

Дата публикации: 01.09.2022  
DOI: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_03\_22  
УДК 612.12-07; 614.4-057.4

Publication date: 01.09.2022  
DOI: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_03\_22  
УДК 612.12-07; 614.4-057.4

## **ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА И ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ У ПЕДАГОГОВ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-19**

**М.А. Попова, В.В. Чистова, А.Э. Щербакова**

Сургутский государственный педагогический университет, г. Сургут, Россия

**Аннотация.** Цель: анализ особенностей и связи функционального состояния вегетативной нервной системы с гемодинамическими реакциями у педагогов, перенесших COVID-19. Обследовано 36 педагогов, перенесших COVID-19 средней тяжести (возраст – 51,0 [41,0; 56,0] лет, 16 мужчин и 20 женщин). По результатам исследования после COVID-19 средней тяжести наблюдается тенденция к повышению центрального систолического артериального давления (цСАД) и систолического артериального давления (САД) у педагогов, повышение диастолического артериального давления (ДАД) выявлено только женщин. В постковидном периоде у мужчин повышение цСАД и САД связано с симпатической активацией, для женщин характерно повышение цСАД, САД и ДАД на фоне вегетативного равновесия и повышения парасимпатической активности. В постковидном периоде отмечены увеличение компонента очень низких частот (VLF), снижение общей мощности спектра, снижение текущего функционального состояния, адаптационных резервов и уровня функционирования физиологической системы, высокая частота патологических реакций на активную ортостатическую пробу, что свидетельствует о незавершенности компенсаторных процессов через 8-12 недель после COVID-19. Перенесенный COVID-19 в большей степени сказывается на ухудшении функционального состояния организма женщин, чем мужчин, что может быть в определенной степени связано с тем фактом, что до пандемии нарушения вегетативной регуляции и гемодинамики у женщин встречаются чаще, чем у мужчин.

**Ключевые слова:** функциональное состояние, вариабельность ритма сердца, гемодинамика, педагоги университета, COVID-19.

## **HEART RATE VARIABILITY AND HEMODYNAMIC RESPONSE IN TEACHERS WHO HAD COVID-19**

**M.A. Popova, V.V. Chistova, A.E. Shcherbakova**

Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia

**Annotation.** The purpose of the study was to analyze the features of the functional state of the autonomic nervous system and hemodynamic response of the northern university teachers who had COVID-19. Thirty-six teachers who had moderate COVID-19 were examined (age 51.0 [41.0; 56.0] years, 16 men and 20 women). According to the results of the study, after COVID-19 of moderate severity, there was a tendency for the teachers to have an increased central systolic blood pressure (cSBP) and systolic blood pressure (SBP), the increase of diastolic blood pressure (DBP) was found only in women. The increase of cSBP and SBP in men was connected to the sympathetic activation, the increase of cSBP, SBP and DBP is typical for women against the background of the autonomic balance and increase in the parasympathetic activity. During the post-COVID period, we have also discovered an increase in the VLF (very low frequency) component, decrease in total power, current functional state, adaptive reserves and the physiological function level, as well as high frequency of pathological responses to the active orthostatic test, which indicates an incompleteness of compensatory processes 8-12 weeks after COVID-19. The disease affects more the functional state of women than men, which in some degree is related to the fact that before the pandemic the autonomic regulation and hemodynamic disorders are more often found in women than in men.

**Keywords:** functional state, heart rate variability, hemodynamics, university teachers, COVID-19.

**Введение.** В связи с пандемией COVID-19 преподаватели высших учебных заведений столкнулись с комплексом факторов, вызывающих психоэмоциональный стресс, связанный не только со сложившейся эпидемиологической обстановкой, но и с внедрением дистанционной работы, а также с необходимостью освоения новых информационных технологий в короткие сроки [1]. Отмечено, что у педагогов, перенесших COVID-19, наблюдалось значительное снижение функционального состояния центральной нервной системы и электрофизиологической активности мозга [2].

Психоэмоциональный стресс, симпатикотония с частотой сердечных сокращений более 80 в минуту, повышение уровня систолического артериального давления (САД), увеличение жесткости сосудов являются факторами риска сердечно-сосудистых осложнений [3].

По данным систематического обзора Zuin M. с соавт. (2020) артериальная гипертензия (АГ) при COVID-19 являлась самым частым сопутствующим заболеванием и повышала риск неблагоприятного исхода COVID-19. Автор подчеркивает, что АГ в среднем встречалась в 24,3% случаев, при этом показатель различался в регионах [4].

Кокрановский обзор Pellicori P. с соавт. (2021) показал, что при COVID-19 в структуре коморбидной патологии 36,1% занимает АГ и 23,3% другие кардиоваскулярные болезни, однако информация по функциональным изменениям показателей сердечно-сосудистой системы в постковидном периоде неоднозначна [5].

Исследование variability ритма сердца (BPC) позволяет оценить функциональное состояние организма, проанализировать компенсаторные реакции и адаптационные возможности в различных клинических ситуациях [6-7].

Центральное систолическое АД (цСАД) в аорте отражает давление крови на уровне дуги аорты, жесткость аорты и является одним из факторов сердечно-сосудистого риска [8]. Уровень цСАД является

показателем, косвенно отражающим состояние всего сердечно-сосудистого русла, поскольку модулируется эластическими характеристиками аорты, структурно-функциональным состоянием артерий среднего калибра и микроциркуляторного русла [9]. Неинвазивные методы измерения цСАД повышают возможности широкого использования данного интегративного показателя гемодинамики [9-10]. Центральное давление в аорте повышается в постковидном периоде у лиц с артериальной гипертензией и высоким нормальным артериальным давлением [11].

В настоящее время нет полного понимания об изменении функционирования регуляторных систем организма и их связи с гемодинамическими показателями в постковидном периоде.

Цель исследования: анализ особенностей и связи функционального состояния вегетативной нервной системы с гемодинамическими реакциями у педагогов, перенесших COVID-19.

