старших курсов в условиях психического напряжения // *CardioСоматика*. № 2. С. 34-36
- Салихова Н.Р., Фахрутдинова А.Р.* 2021. Трудности адаптации первокурсников к обучению в вузе // *Вестник РГГУ. Серия «Психология. Педагогика. Образование»*. № 1. С. 97-113
- Тятенкова Н.Н., Сливак А.С., Брагина А. М., Телякова О.Н.* 2022. Физическое развитие и компонентный состав тела студенток в условиях пандемии // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. Т. 8. № 2. С. 228-235.
- Хромина С.И., Батрышина Н.А., Батрышин Р.Р.* 2021. Сравнительный анализ результатов ортостатической пробы у студентов в период пандемии COVID-19 // *Современные наукоемкие технологии*. № 3. С. 230-234.
- Brooks S.K, Webster R. K., Smith L.E., Woodland L., Wessely S., Greenberg N., Rubin G. J.* 2020 The psychological impact of quarantine and how to reduce it: Rapid review of the evidence // *Lancet*. № 395 (10227), p. 912-920.
- Dyer A., Persky V., Stamler J., Paul O., Shekelle R., Berkson D.* 1980. Heart rate as a prognostic factor for coronary heart disease and mortality: findings in three Chicago epidemiologic studies // *Am J Epidemiol*. № 112(6). P. 736-749
- Eagle G., Kammer D.* 2013. Continuous traumatic stress: Expanding the lexicon of traumatic stress // *Peace and Conflict: Journal of Peace Psychology*. V. 19. № 2. P. 85-99
- Guo Y.-F., Liao M.-Q., Cai W.-L. et al.* 2021 Physical activity, screen exposure and sleep among students during the pandemic of COVID-19 // *Sci Rep*. V. 11. № 1. P. 8529
- Jiaqi Xiong, Orly Lipsitz, Flora Nasri, Leanna M.W. Lui, Hartej Gill, Lee Phan, David Chen-Li, Michelle Iacobucci, Roger Ho, Amna Majeed, Roger S. McIntyre.* 2020. Impact of COVID-19 pandemic on mental health in the general population: A systematic review // *Journal of Affective Disorders*. Vol. 277. P. 55-64.
- Kannel WB, Kannel C, Paffenbarger R, Cupples L.* 1987. Heart rate and cardiovascular mortality: the Framingham Study // *Am Heart J*. № 113(6). P. 1489-1494
- Yu J, Dai L, Zhao Q, Liu X, Chen S, Wang A et al.* 2017. Association of cumulative exposure to resting heart rate with risk of stroke in general population: the Kailuan Cohort Study // *J Stroke Cerebrovasc Dis*. № 26(11). P. 2501-2509.

## **INDICATORS OF HEMODYNAMICS AND ADAPTIVE RESERVES OF THE CIRCULATORY SYSTEM IN FEMALE STUDENTS DURING THE PANDEMIC**

**N.N. Tyatenkova, A.S. Spivak, O.N. Teplyakova**

Yaroslavl P.G. Demidov State University, Yaroslavl

Here we discuss the comparative characteristics of the cardiovascular system (CCC) of female students during coronavirus infection (COVID-19) in 2019 and after the termination of restrictive measures in 2021. Heart rate, blood pressure, systolic blood volume, minute blood circulation volume, total peripheral vascular resistance, myocardial tension index, myocardial external work index, myocardial efficiency coefficient, circulatory efficiency coefficient, Kerdo vegetative index, Robinson index, adaptive potential were taken into account. The study showed that there was a decrease in the functional capabilities and adaptive reserves of the cardiovascular system, the predominance of mechanisms that are uneconomical for the circulatory system, which reduce the effectiveness of adaptive reactions, is manifested.

**Keywords:** *hemodynamics, cardiovascular system, female students, COVID-19, adaptive potential.*

### *Об авторах:*

ТЯТЕНКОВА Наталия Николаевна – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославская область, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14, 150003, tyat@bk.ru.

СПИВАК Алексей Станиславович – аспирант кафедры ФЧЖ, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославская область, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14, 150003, alexey.spivak.1996@gmail.com.

ТЕПЛЯКОВА Ольга Николаевна – магистрант кафедры ФЧЖ, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославская область, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14, 150003, fteplyakovanolga@gmail.com.

Тятенкова Н.Н. Показатели гемодинамики и адаптационные резервы системы кровообращения у студенток в период пандемии / Н.Н. Тятенкова, А.С. Спивак, О.Н. Теплякова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 4(72). С. 19-26.

Дата поступления рукописи в редакцию: 26.01.23

Дата подписания рукописи в печать: 01.12.23