

Динамика сердечно-сосудистого статуса пациентов через 3 и 12 месяцев после пневмонии COVID-19: показатели сосудистой жесткости, диастолической функции и продольной деформации левого желудочка

Ярославская Е.И.¹, Широков Н.Е.¹, Криночкин Д.В.¹, Мигачева А.В.¹, Коровина И.О.², Осокина Н.А.¹, Сапожникова А.Д.¹, Петелина Т.И.¹

¹ Тюменский кардиологический научный центр, Томский национальный исследовательский медицинский центр (НИМЦ) Российской академии наук
Россия, 625026, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 111

² Областная клиническая больница № 1
Россия, 625023, г. Тюмень, ул. Котовского, 55

РЕЗЮМЕ

Цель: изучить динамику скорости пульсовой волны (brachial-ankle pulsewave velocity, baPWV), лодыжечно-плечевого индекса (ankle-brachialindex, ABI), диастолической функции и продольной деформации левого желудочка (ЛЖ) через 3 и 12 мес после пневмонии COVID-19.

Материалы и методы. Динамика показателей сосудистого возраста и продольной деформации ЛЖ изучена у 154 пациентов через 3 и 12 мес после пневмонии COVID-19 (51 ± 12 лет, 48% женщин). Группу контроля составили 55 сопоставимых по полу и возрасту пациентов.

Результаты. За время наблюдения снизилась усредненная baPWV (13,2 [11,8; 15,1] см/сек против 13,0 [11,8; 14,1] см/с, $p < 0,001$) и частота выявления ее повышенных значений (45,4 против 35,1%, $p = 0,008$). Усредненное значение ABI выросло, оставаясь в пределах нормы (1,09 [1,04; 1,14] против 1,11 [1,06; 1,17], $p = 0,012$). Глобальная продольная деформация ЛЖ (LV GLS) ($19,6 \pm 2,2\%$ и $-19,7 \pm 2,5\%$; $p = 0,854$) и частота выявления сниженной LV GLS (21,4 и 26,6%; $p = 0,268$) значительно не изменились и не отличались от полученных в группе контроля. Продольная деформация базального ниже-перегородочного сегмента ЛЖ улучшилась ($-19,2 \pm 3,6\%$ против $-20,1 \pm 4,0\%$; $p = 0,032$). Раннедиастолическая скорость септальной части митрального кольца снизилась ($8,4 \pm 3,0$ см/с против $8,0 \pm 2,5$ см/с, $p = 0,023$). Время изоволюмического расслабления ЛЖ было больше, чем в группе контроля (на 1-м визите $101,8 \pm 22,3$ мс против $92,9 \pm 21,5$ мс; $p = 0,012$; на 2-м визите $105,9 \pm 21,9$ мс против $92,9 \pm 21,5$ мс; $p < 0,001$). Выявлена положительная корреляционная связь baPWV ($r = 0,209$; $p = 0,009$) и ABI ($r = 0,190$; $p = 0,021$) с параметрами деформации сегментов базального уровня ЛЖ через год после выписки.

Заключение. У лиц с оптимальной визуализацией при эхокардиографии через год после пневмонии COVID-19 в сравнении с результатами обследования через 3 мес отмечается ухудшение параметров диастолической функции ЛЖ. LV GLS находилась в пределах «серой зоны» и значительно не изменилась. Отмечено улучшение показателей сосудистой жесткости, связанное с улучшением деформации сегментов базального уровня ЛЖ.

Ключевые слова: COVID-19, скорость распространения пульсовой волны, лодыжечно-плечевой индекс, эхокардиография, продольная деформация миокарда

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Соответствие принципам этики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Тюменского кардиологического научного центра, Томского НИМЦ (протокол № 159 от 23.07.2020).

Для цитирования: Ярославская Е.И., Широков Н.Е., Криночкин Д.В., Мигачева А.В., Коровина И.О., Осюкина Н.А., Сапожникова А.Д., Петелина Т.И. 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. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2024-1-94-104>.

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

Yaroslavskaya E.I.¹, Shirokov N.E.¹, Krinochkin D.V.¹, Migacheva A.V.¹, Korovina I.O.², Osokina N.A.¹, Sapozhnikova A.D.¹, Petelina T.I.¹

¹ Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk National Research Medical Center (NRMC) of the Russian Academy of Sciences

111, Melnikaite Str., Tyumen, 625026, Russian Federation

² Regional Clinical Hospital No. 1

55, Kotovskogo Str., Tyumen, 625023, Russian Federation

ABSTRACT

Aim. To study changes in the brachial – ankle pulse wave velocity (baPWV), ankle – brachial index (ABI), diastolic function, and global longitudinal strain of the left ventricle (LV) 3 and 12 months after COVID-19 pneumonia.