**Методы и организация исследования.** На базе научно-исследовательской лаборатории БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный педагогический университет» проведено когортное исследование динамики показателей variability ритма сердца (BPC), центрального систолического аортального давления (цСАД), периферического систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД) у педагогов, перенесших COVID-19 в период пандемии новой коронавирусной инфекции.

В исследование включены 36 педагогов, перенесших верифицированный COVID-19 средней тяжести, из них 16 мужчин (возраст – 53,0 [41,0; 56,0] лет) и 20 женщин (возраст – 47,0 [43,0; 54,0] лет). До пандемии в начале учебного года 2019/20 года эти педагоги были обследованы в плановом порядке по программе мониторинга здоровья педагогов СурГПУ (Приказ департамента образования и молодежной политики ХМАО-Югры 10-П-1451 от 27.10.2021 г). Обследование

после COVID-19 проводили через 8-14 недель после заболевания. Критерии исключения: наличие хронических заболеваний в стадии декомпенсации.

С помощью портативного аппарата для измерения центрального систолического аортального давления (цСАД) в амбулаторных условиях A-PULSE-CASPal (HealhtSTATS, Singapore) трехкратно измеряли пульс, периферическое систолическое и диастолическое АД (САД и ДАД). Уровень цСАД оценивали с учетом пола и возраста по номограмме референсных значений центрального аортального систолического давления.

Запись и анализ variability ритма сердца (BPC) производили с помощью аппаратно-программного комплекса «Поли-Спектр-8» (Нейрософт, Россия) согласно инструкции к использованию программы и протокола проведения исследования в фоновом режиме и активной ортостатической пробе (АОП), позволяющей оценить адаптацию к изменению условий функционирования организма. Состояние вегетативной регуляции оценивали в динамике по показателям временного и спектрального анализа BPC [6-7]. Программой автоматически рассчитаны текущее функциональное состояние организма (ТФС) по средней частоте сердечных сокращений (ЧСС) в состоянии покоя и показателям спектрального анализа BPC – общей мощности спектра (TP), высокочастотного (HF), низкочастотного (LF), очень низкой частоты (VLF) компонентов спектра, отношению LF/HF; адаптационные резервы (AP) определены по изменению ЧСС и LF/HF при АОП по сравнению с состоянием покоя и удвоенной величине коэффициента K30:15; интегральная оценка уровня функционирования физиологической системы (УФФС) рассчитана по суммированию баллов ТФС и AP. Тип реакции на АОП определяли по коэффициенту K30:15 [7].

Все обследуемые подписывали информированное согласие на участие в

исследовании и соблюдение протокола. Измерения проводили с 8 до 12 часов с соблюдением условий исключения физической нагрузки, курения и приема кофеинсодержащих напитков не менее чем за 2 часа до исследования [10]. По протоколу в день исследования обследуемые не принимали лекарственные средства и биологически активные добавки до завершения измерений, прием  $\beta$ -адреноблокаторов исключали за сутки до исследования.

Статистический анализ проведен с использованием пакета программ Statistica 13.3 (StatSoft, США). Распределение значений отличалось от нормального, в связи с этим для оценки различий показателей между выборками применили непараметрические методы. Количественные данные приведены в Me [Q25, Q75], значимость различий количественных показателей между группами педагогов женского и мужского пола определена по критерию Манна-Уитни (U), качественных показателей – по критерию  $\chi^2$ .

Динамику показателей до пандемии и после COVID-19 оценивали по критерию Вилкоксона (W) и критерию Мак-Немара. Для определения связи показателей BPC, цСАД, САД и ДАД провели ранговый корреляционный анализ по методу Спирмена (R). Количественная мера тесноты связи определена по шкале Чеддока: 0,1-0,3 – слабая; 0,3-0,5 – умеренная; 0,5-0,7 – заметная; 0,7-0,9 – высокая; 0,9-0,99 – весьма высокая. Критический уровень значимости различий –  $p \leq 0,05$ .

**Результаты исследования и их обсуждение.** По результатам нашего исследования после COVID-19 выявлено повышение цСАД и САД у мужчин, у женщин – увеличение цСАД, САД, ДАД и уменьшение пульса в покое (табл. 1).

В общей группе педагогов до и после COVID-19 цСАД имел высокую положительную связь с уровнем САД ( $R=0,9018$ ;  $R=0,9715$ ) и ДАД ( $R=0,9018$ ). Следует отметить, что связь цСАД и ДАД в постковидном

периоде ослабевала до умеренной (R=0,4699). Пульс умеренно коррелировал с цСАД (R=0,3453), САД (R=0,3985) и ДАД (R=0,3500) до пандемии, после

COVID-19 связь пульса с цСАД (R=0,2010), САД (R=0,1409) и ДАД (R=0,0872) была незначимой.

Таблица 1

Показатели пульса, центрального и периферического артериального давления у педагогов до пандемии и после COVID-19 (Me [Q<sub>25</sub>; Q<sub>75</sub>])

Показатель	Мужчины, n=16		p
	до пандемии	после COVID-19	
Пульс в мин	75,0 [69,0; 80,0]	75,0 [64,0; 76,0]	0,653
цСАД, мм рт. ст.	124,0 [115,0; 134,0]	126,0 [114,0; 140,0]	0,002
САД, мм рт. ст.	126,0 [123,0; 138,0]	128,0 [123,0; 147,0]	0,001
ДАД, мм рт. ст.	77,0 [73,0; 90,0]	76,0 [75,0; 89,0]	0,009
Женщины, n=20			
Пульс в мин	75,0 [68,0; 82,0]	74,0 [69,0; 84,0]	0,005
цСАД, мм рт. ст.	112,0 [103,0; 124,0]	124,0 [114,0; 126,5]	0,000
САД, мм рт. ст.	116,5 [107,0; 129,0]	126,0 [116,0; 129,0]	0,000
ДАД, мм рт. ст.	75,0 [68,0; 82,0]	80,0 [75,0; 83,0]	0,000

Примечание: p – значимость различий гемодинамических показателей до и после COVID-19 по критерию W

У мужчин до и после COVID-19 уровень цСАД высоко коррелировал с САД (R=0,9440, R=0,9337), с ДАД до пандемии связь была высокой (R=0,9047, R=0,9715), после COVID-19 связь с ДАД была незначимой (R=0,1796).

