



## Динамика параметров систолической и диастолической функции левого желудочка у больных артериальной гипертензией через 2 года после поражения легких при COVID-19

Ярославская Е. И., Широков Н. Е., Коровина И. О., Романенко Д. А., Горбатенко Е. А., Гапон Л. И.

**Цель.** Оценить динамику параметров систолической и диастолической функции при эхокардиографии (ЭхоКГ) у больных артериальной гипертензией (АГ) через 3, 12 и 25 мес. после поражения легких при COVID-19 в зависимости от вакцинации и повторно перенесенной COVID-19.

**Материал и методы.** 85 больных АГ, перенесших поражение легких при COVID-19, обследовали через 3, 12 и 25 мес. после выписки (1, 2 и 3 точки наблюдения). Эхокардиографию проводили с определением глобальной продольной деформации левого желудочка (GLS ЛЖ). Сниженной считали GLS ЛЖ  $\geq$ -18%.

**Результаты.** Вакцинации от COVID-19 подверглись 66 пациентов (77,6%), из них 23 (27,1%) повторно. COVID-19 повторно переболело 25% пациентов, все в легкой форме. Между 1 и 2 точками значимо вырос индекс массы тела ( $29,7 \pm 3,8$  vs  $30,7 \pm 4,1$  кг/м<sup>2</sup>,  $p < 0,001$ ), между 2 и 3 точками — частота АГ II стадии за счет впервые выявленного поражения органов-мишеней. Фракция выброса ЛЖ была нормальной у всех пациентов. Средние значения GLS ЛЖ варьировали в пределах нормы без значимой динамики, но количество пациентов со сниженной GLS ЛЖ на 2 точке выросло с 21 до 36%, а на 3 точке снизилось и составило 16% ( $p = 0,006$ ), что позволяет говорить о восстановлении систолической функции ЛЖ у большинства пациентов. Признаки диастолической дисфункции ЛЖ 1 степени (снижение раннедиастолической скорости смещения митрального кольца, соотношения раннедиастолических скоростей митрального потока и смещения митрального кольца) стабильно демонстрировали от 34% до 56% пациентов. Признаки повышенного легочно-сосудистого сопротивления (ЛСС) к концу наблюдения сохранялись у 38% пациентов. Однофакторная логистическая регрессия не выявила связей между признаками диастолической дисфункции и повышенного ЛСС с вакцинацией и перенесенной повторно COVID-19.

**Заключение.** Через 2 года после поражения легких при COVID-19 систолическая функция ЛЖ восстанавливается у большинства больных АГ. Признаки диастолической дисфункции ЛЖ и повышенного ЛСС не связаны с вакцинацией и повторно перенесенной COVID-19 и сохраняются у 34-56% и 18% пациентов, соответственно.

**Ключевые слова:** артериальная гипертензия, COVID-19, продольная деформация левого желудочка, вакцинация.

**Отношения и деятельность:** нет.

**ID исследования:** ClinicalTrials.gov (Identifier № NCT04501822).

Тюменский кардиологический научный центр, ФГБНУ Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН, Тюмень, Россия.

Ярославская Е. И.\* — д.м.н., профессор, врач ультразвуковой диагностики, зав. лабораторией инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, в.н.с. лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0003-1436-8853, Широков Н.Е. — к.м.н., н.с. лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0002-4325-2633, Коровина И.О. — лаборант-исследователь лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0002-8146-459X, Романенко Д.А. — лаборант-исследователь лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0002-1655-3705, Горбатенко Е.А. — м.н.с. лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0003-0858-2933, Гапон Л.И. — д.м.н., профессор, зав. научным отделом клинической кардиологии, ORCID: 0000-0002-3620-0659.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): yaroslavskayae@gmail.com

АГ — артериальная гипертензия, ВТ — выносящий тракт, ИМТ — индекс массы тела, ЛЖ — левый желудочек, ЛСС — легочно-сосудистое сопротивление, ПЖ — правый желудочек, ЭхоКГ — эхокардиография, COVID-19 — новая коронавирусная инфекция, E/A — соотношение ранней и поздней скоростей диастолического митрального потока, e' — раннедиастолическая скорость митрального кольца, E/e' — соотношение раннедиастолических скоростей митрального потока и смещения митрального кольца, GLS — global longitudinal strain или глобальная продольная деформация, S' TK — систолическая скорость трикуспидального кольца, rEtv — раннедиастолическая скорость трикуспидального кольца.

Рукопись получена 02.04.2025

Рецензия получена 25.05.2025

Принята к публикации 09.07.2025



**Для цитирования:** Ярославская Е. И., Широков Н. Е., Коровина И. О., Романенко Д. А., Горбатенко Е. А., Гапон Л. И. Динамика параметров систолической и диастолической функции левого желудочка у больных артериальной гипертензией через 2 года после поражения легких при COVID-19. *Российский кардиологический журнал*. 2026;31(3):6332. doi: 10.15829/1560-4071-2026-6332. EDN: LQRAUO

## Changes of left ventricular systolic and diastolic function parameters in hypertensive patients 2 years after COVID-19 lung injury

Yaroslavskaya E. I., Shirokov N. E., Korovina I. O., Romanenko D. A., Gorbatenko E. A., Gapon L. I.

**Aim.** To conduct a dynamic analysis of echocardiographic data in comparison with clinical data in patients with hypertension (HTN) 3, 12, and 25 months after COVID-19 lung injury.

**Material and methods.** Eighty-five patients with HTN after COVID-19 lung injury were examined 3, 12, and 25 months after discharge (follow-up points 1, 2, and 3, respectively). Echocardiography was performed to determine left ventricular global longitudinal strain (LVGLS). LVGLS  $\geq$ -18% was considered reduced.

