

Ярославская Е.И.¹, Криночкин Д.В.¹, Широков Н.Е.¹,
Горбатенко Е.А.¹, Криночкина И.Р.^{2,3}, Гульятеева Е.П.¹, Коровина И.О.³,
Осокина Н.А.¹, Гаранина В.Д.¹, Мельников Н.Н.⁴, Помогайбо Ю.И.¹, Петелина Т.И.¹

¹ Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН, Томск, Россия

² ФГБОУ ВО «Тюменский ГМУ» Минздрава РФ, Тюмень, Россия

³ ГБУЗ ТО ОКБ №1, Тюмень, Россия

⁴ ГБУЗ ТО ОКБ №2, Тюмень, Россия

СРАВНЕНИЕ КЛИНИЧЕСКИХ И ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ПНЕВМОНИЮ COVID-19, ЧЕРЕЗ ТРИ МЕСЯЦА И ЧЕРЕЗ ГОД ПОСЛЕ ВЫПИСКИ

<i>Цель</i>	Изучение динамики клинических и эхокардиографических показателей у лиц, перенесших доказанную пневмонию COVID-19, через 3 месяца и через год после выписки из стационара.
<i>Материал и методы</i>	В исследование включено 116 пациентов, перенесших доказанную пневмонию COVID-19. Пациенты прошли комплексное клиническое обследование через 3 месяца ± 2 недели (1-й визит) и через год ± 3 недели после выписки из стационара (2-й визит). Средний возраст обследованных составил 49,0±14,4 лет (от 19 до 84 лет), 49,6% женщин. Параметры глобальной и сегментарной продольной миокардиальной деформации левого желудочка (ЛЖ) изучены на 1-м визите у 99, на 2-м – у 80 обследованных с оптимальным качеством визуализации.
<i>Результаты</i>	За период наблюдения у обследуемых увеличилась частота сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), в основном за счет развития артериальной гипертензии (АГ) (58,6 против 64,7%, p=0,039) и хронической сердечной недостаточности (ХСН) (35,3% против 40,5%, p=0,031). При эхокардиографии (ЭхоКГ) уменьшились индексы конечно-диастолического размера и объема, конечно-систолического и ударного объемов ЛЖ (25,1±2,6 против 24,5±2,2 мм/м ² , p<0,001; 49,3±11,3 против 46,9±9,9 мл/м ² , p=0,008; 16,0±5,6 против 14,4±4,1 мл/м ² , p=0,001; 36,7±12,8 против 30,8±8,1 мл/м ² , p<0,001, соответственно). Увеличились внешняя площадь ЛЖ по короткой оси (37,1 [36,6–42,0] против 38,7 [35,2–43,1] см ² , p=0,001) и индекс массы миокарда ЛЖ по формуле «площадь–длина» (70,0 [60,8–84,0] против 75,4 [68,2–84,9] г/м ² , p=0,024). Снизилась скорость раннего диастолического наполнения ЛЖ (76,7±17,9 против 72,3±16,0 см/с, p=0,001), ранние диастолические скорости латеральной и септальной частей фиброзного кольца митрального клапана (12,103,9 против 11,5±4,1 см/с, p=0,004 и 9,9±3,3 против 8,6±3,0 см/с, p<0,001, соответственно). Ухудшились показатели глобального продольного (–20,3±2,2 против –19,4±2,7%, p=0,001) и сегментарного стрейна ЛЖ: апикальных сегментов (переднего с –22,3±5,0 до –20,8±5,2%, p=0,006; нижнего с –24,6±4,9 до –22,7±4,6, p=0,003; бокового с –22,7±4,5 до –20,4±4,8%, p<0,001; перегородочного с –25,3±4,2 до –23,1±4,4%, p<0,001; верхушечно-го с –23,7±4,1 до –21,8±4,1%, p<0,001), средних (передне-перегородочного с –21,1±3,3 до –20,4±4,1%, p=0,039; нижнего с –21,0±2,7 до –20,0±2,9%, p=0,039; бокового с –18,4±3,7 до –17,6±4,4%, p=0,021). Увеличились базальный и средний индексы сферичности ПЖ (0,44±0,07 против 0,49±0,07 и 0,37±0,07 против 0,41±0,07 соответственно, в обоих случаях p<0,001). Выявлена тенденция к повышению расчетного систолического давления в легочной артерии (22,5±7,1 и 23,3±6,3 мм рт. ст., p=0,076). Уменьшился интеграл кровотока в выводном тракте правого желудочка (18,1±4,0 против 16,4±3,7 см, p<0,001).
<i>Заключение</i>	У перенесших пневмонию COVID-19 через год после выписки из стационара в сравнении с результатами обследования через 3 месяца после выписки отмечается увеличение частоты ССЗ в основном за счет развития АГ и ХСН, при ЭхоКГ – изменение геометрии желудочков, сопровождающееся ухудшением диастолической и систолической функции ЛЖ – снижением глобальной продольной деформации ЛЖ, деформации апикальных и частично средних сегментов миокарда ЛЖ.
<i>Ключевые слова</i>	COVID-19; пневмония; сердечно-сосудистые заболевания; эхокардиография; деформация миокарда; стрейн
<i>Для цитирования</i>	Yaroslavskaya E.I., Krinochkin D.V., Shirokov N.E., Gorbatenko E.A., Krinochkina I.R., Gulyaeva E.P. et al. Comparison of clinical and echocardiographic parameters of patients with COVID-19 pneumonia three months and one year after discharge. <i>Kardiologiya</i> . 2022;62(1):13–23. [Russian: Ярославская Е.И., Криночкин Д.В., Широков Н.Е., Горбатенко Е.А., Криночкина И.Р., Гульятеева Е.П. и др. Сравнение клинических и эхокардиографических показателей пациентов, перенесших пневмонию COVID-19, через три месяца и через год после выписки. <i>Кардиология</i> . 2022;62(1):13–23]
<i>Автор для переписки</i>	Ярославская Елена Ильинична. E-mail: yaroslavskaya@gmail.com

В кратком руководстве по COVID-19 Национальный институт здравоохранения (NICE) с Шотландской межвузовской сетью и Королевским колледжем врачей общей практики выделяют следующие формы новой коронавирусной инфекции: острый COVID-19 (жалобы и симптомы продолжаются до 4-х недель); продолжающийся симптоматический COVID-19 (жалобы и симптомы продолжаются 4–12 недель; постковидный синдром (жалобы и симптомы развиваются во время или после COVID-19, длятся более 12 недель и не являются результатом другого заболевания) [1].