У женщин цСАД до и после COVID-19 имел высокую корреляцию с САД (R=0,9939, R=0,9757) и ДАД (R=0,9723, R=0,8814).

Пульс у мужчин положительно коррелировал с цСАД до и после COVID-19 (R=0,6706, R=0,7878), САД (R=0,7048, R=0,7151), ДАД (R=0,6347, R=0,6024). В отличие от мужчин, у женщин до пандемии связь пульса была незначимой с

цСАД (R=-0,0917), САД (R=-0,1215), ДАД (R=-0,1162), после COVID-19 выявлена отрицательная умеренная связь цСАД с пульсом (R=-0,4545), заметная с ДАД (R=-0,5349) и слабая с САД (R=-0,5349).

Результаты временного и спектрального анализа ВРС у педагогов в фоновом режиме и при АОП до пандемии и в постковидном периоде представлены в таблице 2.

По результатам АОП до пандемии показатель общей мощности спектра TP был снижен у педагогов обоих полов, после COVID-19 значимо уменьшился как у мужчин, так и у женщин. Наиболее выраженное снижение TP в ответ на АОП отмечено у мужчин, перенесших COVID-19.

Таблица 2

Показатели ВРС у педагогов до пандемии и после COVID-19 Ме [Q<sub>25</sub>; Q<sub>75</sub>]

Показатель	Педагоги, n=36				p <sub>1</sub> p <sub>2</sub>	p <sub>м</sub> p <sub>ж</sub>
	мужчины, n=16		женщины, n=20			
	до пандемии	после COVID-19	до пандемии	после COVID-19		
Временной анализ						
RRNN, мс фон	919.0 [860.0;989.5]	947.0 [849.5;990.5]	859.5 [8136.0;934.0]	862.0 [862.0;877.0]	p <sub>1</sub> =0,166 p <sub>2</sub> =0,088	p <sub>м</sub> =0,756 p <sub>ж</sub> =0,940
АОП	730.0 [698.0;774.0]	742.5 [648.0;801.5]	710.5 [664.0;806.0]	736.0 [683.0;784.0]		
p, z	p=0,0004	p=0,0004	p=0,0000	p=0,0000		
SDNN, мс фон	45.0 [33.5;58.5]	41.5 [35.5;53.5]	25.5 [24.0;38.0]	26.5 [22.0;32.0]	p <sub>1</sub> =0,002 p <sub>2</sub> =0,001	p <sub>м</sub> =0,379 p <sub>ж</sub> =0,128
АОП	32.5 [28.0;46.5]	30.5 [23.5;32.5]	27.5 [19.0;33.0]	31.5 [20.0;47.0]		
p, z	p=0,0092	p=0,0009	p=0,2958	p=0,7089		
RMSSD, мс фон	35.5 [21.0;58.5]	32.5 [19.5;40.05]	19.0 [13.0;29.0]	19.0 [16.0;30.0]	p <sub>1</sub> =0,007 p <sub>2</sub> =0,067	p <sub>м</sub> =0,084 p <sub>ж</sub> =0,135
АОП	16.0 [14.0;20.5]	15.5 [15.0;24.5]	14.5 [10.00;17.00]	14.0 [8.00;20.00]		
p, z	p=0,0007	p=0,1094	p=0,0004	p=0,0000		
pNN50, % фон	14.1 [1.80;23.10]	6.20 [1.85;15.90]	1.30 [0.00;6.30]	1.00 [0.30;6.50]	p <sub>1</sub> =0,013 p <sub>2</sub> =0,347	p <sub>м</sub> =0,120 p <sub>ж</sub> =0,052
АОП	0.80 [0.10;2.20]	0.40 [0.00;1.60]	0.30 [0.00;0.80]	0.10 [0.00;1.50]		
p, z	p=0,0027	p=0,0009	p=0,0801	p=0,0001		
CV, % фон	4.80 [3.56;6.26]	4.16 [3.85;6.58]	3.04 [2.62;4.50]	2.93 [2.57;4.03]	p <sub>1</sub> =0,006 p <sub>2</sub> =0,002	p <sub>м</sub> =0,214 p <sub>ж</sub> =0,167
АОП	4.31 [3.96;6.10]	4.05 [3.25;4.77]	3.79 [2.24;3.99]	4.77 [2.89;5.44]		
p, z	p=0,5694	p=0,0042	p=0,02322	p=0,2043		
Спектральный анализ						
TP, мс <sup>2</sup> фон	2420.0 [1206.0;4695.0]	2244.5 [1407.0;4111.0]	628.5 [575.0;1407.0]	856.0 [511.0;2560.0]	p <sub>1</sub> =0,001 p <sub>2</sub> =0,003	p <sub>м</sub> =0,836 p <sub>ж</sub> =0,052
АОП	1356.5 [808.5;2292.0]	920.5 [535.5;1649.5]	590.0 [368.0;1097.0]	966.0 [361.0;2361.0]		
p, z	p=0,0016	p=0,0004	p=0,2322	p=0,5256		