**Results.** 66 patients (77,6%) were vaccinated against COVID-19, including 23 (27,1%) who were re-vaccinated. Twenty-five percent of patients had re-infection with COVID-19 (all with mild symptoms). Between points 1 and 2, body mass index significantly in-

creased ( $29,7 \pm 3,8$  vs  $30,7 \pm 4,1$  kg/m<sup>2</sup>,  $p < 0,001$ ), while the incidence of stage 2 HTN due to newly diagnosed target organ damage increased between points 2 and 3. LV ejection fraction was normal in all patients. Mean LVGLS values varied within the normal range without significant changes, but the proportion of patients with reduced LVGLS at point 2 increased from 21% to 36% and decreased to 16% at point 3 ( $p = 0,006$ ), suggesting restoration of LV systolic function in the majority of patients. Signs of grade 1 LV diastolic dysfunction (decreased early diastolic mitral annulus velocity, ratio of early diastolic transmitral flow to early diastolic mitral annulus velocity) were consistently demonstrated in 34% to 56% of patients. Signs of elevated pulmonary vascular resistance (PVR) persisted in 38% of patients by the end

of follow-up. Univariate logistic regression revealed no associations between signs of diastolic dysfunction and elevated PVR with vaccination and recurrent COVID-19.

**Conclusion.** Two years after COVID-19 lung injury, LV systolic function is restored in most patients with hypertension. Signs of LV diastolic dysfunction and elevated PVR are not associated with vaccination or recurrent COVID-19 and persist in 34% to 56% and 18% of patients, respectively.

**Keywords:** hypertension, COVID-19, left ventricular longitudinal strain, vaccination.

**Relationships and Activities:** none.

**Trial ID:** ClinicalTrials.gov (Identifier № NCT04501822).

Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Tyumen, Russia.

Yaroslavskaya E.I.\* ORCID: 0000-0003-1436-8853, Shirokov N.E. ORCID: 0000-0002-4325-2633, Korovina I.O. ORCID: 0000-0002-8146-459X, Romanenko D.A. ORCID: 0000-0002-1655-3705, Gorbatenko E.A. ORCID: 0000-0003-0858-2933, Gapon L.I. ORCID: 0000-0002-3620-0659.

\*Corresponding author:  
yaroslavskayae@gmail.com

**Received:** 02.04.2025 **Revision Received:** 25.05.2025 **Accepted:** 09.07.2025

**For citation:** Yaroslavskaya E.I., Shirokov N.E., Korovina I.O., Romanenko D.A., Gorbatenko E.A., Gapon L.I. Changes of left ventricular systolic and diastolic function parameters in hypertensive patients 2 years after COVID-19 lung injury. *Russian Journal of Cardiology*. 2026;31(3):6332. doi: 10.15829/1560-4071-2026-6332. EDN: LQRAUO

### Ключевые моменты

- У привившихся от новой коронавирусной инфекции (COVID-19) зарубежными вакцинами выявлены более частые сердечно-сосудистые заболевания, в частности миокардит.
- У большинства больных артериальной гипертензией через 2 года после поражения легких при COVID-19 систолическая функция левого желудочка восстанавливается, но сохраняются признаки диастолической дисфункции левого желудочка (у 34-56%) и легочной гипертензии (у 18%), не связанные с вакцинацией и повторно перенесенной COVID-19.
- У больных артериальной гипертензией, перенесших поражение легких при COVID-19, кардиологическое наблюдение должно включать динамическую оценку диастолической функции левого желудочка и признаков легочной гипертензии.

### Key messages

- Those vaccinated against the COVID-19 with foreign vaccines have been found to have a higher incidence of cardiovascular diseases, particularly myocarditis.
- In most patients with hypertension, 2 years after COVID-19 lung injury, LV systolic function is restored, but signs of left ventricular diastolic dysfunction (34-56%) and pulmonary hypertension (18%) persist, unrelated to vaccination or recurrent COVID-19.
- In patients with hypertension who had COVID-19 lung injury, cardiac monitoring should include dynamic assessment of left ventricular diastolic function and signs of pulmonary hypertension.

Обсуждение последствий пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) продолжается. Особенно актуальным является изучение восстановления после COVID-19 лиц с самой распространенной сердечно-сосудистой патологией — артериальной гипертензией гипертензией (АГ). Одной из лидирующих причин смертности у пациентов с АГ является хроническая сердечная недостаточность, субстратом для формирования которой является нарушение функции миокарда. Наиболее информативными показателями, позволяющими выявить дисфункцию миокарда на начальных стадиях, являются глобальная продольная деформация ЛЖ (LV GLS), определенная методом отслеживания пятна серошкального изображения (speckle-tracking echocardiography, STE), и параметры диастолической функции. Их оценка рекомендована в рутинной клинической практике, референсные значения выделены [2-6]. Однако возмож-

ности эхокардиографии (ЭхоКГ) с STE в выявлении дисфункции миокарда у больных АГ в отдаленные сроки после COVID-19 не изучены, существующие данные немногочисленны и опираются на результаты, полученные в течение не более года наблюдения в основном в смешанных когортах, где не все пациенты страдали АГ [1-9]. Метаанализ данных 99 млн пациентов показал более частые сердечно-сосудистые заболевания, в частности миокардит, у привитых вакцинами Pfizer, BioNTech и Moderna [10]. Но результаты их применения не могут быть экстраполированы на российскую популяцию, где применялись в основном отечественные вакцины. В данном исследовании представлены результаты более чем 2-летнего наблюдения больных АГ, перенесших осложненную поражение легких COVID-19, с последующей вакцинацией и повторно перенесенной COVID-19.

Цель: оценить динамику параметров систолической и диастолической функции при эхокардиографии (ЭхоКГ) у больных АГ через 3, 12 и 25 мес. после поражения легких при COVID-19 в зависимости от вакцинации и повторно перенесенной COVID-19.