Полный спектр долгосрочных последствий действия COVID-19 еще в значительной степени не определен. И если поражение миокарда в остром периоде заболевания достаточно хорошо описано, то частота и выраженность миокардиальных нарушений в отдаленном периоде пока неизвестны. Опубликованные данные свидетельствуют о продолжающемся у значительного количества выписанных воспалительном процессе. Мы предположили, что пневмония COVID-19 инициирует или усугубляет процессы структурно-функционального ремоделирования миокарда в отдаленные сроки после выписки из стационара. Динамическое изучение сердечно-сосудистого статуса перенесших COVID-19 необходимо не только для понимания патогенеза COVID-19 и прогнозирования последствий пандемии, но и для разработки оптимальной тактики лечения и методов реабилитации для групп риска по постковидному синдрому.

Цель

Изучение динамики клинических и эхокардиографических (ЭхоКГ) показателей у лиц, перенесших доказанную пневмонию COVID-19, через 3 месяца и через год после выписки из стационара.

Материал и методы

Исследование представляет собой промежуточный результат «Проспективного наблюдения пациентов, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию», соответствует стандартам клинической практики (Good Clinical Practice) и положениям Хельсинкской декларации (протокол одобрен локальным этическим комитетом – № 159 от 23.07.2020), зарегистрирован в международном реестре клинических исследований Национального института здоровья США (ClinicalTrials.gov Identifier: NCT04501822). Пациенты идентифицировались по данным медицинской информационной системы IC моноинфекционного госпиталя в период с апреля 2020 г. по июль 2021 г. Критериями включения были: лабораторно подтвержденный диагноз COVID-19-ассоциированной пневмонии и желание пациента участвовать в наблюдении. Критерии не включения: хрони-

ческие заболевания в стадии обострения, в анамнезе онкологические заболевания длительностью менее 5 лет, туберкулез и другие заболевания, сопровождающиеся пневмофиброзом, ВИЧ, пороки сердца, хронические гепатиты. Критерии исключения: неудовлетворительная визуализация при ЭхоКГ исследовании, беременность, онкологические заболевания, отказ от участия. Исключены 13 пациентов: три из-за беременности, двое – в связи с отъездом на вахту в другой регион, двое – в связи с выявленными после 1-го визита онкологическими заболеваниями, шестеро отказались от участия в связи с нежеланием проходить компьютерную томографию (КТ) легких в динамике. В исследование вошло 116 пациентов, перенесших доказанную пневмонию COVID-19, через 3 месяца \pm 2 недели и через 12 месяцев \pm 3 недели после выписки из стационара, в возрасте от 19 до 84 лет (средний возраст $49 \pm 14,4$ лет), из которых 49,6% женщины.

Данные о диагнозах и результатах обследования при госпитализации получены из выписок из историй заболевания. В период госпитализации тяжесть поражения легких оценивали в соответствии с действующими рекомендациями [2]. В период госпитализации по данным рентгенологического обследования легких у 31,3% пациентов отмечались поражения легкой степени, среднетяжелые – у 33,3%, тяжелые – у 29,3%, критические – у 6,1%. Лечение в отделениях реанимации и интенсивной терапии проводилось у 14,2% пациентов. На визитах всем обследуемым проводились КТ легких, ЭхоКГ с использованием ультразвуковой диагностической системы экспертного класса Vivid S70, матричного датчика M5Sc-D (1,5–4,6 МГц) с сохранением и обработкой данных в формате DICOM. Данные ЭхоКГ проанализированы на рабочей станции IntelliSpace Cardiovascular с программой TomTec (Philips, США), для хранения и постпроцессинговой обработки данных был создан видеоархив изображений. Линейные размеры полостей и толщины стенок сердца, наличие гипертрофии левого желудочка (ЛЖ), объемы камер, систолическую функцию желудочков оценивали в соответствии с рекомендациями с учетом гендерных различий. Систолическую экскурсию латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE) оценивали в М-режиме из апикальной 4-камерной позиции; скорость движения трикуспидального кольца S' – в режиме тканевой доплерографии; фракцию изменения площади правого желудочка (ПЖ) рассчитывали, как разность конечно-диастолической и конечно-систолической площади ПЖ, отнесенную к конечно-диастолической площади ПЖ, в процентах [3]. Пиковое систолическое давление в легочной артерии (рСДАА) рассчитывали, как сумму пикового градиента давления трикуспидальной регургитации и давления в правом предсердии. Для оценки последнего использо-

Таблица 1. Динамика клинических характеристик лиц, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию, через 3 месяца и через год после выписки из стационара

Показатель	Общая группа (n=116)		P	
	через 3 мес.	через год		
Индекс массы тела, кг/м ²	28,7±5,8	29,4±6,1	<0,001	
Площадь поверхности тела, м ²	1,9±0,2	2,0±0,2	<0,001	
Избыточная масса тела, n (%)	39 (33,6)	46 (39,7)	0,189	
Ожирение, n (%)	42 (36,2)	44 (37,9)	0,754	
Сердечно-сосудистые заболевания, n (%)	68 (58,6)	75 (64,7)	0,039	
Нарушения сердечного ритма, n (%)	38 (32,8)	46 (40,0)	0,215	
ХСН, n (%)	41 (35,3)	47 (40,5)	0,031	
ХСН по NYHA, n (%)	I ФК	27 (57,4)	29 (61,7)	0,754
	II ФК	10 (21,3)	14 (29,8)	0,219
	III ФК	4 (8,5)	4 (8,5)	1,000
АГ, n (%)	65 (56,0)	72 (62,1)	0,016	
Степень артериальной гипертензии, n (%)	1	10 (15,4)	10 (13,9)	0,625
	2	26 (40,0)	32 (44,4)	0,109
	3	29 (44,6)	30 (41,7)	1,000
ИБС, n (%)	18 (15,5)	20 (17,2)	0,261	
ИБС в сочетании с АГ, n (%)	17 (14,7)	19 (16,4)	0,688	
Нарушения гликемического профиля, n (%)	11 (9,5)	12 (10,3)	1,000	
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	9 (7,8)	10 (8,6)	0,250	
Нарушение теста толерантности к глюкозе, n (%)	2 (1,7)	2 (1,7)	1,000	
Нормализация данных КТ легких, n (%)	55 (49,1)	57 (55,9)	0,112	

Данные представлены в виде среднего ± стандартное отклонение – M±SD, либо числа пациентов – n (%); ХСН – хроническая сердечная недостаточность; NYHA – Нью-Йоркская ассоциация сердца; ФК – функциональный класс; ИБС – ишемическая болезнь сердца; АГ – артериальная гипертензия; КТ – компьютерная томография.