Продолжение таблицы 2

VLF, мс <sup>2</sup> фон	543.5 [348.0;1457.5]	1109.5 [787.0;1306.0]	363.5 [290.0;506.0]	458.0 [254.0;486.0]	p <sub>1</sub> =0,022 p <sub>2</sub> =0,000	p <sub>м</sub> =0,022 p <sub>ж</sub> =0,295
АОП	622.5 [500.0;1305.0]	416.5 [282.5;600.0]	590.0 [368.0;1097.0]	525.5 [303.0;1008.0]	p <sub>1</sub> =0,000 p <sub>2</sub> =0,534	p <sub>м</sub> =0,043 p <sub>ж</sub> =0,001
p, z	p=0,7173	p=0,0004	p=0,7938	p=0,7089		
LF, мс <sup>2</sup> фон	504.0 [314.5;925.5]	339.5 [268.0;1242.0]	103.0 [55.0;359.0]	168.0 [130.0;261.0]	p <sub>1</sub> =0,000 p <sub>2</sub> =0,000	p <sub>м</sub> =0,214 p <sub>ж</sub> =0,090
АОП	279.5 [125.0;598.0]	446.0 [157.0;668.5]	122.5 [69.0;526.0]	350.5 [63.0;616.0]	p <sub>1</sub> =0,058 p <sub>2</sub> =0,621	p <sub>м</sub> =0,255 p <sub>ж</sub> =0,090
p, z	p=0,1208	p=0,0113	p=0,2322	p=0,1258		
HF, мс <sup>2</sup> фон	1149.0 [188.5;2709.5]	637.5 [115.5;1025.5]	154.0 [64.0;289.0]	244.0 [153.0;323.0]	p <sub>1</sub> =0,001 p <sub>2</sub> =0,315	p <sub>м</sub> =0,001 p <sub>ж</sub> =0,100
АОП	151.5 [59.5;211.5]	81.0 [38.0;168.5]	63.0 [39.0;125.0]	65.0 [17.0;194.0]	p <sub>1</sub> =0,043 p <sub>2</sub> =0,911	p <sub>м</sub> =0,325 p <sub>ж</sub> =0,918
p	p=0,0007	p=0,0004	p=0,0002	p=0,0007		
LF, п.у. фон	47.55 [20.55;56.35]	63.85 [29.20;72.30]	45.25 [35.70;56.20]	46.35 [35.50;55.00]	p <sub>1</sub> =0,577 p <sub>2</sub> =0,208	p <sub>м</sub> =0,000 p <sub>ж</sub> =0,970
АОП	78.05 [55.85;82.25]	84.00 [73.40;89.50]	78.55 [56.10;87.50]	73.95 [68.30;89.20]	p <sub>1</sub> =0,534 p <sub>2</sub> =0,208	p <sub>м</sub> =0,043 p <sub>ж</sub> =0,313
p, z	p=0,0004	p=0,0557	p=0,0000	p=0,0001		
HF, п.у. фон	52.45 [43.65;79.45]	36.15 [31.55;70.80]	54.75 [43.80;64.30]	53.65 [45.00;64.50]	p <sub>1</sub> =0,577 p <sub>2</sub> =0,315	p <sub>м</sub> =0,000 p <sub>ж</sub> =0,970
АОП	21.95 [17.75;44.15]	16.00 [10.50;26.60]	21.45 [12.50;43.90]	26.05 [10.80;31.70]	p <sub>1</sub> =0,534 p <sub>2</sub> =0,208	p <sub>м</sub> =0,043 p <sub>ж</sub> =0,313
p, z	p=0,0004	p=0,0004	p=0,0000	p=0,0001		
LF/HF фон	0.95 [0.29;1.30]	1.77 [0.43;2.18]	0.83 [0.55;1.29]	0.87 [0.55;1.22]	p <sub>1</sub> =0,577 p <sub>2</sub> =0,315	p <sub>м</sub> =0,000 p <sub>ж</sub> =0,278
АОП	3.59 [1.27;4.63]	5.40 [2.86;8.55]	3.72 [1.28;7.02]	2.87 [2.15;8.30]	p <sub>1</sub> =0,534 p <sub>2</sub> =0,208	p <sub>м</sub> =0,070 p <sub>ж</sub> =0,525
p, z	p=0,0004	p=0,0004	p=0,0000	p=0,0004		
K30:15	1.33 [1.24;1.68]	1.14 [1.10;1.25]	1.22 [1.22;1.33]	1.11 [1.04;1.13]	p <sub>1</sub> =0,012 p <sub>2</sub> =0,286	p <sub>м</sub> =0,009 p <sub>ж</sub> =0,004

Примечание: p – значимость различий показателей ВРС в фоновом режиме и активной ортостатической пробе (АОП) по критерию U; p<sub>1</sub> – мужчины vs женщины до пандемии по критерию U; p<sub>2</sub> – мужчины vs женщины после COVID-19 по критерию U; p<sub>м</sub> – различия показателей до пандемии и после COVID-19 у мужчин по критерию W; p<sub>ж</sub> – различия показателей до пандемии и после COVID-19 у женщин по критерию W; RRNN – среднее значение интервалов RR; SDNN – стандартное отклонение интервалов NN; RMSSD – среднеквадратичное значение последовательных различий; pNN50 – процент NN50 от общего кол-ва пар интервалов NN в записи; CV – коэффициент вариации

После COVID-19 реактивность вегетативной нервной системы (ВНС) при проведении АОП, оцениваемая по значению

K30:15, была снижена как у мужчин, так и у женщин (K30:15 не превышал значение 1,2). По мнению Михайлова В.М. (2007)

снижение К30:15 не просто отражает сниженную реактивность парасимпатического отдела ВНС, но и указывает на поломку возвращающих к норме механизмов [7]. Низкие значения К30:15 наряду с подавлением парасимпатической активности (HF-компонента) отражают низкую устойчивость блуждающего нерва к воздействию стресс-стимула [7].

В нашем наблюдении медианы LF/HF до и после COVID-19 соответствовали нормативным значениям и имели адекватный прирост (более чем в 3 раза) в ответ на выполнение АОП в обследованных группах. Следует отметить, что только у мужчин до пандемии в покое HF-компонент преобладал в структуре спектральной мощности и составил 41,5% (рис. 1).