Таблица 1

**Динамика клинических параметров пациентов через 3, 12 и 25 мес. после перенесенного поражения легких при COVID-19 (n=85)**

Показатель		1 точка	2 точка	3 точка	p
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>		29,7±3,8	<b>30,7±4,1</b>	<b>30,8±4,4</b>	P <sub>1-2, 1-3</sub> <0,001
Ожирение, n (%)	нормальный	9 (10,6%)	8 (9,4%)	8 (9,4%)	
	избыточная масса тела	35 (41,2%)	25 (29,4%)	25 (29,4%)	
	1 степень	36 (42,4%)	37 (43,5%)	36 (42,4%)	
	2 степень	4 (4,7%)	14 (16,5%)	14 (16,5%)	
	3 степень	1 (1,2%)	1 (1,2%)	2 (2,4%)	
Офисное артериальное давление, мм рт.ст.	систолическое	130 [120; 143]	132 [125; 140]	125 [118; 135]	P <sub>1-3</sub> =0,042 P <sub>2-3</sub> =0,009
	диастолическое	90 [80; 98]	90 [80; 94]	80 [75; 86]	P <sub>1-2</sub> =0,001 P <sub>2-3</sub> <0,001
Стадия артериальной гипертензии, n (%)	I	30 (35,3%)	24 (28,2%)	22 (25,9%)	P <sub>1-2</sub> =0,093 P <sub>1-3</sub> =0,024
	II	54 (63,5%)	60 (70,6%)	62 (72,9%)	P <sub>1-2</sub> =0,093 P <sub>1-3</sub> =0,024
	III	1 (1,2%)	1 (1,2%)	1 (1,2%)	1,000
Риск артериальной гипертензии, n (%)	1	–	–	–	
	2	14 (16,5%)	11 (12,9%)	9 (10,5%)	0,405
	3	70 (82,4%)	72 (84,7%)	74 (87,1%)	0,150
	4	1 (1,2%)	2 (2,4%)	2 (2,4%)	0,471
Нормализация данных КТ ОГК, n (%)		19 (23,2%)	27 (32,9%)	–	0,057
Сахарный диабет 2 типа, n (%)		9 (10,6%)	9 (10,6%)	11 (12,9%)	1,000
Нарушение гликемии натощак, n (%)		5 (5,9%)	7 (8,2%)	8 (9,4%)	1,000
Атеросклероз брахецефальных артерий, n (%)		33 (38,8%)	34 (40,0%)	36 (42,4%)	1,000

**Примечание:** синим фоном — статистически значимые параметры, серым — параметры, продемонстрировавшие тенденцию к различию; жирным шрифтом выделены параметры, выходящие за пределы референсных значений; данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха — Me [Q1; Q3], среднего ± стандартное отклонение — M±SD, количества пациентов — n (%). Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

**Сокращение:** КТ ОГК — компьютерная томография органов грудной клетки.

**Материал и методы**

Исследование наблюдательное, в течение 25 мес. с мая 2020г по февраль 2023г наблюдали 85 больных АГ, перенесших поражение легких при COVID-19 (55±8 лет, 44,7% мужчин). Исследование выполнено по стандартам надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципам Хельсинкской декларации. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Все пациенты дали письменное информированное согласие на участие в исследовании и прошли обследование трижды: через 3, 12 и 25 мес. после выписки (1, 2 и 3 точки амбулаторного наблюдения). Оценивали клинические данные, параметры ЭхоКГ с определением глобальной продольной деформации (GLS) левого желудочка (ЛЖ) [11-15] на ультразвуковом аппарате Vivid S70 с обработкой данных на рабочей станции IntelliSpace Cardiovascular с использованием программы TomTec (Philips, США). Сниженной считали GLS ЛЖ ≥-18%. При увеличении индекса массы тела (ИМТ) выше нормы соответствующим гипертрофии ЛЖ считали индекс массы миокарда у мужчин >50 г/м<sup>2,7</sup>, у женщин >47 г/м<sup>2,7</sup> [12].

Для статистического анализа распределение непрерывных переменных исследовали с помощью тестов Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. В зависимости от распределения, данные представляли, как среднее и стандартное отклонение (M±SD), или в виде медианы и межквартильного размаха (Me (25%; 75%)). При сравнении показателей в динамике использовали критерии Фридмана с коррекцией р-значения на множественные сравнения. Категориальные переменные анализировали критерием МакНимара, так же с применением поправки на множественные сравнения. Отношение шансов рассчитывали с помощью однофакторной логистической регрессии. Результаты оценивались как статистически значимые при двухстороннем уровне p<0,05.

**Результаты**

Вакцинации от COVID-19 подверглись 66 пациентов (77,6%), из них 23 (27,1%) повторно. COVID-19 повторно переболели 25% пациентов, все в легкой форме. Общая характеристика группы содержится в таблице 1. Между 1 и 2 точками значимо вырос ИМТ, между 2 и 3 точками — частота АГ II стадии за счет

Таблица 2

**Динамика показателей параметров ЭхоКГ больных АГ через 3, 12 и 25 мес. после перенесенного поражения легких при COVID-19 (n=85)**

