

## Динамика глобальной и сегментарной деформации как маркер восстановления сократимости правого желудочка у пациентов, перенесших COVID-19-пневмонию

Широков Н. Е., Ярославская Е. И., Криночкин Д. В., Осокина Н. А.

**Цель.** Исследовать динамику морфофункциональных показателей правого желудочка (ПЖ) в зависимости от тяжести пневмонии при коронавирусной инфекции 2019г (COroNaVirus Disease 2019, COVID-19) в длительном периоде наблюдения.

**Материал и методы.** 200 пациентов (51,5% мужчин, средний возраст 51,4±10,9 года) были обследованы на 2 контрольных явках (через 3, 12 мес. после получения двух отрицательных результатов теста полимеразной цепной реакции). Больные были разделены на группы: I группа (n=94) — с поражением легких по данным компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК) ≥50% при госпитализации, II группа (n=106) — пациенты с поражением легких по КТ ОГК <50%.

**Результаты.** Группы были сопоставимы по основным клиническим и функциональным показателям через 3 мес. после COVID-19-пневмонии. При анализе динамики традиционных показателей морфофункционального статуса ПЖ выявлены незначительные изменения в рамках нормальных значений. При использовании метода отслеживания движения пятен (Speckle Tracking Echocardiography, STE) было выявлено достоверное увеличение глобальных показателей продольной деформации (longitudinal strain, LS): как эндокардиальной продольной деформации свободной стенки ПЖ (-22,7±3,2% и -24,3±3,8% в группе I, p<0,001; -23,2±3,5% и -24,5±3,4% в группе II, p<0,001), так и эндокардиальной деформации ПЖ (-21,0±3,1% и -22,5±3,7% в группе I, p<0,001; -21,5±3,2% и -22,6±3,3% в группе II, p=0,001) в обеих группах. При анализе динамики сегментарной эндокардиальной LS было выявлено ее достоверное увеличение в группе I в базальных сегментах свободной стенки ПЖ (-26,2±5,1% и -28,1±5,1%, p=0,004) и межжелудочковой перегородки (МЖП) (-16,2 [13,9;19,5]% и -17,5 [14,6;21,4]%, p=0,024), среднем сегменте МЖП (-20,3±4,1% и -21,5±4,8%, p=0,030); в группе II — в апикальных сегментах свободной стенки ПЖ (-21,9±6,7% и -24,4±5,2%, p=0,001) и МЖП (-23,7±4,7% и -24,9±4,8%, p=0,014).

**Заключение.** Восстановление функции ПЖ при периоде наблюдения в 12 мес. у пациентов как с тяжелым, так и с умеренным/незначительным поражением легких при COVID-19 выявляется с помощью метода STE.

**Ключевые слова:** COVID-19, правый желудочек, эхокардиография, эндокардиальная продольная деформация.

**Отношения и деятельность:** нет.

**ID исследования:** ClinicalTrials.gov Identifier: NCT04501822.

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

Широков Н. Е.\* — к.м.н., врач ультразвуковой диагностики, н.с. лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0002-4325-2633, Ярославская Е. И. — д.м.н., врач ультразвуковой диагностики, в.н.с., зав. лабораторией инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0003-1436-8853, Криночкин Д. В. — к.м.н., зав. отделением ультразвуковой диагностики, с.н.с. лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0003-4993-056X, Осокина Н. А. — лаборант-исследователь лаборатории инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, ORCID: 0000-0002-3928-8238.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): shirokov.ne@mail.ru

КТ ОГК — компьютерная томография органов грудной клетки, ЛЖ — левый желудочек, МЖП — межжелудочковая перегородка, ПЖ — правый желудочек, ЭхоКГ — эхокардиография, COVID-19 — новая коронавирусная инфекция, ФАС — фракционное изменение площади, FWS — деформация свободной стенки, LS — продольная деформация, sPAP — систолическое давление легочной артерии, STE — метод отслеживания движения пятен.