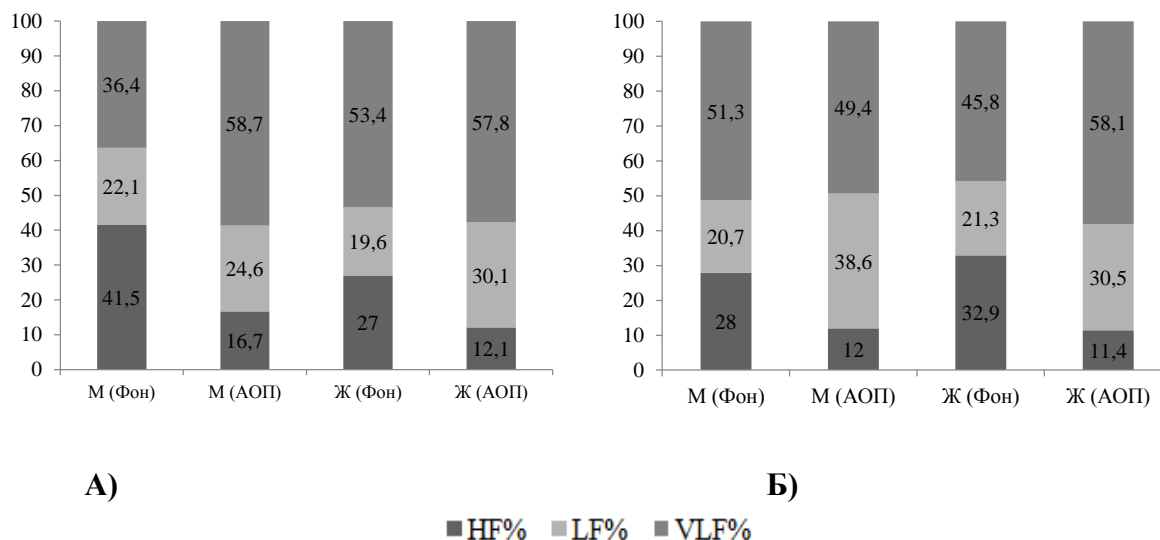


Рис. 1. Вклад высоко- (HF), низко- (LF) и очень низкочастотного (VLF) компонентов в общую мощность спектра ВРС в положении лежа (фон) и при АОП у педагогов, %.

Примечание: А) до пандемии, Б) после COVID-19

Относительное преобладание высокочастотных волн (HF) свидетельствует об адаптационно-трофическом защитном действии блуждающих нервов на сердце. Умеренное преобладание парасимпатических влияний – один из факторов индивидуальной устойчивости здорового организма к поражению сердечно-сосудистой системы в условиях психоэмоционального перевозбуждения [7].

После COVID-19 у педагогов в ответ на АОП была значительно снижена спектральная мощность как HF-, так и LF-компонента, что указывает на минимальное влияние ВНС на модуляцию сердечного ритма.

Необходимо отметить, что после COVID-19, как у мужчин, так и у женщин, более 45,0% в покое и более 50,0% при АОП приходилось на VLF-компонент спектра, что, с учетом выявленных низких значений

TR, обусловлено предположительно гуморально-метаболическими влияниями.

VLF характеризует влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и может использоваться в качестве надежного маркера степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции системы кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипоталамо-гипофизарным (гуморально-метаболический уровень) и корковым (центрально-эрготропный) уровнями [12].

Результаты анализа ВРС при АОП показали, что в постковидном периоде у педагогов наблюдается снижение функционального состояния организма по таким показателям, как ТФС, AP и УФФС (рис. 2).

Необходимо отметить, что по показателям ТФС, АР, УФФС более выраженное снижение функционального состояния организма зарегистрировано у женщин, чем у мужчин, как до пандемии, так и после перенесенного COVID-19. Как показали проведенные нами исследования, психофизиологическое состояние и качество жизни в условиях обычной профессиональной нагрузки и при дистанционной работе нарушено чаще у педагогов-женщин, чем у мужчин [13].

Снижение ТФС у мужчин до пандемии выявлено в 47,1% случаев (сниженное –

9,4%, значительно снижено – 37,5%), после COVID-19 увеличилось до 75,0% (сниженное 25%, значительно сниженное 50,0%) ( $p=0,0211$ ); у женщин после COVID-19 также отмечена тенденция к снижению ТФС с 80,0% (снижено – 5,0%, значительно снижено – 75,0%) до 90,0% (снижено – 10,0%, значительно снижено – 80,0%).

После COVID-19 число мужчин со сниженными АР увеличилось с 37,5 до 86,5% (снижены – 75,0%, резко снижены – 11,5%) ( $p=0,000$ ); число женщин со сниженными АР возросло с 70,0% до 100,0% (снижены – 70,0%, резко снижены – 30,0%) ( $p=0,0079$ ).