вали метод Otto C. и соавт. [4, 5]. Ударный объем сердца рассчитывали как произведение площади поперечного сечения выносящего тракта ЛЖ (диаметр ВТАЖ2/4) на интеграл линейной скорости кровотока в ВТАЖ. Параметры глобальной и сегментарной продольной миокардиальной деформации ЛЖ изучены на 1-м визите у 99, на 2-м – у 80 обследованных с оптимальным качеством визуализации. Показатели продольной деформации желудочков оценивали в записи в режиме AFI (Automatic Functional Imaging) на базе функции 2D strain из апикального доступа с частотой кадров более 60 в секунду [3, 6]. Диагностику хронической сердечной недостаточности (ХСН) проводили в соответствии с действующими клиническими рекомендациями [7].

Статистический анализ проводился с помощью пакета прикладных программ SPSS 21 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) и Statistica 12.0. Распределение переменных опре-

деляли при помощи критерия Колмогорова–Смирнова. При нормальном распределении количественных данных показатели представлены в виде среднего ± стандартное отклонение (M±SD), в случае распределения, отличного от нормального – в виде медианного значения (Me) и интерквартильного размаха [Q1–Q3]. Значимость различий непрерывных переменных оценивали в зависимости от распределения критерием Стьюдента для зависимых выборок или критерием Вилкоксона. Для сравнения качественных показателей использовали критерий Мак Немара. Результаты оценивались как статистически значимые при уровне p<0,05.

Результаты

Через 3 месяца после выписки разрешение симптомов пневмонии по данным КТ наблюдалось почти у половины обследуемых (n=55, 49%), и эти данные за время наблюдения значимо не изменились. У остальных наблюдались различной степени выраженности остаточные фиброзные и интерстициальные изменения в виде плевропульмональных спаек, уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», участков утолщения междолькового интерстиция, консолидации, единичные умеренно увеличенные лимфоузлы средостения.

Основные клинические характеристики обследованных представлены в таблице 1. В течение наблюдения увеличился средний индекс массы тела обследуемых, частота выявления ожирения и избыточного веса осталась на прежнем уровне. Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) были диагностированы на 1-м визите более чем у половины пациентов, их частота ко 2-му визиту выросла на 6,1%. Более всего была распространена артериальная гипертензия (АГ), уже на 1-м визите она была диагностирована у большей части пациентов, на 2-м визите частота ее увеличилась также на 6,1%. Частота выявления нарушений гликемического профиля и ишемической болезни сердца (ИБС) значимо не изменилась, в большинстве случаев ИБС сопровождалась АГ. Частота выявления нарушений сердечного ритма и проводимости также значимо не увеличилась, к ним относили синусовые аритмии, экстрасистолию, фибрилляцию и трепетание предсердий, внутрисердечные блокады. Тяжелый III функциональный класс (ФК) ХСН по классификации NYHA демонстрировали 4 пациента на 1-м и 2-м визитах. Частота выявления ХСН I и II ФК по NYHA суммарно увеличилась на 5,2%.

Среди включенных в исследование на этом этапе лиц не было пациентов со сниженной фракцией выброса (ФВ) ЛЖ. За период наблюдения отмечена следующая динамика со стороны средних ЭхоКГ параметров левых отделов сердца (табл. 2). Индекс максимального объема левого предсердия (ЛП) уменьшился, тогда как индекс минимального объема ЛП увеличился, индекс общего объема

Таблица 2. Динамика эхокардиографических параметров левых отделов сердца лиц, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию, через 3 месяца и через год после выписки из стационара

Показатель	Общая группа (n=116)		p	
	через 3 мес.	через год		
Частота сердечных сокращений, уд/мин.	67,3±11,9	66,3±12,0	0,311	
Выносящий тракт ЛЖ	мм	32 [30–34]	32 [29–34]	0,033
	мм/м ²	16,8±2,1	16,4±1,9	<0,001
Межжелудочковая перегородка	мм	10 [9–11]	10 [9–11]	0,389
	мм/м ²	5,2 [4,8–5,8]	5,2 [4,8–5,8]	0,199
Задняя стенка ЛЖ	мм	9 [9–10]	9 [9–10]	1,000
	мм/м ²	4,9±0,6	4,9±0,6	0,106
Конечно-диастолический диаметр (КДД) ЛЖ	мм	48,1±3,7	47,3±3,1	0,010
	мм/м ²	25,1±2,6	24,5±2,2	<0,001
Конечно-диастолическая длина ЛЖ	мм	81,5±7,6	82,3±7,1	0,228
	мм/м ²	42,6±4,5	42,5±4,2	0,811
Конечно-диастолический объем (КДО) ЛЖ	мл	96,0±28,1	92,1±24,9	0,035
	мл/м ²	49,3±11,3	46,9±9,9	0,008
Увеличение КДО ЛЖ, n (%)		11 (9,5)	8 (6,9)	0,508
Конечно-систолический объем (КСО) ЛЖ	мл	31,2±12,4	28,3±10,0	0,003
	мл/м ²	16,0±5,6	14,4±4,1	0,001
Увеличение КСО ЛЖ, n (%)		5 (4,3)	2 (1,7)	0,375
УО ЛЖ	мл	70,6±24,1	59,8±15,1	<0,001
УИ ЛЖ	мл/м ²	36,7±12,8	30,8±8,1	<0,001
Минутный объем сердца	л/мин	4,2 [3,7–5,3]	3,8 [3,2–4,6]	<0,001
Сердечный индекс	л/мин/м ²	2,2 [1,9–2,7]	1,9 [1,6–2,3]	<0,001
Внешняя площадь миокарда ЛЖ	см ²	37,1 [36,6–42,0]	38,7 [35,2–43,1]	0,001
Внутренняя площадь миокарда ЛЖ	см ²	21,4 [17,5–23,7]	22,2 [20,0–24,5]	0,003
Масса миокарда ЛЖ по формуле «площадь-длина»	г	141,4±38,7	152,7±41,1	0,004
	г/м ²	70,0 [60,8–84,0]	75,4 [68,2–84,9]	0,024
Частота выявления гипертрофии ЛЖ, n (%)		18 (18,8)	27 (23,5)	0,607
Тип геометрии ЛЖ, n (%)	Норма	89 (77,4)	99 (85,3)	0,035
	Концентрическое ремоделирование	8 (7,0)	7 (6,0)	1,000
	Концентрическая ГЛЖ	2 (1,7)	3 (2,6)	1,000
	Эксцентрическая ГЛЖ	16 (13,9)	7 (6,0)	0,022
Фракция выброса ЛЖ (2D Simpson), %		68,1±5,3	69,7±4,6	0,013
Снижение фракции выброса ЛЖ, n (%)		0 (0)	0 (0)	–
Митральная регургитация ≥2 ст., n (%)		2 (1,7)	0 (0)	–
Время кровотока в ВТАЖ, мс		305,1±30,5	290,0±30,7	<0,001
Время ускорения кровотока в ВТАЖ, мс		90±22	82±12	0,004
Время замедления кровотока в ВТАЖ, мс		214±31	208±30	0,039
Интеграл линейной скорости кровотока в ВТАЖ, мс		20,0 [18,0–23,6]	19,3 [17,1–21,7]	0,002
IVRT, мс		98,1±24,9	102,4±25,7	0,167
IVCT, мс		70,8±22,6	67,9±18,3	0,312
DT, мс		197,0 [165,0–241,0]	191,0 [170,0–220,0]	0,404
E, см/с		76,7±17,9	72,3±16,0	0,001
A, см/с		68,5±20,1	68,0±18,6	0,889
e' later, см/с		12,103,9	11,5±4,1	0,004
e' sept, см/с		9,9±3,3	8,6±3,0	<0,001
Переднезадний размер левого предсердия	мм	36,0 [32,0–38,0]	35,0 [33,0–39,0]	0,719
	мм/м ²	18,8±2,2	18,6±2,1	0,086
Максимальный объем левого предсердия	мл	46,0 [38,5–59,0]	46,0 [39,5–56,0]	0,106
	мл/м ²	26,0±7,2	25,3±7,4	0,015
Минимальный объем левого предсердия	мл	16,5 [12,0–23,0]	18,0 [14,0–24,0]	0,004
	мл/м ²	9,9±5,4	10,8±5,6	0,011
Общий объем опорожнения левого предсердия	мл	31,1±8,9	28,4±8,5	<0,001
	мл/м ²	16,1±4,3	14,5±3,8	<0,001