Рукопись получена 08.09.2022

Рецензия получена 22.09.2022

Принята к публикации 22.10.2022



**Для цитирования:** Широков Н. Е., Ярославская Е. И., Криночкин Д. В., Осокина Н. А. Динамика глобальной и сегментарной деформации как маркер восстановления сократимости правого желудочка у пациентов, перенесших COVID-19-пневмонию. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(1):5212. doi:10.15829/1560-4071-2023-5212. EDN RHVTAU

## Dynamics of global and segmental strain as a marker of right ventricular contractility recovery in patients after COVID-19 pneumonia

Shirokov N. E., Yaroslavskaya E. I., Krinochkin D. V., Osokina N. A.

**Aim.** To study the changes of morphological and functional right ventricular (RV) parameters depending on the severity of coronavirus infection 2019 (COVID-19) pneumonia over long-term follow-up.

**Material and methods.** A total of 200 patients (men, 51,5%, mean age, 51,4±10,9 years) were examined at 2 control visits (3, 12 months after receiving two negative polymerase chain reaction tests). Patients were divided into following groups: group I (n=94) — lung tissue involvement ≥50% according to in-hospital chest computed tomography (chest CT), group II (n=106) — lung tissue involvement <50% according to chest CT.

**Results.** The groups were comparable in key clinical and functional parameters 3 months after COVID-19 pneumonia. Speckle tracking echocardiography (STE) revealed a significant increase in following global longitudinal strain (LS)

parameters: RV free wall endocardial LS (-22,7±3,2% and -24,3±3,8% in group I, p<0,001; -23,2±3,5% and -24,5±3,4% in group II, p<0,001), and RV endocardial LS (-21,0±3,1% and -22,5±3,7% in group I, p<0,001, -21,5±3,2% and -22,6±3,3% in group II, p=0,001). Significant increase of segmental endocardial LS was revealed in group I in the basal segments of RV free wall (-26,2±5,1% and -28,1±5,1%, p=0,004) and interventricular septum (IVS) (-16,2 [13,9; 19,5]% and -17,5 [14,6; 21,4]%, p=0,024), IVS middle segment (-20,3±4,1% and -21,5±4,8%, p=0,030), as well as in group II in the apical segments of RV free wall (-21,9±6,7% and -24,4±5,2%, p=0,001) and IVS (-23,7±4,7% and -24,9±4,8%, p=0,014).

**Conclusion.** Recovery of RV function during a 12-month follow-up period in patients with both severe and moderate/mild lung involvement in COVID-19 was detected using the STE method.

**Keywords:** COVID-19, right ventricle, echocardiography, endocardial longitudinal strain.

\*Corresponding author:  
shirokov.ne@mail.ru

**Relationships and Activities:** none.

**Received:** 08.09.2022 **Revision Received:** 22.09.2022 **Accepted:** 22.10.2022

**Trial ID:** ClinicalTrials.gov Identifier: NCT04501822.

**For citation:** Shirokov N. E., Yaroslavskaya E. I., Krinochkin D. V., Osokina N. A. Dynamics of global and segmental strain as a marker of right ventricular contractility recovery in patients after COVID-19 pneumonia. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(1):5212. doi:10.15829/1560-4071-2023-5212. EDN RHVTAU

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

Shirokov N. E.\* ORCID: 0000-0002-4325-2633, Yaroslavskaya E. I. ORCID: 0000-0003-1436-8853, Krinochkin D. V. ORCID: 0000-0003-4993-056X, Osokina N. A. ORCID: 0000-0002-3928-8238.

### Ключевые моменты

- За период наблюдения в 12 мес. у пациентов, перенесших COVID-19-пневмонию, отмечается восстановление функции правого желудочка (ПЖ) только при оценке продольной деформации (LS).
- У пациентов с исходным тяжелым поражением легких LS повышается преимущественно в базальных сегментах стенок ПЖ.
- У больных с исходным умеренным/незначительным поражением легких LS повышается в апикальных сегментах ПЖ.

Развернутый анализ функции правых отделов сердца с оценкой эндокардиальной продольной деформации (longitudinal strain, LS) позволяет более эффективно предсказывать смертность у пациентов с новой коронавирусной инфекцией 2019г (Coronavirus Disease 2019, COVID-19) во время госпитализации [1]. Важно отметить, что часть традиционных показателей морфофункционального статуса правого желудочка (ПЖ) даже у пациентов с COVID-19 и острым респираторным дистресс-синдромом остается в рамках нормальных значений [2]. Поэтому пандемия COVID-19 побуждает к использованию как стандартных, так и современных способов маркирования дисфункции ПЖ в составе комплексного исследования [3].