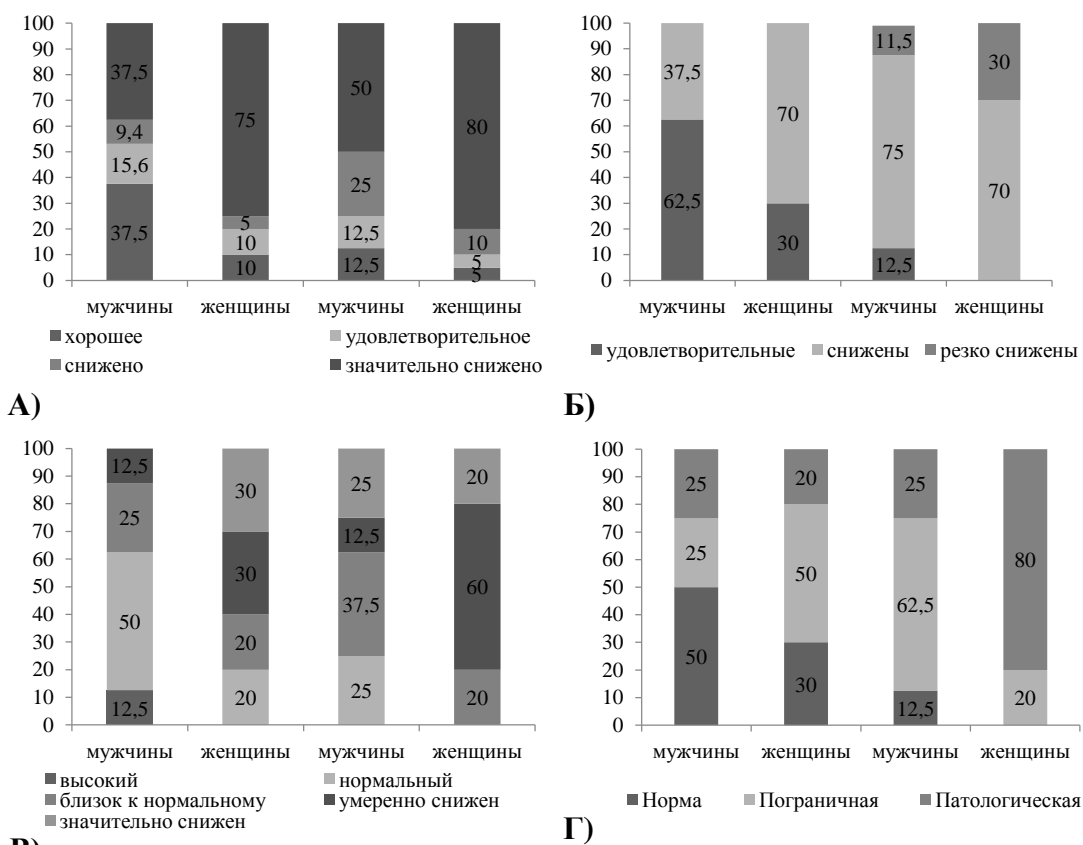


Рис. 2. Частота встречаемости вариаций функционального состояния ВНС по данным ВРС, %

Примечание: А – ТФС (текущее функциональное состояние); Б – АР (адаптационные резервы); В – УФФС (уровень функционирования физиологической системы); Г – типы реакций на АОП по К 30:15

До пандемии умеренное снижение УФСС у мужчин зарегистрировано в 12,5% случаев, после COVID-19 показатель увеличился до 37,5% (умеренно снижен – 12,5%, значительно снижен – 25,0%) ( $p=0,0209$ ).

Количество женщин со сниженным УФФС увеличилось с 60,0% (умеренно снижен – 30,0%, значительно снижен – 30,0%) до 80,0% (умеренно снижен – 60,0%, значительно снижен – 20,0%) ( $p=0,0481$ ).



При анализе коэффициента К30:15 отмечено, что число педагогов с нормальной реакцией на АОП после COVID-19 уменьшилось с 50,0 до 12,5% среди мужчин ( $p=0,0012$ ); у женщин до пандемии нормальная реакция зарегистрирована до пандемии в 30,0%, в постковидном периоде – ни в одном случае ( $p=0,0079$ ). Следует отметить, что патологические реакции на АОП до и после COVID-19 у мужчин остались в пределах 25,0%, у женщин увеличились с 20,0 до 80,0% ( $p=0,0001$ ).

С учетом сопоставимой направленности изменений гемодинамики и ВРС до и после COVID-19 у мужчин и женщин, корреляционный анализ показателей проведен в общей группе педагогов (табл. 3).

Уровень  $\Delta$ САД до пандемии положительно коррелировал с HF% (умеренно), отрицательно – с VLF  $\text{мс}^2$  (умеренно), VLF% (заметно) в покое, при АОП коррелировал положительно с HF п.у. (умеренно) и отрицательно с SDNN, LF, LF п.у., LF%, LF/HF (умеренно), CV% (слабо). После COVID-19 показатель  $\Delta$ САД положительно коррелировал с RRNN (умеренно) в покое; при АОП заметная положительная корреляционная связь была выявлена между показателем  $\Delta$ САД и HF п.у., умеренная – с RRNN и HF%. При АОП отрицательные связи выявлены между уровнем  $\Delta$ САД с LF п.у., LF/HF, CV% (заметные), SDNN, RMSSD, VLF  $\text{мс}^2$ , TP (умеренные), LF  $\text{мс}^2$  (слабая).

Таблица 3

Корреляционный анализ показателей ВРС и гемодинамики у педагогов до пандемии и после COVID-19

Показатели	R, n=36					
				после COVID-19		
	$\Delta$ САД, мм рт. ст.	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	$\Delta$ САД, мм рт. ст.	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.
Фоновая проба						
RRNN, мс	-	-	-	0,3540	0,4212	-
CV, %	-	-	-	-	-	-0,2821
HF, $\text{мс}^2$			0,3801	-	-	-
VLF, $\text{мс}^2$	-0,2786	-0,3231	-0,2961	-	-	-
LF, п.у.	-	-	-0,4946	-	-	-0,3387
HF, п.у.	-	-	0,4946	-	-	0,3387
LF/HF	-	-	-0,4946	-	-	-0,3387
LF%	-	-	-	-	-0,4307	-0,3673
HF%	0,3171	0,3523	0,5213	-	-	-
VLF%	-0,5785	-0,5851	-0,6714	-	-	-
Активная ортостатическая проба						
RRNN, мс	-	-	-	0,3769	0,4200	-
SDNN, мс	-0,3705	-0,3653	-0,4808	-0,4296	-0,3597	-0,4553
RMSSD, мс	-	-	-	-0,3412	-	-0,6408
pNN50, %	-	-	-	-	-	-0,4767
CV, %	-0,2992	-0,2794	-0,3637	-0,5475	-0,4690	-0,5442
TP, $\text{мс}^2$	-	-	-	-0,3414	-	-0,5084
LF, $\text{мс}^2$	-0,3796	-0,3390	-0,3300	-0,2882	-	-0,4600
VLF, $\text{мс}^2$	-	-	-	-0,3441	-0,2814	-0,5252
LF, п.у.	-0,3700	-0,3362	-0,4697	-0,5103	-0,4951	-
HF, п.у.	0,3700	0,3362	0,4697	0,5103	0,4951	-
LF/HF	-0,3700	-0,3362	-0,4697	-0,5103	-0,4951	-
LF%	-0,4152	-0,3601	-0,3693	-	-	-
HF%	-	-	0,4131	0,3185	0,3032	-

Продолжение таблицы 3

VLF%	-	-	-	-	-	-
ТФС	-	-	0,3315	-	-	-
К 30:15	-	-	-	-	0,3414	-

Примечание: в таблице указаны только значимые корреляции ( $p \leq 0,05$ ) по критерию Спирмена (R)

Уровень САД до пандемии коррелировал положительно с HF% (умеренно), отрицательно – с VLF% (заметно), VLF  $\text{мс}^2$  (умеренно); при АОП положительно – с HF п.у. (умеренно), отрицательно – с SDNN, LF  $\text{мс}^2$ , LF п.у., LF%, LF/HF (умеренно), CV% (слабо). После COVID-19 показатель САД положительно коррелировал в покое с RRNN и К 30:15 (умеренно), отрицательно – с LF% (умеренно); при АОП положительно – с RRNN, HF п.у., HF% (умеренно), отрицательно – с SDNN, LF п.у., LF/HF, CV% (умеренно), VLF  $\text{мс}^2$  (слабо).