Показатель		Референсные значения		Через 3 мес.	Через 12 мес.	Через 25 мес.	p
		Мужчины	Женщины				
КДО ЛЖ	мл	62-150 <sup>a</sup>	46-106 <sup>a</sup>	85 [70; 108]	86 [73; 101]	90 [78; 104]	P <sub>0-3, 0-12, 0-25</sub> <0,001
	мл/м <sup>2</sup>	34-74 <sup>a</sup>	29-61 <sup>a</sup>	42 [38; 53]	43 [39; 49]	46 [41; 52]	P <sub>12-25</sub> =0,064
КСО ЛЖ	мл	21-61 <sup>a</sup>	14-42 <sup>a</sup>	28 [21; 33]	27 [23; 34]	28 [23; 33]	P <sub>0-3, 0-12</sub> <0,001 P <sub>0-25</sub> =0,005
	мл/м <sup>2</sup>	11-31 <sup>a</sup>	8-24 <sup>a</sup>	13 [11; 17]	14 [12; 16]	14 [13; 16]	0,105
Масса миокарда ЛЖ (М-режим)	г	88-224	67-162	170 [153; 193]	176 [148; 194]	176 [158; 201]	P <sub>0-3</sub> <0,001 P <sub>0-12</sub> =0,005 P <sub>3-25</sub> =0,019
	г/м <sup>2</sup>	49-115 <sup>a</sup>	43-95 <sup>a</sup>	87 [79; 93]	86 [78; 97]	87 [80; 98]	0,112
Гипертрофия ЛЖ, n (%)				15 (17,6%)	18 (21,2%)	20 (23,5%)	1,000
ФВ ЛЖ	%	52-72 <sup>a</sup>	54-74 <sup>a</sup>	69±5	68±4	69±4	0,881
GLS ЛЖ, n (n=58)				-19,7±2,4	-19,4±2,9	-19,9±2,1	0,225
Снижение GLS ЛЖ >-18%, n (%) (n=58)				12 (20,7%)	21 (36,2%)	9 (15,5%)	P <sub>12-25</sub> =0,006
Интеграл линейной скорости кровотока в ВТ ЛЖ, см			16	20,4 [17,8; 22,9]	21,1 [17,5; 24,1]	21,5 [19,8; 24,6]	0,084
IVRT	мс	60-88**		110 [90; 120]	106 [93; 120]	92 [84; 110]	P <sub>3-12</sub> <0,001 P <sub>12-25</sub> =0,001
DT	мс	143-219**		220 [177; 258]	210 [190; 248]	215 [187; 246]	0,329
DT ≥220 мс				51,0%	42,9%	40,8%	нз
Скорость раннего диастолического наполнения ЛЖ, E, см/с				68±15	70±15	69±15	0,433
Скорость позднего диастолического наполнения ЛЖ, A, см/с				76±15	78±16	77±16	0,140
E/A	≥0,8 — <2,0 <sup>a</sup>			0,86 [0,74; 1,12]	0,86 [0,75; 1,00]	0,88 [0,75; 1,09]	0,719
E/A <0,78				34,1%	34,1%	34,1%	нз
e' later, см/с		>10 <sup>a</sup>		9,0 [8,0; 11,8]	9,0 [7,3; 11,0]	10,0 [8,0; 12,0]	0,265
e' later ≤10 см/с				46 (54,8%)	47 (56,0%)	37 (44,0%)	1,000
e' sept, см/с		>7 <sup>a</sup>		7,0 [6,0; 9,0]	7,0 [6,0; 8,0]	7,0 [5,0; 8,0]	0,206
e' sept ≤7 см/с				36 (43,4%)	31 (37,3%)	38 (45,8%)	1,000
E/e'		<9***		8,0 [7,2; 9,8]	8,6 [7,1; 9,8]	8,5 [7,0; 9,6]	0,826
E/e' ≥9				30 (36,1%)	32 (38,6%)	30 (36,1%)	1,000
E/e' >14				1 (1,2%)	3 (3,6%)	1 (1,2%)	нз
Максимальный объем ЛП	мл	18-58 <sup>a</sup>	22-52 <sup>a</sup>	49 [37; 59]	48 [40; 58]	47 [42; 56]	P <sub>0-3, 0-12</sub> =0,007 P <sub>0-25</sub> =0,033
	мл/м <sup>2</sup>	16-34 <sup>a</sup>		23 [20; 29]	23 [21; 28]	24 [21; 28]	0,617
Индекс максимального объема ЛП >34 мл/м <sup>2</sup>				10 (11,8%)	3 (3,5%)	4 (4,7%)	нз
Длина ПЖ (4-камерная позиция), мм			59-83 <sup>a</sup>	68±7	64±7	66±7	P <sub>3-12</sub> =0,003
Индекс сферичности ПЖ базальный				0,47±0,07	0,51±0,07	0,54±0,46	P <sub>3-12</sub> <0,001 P <sub>12-25</sub> =0,034
Индекс ширины ПП, мм/м <sup>2</sup>			16-22 <sup>a</sup>	17,3±2,4	18,1±2,0	15,9±2,6	P <sub>3-24</sub> =0,001 P <sub>12-24</sub> <0,001
Максимальный объем ПП	мл			30 [24; 37]	34 [28; 42]	31 [25; 40]	P <sub>0-3, 0-25, 0-25</sub> <0,001
	мл/м <sup>2</sup>	18-32 <sup>a</sup>	15-27 <sup>a</sup>	15,2 [12,2; 18,7]	17,0 [15,0; 19,2]	16,2 [12,7; 18,9]	P <sub>3-12</sub> =0,005
Переднезадний размер ПЖ	мм	20-30 <sup>a</sup>		26 [24; 27]	26 [24; 28]	26 [23; 28]	P <sub>0-3</sub> =0,007 P <sub>0-25</sub> =0,025
	мм/м <sup>2</sup>			13,2 [12,1; 14,2]	13,3 [12,4; 14,4]	13,1 [12,3; 14,0]	0,212
Диастолическая площадь ПЖ	см <sup>2</sup>	10-24	8-20	15,4 [13,2; 18,5]	14,3 [12,7; 17,4]	14,0 [12,6; 16,0]	P <sub>3-12</sub> =0,012 P <sub>3-25</sub> =0,002
	см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	5,0-12,6	4,5-11,5	8,1±1,7	7,6±1,4	7,3±1,3	P <sub>3-12</sub> =0,007 P <sub>3-25</sub> <0,001
FAC	%	≥35 <sup>a</sup>		52,1±8,2	53,3±7,9	52,7±8,8	0,560
TAPSE	мм	≥17 <sup>a</sup>		23 [21; 25]	22 [21; 25]	22 [21; 25]	0,601
Пиковая скорость ТР	см/с	≤2,8***		2,0 [1,8; 2,3]	2,0 [1,9; 2,3]	2,0 [1,9; 2,2]	0,923