Таблица 2 (продолжение). Динамика эхокардиографических параметров левых отделов сердца у лиц, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию, через 3 месяца и через год после выписки из стационара

Показатель	Общая группа (n=116)		P
	через 3 мес.	через год	
Фракция опорожнения левого предсердия, n (%)	62,9±9,8	58,4±9,6	<0,001
Толщина эпикардиальной жировой ткани, мм	7,0 [6,0–8,0]	7,0 [6,0–8,0]	0,918

Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха – Me [Q1–Q3], среднего ± стандартное отклонение – M±SD, числа пациентов – n (%); ЛЖ – левый желудочек; ППТ – площадь поверхности тела; УО – ударный объем; УИ – ударный индекс; ГЛЖ – гипертрофия левого желудочка; ВТАЖ – выводной тракт левого желудочка; IVRT – время изоволюмического расслабления ЛЖ; IVCT – время изоволюмического сокращения ЛЖ; DT – время замедления раннего диастолического наполнения ЛЖ; E – скорость раннего диастолического наполнения ЛЖ; A – скорость позднего диастолического наполнения ЛЖ; e' later – пиковая скорость латеральной части митрального кольца; e' sept – пиковая скорость септальной части митрального кольца.

Таблица 3. Динамика эхокардиографических параметров правых отделов сердца у лиц, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию, через 3 месяца и через год после выписки из стационара

Показатель		Общая группа (n=116)		P
		через 3 мес.	через год	
Максимальный объем правого предсердия	мл	33,0 [25,0–40,0]	33,0 [26,0–39,0]	0,761
	мл/м ²	16,4 [13,6–20,3]	16,6 [14,3–19,5]	0,833
Максимальная длина правого предсердия	мм	48,7±6,5	49,5±6,3	0,074
	мм/м ²	25,4±3,2	25,5±3,0	0,576
Максимальная ширина правого предсердия	мм	35,4±6,3	35,3±5,5	0,862
	мм/м ²	18,5±3,1	18,2±2,7	0,501
Переднезадний размер ПЖ	мм	26,0 [24,0–28,0]	26,0 [24,0–27,0]	0,007
	мм/м ²	13,5±1,9	13,0±1,5	<0,001
Увеличение переднезаднего размера ПЖ, n (%)		7 (6,0)	2 (1,7)	0,125
Диастолическая площадь ПЖ	см ²	15,4±4,1	14,5±3,2	0,001
	см ² /м ²	8,0±1,8	7,5±1,5	<0,001
Систолическая площадь ПЖ	см ²	7,3±2,5	6,5±1,8	<0,001
	см ² /м ²	3,8±1,1	3,3±0,8	<0,001
Фракция изменения площади ПЖ (FAC RV), %		52,55±8,17	55,0±8,9	0,019
TAPSE, мм		22,68±3,22	22,8±2,3	0,637
Снижение TAPSE, n (%)		8 (7,0)	2 (1,7)	0,070
Базальный поперечный размер ПЖ, мм		30,41±5,42	31,1±4,1	0,045
Увеличение базального поперечного размера ПЖ, n (%)		2 (1,7)	1 (0,9)	1,000
Средний поперечный размер ПЖ, мм		25,75±5,42	25,8±4,2	0,852
Увеличение среднего поперечного размера ПЖ, n (%)		2 (1,7)	3 (2,6)	1,000
Продольный размер ПЖ, мм		69,50±8,80	63,9±8,3	<0,001
Увеличение продольного размера ПЖ, n (%)		6 (5,2)	2 (1,7)	0,289
Индекс сферичности ПЖ, базальный		0,44±0,07	0,49±0,07	<0,001
Индекс сферичности ПЖ, средний		0,37±0,07	0,41±0,07	<0,001
Проксимальный размер ВТПЖ по короткой оси (RVOT Prox), мм		28,0 [26,0–30,0]	28,0 [26,0–20,0]	0,357
Увеличение RVOT Prox, n (%)		2 (1,7)	1 (0,9)	1,000
Дистальный размер выводного тракта ПЖ по короткой оси (RVOT Distal), мм		20,0 [19,0–22,0]	21,0 [20,0–23,0]	0,006
Увеличение RVOT Distal, n (%)		4 (3,5)	5 (4,3)	1,000
Толщина свободной стенки ПЖ, мм		4,1±0,9	4,4±0,6	<0,001
Гипертрофия ПЖ, n (%)		7 (6,0)	4 (3,4)	0,508
Диаметр ствола легочной артерии, мм		18,0 [17,0–20,0]	19,0 [17,0–20,0]	0,001
Трикуспидальная регургитация ≥2 ст., n (%)		2 (1,7)	3 (2,6)	0,723
pCДЛА по Otto C., мм рт. ст.		22,5±7,1	23,3±6,3	0,076
Скорость S' трикуспидального кольца, см/с		10,4±2,6	10,1±3,0	0,289
Время ускорения кровотока в легочной артерии, мс		116,2±26,6	112,2±20,0	0,190
Интеграл кровотока в выводном тракте ПЖ, см		18,1±4,0	16,4±3,7	<0,001

Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха – Me [Q1–Q3], среднего ± стандартное отклонение – M±SD, числа пациентов – n (%); ПЖ – правый желудочек; FAC RV – фракция изменения площади ПЖ; TAPSE – амплитуда смещения фиброзного кольца трикуспидального клапана; RVOT Prox – проксимальный отдел выводного тракта ПЖ по короткой оси; RVOT Distal – дистальный отдел выводного тракта ПЖ по короткой оси; pCДЛА – расчетное систолическое давление в легочной артерии.