В краткосрочном периоде наблюдения (через 1 и 3 мес. после перенесенной COVID-19) большинство показателей, отражающих функцию ПЖ, были меньшими в сравнении с группой здоровых добровольцев. При этом контрактильная дисфункция ПЖ маркировалась только при использовании метода отслеживания движения пятен (Speckle tracking echocardiography, STE) [4, 5]. А при периоде наблюдения в 4 мес. были выявлены достоверные различия только по продольной деформации ПЖ (right ventricle strain, RVS) и продольной деформации свободной стенки ПЖ (free wall strain, FWS). Более того,

### Key messages

- During the 12-month follow-up of patients after COVID-19 pneumonia, recovery of right ventricular (RV) function was noted only when assessing longitudinal strain (LS).
- In patients with initial severe lung involvement, LS increases mainly in RV basal segments.
- In patients with initial moderate/mild lung involvement, LS is increased in RV apical segments.

указанные параметры различались в зависимости от степени тяжести вирусной пневмонии при госпитализации [6].

Цель: исследовать динамику морфофункциональных показателей ПЖ в зависимости от тяжести COVID-19-пневмонии при длительном периоде наблюдения.

### Материал и методы

Исследование проспективное, наблюдательное; зарегистрировано в международном реестре клинических исследований Национального института здоровья США (ClinicalTrials.gov Identifier: NCT04501822); соответствует стандартам надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и положениям Хельсингской Декларации. Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом (№ протокола 159 от 23.07.2020). Информированное согласие получено от всех пациентов, включенных в исследование.

Критерии включения: документированный диагноз COVID-19-пневмонии, желание пациента участвовать в наблюдении. Критерии исключения: хронические заболевания в стадии обострения, онкологические заболевания, туберкулез и другие заболевания, сопровождающиеся пневмофиброзом, ВИЧ, пороки сердца, хронические гепатиты. Критерии исключения: неудовлетворительная визуализация при эхокардиографии (ЭхоКГ), беременность, отказ от участия в исследовании.

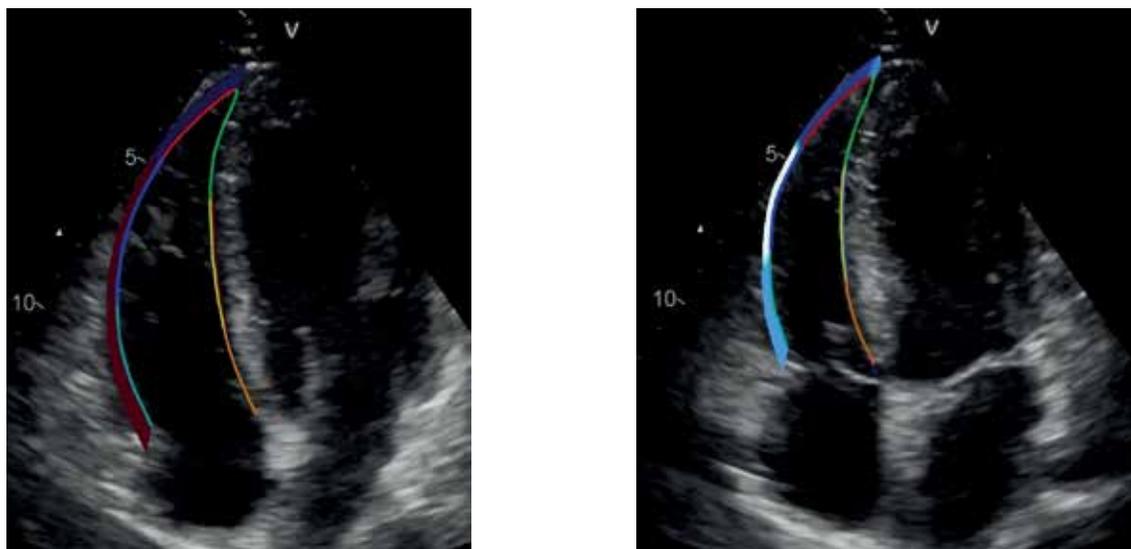


Рис. 1. Оценка ПЖ FWS и RVS при помощи STE.