Уровень ДАД до пандемии коррелировал положительно с ТФС, HF  $\text{мс}^2$ , HF п.у., (умеренно), HF% (заметно), отрицательно – с LF п.у., LF/HF (умеренно), VLF  $\text{мс}^2$  (слабо), VLF% (заметно) в покое; при АОП положительно – с HF п.у., HF% (умеренно), отрицательно – с SDNN, CV%, LF  $\text{мс}^2$ , LF п.у., LF%, LF/HF (умеренно). Следует отметить, что ДАД имел умеренную связь при АОП с показателем CV%, в то время как цСАД и САД имели слабую связь с CV. После COVID-19 выявлена умеренная положительная корреляция ДАД с HF п.у., отрицательная – с LF п.у., LF%, LF/HF (умеренная), CV% (слабая) в покое; при АОП показатель ДАД имел отрицательную заметную связь с показателями RMSSD, CV%, VLF и TP и умеренную с SDNN, pNN50%, LF  $\text{мс}^2$ .

**Заключение.** После COVID-19 средней тяжести наблюдается тенденция к повышению цСАД и САД у педагогов мужского и женского пола, при этом повышение ДАД характерно только для женщин. В постковидном периоде у мужчин повышение цСАД и САД в большей степени связано с симпатической активацией, в то время как для женщин более характерно повышение

цСАД, САД и ДАД на фоне вегетативного равновесия и повышения парасимпатической активности. В постковидном периоде значимо возрастает увеличение роли связи автономных (сегментарных) уровней регуляции системы кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипоталамо-гипофизарным (гуморально-метаболический уровень) и корковым (центрально-эрготропный) уровнями, что подтверждается значительным увеличением доли компонента спектра variability ритма сердца очень низкой частоты (VLF), снижением общей мощности и свидетельствует о незавершенности компенсаторных процессов через 8-12 недель после COVID-19.

Об этом свидетельствует и прогрессирование в постковидном периоде снижения текущего функционального состояния, адаптационных резервов уровня функционирования физиологической системы организма педагогов, показателей, существенно сниженных у педагогов и до пандемии в силу особенностей их трудовой деятельности, связанной с профессиональным психоэмоциональным стрессом.

После COVID-19 у педагогов практически не регистрируется адекватная нормальная реакция и увеличивается частота патологических реакций на активную ортостатическую пробу по коэффициенту К30:15.

Перенесенный COVID-19 в большей степени сказывается на ухудшении функционального состояния организма женщин, чем мужчин, что может быть в определенной степени связано с тем фактом, что до пандемии нарушения вегетативной регуляции и гемодинамики у женщин встречаются чаще, чем у мужчин.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шматова, Ю. Е. Влияние COVID-19 на психическое здоровье населения (как показатель человеческого потенциала): опыт зарубежных исследований / Ю. Е. Шматова // Проблемы развития территории. – 2020. – № 4 (108). – С. 88-108. DOI: 10.15838/ptd.2020.4.108.6
2. Попова, М. А. Электроэнцефалографические показатели и функциональное состояние центральной нервной системы у педагогов северного университета, перенесших COVID-19 / М. А. Попова, В. В. Чистова, А. Э. Щербакова // Международный журнал «Вестник психофизиологии». – 2021. – № 3. – С.72-77. DOI: 10.34985/s7076-4119-2488-y
3. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension / Williams B., Mancia G., Spiering W. [et al] // *Eur Heart J*. – 2018. – № 39(33). – pp. 3021-3104. DOI: doi/10.1093/eurheartj/ehy339
4. Arterial hypertension and risk of death in patients with COVID-19 infection: Systematic review and meta-analysis / Zuin M., Rigatelli Dzh., Zuliani Dzh. [et al] // *Infect*. – 2020. – № 81 (1). – pp. e84-e86. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.03.059
5. COVID-19 and its cardiovascular effects: a systematic review of prevalence studies / Pellicori P., Doolub G., Wong C.M. [et al] // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2021. – Issue 3. – Art. №: CD013879. DOI: 10.1002/14651858.CD013879
6. Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology. Heart Rate Variability Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use // *Circulation*. – 1996. – № 93. – pp. 1043-1065. PMID: 8598068.
7. Михайлов, В. М. Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму) / В. М. Михайлов. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2017. – С.516.
8. Центральное аортальное давление: референсные и диагностические значения / А.А. Кузнецов, Е.Е. Цветкова, Д.В. Денисова, Ю.И. Рагино, М.И. Воевода // *Кардиология*. – 2019. – Т.59(3). – С.11-17. DOI:10.18087/cardio.2019.3-10235
9. Котовская, Ю. В. Центральное давление в клинической практике: современное состояние проблемы / Ю. В. Котовская, Ж. Д. Кобалава // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. – 2009. – № 8(4). – С. 8-13. URL: <https://cardiovascular.elpub.ru/jour/article/view/1717/1382> (дата обращения: 26.08.2022)
10. Амбулаторное мониторирование пульсовых волн: статус проблемы и перспективы. Позиция российских экспертов / Ю.В. Котовская, А.Н. Рогоза, Я.А. Орлова, И.Н. Посохов // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. – 2018. – № 17(6). – С. 95-109. DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2018-6-95-109>
11. Попова, М. А. Показатели пульса, центрального и периферического артериального давления у педагогов северного университета, перенесших COVID-19, в период дистанционной работы / М. А. Попова, В. В. Чистова, А. Э. Щербакова // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. – 2021. – Т. 13. – № 4. – С. 175-192. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-4-175-192
12. Deal, B. J. Surgery for arrhythmias in children / B. J. Deal, C. Mavroudis, C. L. Backer // *J. Cardiol*. – 2004. – № 97. – pp. 39-57.
13. Попова, М. А. Психологическое состояние и профессиональное выгорание у педагогов северного университета, перенесших COVID-19 / М. А. Попова, В. В. Щербакова, В. В. Чистова // *Международный научный журнал «Вестник психофизиологии»*. – 2022. – № 2. – С. 105-113.