Таблица 2. Продолжение

Показатель		Референсные значения		Через 3 мес.	Через 12 мес.	Через 25 мес.	p
		Мужчины	Женщины				
S' ТК	см/с	>9,5		13 [11; 14]	12 [11; 14]	11 [10; 12]	P <sub>3-25, 12-25</sub> <0,001
S' ТК ≤9,5 см/с				8 (10,4%)	5 (6,5%)	14 (18,2%)	1,000
pEtv	см/с	-		9 [7; 11]	9 [7; 10]	8 [6; 10]	P <sub>3-12, 3-24</sub> =0,001 P <sub>12-25</sub> =0,007
Время ускорения кровотока в ВТ ПЖ, мс				110 [99; 120]	106 [95; 123]	111 [101; 129]	0,077
Время ускорения в ВТ ПЖ <105 мс, n (%)****				25 (36,8%)	31 (45,6%)	26 (38,2%)	1,000

**Примечание:** синим фоном — статистически значимые параметры, серым — параметры, продемонстрировавшие тенденцию к различию; данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха — Me [Q1; Q3], среднего ± стандартное отклонение — M±SD, количества пациентов — n (%). Референсные значения приведены из источника [2], <sup>а</sup> — из источника [3], \*\* — из источника 4 (для 41-60 лет), \*\*\* — из источника [5], \*\*\*\* — из источника [6]. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

**Сокращения:** ВТ — выносящий тракт, КДО — конечно-диастолический объем, КСО — конечно-систолический объем, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, из — отсутствие статистически значимых межгрупповых различий, ПЖ — правый желудочек, ПП — правое предсердие, ТР — трикуспидальная регургитация, ФВ — фракция выброса, DT — время замедления раннего диастолического наполнения левого желудочка, e' later — раннедиастолическая скорость смещения латеральной части митрального кольца, e' sept — раннедиастолическая скорость смещения септальной части митрального кольца, FAC — фракция изменения площади правого желудочка, GLS — глобальная продольная деформация, iVRT — время изоволюмического расслабления левого желудочка, pEtv — раннедиастолическая скорость трикуспидального кольца, S' ТК — систолическая скорость трикуспидального кольца, TAPSE — амплитуда смещения фиброзного кольца трикуспидального клапана.

выявленного поражения органов-мишеней: у 3 пациентов появилось не зарегистрированное ранее атеросклеротическое поражение брахиоцефальных артерий, у 5 — гипертрофия ЛЖ. Между 2 и 3 точками снизилось диастолическое офисное артериальное давление.

В ходе наблюдения отмечено увеличение индекса конечно-диастолического объема ЛЖ между 2 и 3 точками, предположительно связанное с увеличением ИМТ пациентов основной группы (табл. 2).

Фракция выброса ЛЖ была нормальной у всех пациентов в течение наблюдения. Большинство показателей диастолической функции ЛЖ за время амбулаторного наблюдения значимой динамики не показали, однако обратила внимание стабильно высокая частота выявления их нарушений (снижение соотношения ранней и поздней скоростей диастолического митрального потока (E/A), раннедиастолической скорости митрального кольца (e'), соотношения раннедиастолических скоростей митрального потока и смещения митрального кольца (E/e'), удлинение времени замедления митрального потока наблюдались у 34-56% пациентов).

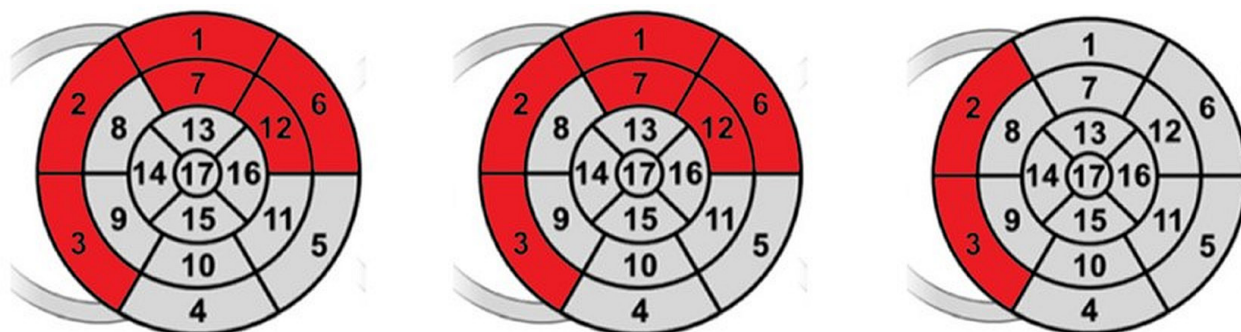
Между 1 и 2 точками отмечено уменьшение диастолической площади и длины ПЖ. В то же время увеличился индексированный объем правого предсердия, а позже — между 2 и 3 точками — ухудшились такие чувствительные показатели функции ПЖ, как систолическая скорость трикуспидального кольца (S' ТК) и раннедиастолическая скорость трикуспидального кольца (pEtv). Показатели амплитуды смещения фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE) и фракции изменения площади ПЖ (FAC) значимо не менялись, что, возможно, связано с недостаточной точностью этих методов оценки функции ПЖ. Среднее время ускорения кровотока в выносящем тракте (ВТ) ПЖ <105 мс (один из призна-

ков повышенного легочно-сосудистого сопротивления (ЛСС)) значимо не менялось, но на 3 точке частота выявления его сниженных значений была достаточно высокой — 38,2%. Все это не позволяет говорить о полном восстановлении правых отделов сердца даже через 2 года после перенесенного поражения легких при COVID-19.

В связи с увеличением ИМТ и ухудшением качества визуализации сердца проследить динамику показателей продольной деформации миокарда на всех трех точках удалось только у 58 пациентов (68,2%). Средние значения GLS ЛЖ варьировали в пределах нормы (от -18% до -20%) и значимо не менялись, но количество пациентов со сниженной GLS ЛЖ на 2 точке выросло с 20,7% до 36,2% (табл. 2). На 3 точке частота выявления сниженной GLS ЛЖ значимо снизилась до -15,5%, что свидетельствует о восстановлении деформационных свойств ЛЖ (а значит, и его систолической функции) у большей части больных АГ.