Materials and methods. The dynamics of vascular age and LV global longitudinal strain was studied in 154 patients 3 and 12 months after COVID-19 pneumonia (51 ± 12 years, 48% were women). The control group consisted of 55 sex- and age-matched individuals.

Results. During the follow-up, the average baPWV decreased (13.2 [11.8; 15.1] cm / sec vs. 13.0 [11.8; 14.1] cm / s; $p < 0.001$), and the frequency of its elevated values declined (45.4 vs. 35.1%; $p = 0.008$). The average ABI increased (1.09 [1.04; 1.14] vs. 1.11 [1.06; 1.17]; $p = 0.012$), but remained within the normal range. LV global longitudinal strain (LV GLS) (-19.6 ± 2.2 and $-19.7 \pm 2.5\%$; $p = 0.854$) and the frequency of reduced LV GLS (21.4 and 26.6%; $p = 0.268$) did not change significantly and did not differ from values in the control group. Global longitudinal strain in the LV basal inferoseptal segment improved ($-19.2 \pm 3.6\%$ vs. $-20.1 \pm 4.0\%$; $p = 0.032$). The early diastolic mitral annular velocity decreased (8.4 ± 3.0 cm / s vs. 8.0 ± 2.5 cm / s; $p = 0.023$). The LV isovolumic relaxation time was greater than in the control group (101.8 ± 22.3 ms at the 1st visit vs. 92.9 ± 21.5 ms; $p = 0.012$; 105.9 ± 21.9 ms vs. 92.9 ± 21.5 ms at the 2nd visit; $p < 0.001$). A positive correlation was found between baPWV ($r = 0.209$; $p = 0.009$) and ABI ($r = 0.190$; $p = 0.021$) and strain parameters of the LV basal segments 12 months after discharge.

Conclusion. Patients with optimal visualization on echocardiography at 12 months after COVID-19 pneumonia, compared to the results of the examination 3 months after the disease, had deteriorated parameters of LV diastolic function. LV GLS was within the grey zone and did not change significantly. An improvement in arterial stiffness was noted, associated with an improvement in the strain of basal LV segments.

Keywords: COVID-19, pulse wave velocity, ankle – brachial index, echocardiography, longitudinal myocardial strain

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Source of financing. The authors state that they received no funding for the study.

Conformity with the principles of ethics. All individuals signed an informed consent to participate in the study. The study was approved by the local Ethics Committee at Tyumen Cardiology Research Center, Tomsk NRMC of the Russian Academy of Sciences (Protocol No. 159 of 23.07.2020).

Для цитирования: Yaroslavskaya E.I., Shirokov N.E., Krinochkin D.V., Migacheva A.V., Korovina I.O., Osokina N.A., Sapozhnikova A.D., Petelina T.I. 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. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2024-1-94-104>.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что повышение артериальной жесткости ухудшает расслабление миокарда и повышает конечно-диастолическое давление в левом желудочке (ЛЖ) [1]. Изучение взаимосвязи сосудистой жесткости и деформационных свойств миокарда вызывает устойчивый интерес. Показано, что хроническое увеличение постнагрузки ускоряет ремоделирование ЛЖ и развитие сердечной недостаточности [2]. При обследовании 248 лиц без структурного поражения сердца была выявлена независимая связь скорости распространения пульсовой волны на плече-лодыжечном сегменте (brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV) с глобальной продольной деформацией ЛЖ (left ventricle global longitudinal strain, LV GLS) [3]. J.W. Hwang и соавт. продемонстрировали, что повышение baPWV способствует нарушению LV GLS у больных с артериальной гипертензией (АГ) и сохраненной фракцией выброса ЛЖ [4].