### REFERENCES

1. Shmatova Yu.E. Impact of COVID-19 on Mental Health of Population (as an Indicator of Human Potential): Experience of Foreign Studies. *Problems of Territory's Development*, 2020, no. 4 (108), pp. 88-108. DOI: 10.15838/ptd.2020.4.108.6 (in Russ.)
2. Popova M.A., Chistova V.V., Shcherbakova A.E. Electroencephalographic parameters and functional state of central nervous system in northern university teachers who underwent COVID-19. *Psychophysiology News*, 2021, no. 3, pp. 72-77. DOI: 10.34985/s7076-4119-2488-y. (in Russ.)
3. Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J*, 2018, no. 39(33), pp.3021-3104. DOI: doi/10.1093/eurheartj/ehy339.
4. Zuin M., Rigatelli Dzh., Zuliani Dzh., Rigatelli A., Mazza A., Ronkon L. Arterial hypertension and risk of death in patients with COVID-19 infection: Systematic review and meta-analysis. *Infect*, 2020, no. 81 (1), pp. e84-e86. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.03.059.
5. Pellicori P., Doolub G., Wong C.M., Lee K.S., Mangion K., Ahmad M., Berry C., Squire I., Lambiase P.D., Lyon A., McConnachie A.,

Taylor R.S., Cleland J.G.F. COVID-19 and its cardiovascular effects: a systematic review of prevalence studies. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021, Issue 3, Art. no. CD013879. DOI: 10.1002/14651858.CD013879.

6. Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology. Heart Rate Variability Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*, 1996, vol. 93, no. 5, pp. 1043–1065. DOI: 10.1161/01.CIR.93.5.1043

7. Mikhajlov V.M. Heart rate variability (new look at the old paradigm). Ivanovo: Neurosoft, 2017. 516 p. (in Russ.)

8. Kuznetsov A.A., Tsvetkova E.E., Denisova D.V., Voevoda M.I. Central Aortic Pressure: Reference and Diagnostic Values. *Kardiologiya*, 2019, vol. 59(3), pp. 11-17. DOI: 10.18087/cardio.2019.3.10235. (in Russ.)

9. Kotovskaya Yu.V., Kobalava Zh.D. Central pressure in clinical practice: current state of the problem. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2009, no. 8(4). pp. 8-13. Available at: <https://cardi>

[vascular.elpub.ru/jour/article/view/1717/1382](https://cardiovascular.elpub.ru/jour/article/view/1717/1382) (Accessed 26.08.2022) (in Russ.)

10. Kotovskaya Yu.V., Rogoza A.N., Orlova Ya.A., Posohov I.N. Ambulatory pulse wave monitoring: current and future. Opinion paper of Russian Experts. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2018, no. 17(6), pp. 95-109. DOI: 10.15829/1728-8800-2018-6-95-109. (in Russ.)

11. Popova M.A., Chistova V.V., Shcherbakova A.E. indicators of pulse, central and peripheral blood pressure of northern university teachers who underwent COVID-19 while working remotely. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 4, pp. 175-192. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-4-175-192. (in Russ.)

12. Deal, B.J., Mavroudis C., Backer C.L. Surgery for arrhythmias in children. *J. Cardiol*, 2004, no. 97, pp. 39-57.

13. Popova M.A., Shcherbakova A.E., Chistova V.V. Psychological state and professional burnout at northern university teachers who survived COVID-19. *Psychophysiology News*, 2022, no. 2, pp. 105-113. (in Russ.)

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Марина Алексеевна Попова** – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Здоровый образ жизни и охрана здоровья», Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: [m\\_a\\_popova@mail.ru](mailto:m_a_popova@mail.ru).

**Виктория Васильевна Чистова** – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Здоровый образ жизни и охрана здоровья», Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: [victoria133117@mail.ru](mailto:victoria133117@mail.ru).

**Александра Эдуардовна Щербакова** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Здоровый образ жизни и охрана здоровья», Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, e-mail: [la\\_lune-4@bk.ru](mailto:la_lune-4@bk.ru).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

**Marina Alekseevna Popova** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Scientific and Research Laboratory “Healthy lifestyle and Healthcare”, Surgut State Pedagogical University, Surgut, e-mail: [m\\_a\\_popova@mail.ru](mailto:m_a_popova@mail.ru).

**Victoria Vasil’evna Chistova** – Junior Researcher of the Scientific and Research Laboratory “Healthy lifestyle and Healthcare”, Surgut State Pedagogical University, Surgut, e-mail: [victoria133117@mail.ru](mailto:victoria133117@mail.ru).

**Aleksandra Eduardovna Shcherbakova** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Scientific and Research Laboratory “Healthy lifestyle and Healthcare”, Surgut State Pedagogical University, e-mail: [la\\_lune-4@bk.ru](mailto:la_lune-4@bk.ru).

**Для цитирования:** Попова, М. А. Вариабельность ритма сердца и гемодинамические реакции у педагогов, перенесших COVID-19 / М. А. Попова, В. В. Чистова, А. Э. Щербакова // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 3. DOI: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_03\_22

**For citation:** Popova M.A., Chistova V.V., Shcherbakova A.E. Heart rate variability and hemodynamic response in teachers who had COVID-19. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 3. DOI: 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_03\_22