опорожнения ЛП и фракция опорожнения ЛП уменьшились. Отмечена тенденция к снижению индекса переднезаднего размера ЛП. Уменьшились индексы конечно-диастолического диаметра и объема ЛЖ, конечно-систолического и ударного объемов ЛЖ, а также минутный объем сердца и сердечный индекс. Увеличились внешняя и внутренняя площадь миокарда ЛЖ по короткой оси, а также индекс массы миокарда ЛЖ, определенной по формуле «площадь–длина». Тип геометрии ЛЖ нормализовался ко 2-му визиту у 10 пациентов, 9 из которых на 1-м визите демонстрировали эксцентрическую гипертрофию ЛЖ. Уменьшились время и интеграл кровотока в ВТАЖ, скорость раннего диастолического наполнения ЛЖ. Скорость систолического кровотока в устье правой верхней легочной вены (волна S) увеличилась. При тканевом доплеровском исследовании отмечено значимое снижение ранних диастолических скоростей движения латеральной и септальной частей фиброзного кольца митрального клапана ($e > \text{later}$ и $e' \text{ sept}$, табл. 2).

Эхокардиографические характеристики правых отделов сердца приведены в таблице 3. Отмечена тенденция к увеличению максимальной длины правого предсердия. Средний индекс переднезаднего размера ПЖ и продольный размер ПЖ за период наблюдения уменьшились, средний поперечный размер ПЖ и проксимальный размер выводного тракта ПЖ (ВТПЖ) по короткой оси не изменились, базальный поперечный размер ПЖ и дистальный размер ВТПЖ по короткой оси увеличились. Увеличился диаметр ствола легочной артерии. Базальный и средний индексы сферичности ПЖ увеличились. Экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE) и скорость S \gg смещения трикуспидального кольца значимо не изменились, однако наметилась тенденция к уменьшению частоты снижения TAPSE. Индексы конечно-диастолической и конечно-систолической площади ПЖ уменьшились, фракция изменения площади ПЖ увеличилась. Выявлена тенденция к повышению расчетного систолического давления в легочной артерии (рСДЛА), увеличение толщины свободной стенки ПЖ. Уменьшился интеграл кровотока в выводном такте ПЖ.

Показатели продольной деформации ЛЖ приведены в таблице 4. В течение наблюдения значимо ухудшились показатели глобального, а также сегментарного стрейна всех апикальных и частично средних сегментов ЛЖ (передне-перегородочного, нижнего и бокового).

Обсуждение

Основная проблема лечения заболевания, вызванного коронавирусом SARS-CoV-2 – непредсказуемость его течения в остром периоде, связанная со стремительным ухудшением состояния и смертельными исходами. Для более эффективного лечения необходимо выявля-

Таблица 4. Средние показатели продольной деформации левого желудочка у лиц, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию, через 3 месяца и через год после выписки из стационара, %

Показатели продольной деформации ЛЖ	Группа с удовлетворительной визуализацией через 3 мес. (n=99)	Группа с удовлетворительной визуализацией через 12 мес. (n=80)	P
Глобальная	-20,3±2,2	-19,4±2,7	0,001
Глобальная деформация ниже -19%, n (%)	28 (28,3)	34 (57,5)	0,011
Базальный передний сегмент ЛЖ	-17 [16–20]	-17 [14–19,5]	0,736
Базальный передне-перегородочный сегмент	-16,8±3,1	-16,7±3,6	0,888
Базальный нижне-перегородочный сегмент	-19,9±3,7	-19,5±4,0	0,701
Базальный нижний сегмент	-17,0±2,8	-16,7±3,1	0,491
Базальный боковой сегмент	-17,2±3,7	-17,4±4,1	0,575
Базальный задний сегмент	-17,9±4,7	-18,5±4,4	0,783
Средний передний сегмент	-18,1±4,0	-17,7±4,5	0,465
Средний передне-перегородочный сегмент	-21,1±3,3	-20,4±4,1	0,039
Средний нижне-перегородочный сегмент	-22 [20–24]	-22 [20–24]	0,928
Средний передний сегмент	-18,1±4,0	-17,7±4,5	0,465
Средний передне-перегородочный сегмент	-21,1±3,3	-20,4±4,1	0,039
Средний нижне-перегородочный сегмент	-22 [20–24]	-22 [20–24]	0,928
Апикальный передний сегмент ЛЖ	-22,3±5,0	-20,8±5,2	0,006
Апикальный перегородочный сегмент ЛЖ	-25,3±4,2	-23,1±4,4	<0,001
Апикальный нижний сегмент ЛЖ	-24,6±4,9	-22,7±4,6	0,003
Апикальный боковой сегмент ЛЖ	-22,7±4,5	-20,4±4,8	<0,001
Верхушка ЛЖ	-23,7±4,1	-21,8±4,1	<0,001

Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха – Me [Q1–Q3], среднего ± стандартное отклонение – M±SD, числа пациентов – n (%); ЛЖ – левый желудочек.

ние предикторов неблагоприятного течения заболевания в отдаленном периоде, которые помогли бы классифицировать пациентов с целью выделения групп риска.

Средний индекс массы тела обследуемых и на 1-м, и на 2-м визите соответствовал избыточной массе тела. Несмотря на то, что за период наблюдения он увели-

чился, частота выявления избыточной массы тела и ожирения значимо не изменилась. Однако частота выявления ССЗ выросла значимо, и произошло это в основном за счет роста частоты АГ и ХСН. За период наблюдения АГ развилась *de novo* у 7 человек. Следует отметить, что данные изменения произошли несмотря на то, что все пациенты уже на 1-м визите получили рекомендации по здоровому образу жизни и питанию. Рост среднего индекса массы тела отразился и на качестве визуализации при ЭхоКГ: количество обследуемых с оптимальным для изучения деформации миокарда качеством изображений уменьшилось со 100 человек на 1-м визите до 80 на 2-м.