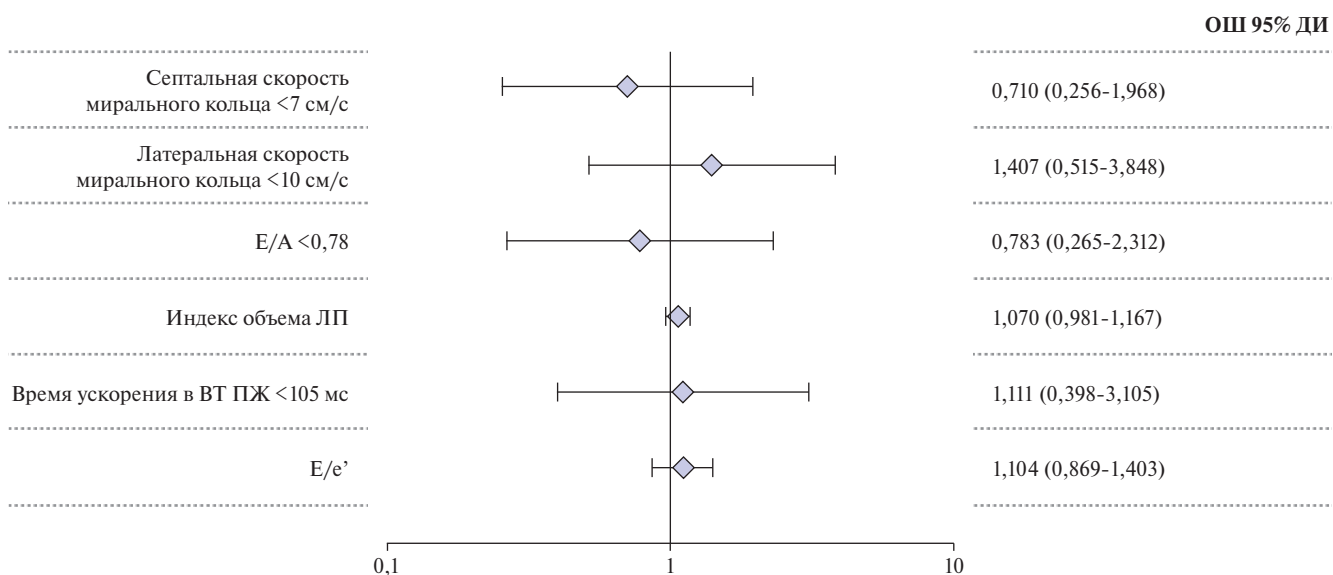
При оценке сегментарной продольной деформации обращают внимание её сниженные значения на 1 и 2 точках в большинстве сегментов базального и части сегментов среднего уровня (рис. 1). Ситуация кардинально изменилась на 3 точке, когда восстановилась продольная деформация большинства сегментов ЛЖ за исключением двух базальных — передне- и нижнеперегородочных. Следует отметить, что эти сегменты соответствуют наиболее частой локализации гипертрофии миокарда при АГ.

Средние показатели систолической функции ЛЖ значимо не менялись и находились в рамках нормы (фракция выброса ЛЖ, интеграл линейной скорости кровотока в ВТ ЛЖ и стволе легочной артерии). Число больных со сниженной GLS ЛЖ за время амбулаторного наблюдения значимо уменьшилось. Таким обра-



**Рис. 1.** 17-сегментные схемы средних значений сегментарной продольной деформации ЛЖ у пациентов основной группы на 1 точке (слева), на 2 точке (в центре) и на 3 точке наблюдения (справа).

**Примечание:** красным фоном выделены сегменты со сниженным средним значением продольной деформации (>18%). Обозначения сегментов соответствуют источнику [3]: базальный и срединный уровень: 1, 7 — передний; 2, 8 — переднеперегородочный; 3, 9 — нижнеперегородочный; 4, 10 — нижний; 5, 11 — задний; 6, 12 — боковой; апикальный уровень: 13 — передний; 14 — перегородочный; 15 — нижний; 16 — боковой; 17 — верхушка. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.



**Рис. 2.** Отношения шансов выявления связей показателей диастолической функции ЛЖ и укороченного времени ускорения в ВТ ПЖ с повторно перенесенной COVID-19.

**Сокращения:** ВТ ПЖ — выносящий тракт правого желудочка, ДИ — доверительный интервал, ЛП — левое предсердие, ОШ — отношение шансов, E/A — соотношение ранней и поздней скоростей диастолического митрального потока, E/e' — соотношение раннедиастолических скоростей митрального потока и смещения митрального кольца.

зом, можно говорить о восстановлении систолической функции ЛЖ у большинства больных АГ.