Примечание: иллюстрация слева — окончание диастолы ПЖ, иллюстрация справа — окончание систолы ПЖ.

Сокращения: ПЖ — правый желудочек, FWS — эндокардиальная деформация свободной стенки правого желудочка (right ventricle free wall strain), RVS — эндокардиальная деформация правого желудочка (right ventricle strain), STE — метод отслеживания движения пятен (speckle tracking echocardiography).

Таблица 1

Клинико-функциональная характеристика больных на контрольном визите

Показатель	Группа I (n=94)	Группа II (n=106)	p
Пол, муж., %	51,1	51,9	0,907
Возраст, лет	55,0 [48,0;60,0]	51,0 [42,0;59,3]	0,009
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	29,6 [26,7;33,0]	27,6 [24,1;31,2]	0,007
АГ, %	79,8	56,6	<0,001
ИБС, %	17,0	9,4	0,111
ФК ХСН по NYHA			0,053
I	75,6	63,9	
II	13,3	33,3	
III	11,1	2,8	
СД, %	12,8	5,7	0,080
ФВ ЛЖ, %	68,5±4,5	68,4±4,7	0,897
GLS, %	-19,3±2,4	-20,0±1,9	0,047
Поражение легких по КТ ОГК (госпитализация), %	60,0 [52,0;70,0]	30,0 [20,0;40,0]	<0,001
Поражение легких по КТ ОГК (визит 1), %	12,0 [6,0;25,0]	6,0 [4,0;12,0]	0,026
Поражение легких по КТ ОГК (визит 2), %	12,0 [7,0;20,0]	7,0 [3,0;13,0]	0,130
Пневмония по КТ ОГК (визит 1)	36 (38,3%)	17 (16,0%)	<0,001
Пневмония по КТ ОГК (визит 2)	25 (26,6%)	5 (4,7%)	<0,001

Сокращения: АГ — артериальная гипертония, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМТ — индекс массы тела, КТ ОГК — компьютерная томография органов грудной клетки, ЛЖ — левый желудочек, СД — сахарный диабет, ФВ — фракция выброса, ФК — функциональный класс, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, GLS — глобальная продольная деформация, NYHA — Нью-Йоркская Ассоциация сердца (New York Heart Association).

Обследование проведено у пациентов, перенесших COVID-19-пневмонию, через 3 мес. (визит 1) и 12 мес. (визит 2) после получения двух отрицательных результатов теста полимеразной цепной реакции (51,5% мужчин, средний возраст 51,4±10,9 лет). Метод STE применен у 200 из 380 больных (с высоким качеством визуализации ПЖ при проведении ЭхоКГ; 52,6% пациентов), включенных в "Перспективный регистр лиц, перенесших COVID-19-ассоциированную пнев-

монию", свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622535.

ЭхоКГ была проведена на ультразвуковом диагностическом аппарате экспертного класса General Electric Vivid S70 (США) при использовании матричного датчика M5Sc-D (1,5–4,6 МГц) с сохранением данных в формате DICOM. Обработка изображений, кинопетель, в т.ч. оценка LS миокарда при помощи метода STE с включением в анализ эндокардиаль-