Заслуживает внимания значимое снижение частоты эксцентрического ремоделирования ЛЖ за счет нормализации типа его геометрии. Эта находка созвучна с уменьшением индекса конечно-диастолического диаметра и объемов ЛЖ (аналогичная динамика отмечена у наших пациентов и при сравнении с данными госпитализации [8]).

С другой стороны, увеличились внешняя и внутренняя площадь миокарда ЛЖ по короткой оси и, как следствие – масса миокарда ЛЖ (без увеличения распространенности гипертрофии ЛЖ на данном этапе наблюдения). В отсутствие значимой динамики по длине ЛЖ, толщине его стенок и межжелудочковой перегородки данные изменения могут быть только следствием увеличения поперечного (фронтального) размера ЛЖ. То есть можно говорить об изменении геометрии ЛЖ за счет уплощения его в переднезаднем направлении и вытягивания в поперечном (или фронтальном) направлении.

Наши результаты позволяют говорить о том, что данные изменения геометрии и увеличение массы миокарда ЛЖ сопровождалось ухудшением его функционального состояния.

Об ухудшении диастолической функции ЛЖ свидетельствует снижение скоростей раннего диастолического наполнения ЛЖ, ранних диастолических скоростей движения латеральной и септальной частей фиброзного кольца митрального клапана ($e > \text{later}$ и $e' \text{ sept}$), при значимо не различающейся на визитах частоте сердечных сокращений. Эти наши данные согласуются с результатами мета-анализа, показавшего наличие диастолической дисфункции ЛЖ в 40% случаев через 3–6 месяцев после выздоровления от COVID-19 [9].

В нашем исследовании за период наблюдения средняя величина показателя глобальной продольной деформации ЛЖ значимо снизилась, а количество наблюдаемых со значением показателя глобальной продольной деформации ЛЖ ниже –19% выросло с 28,3% до 42,5%. При этом такой общепринятый показатель рутинной ЭхоКГ как ФВ, на которую в основном ориентируются

клиницисты при оценке функции ЛЖ, увеличился. Полученный диссонанс результатов мы объясняем тем, что ФВ не отражает в полной мере функционального состояния ЛЖ. Информативной будет оценка этих показателей на большем количестве наблюдений.

Опубликованные данные о деформации миокарда у больных новой коронавирусной инфекцией касаются в основном периода госпитализации. В небольшом ретроспективном исследовании 12 больных COVID-19 было показано снижение глобальной ($-11,95 \pm 4,5\%$) и сегментарной продольной деформации ЛЖ независимо от исхода заболевания. Снижение это было объяснимо более выраженным, чем у наших обследованных, но значения ФВ ЛЖ так же, как и у наших пациентов, оставались в пределах нормы [10]. В ретроспективном анализе 40 госпитализированных с COVID-19 ухудшение глобальной продольной деформации ЛЖ ($> -15,9\%$) отмечалось у большинства – 80% пациентов [11], что также превышает наши данные и объясняется острой стадией заболевания. В одноцентровом исследовании 100 госпитализированных с COVID-19 величина глобальной продольной деформации у перенесших легкую форму заболевания составила $-16,7 \pm 1,3\%$, тяжелую форму – $-14,5 \pm 1,8\%$ при ее значении у не заболевших – $19,4 \pm 1,6\%$ [12]. Полученное нами через год после выписки среднее значение глобальной продольной деформации ближе к ее величине у не болевших, однако ниже полученного через 3 месяца после выписки.

Перспективные наблюдения в восстановительном периоде пока немногочисленны и созвучны с нашими данными. По результатам обследования лиц с сохраненной ФВ ЛЖ через 30–45 дней после заболевания, 50 из которых перенесли заболевание умеренной тяжести и 10 в тяжелой форме, снижение глобальной продольной деформации в сравнении с контрольной группой сопоставимых по полу и возрасту не болевших ($\geq 19,2 \pm 1,5\%$) наблюдалось у 44% и 90% соответственно [13]. Согласно результатам мета-анализа, в который вошли 15 исследований с использованием ЭхоКГ, через 3–6 месяцев после выписки нарушения глобальной продольной деформации ЛЖ выявлены у 30% пациентов [9]. Полученное в нашем исследовании число лиц с глобальной продольной деформацией ЛЖ ниже –19% через 3 месяца (28,3%) сопоставимо с результатом мета-анализа. Однако через год после выписки число таких лиц выросло до 42,5%, что говорит о прогрессирующем у части переболевших ухудшении функции миокарда в отдаленные сроки после заболевания.

Наконец, есть данные о том, что даже у лиц исходно без ССЗ в отсутствие симптомов после пневмонии COVID-19 при магнитно-резонансной томографии выявляют нарушения деформационных свойств миокарда.

В сроке 124 ± 17 дней после выписки у перенесших средней тяжести и тяжелую пневмонию не было значимых различий с группой контроля по размерам и показателям функции желудочков сердца, однако глобальная продольная деформация ЛЖ была снижена. Это подтверждает, что через несколько месяцев после выписки у части лиц нарушения функции миокарда могут быть субклиническими [14].

Обращает на себя внимание и отрицательная динамика параметров сегментарной деформации ЛЖ у наших пациентов: ухудшились показатели всех апикальных и частично средних сегментов ЛЖ. Поскольку нормы сегментарной деформации ЛЖ все еще находятся в стадии разработки, мы не можем однозначно интерпретировать полученные абсолютные значения деформации миокарда, но ухудшение показателей функции ЛЖ в динамике настораживает.

Несмотря на отсутствие статистической значимости изменений в динамике, параметры деформации базальных сегментов ЛЖ выглядят также тревожащими: все они за исключением базального нижне-перегородочного сегмента показали деформацию менее $-18,5\%$. По результатам отечественного исследования практически здоровых до заболевания людей 23–48 лет, через 3 месяца после установления диагноза COVID-19 у перенесших тяжелую пневмонию (КТ 3–4) по сравнению с группой здоровых отмечено снижение показателей глобальной деформации ЛЖ до $-17,75$ [14,6;19,4] %. Значимое снижение сегментарной деформации в базальных (перегородочном, передне-перегородочном и заднем) сегментах ЛЖ по сравнению с группой контроля отмечалось у всех переболевших, включая легкие формы заболевания, но более выраженные нарушения отмечены у перенесших пневмонию. Учитывая, что эта работа была выполнена с использованием ультразвукового сканера того же производителя, что и наш, представляет интерес сходство значений деформации базального переднего ($-16,8$ [15,3;20] %), передне-перегородочного ($-16,3$ [15,1;21,7] %) и нижнего сегментов ЛЖ (-17 [14;19] %) перенесших тяжелую пневмонию с полученными нами данными [15].