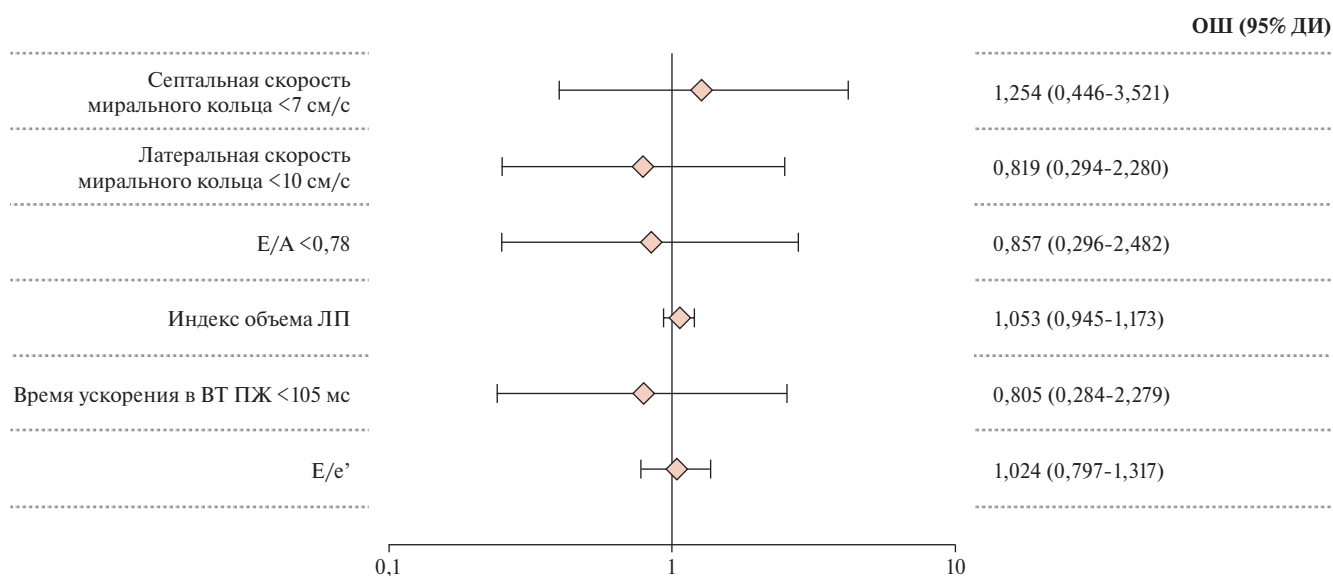
Вероятность, что сохраняющиеся у пациентов основной группы признаки диастолической дисфункции ЛЖ и повышенного ЛСС связаны с повторной COVID-19 или вакцинацией, оценили отношением шансов (рис. 2, 3). Были рассмотрены показатели сниженных септальной и латеральной e', E/A, E/e', индекса объема левого предсердия и укорочения времени ускорения кровотока в ВТ ПЖ и влияние перенесенной повторно COVID-19 (рис. 2) и связь этих показателей с вакцинацией от COVID-19 (рис. 3). Полученные результаты доказывают, что вакцинация и перенесенная пациентами основной группы повторно COVID-19 не имели связей с сохранением

признаков диастолической дисфункции ЛЖ и повышенного ЛСС.

Отрицательной динамики большинства функциональных параметров ЛЖ у больных АГ не отмечалось. Признаки диастолической дисфункции ЛЖ преимущественно 1-й степени стабильно демонстрировали от 34% до 56% пациентов. На фоне обратного структурного ремоделирования правых отделов сердца, некоторые показатели функции ПЖ в ходе наблюдения снижались, у 38% пациентов сохранялись признаки повышенного ЛСС.

### Обсуждение

Доказано, что диастолическая функция и параметры деформации миокарда ухудшаются при ожи-



**Рис. 3.** Отношения шансов выявления связей показателей диастолической функции ЛЖ и укороченного времени ускорения в ВТ ПЖ пациентов основной группы с вакцинацией от COVID-19.

**Сокращения:** ВТ ПЖ — выносящий тракт правого желудочка, ДИ — доверительный интервал, ЛП — левое предсердие, ОШ — отношение шансов, E/A — соотношение ранней и поздней скоростей диастолического митрального потока, E/e' — соотношение раннедиастолических скоростей митрального потока и смещения митрального кольца.

рении [16]. Это подтверждается и нашим более ранним исследованием, где были выявлены худшие показатели диастолической и систолической функции ЛЖ у больных с ожирением в сравнении с сопоставимыми по полу и возрасту лицами без ожирения через год после перенесенного поражения легких при COVID-19 [17]. Однако в настоящем исследовании, несмотря на увеличение ИМТ пациентов и частоты выявления ожирения 2 степени, значимой отрицательной динамики большинства функциональных параметров ЛЖ не отмечалось.

У большинства пациентов нарушение релаксации ЛЖ отмечалось при нормальном давлении наполнения левого предсердия, т.е. имела место диастолическая дисфункция ЛЖ 1 степени. Эти наши результаты согласуются с данными метаанализа, где отмечено увеличение частоты диастолической дисфункции миокарда до 40% между 3 и 7 мес. после COVID-19 [19]. Между 1 и 2 точками отмечено обратное структурное ремоделирование правого желудочка (ПЖ), отражающее нормализацию гемодинамики малого круга кровообращения после перенесенного поражения легких, что согласуется с ранее выявленными нами изменениями через год после перенесенного поражения легких при COVID-19 [20]. Наши результаты изучения продольной деформации миокарда созвучны результатам метаанализа, показавшего нарушения GLS ЛЖ у 30% перенесших COVID-19 через 3-6 мес. после выписки [19]. Согласуются наши данные и с данными Mahajan S, et al., зарегистрировавшими нарушение GLS ЛЖ у 29,9% через 1-1,5 мес. после выписки (среднее значение составило  $-19,7 \pm 4,6\%$ ) [21].

В нашем годовичном наблюдении 154 лиц с оптимальной визуализацией при ЭхоКГ через год после поражения легких при COVID-19 в сравнении с результатами обследования через 3 мес. отмечалось ухудшение параметров диастолической функции ЛЖ на фоне роста ИМТ, при этом GLS ЛЖ тоже находилась в пределах "серой зоны" и значимо не изменилась, а количество лиц со сниженной LV GLS через год составило 26,6% [20]. Вероятно, более высокая частота сниженной GLS ЛЖ в более ранней работе обусловлена включением 13,6% больных ИБС.

Поскольку по нашим результатам сохраняющиеся нарушения параметров диастолической функции ЛЖ и признаки повышенного ЛСС не были связаны с вакцинацией или повторно перенесенной COVID-19, скорее всего, патологическое ремоделирование правых отделов сердца в отдаленные сроки после COVID-19 связано с поражением легких в госпитальном периоде, а сохраняющиеся признаки диастолической дисфункции ЛЖ — с АГ.

### Заключение

Через 2 года после поражения легких при COVID-19 систолическая функция ЛЖ восстанавливается у большинства больных АГ. Признаки диастолической дисфункции ЛЖ и повышенного ЛСС не связаны с вакцинацией и повторно перенесенной COVID-19 и сохраняются у 34-56% и 18% пациентов, соответственно.