Таблица 2

Морфофункциональная характеристика ПЖ на контрольных визитах

Показатель		Группа I (n=94)	Группа II (n=106)	p
<b>Морфологические показатели</b>				
Толщина свободной стенки ПЖ, мм	Визит 1	4,4±0,8	4,2±0,8	0,064
	Визит 2	4,5±0,6	4,4±0,6*	0,333
Диастолическая площадь ПЖ, см <sup>2</sup>	Визит 1	16,1±4,1	15,7±3,9	0,419
	Визит 2	15,0±3,2*	14,8±3,3*	0,762
Систолическая площадь ПЖ, см <sup>2</sup>	Визит 1	8,0±2,6	7,4±2,6	0,117
	Визит 2	6,9±2,0*	6,7±2,1*	0,613
Длина ПЖ, мм	Визит 1	67,9±7,6	68,9±7,8	0,352
	Визит 2	63,7±7,1*	64,4±7,4*	0,519
Объем ПП, мл	Визит 1	31,4±11,0	31,9±11,9	0,734
	Визит 2	34,6±9,7*	33,1±8,7	0,290
Продольный размер ПП, мм	Визит 1	49,4±5,7	47,9±5,4	0,060
	Визит 2	49,6±5,7	48,6±5,0	0,199
Поперечный размер ПП, мм	Визит 1	34,2±5,2	34,7±5,1	0,461
	Визит 2	35,1±5,1*	35,2±4,2	0,937
<b>Функциональные показатели</b>				
Ускорение потока ВТ ПЖ, м/с	Визит 1	110,0 [100,0;127,0]	114,0 [100,0;137,0]	0,263
	Визит 2	107,0 [92,5;122,5]	118,0 [101,0;127,0]	0,018
VTI потока ВТ ПЖ, мм	Визит 1	17,3±3,8	17,3±3,8	0,911
	Визит 2	17,1±3,3	16,5±3,2*	0,232
Градиент ТР, мм рт.ст.	Визит 1	17,7±6,6	18,5±5,1	0,345
	Визит 2	17,8±5,4	18,1±4,9	0,714
sPAP по Otto C., мм рт.ст.	Визит 1	25,5±7,7	25,5±5,6	0,945
	Визит 2	24,0±5,7	23,9±5,0*	0,906
FAC, %	Визит 1	50,6±9,2	53,3±8,0	0,025
	Визит 2	53,9±8,9*	54,5±9,3	0,643
TAPSE, мм	Визит 1	23,0 [21,0;25,0]	23,0 [21,0;25,0]	0,945
	Визит 2	22,0 [21,0;24,0]*	23,0 [22,0;24,0]	0,057
RV S', см/с	Визит 1	9,6±2,5	9,8±3,0	0,127
	Визит 2	10,1±2,8	9,8±2,6	0,980
ЛСС, единиц Вуда	Визит 1	1,4±0,4	1,4±0,3	0,646
	Визит 2	1,4±0,3	1,5±0,3*	0,176
RV-PA coupling	Визит 1	3,3±1,5	3,1±1,1	0,402
	Визит 2	3,3±1,2	3,3±1,1	0,779

**Примечание:** \* — статистически значимые различия визита 2 от визита 1 (p<0,05).

**Сокращения:** ВТ — выводной тракт, ЛСС — легочное сосудистое сопротивление, ПЖ — правый желудочек, ПП — правое предсердие, ТР — трикуспидальная регургитация, FAC — фракционное изменение площади (fractional area change, FAC), RV S' — пиковая систолическая скорость кольца трикуспидального клапана (right ventricular velocity, tissue Doppler imaging, peak s'), RV-PA coupling — функциональная связь правых отделов сердца и системы легочной артерии (right ventricle-pulmonary artery coupling), sPAP — систолическое давление легочной артерии (systolic pulmonary artery pressure), TAPSE — систолическая экскурсия кольца трикуспидального клапана (tricuspid annular plane systolic excursion), VTI — интеграл линейной скорости кровотока (velocity time integral).

ного слоя миокарда ПЖ осуществлялась на рабочей станции IntelliSpace Cardiovascular, платформе TomTec (Philips, США) в соответствии с действующими рекомендациями [7] (рис. 1).

Для оценки систолического давления легочной артерии (systolic pulmonary artery pressure, sPAP), давления в полости правого предсердия использовали метод Otto C, et al. [8]. Показатель функциональной связи правых отделов сердца и системы легочной артерии (right ventricle-pulmonary artery

coupling, RV-PA coupling) определялся как отношение фракционного изменения площади ПЖ (fractional area change, FAC)/sPAP [2]. Для количественной оценки легочного сосудистого сопротивления вычисляли единицы Вуда по формуле, предложенной Abbas AE, et al. [9].