Обнаружена динамика параметров ПЖ. С одной стороны, уменьшились планиметрические и отдельные линейные размеры ПЖ (переднезадний и продольный). С другой стороны, значимо увеличились другие размеры ПЖ, в частности, базальный поперечный. Эти изменения объясняют рост индексов сферичности ПЖ. То есть изменения геометрии ПЖ аналогичны изменениям со стороны ЛЖ: оба желудочка уменьшились в переднезаднем направлении и расширились во фронтальном. При этом увеличилась толщина свободной стенки ПЖ (но не до значений, соответствующих гипертрофии), дистальный размер ВТПЖ по короткой оси, диаметр ле-

гочной артерии, ухудшились гемодинамические характеристики: уменьшился интеграл кровотока в ВТПЖ, появилась тенденция к росту рСДАА.

Рассмотрим динамику параметров функции ПЖ. Такой наиболее распространенный и хорошо воспроизводимый параметр оценки систолической функции ПЖ, как TAPSE, и на 1-м, и на 2-м визитах был выше порога нормы (16 мм [16]) и значимо не изменился. Но частота выявления сниженной TAPSE за время наблюдения значимо уменьшилась, что может свидетельствовать о нормализации сниженной функции ПЖ. В предыдущей работе с меньшим количеством наблюдений мы не выявили связей TAPSE с показателями деформации ПЖ [17], что, вероятно, связано с потенциальными недостатками метода (в частности, зависимостью величины TAPSE от угла сканирования). Интересно, что зарубежное наблюдение 91 пациента через 77 дней после выписки в сравнении с данными госпитализации показало улучшение функции ПЖ в виде увеличения TAPSE и глобальной продольной деформации ПЖ. Однако улучшения сниженной глобальной продольной деформации ЛЖ за время этого наблюдения не произошло ($-17,4 \pm 2,9$ против $-17,6 \pm 3,3\%$, $p=0,6$) [18], как и в нашем исследовании.

Скорость $S_{>}$ трикуспидального кольца в режиме тканевого доплеровского картирования, по нашим данным, также превышала порог нормы на обоих визитах (10 см/с [16]), но была ниже полученной отечественными коллегами в остром периоде заболевания – $13,5 \pm 3,0$ см/с [19]. Это может быть следствием завышения скорости движения S' трикуспидального кольца с появлением выраженной трикуспидальной регургитации, поскольку частота выявления гемодинамически значимой трикуспидальной регургитации в нашей работе была гораздо ниже.

Среднее значение фракции изменения площади (FAC RV) в течение нашего наблюдения находилось в пределах нормы и ко 2-му визиту увеличилось. Считается, что этот показатель не отражает в полной мере функциональное состояние ПЖ, поскольку является результатом только планиметрической оценки полости. В нашей предыдущей работе FAC RV коррелировал только с глобальной продольной деформацией эндокарда ПЖ, и связь эта была слабой [17]. В любом случае делать выводы о динамике функционального состояния ПЖ стоит только после анализа параметров его деформации.

Учитывая увеличение диаметра дистального ВТПЖ и легочной артерии, увеличение индексов сферичности ПЖ в сочетании со снижением интеграла кровотока в ВТПЖ и тенденцией к увеличению рСДАА, говорить о нормализации параметров правого сердца преждевременно. Поскольку частота выявления патологии по данным КТ легких значимо не изменилась, обнаруженные

изменения правых отделов сердца могут быть обусловлены перестройкой гемодинамики в отдаленном периоде после COVID-19.

Наши результаты не отражают состояния сердечно-сосудистого здоровья всех выживших после пневмонии COVID-19, поскольку выборку составили только согласившиеся на обследование – то есть люди, обеспокоенные своим здоровьем и зачастую уже имеющие ССЗ. Лица с удовлетворительным самочувствием были меньше заинтересованы в обследовании и реже на него соглашались, поэтому процент благоприятных исходов в нашей работе может быть ниже, чем в популяции. Так как пациенты поступали в стационар в различные сроки от начала заболевания, к ограничениям исследования можно отнести и разные сроки установления диагноза. Нельзя не учитывать, что изменения левых отделов сердца могут быть следствием не только прямого, но и опосредованного действия вируса через развитие *de novo* и утяжеление проявлений уже имеющейся на момент инфекционного заболевания АГ. Изучение взаимосвязей новой коронавирусной инфекции, АГ и изменений левых отделов сердца

планируется на следующих этапах исследования. Необходимо также проведение субгруппового анализа для выявления предикторов нарушения деформационных свойств миокарда с учетом тяжести поражения легких в остром периоде заболевания, результатов лечения, наличия ССЗ (в первую очередь АГ).

Заключение

У перенесших пневмонию COVID-19 через год после выписки из стационара в сравнении с результатами обследования через 3 месяца после выписки отмечается увеличение частоты ССЗ в основном за счет развития АГ и ХСН, при ЭхоКГ – изменение геометрии желудочков, сопровождающееся ухудшением диастолической и систолической функции ЛЖ, а именно снижением глобальной продольной деформации ЛЖ, деформации апикальных и частично средних сегментов миокарда ЛЖ.

Конфликт интересов не заявлен.