**Отношения и деятельность:** все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Özer S, Candan L, Özyıldız AG, et al. Evaluation of left ventricular global functions with speckle tracking echocardiography in patients recovered from COVID-19. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2021;37(7):2227-33. doi:10.1007/s10554-021-02211-5.
2. Tryfou ES, Kostakou PM, Chasiakidis CG, et al. Biventricular myocardial function in Covid-19 recovered patients assessed by speckle tracking echocardiography: a prospective cohort echocardiography study. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2021;38:995-1003. doi:10.1007/s10554-021-02498-4.
3. Young KA, Krishna H, Jain V, et al. Serial Left and Right Ventricular Strain Analysis in Patients Recovered from COVID-19. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2022;35:1055-63. doi:10.1016/j.echo.2022.06.007.
4. Shimoni O, Korenfeld R, Goland S, et al. Subclinical Myocardial Dysfunction in Patients Recovered from COVID-19 Disease: Correlation with Exercise Capacity. *Biology*. 2021;10:1201. doi:10.3390/biology10111201.
5. Lassen MCH, Skaarup KG, Lind JN, et al. Recovery of cardiac function following COVID-19 — ECHOVID-19: A prospective longitudinal cohort study. *Eur J Heart Fail*. 2021;23:1903-12. doi:10.1002/ehfj.2347.
6. Garcia-Zamora S, Picco JM, Lepori AJ, et al. Abnormal echocardiographic findings after COVID-19 infection: A multicenter registry. *Int J Cardiovasc. Imaging*. 2023;39:77-85. doi:10.1007/s10554-022-02706-9.
7. Caiado LDC, Azevedo NC, Azevedo RRC, et al. Cardiac involvement in patients recovered from COVID-19 identified using left ventricular longitudinal strain. *Journal of Echocardiography*. 2021;14:1-6. doi:10.1007/s12574-021-00555-4.
8. Oikonomou E, Lampsas S, Theofilis P, et al. Impaired left ventricular deformation and ventricular-arterial coupling in post-COVID-19: Association with autonomic dysregulation. *Heart Vessel*. 2023;38:381-93. doi:10.1007/s00380-022-02180-2.
9. Ikonomidis I, Lambadiari V, Mitrakou A, et al. Myocardial work and vascular dysfunction are partially improved at 12 months after COVID-19 infection. *European Journal of Heart Failure*. 2022;24(4):727-29. doi:10.1002/ehfj.2451.
10. Faksova K, Walsh D, Jiang Y, et al. COVID-19 vaccines and adverse events of special interest: A multinational Global Vaccine Data Network (GVDN) cohort study of 99 million vaccinated individuals. *Vaccine*. 2024;42(9):2200-11. doi:10.1016/j.vaccine.2024.01.100.
11. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(1):1-39. doi:10.1016/j.echo.2014.10.003.
12. Mtskeplishvili ST, Saidova MA, Mironenko MYu, et al. Standard transthoracic echocardiography. Guidelines 2024. *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(2):6271. (In Russ.) Мацкеплишвили С. Т., Саидова М. А., Мироненко М. Ю. и др. Выполнение стандартной трансторакальной эхокардиографии. Методические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2025;30(2):6271. doi:10.15829/1560-4071-2025-6271.
13. Naguen S, Appleton CP, Gillebert TC, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2009;22(2):107-33. doi:10.1016/j.echo.2008.11.023.
14. Pieske B, Tschöpe C, de Boer RA, et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 2019;40(40):3297-317. doi:10.1093/eurheartj/ehz641.
15. Chazova IE, Martynyuk TV, Valieva ZS, et al. Eurasian clinical guidelines on diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eurasian heart journal*. 2020;1:78-122. (In Russ.) Чазова И. Е., Мартынюк Т. В., Валиева З. С. и др. Евразийские клинические рекомендации по диагностике и лечению легочной гипертензии. *Евразийский Кардиологический Журнал*. 2020;1:78-122. doi:10.38109/2225-1685-2020-1-78-122.
16. Von Jeinsen B, Vasan RS, McManus DD, et al. Joint influences of obesity, diabetes, and hypertension on indices of ventricular remodeling: findings from the community-based Framingham Heart Study. *PLoS One*. 2020;15(12):e0243199. doi:10.1371/journal.pone.0243199.
17. Yaroslavskaya EI, Shirokov NE, Krinochkin DV, et al. Changes of clinical and echocardiographic parameters within a year after COVID-19 pneumonia in patients without cardiovascular diseases, depending on the obesity presence. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2023;22(9):3672. (In Russ.) Ярославская Е. И., Широков Н. Е., Крinoчкин Д. В. и др. Динамика клинических и эхокардиографических параметров в течение года после пневмонии COVID-19 у лиц без сердечно-сосудистых заболеваний в зависимости от наличия ожирения. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023;22(9):3672. doi:10.15829/1728-8800-2023-3672.
18. Ramadan MS, Bertolino L, Zampino R, et al. Cardiac sequelae after coronavirus disease 2019 recovery: a systematic review. *Clinical Microbiology and Infection*. 2021;27(9):1250-61. doi:10.1016/j.cmi.2021.06.015.
19. Yaroslavskaya EI, Shirokov NE, Krinochkin DV, et al. Changes in the cardiovascular profile in patients 3 and 12 months after COVID-19 pneumonia: parameters of arterial stiffness, global longitudinal strain, and diastolic function of the left ventricle. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2024;23(1):94-104. (In Russ.) Ярославская Е. И., Широков Н. Е., Крinoчкин Д. В. и др. Динамика сердечно-сосудистого статуса пациентов через 3 и 12 месяцев после пневмонии COVID-19: показатели сосудистой жесткости, диастолической функции и продольной деформации левого желудочка. *Бюллетень сибирской медицины*. 2024;23(1):94-104. doi:10.20538/1682-0363-2024-1-94-104.
20. Mahajan S, Kunal S, Shah B, et al. Left ventricular global longitudinal strain in COVID-19 recovered patients. *Echocardiography*. 2021;38(10):1722-30. doi:10.1111/echo.15199.

**Адреса организаций авторов:** Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН, ул. Мельникайте, д. 111, Тюмень, 625026, Россия.

**Addresses of the authors' institutions:** Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center, Melnikaite str., 111, Tyumen, 625026, Russia.