Пациенты с поражением легких по данным компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК) ≥50% при госпитализации составили первую группу (группа I, n=94), пациенты с поражением лег-

Таблица 3

## Эндокардиальная LS ПЖ на контрольных визитах

Показатель		Группа I (n=94)	Группа II (n=106)	p
RV FWS, %	Визит 1	-22,7±3,2	-23,2±3,5	0,430
	Визит 2	-24,3±3,8*	-24,5±3,4*	0,569
RVS, %	Визит 1	-21,0±3,1	-21,5±3,2	0,328
	Визит 2	-22,5±3,7*	-22,6±3,3*	0,866
<b>Эндокардиальная продольная деформация свободной стенки ПЖ</b>				
Базальный сегмент, %	Визит 1	-26,2±5,1	-27,7±4,8	0,035
	Визит 2	-28,1±5,1*	-27,5±5,2	0,466
Средний сегмент, %	Визит 1	-24,3 [-21,8;-27,6]	-25,8 [-21,7;-28,3]	0,206
	Визит 2	-25,8 [-21,6;-28,7]	-26,3 [-23,0;-29,5]	0,550
Апикальный сегмент, %	Визит 1	-22,1±6,1	-21,9±6,7	0,873
	Визит 2	-22,7±6,2	-24,4±5,2*	0,034
<b>Эндокардиальная продольная деформация МЖП</b>				
Базальный сегмент, %	Визит 1	-16,2 [-13,9;-19,5]	-18,3 [-16,0;-20,8]	0,006
	Визит 2	-17,5 [-14,6;-21,4]*	-17,9 [-15,2;21,0]	0,977
Средний сегмент, %	Визит 1	-20,3±4,1	-20,2±4,2	0,836
	Визит 2	-21,5±4,8*	-20,9±4,6	0,239
Апикальный сегмент, %	Визит 1	-23,7±4,8	-23,7±4,7	0,986
	Визит 2	-24,1±5,4	-24,9±4,8*	0,263

**Примечание:** \* — статистически значимые различия визита 2 от визита 1 ( $p < 0,05$ ).

**Сокращения:** МЖП — межжелудочковая перегородка, ПЖ — правый желудочек, RV FWS — эндокардиальная деформация свободной стенки правого желудочка (right ventricle free wall strain), RVS — эндокардиальная деформация правого желудочка (right ventricle strain).

ких по КТ ОГК  $< 50\%$  — вторую группу (группа II,  $n=106$ ). Клинико-функциональная характеристика пациентов представлена в таблицах 1-3.

Статистический анализ проводили с помощью пакета программ IBM SPSS v.26. Для определения нормальности распределения был использован критерий Колмогорова-Смирнова, для сравнения качественных величин — показатель  $\chi^2$  Пирсона. При анализе количественных величин при их нормальном распределении использован  $t$ -критерий Стьюдента; результаты представлены в виде  $M \pm SD$  ( $M$  — среднее арифметическое,  $SD$  — среднеквадратичное отклонение). При анализе количественных величин при распределении, отличном от нормального, использован критерий Манна-Уитни, Уилкоксона; результаты представлены в виде медианы с интерквартильным размахом в виде 25 и 75 перцентилей. За порог статистической значимости различий переменных принимали  $p < 0,05$ .

### Результаты

Группы были сопоставимы по основным клиническим и функциональным показателям через 3 мес. после COVID-19-пневмонии, за исключением возраста, индекса массы тела, артериальной гипертонии, которые статистически значимо чаще встречались в группе I (табл. 1). Были также выявлены достоверные различия по выраженности поражения легких по данным КТ ОГК на контрольном визите в 3 мес. — в группе I значения были большими (табл. 1).

При анализе сократительной функции левого желудочка (ЛЖ) не было найдено достоверных разли-

чий по фракции выброса ЛЖ, но было выявлено статистически значимо меньшее значение глобальной LS в группе I в сравнении с группой II (табл. 1).

На обоих контрольных визитах статистически значимых различий по морфологическим характеристикам ПЖ между группами обнаружено не было. Среди функциональных переменных в группе I в сравнении с группой II были обнаружены достоверно меньшие значения FAC на контрольном визите 1, ускорение потока выводного тракта ПЖ — на визите 2.