Статья поступила 04.10.2021

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. National Institute for Health and Care Excellence (Great Britain). COVID-19 rapid guideline: managing the long-term effects of COVID-19. [NG188]. Av. at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567261/>. 2020. ISBN 978-1-4731-3943-5
2. Morozov S.P., Protsenko D.N., Smetanina S.V., Andreychenko A.E., Ambrosi O.E., Balanyuk E.A. et al. Radiation diagnostics of coronavirus disease (COVID-19): organization, methodology, interpretation of results: Preprint No. CDT - 2020 - I. The series 'Best practices of radiation and instrumental diagnostics'. Issue 65 - M.: GBUZ 'NPCC DiT DZM'. - 60p. Av. at: <https://niiioz.ru/upload/iblock/19e/19e3ed390740eaa8ffe5f853f3d7e032.pdf>. [Russian: Морозов С.П., Проценко Д.Н., Сметанина С.В., Андрейченко А.Е., Амброси О.Е., Баланык Э.А. и др. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов: препринт № ЦДТ - 2020 - I. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып. 65 - М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», - 60с. Доступно на: <https://niiioz.ru/upload/iblock/19e/19e3ed390740eaa8ffe5f853f3d7e032.pdf>]
3. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L 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.e14. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003
4. Rybakova M.K., Mitkov V.V., Baldin D.G. Echocardiography from M.K. Rybakova: Manual with DVD-ROM "Echocardiography from MK Rybakova". Ed. 2nd. - M.: Publishing house Vidar-M; 2018. - 600 p. [Russian: Рыбакова М.К., Митьков В.В., Балдин Д.Г. Эхокардиография от М.К. Рыбаковой: Руководство с приложением DVD-ROM «Эхокардиография от М.К. Рыбаковой». Изд. 2-е. М.: Издательский дом Видар-М, 2018. - 600с]. ISBN 978-5-88429-242-0
5. Otto CM, Pearlman AS. Textbook of clinical echocardiography. - Philadelphia: W.B. Saunders; 1995. - 404 p. ISBN 978-0-7216-6634-1
6. Voigt J-U, Pedrizzetti G, Lysyansky P, Marwick TH, Houle H, Baumann R et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/ Industry Task Force to standardize deformation imaging. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2015;16(1):1-11. DOI: 10.1093/ehjci/jeu184
7. Mareev V.Yu., Fomin I.V., Ageev F.T., Begrambekova Yu.L., Vasyuk Yu.A., Garganeeva A.A. et al. Russian Heart Failure Society, Russian Society of Cardiology. Russian Scientific Medical Society of Internal Medicine Guidelines for Heart failure: chronic (CHF) and acute decompensated (ADHF). Diagnosis, prevention and treatment. *Kardiologiya*. 2018;58(6S):8-158. [Russian: Мареев В.Ю., Фомин И.В., Агеев Ф.Т., Беграмбекова Ю.Л., Васюк Ю.А., Гарганеева А.А. и др. Клинические рекомендации ОССН – РКО – РНМОТ. Сердечная недостаточность: хроническая (ХСН) и острая декомпенсированная (ОДСН). Диагностика, профилактика и лечение. Кардиология. 2018;58(6S):8-158]. DOI: 10.18087/cardio.2475
8. Krinochkin D.V., Yaroslavskaia E.I., Shirokov N.E., Gulyaeva E.P., Krinochkina I.R., Korovina I.O. et al. Cardiovascular status and echocardiographic changes in survivors of COVID-19 pneumonia three months after hospital discharge. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(9):35-41. [Russian: Криночкин Д.В., Ярославская Е.И., Широков Н.Е., Гуляева Е.П., Криночкина И.Р., Коровина И.О. и др. Сердечно-сосудистый статус и динамика эхокардиографических показателей лиц, перенесших COVID-19 пневмонию, через три месяца после выписки из стационара. Российский кардиологический журнал. 2021;26(9):35-41]. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4656
9. Ramadan MS, Bertolino L, Zampino R, Durante-Mangoni E, Iossa D, Bertolino L 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
10. Krishnamoorthy P, Croft LB, Ro R, Anastasius M, Zhao W, Giustino G et al. Biventricular strain by speckle tracking echocardiography in COVID-19: findings and possible prognostic implications. *Future Cardiology*. 2021;17(4):663-7. DOI: 10.2217/fca-2020-0100
11. Lassen MCH, Skaarup KG, Lind JN, Alhakak AS, Sengelov M, Nielsen AB et al. Echocardiographic abnormalities and predictors of mortality in hospitalized COVID-19 patients: the ECHOVID-19 study. *ESC Heart Failure*. 2020;7(6):4189-97. DOI: 10.1002/ehf2.13044

12. Baycan OF, Barman HA, Atici A, Tatlisu A, Bolen F, Ergen P et al. Evaluation of biventricular function in patients with COVID-19 using speckle tracking echocardiography. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2021;37(1):135–44. DOI: 10.1007/s10554-020-01968-5
13. Mahajan S, Kunal S, Shah B, Garg S, Palleda GM, Bansal A et al. Left ventricular global longitudinal strain in COVID-19 recovered patients. *Echocardiography*. 2021;38(10):1722–30. DOI: 10.1111/echo.15199
14. Li X, Wang H, Zhao R, Wang T, Zhu Y, Qian Y et al. Elevated Extracellular Volume Fraction and Reduced Global Longitudinal Strains in Participants Recovered from COVID-19 without Clinical Cardiac Findings. *Radiology*. 2021;299(2): E230–40. DOI: 10.1148/radiol.2021203998
15. Chistyakova M.V., Zaitsev D.N., Govorin A.V., Medvedeva N.A., Kurokhtina A.A. Post-COVID-19 syndrome: morpho-functional abnormalities of the heart and arrhythmias. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(7):32–9. [Russian: Чистякова М.В., Зайцев Д.Н., Говорин А.В., Медведева Н.А., Курохтина А.А. «Постковидный» синдром: морфо-функциональные изменения и нарушения ритма сердца. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(7):32-9]. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4485
16. Jurcut R, Giusca S, La Gerche A, Vasile S, Ghingina C, Voigt J-U. The echocardiographic assessment of the right ventricle: what to do in 2010? *European Journal of Echocardiography*. 2010;11(2):81–96. DOI: 10.1093/ejehocard/jep234
17. Yaroslavskaya E.I., Krinochkin D.V., Shirokov N.E., Krinochkina I.R., Gulyaeva E.P., Garanina V.D. et al. Echocardiographic characteristics of COVID-19 pneumonia survivors three months after hospital discharge. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(8):65–75. [Russian: Ярославская Е.И., Криночкин Д.В., Широков Н.Е., Криночкина И.Р., Гульгяева Е.П., Гаранина В.Д. и др. Эхокардиографические показатели перенесших COVID-19 пневмонию через три месяца после выписки из стационара. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(8):65-75]. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4620
18. Lassen MCH, Skaarup KG, Lind JN, Alhakak AS, Sengeløv M, Nielsen AB et al. Recovery of cardiac function following COVID-19 – ECHOVID-19: a prospective longitudinal cohort study. *European Journal of Heart Failure*. 2021;23(11):1903–12. DOI: 10.1002/ejhf.2347
19. Golukhova E.Z., Slivneva I.V., Rybka M.M., Mamalyga M.L., Marapov D.I., Klyuchnikov I.V. et al. Right ventricular systolic dysfunction as a predictor of adverse outcome in patients with COVID-19. *Kardiologiia*. 2020;60(11):16–29. [Russian: Голухова Е.З., Сливнева И.В., Рыбка М.М., Мамалыга М.Л., Марапов Д.И., Ключников И.В. 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