При анализе динамики морфологических характеристик было выявлено достоверное уменьшение планиметрических показателей ПЖ в обеих группах; достоверное увеличение характеристик правого предсердия — только в группе I. При анализе динамики функциональных характеристик в группе I обнаружено достоверное увеличение FAC, снижение TAPSE; в группе II — снижение интеграла линейной скорости кровотока выводного тракта ПЖ, sPAP, увеличение легочного сосудистого сопротивления (табл. 2).

При анализе глобальной эндокардиальной LS между группами на обоих контрольных визитах статистически значимых различий не выявлено. При анализе сегментарной эндокардиальной LS были выявлены ее статистически значимо меньшие значения в группе I в сравнении с группой II в базальных сегментах свободной стенки ПЖ и межжелудочковой перегородки (МЖП) на визите 1, апикальном сегменте МЖП — на визите 2 (табл. 3).

При анализе динамики глобальной эндокардиальной LS было выявлено достоверное увеличение как

эндокардиальных ПЖ FWS, так и ПЖ FWS в обеих группах. При анализе динамики сегментарной эндокардиальной LS было выявлено ее достоверное увеличение в группе I в базальных сегментах свободной стенки ПЖ и МЖП, среднем сегменте МЖП; в группе II — в апикальных сегментах свободной стенки ПЖ и МЖП (табл. 3).

### Обсуждение

Согласно действующим рекомендациям по оценке структуры и функции сердца, референсным для ПЖ FWS является значение  $-20\%$  [7]. Однако исследователи в более современных работах указывают значения  $-22\%$ ,  $-24\%$  [10, 11]. По полученным нами данным, ПЖ FWS увеличивается как у пациентов с тяжелым поражением легких по данным КТ ОГК, так и с умеренным/незначительным. Более того, достижение референсного значения  $-24\%$  выявлено в обеих группах. Если же ориентироваться на традиционные показатели морфофункционального статуса ПЖ, то в динамике выявлены только незначительные изменения в рамках нормальных значений. Таким образом, метод STE позволяет судить о постепенном восстановлении функции ПЖ при длительном периоде наблюдения (12 мес.).

Подобную динамику ПЖ FWS показали Bieber S, et al., в краткосрочном периоде наблюдения (2 мес.) [11]. Важно также отметить, что исследователями из клиники Mayo (США) было зафиксировано восстановление ПЖ FWS у пациентов с перенесенной COVID-19 до исходных значений (ЭхоКГ проведена в течение 2 лет до заболевания) [12].

### Литература/References

- Li Y, Li H, Zhu S, et al. Prognostic value of right ventricular longitudinal strain in patients with COVID-19. *Cardiovascular Imaging*. 13(11),2020,2287-99. doi:10.1016/j.jcmg.2020.04.014.
- Bleakley C, Singh S, Garfield B, et al. Right ventricular dysfunction in critically ill COVID-19 ARDS. *International Journal of Cardiology*. 2021;327:251-8. doi:10.1016/j.ijcard.2020.11.043.
- Golukhova EZ, Slivneva IV, Rybka MM, et al. Right ventricular systolic dysfunction as a predictor of adverse outcome in patients with COVID-19. *Kardiologiya*. 2020;60(11):16-29. (In Russ.) Голухова Е.З., Сливнева И.В., Рыбка М.М. и др. Систолическая дисфункция правого желудочка как предиктор неблагоприятного исхода у пациентов с COVID-19. *Кардиология*. 2020;60(11):16-29. doi:10.18087/cardio.2020.11.n1303.
- Akkaya F, Yenercağ FNT, Kaya A, et al. Long term effects of mild severity COVID-19 on right ventricular functions. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2021;37(12):3451-7. doi:10.1007/s10554-021-02340-x.
- Günay N, Demiröz Ö, Kahyaoğlu M, et al. The effect of moderate and severe COVID-19 pneumonia on short-term right ventricular functions: a prospective observational single pandemic center analysis. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2021;37(6):1883-90. doi:10.1007/s10554-021-02171-w.
- Ozer PK, Govdeli EA, Baykiz D, et al. Impairment of right ventricular longitudinal strain associated with severity of pneumonia in patients recovered from COVID-19. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2021;37(8):2387-97. doi:10.1007/s10554-021-02214-2.
- 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. *European Heart Journal — Cardiovascular Imaging*. 2015;16(3):233-71. doi:10.1093/ehjci/jev014.
- Otto K.M. *The Practice of Clinical Echocardiography*. 6<sup>th</sup> Edition — May 22, 2021. 1024 p. Hardcover ISBN: 9780323697286; eBook ISBN: 9780323697293.
- Abbas AE, Fortuin FD, Schiller NB, et al. A simple method for noninvasive estimation of pulmonary vascular resistance. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41(6):1021-7. doi:10.1016/s0735-1097(02)02973-x.
- Medvedofsky D, Koffman E, Jarrett H, et al. Association of right ventricular longitudinal strain with mortality in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2020;33(4):452-60. doi:10.1016/j.echo.2019.11.014.
- Bieber S, Kraechan A, Hellmuth JC, et al. Left and right ventricular dysfunction in patients with COVID-19-associated myocardial injury. *Infection*. 2021;49(3):491-500. doi:10.1007/s15010-020-01572-8.
- Young KA, Krishna H, Jain V, et al. Serial Left and Right Ventricular Strain Analysis in Patients Recovered from COVID-19. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2022;S0894-7317(22)00310-8. doi:10.1016/j.echo.2022.06.007.
- Shirokov NE, Yaroslavskaya EI, Krinochkin DV, Osokina NA. Hidden systolic dysfunction of the right ventricle in patients with increased pulmonary vascular resistance 3 months after COVID-19 pneumonia. *Kardiologiya*. 2022;62(3):16-20. (In Russ.) Широков Н.Е., Ярославская Е.И., Кривошчин Д.В., Осокина Н.А. Скрытая систолическая дисфункция правого желудочка у пациентов с повышением легочного сосудистого сопротивления через 3 мес после COVID-19-пневмонии. *Кардиология*. 2022;62(3):16-20. doi:10.18087//cardio.2022.3.n1743.
- Li AL, Zhai ZG, Zhai YN, et al. The value of speckle-tracking echocardiography in identifying right heart dysfunction in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2018;34(12):1895-904. doi:10.1007/s10554-018-1423-0.
- Sunbul M, Kepez A, Kivrak T, et al. Right ventricular longitudinal deformation parameters and exercise capacity: prognosis of patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Herz*. 2014;39(4):470-5. doi:10.1007/s00059-013-3842-y.
- McGonagle D, O'Donnell JS, Sharif K, et al. Immune mechanisms of pulmonary intravascular coagulopathy in COVID-19 pneumonia. *Lancet Rheumatol*. 2020;2(7):e437-e445. doi:10.1016/S2665-9913(20)30121-1.

Угнетение сегментарной деформации ПЖ согласно данным STE в течение периода госпитализации и через 3 мес. после перенесенной COVID-19-пневмонии было описано ранее в нескольких отечественных работах [3, 13]. Обнаружено, что функциональный ответ ПЖ на повышенную постнагрузку может быть неодинаковым в разных сегментах его стенок [13]. Впервые согласно нашим данным обнаружено восстановление функции ПЖ преимущественно за счет базальных сегментов свободной стенки ПЖ и МЖП у пациентов с тяжелым поражением легких по данным КТ ОГК; за счет апикальных сегментов — у больных с умеренным/незначительным поражением. Важно указать, что поражение базального уровня ПЖ по данным STE было также обнаружено у пациентов с тяжелым клиническим течением хронической тромбоэмболической легочной гипертензии (до пандемии COVID-19), что согласуется с нашими данными [14, 15]. Поэтому выявленные изменения могут указывать на легочную внутрисосудистую коагулопатию, обусловленную иммунотромбозом [16].

### Заключение

Восстановление функции ПЖ при периоде наблюдения в 12 мес. у пациентов как с тяжелым, так и с умеренным/незначительным поражением легких при COVID-19 выявляется с помощью метода STE.

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