Жесткость артерий естественным образом связана со старением, но может быть ускорена сопутствующей метаболической и сердечно-сосудистой патологией. Один из механизмов изменения сосудов при старении и сердечно-сосудистых заболеваниях – уменьшение количества эластических волокон и увеличение содержания коллагена. Другой механизм – эндотелиальная дисфункция, развивающаяся вследствие воспаления, оксидативного стресса, а также изменения тонуса гладкой мускулатуры в артериях мышечного типа. COVID-19 – мультисистемное заболевание с обширным поражением сердечно-сосудистой системы, вызывающее повышение жесткости артерий [5]. Сегодня на первый план выходят осложнения перенесенного инфекционного процесса, основная часть из которых напрямую затрагивает сосудистую систему. Доказано, что у значимого количества перенесших COVID-19 развиваются стойкие изменения метаболизма с поражением сосудистой стенки, схожим с таковым при АГ, сахарном диабете 2-го типа и метаболическом синдроме [6]. В развитии раннего сосудистого старения после

COVID-19 играют роль слабовыраженные воспалительные компоненты [7, 8].

Все это может привести к дебюту или прогрессированию как АГ, так и атеросклеротического поражения сосудистой стенки, особенно после осложненного течения COVID-19. С учетом того, что функциональные расстройства развиваются быстрее, чем структурные, изучение сосудистой жесткости после перенесенной COVID-19 является очень актуальным, но такие исследования пока немногочисленны. I. Ikonomidis с соавт. предложили использовать отношение каротидно-фemorальной скорости пульсовой волны к глобальной продольной деформации ЛЖ как параметр оценки желудочково-артериального взаимодействия (ventricular-arterial coupling), в свою очередь влияющего на диастолическую функцию ЛЖ, выраженность концентрической гипертрофии и степень нарушения коронарного резерва [9].

Мы предположили, что у перенесших осложненное течение COVID-19 в отдаленном периоде заболевания жесткость сосудистой стенки увеличивается, а показатели продольной деформации ЛЖ ухудшаются в сравнении с данными обследования в раннем восстановительном периоде заболевания, что могло бы являться отражением раннего старения сосудов. Цель: изучить динамику и взаимосвязи скорости пульсовой волны, лодыжечно-плечевого индекса (ankle-brachial index, ABI) и продольной деформации миокарда ЛЖ через 3 и 12 мес после пневмонии COVID-19.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование вошли пациенты «Перспективного регистра лиц, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию» (свидетельство государственной регистрации № 2021622535 от 18.11.2021). Исследование соответствует этическим стандартам Хельсинкской декларации с поправками 2000 г. и «Правилам клинической практики в Российской Федерации», утвержденным Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266, одобрено локальным этическим комитетом (протокол № 159 от 23.07.2020), зарегистрировано в международном

реестре клинических исследований clinicaltrials.gov (No. NCT04501822). Пациенты идентифицировались по данным медицинской информационной системы ИС моноинфекционных госпиталей в период с апреля 2020 по январь 2021 г. Критерии включения: лабораторно подтвержденный диагноз пневмонии COVID-19, возраст 18 лет и старше, желание пациента участвовать в наблюдении. Критерии не включения: хронические заболевания в стадии обострения, гемодинамически значимые пороки сердца, в анамнезе – онкологические заболевания моложе 5 лет, туберкулез, другие заболевания, сопровождающиеся пневмофиброзом, хронические гепатиты, вирус иммунодефицита человека. Критерии исключения: беременность, выявленные за период наблюдения онкологические заболевания, отказ от участия, неоптимальная визуализация при эхокардиографии (ЭхоКГ). Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Проведено амбулаторное обследование удовлетворяющих всем критериям 350 пациентов через 3 мес \pm 2 нед (92 [82–99] сут) и через 12 мес \pm 3 нед (367 [362–381] сут) после выписки. Из 380 пациентов исследования 28 были исключены по различным причинам. На 1-м визите оптимальную визуализацию при ЭхоКГ продемонстрировал 271 пациент, на 2-м визите – 244 пациента. Из оставшихся обследованных параметры сосудистого возраста были оценены через 3 мес (1-й визит) у 339 (97%) обследованных, через 12 мес (2-й визит) – у 286 (82%) обследованных. Параметры глобальной (LV GLS) и сегментарной продольной деформации ЛЖ изучены через 3 мес после пневмонии у 271 (77%) обследованных с оптимальным качеством визуализации при ЭхоКГ, через 12 мес – у 244 (70%). Динамику показателей сосудистого возраста и деформационных свойств ЛЖ удалось оценить у 154 (44%) обследованных (основная группа). Группу контроля составили 55 пациентов, сопоставимых с основной группой по полу и возрасту с оптимальным качеством визуализации при ЭхоКГ, включенных в исследование в те же сроки, что и основная группа, не имевших ни одного положительного результата полимеразной цепной реакции с выявлением SARS-CoV-2 и клинических проявлений COVID-19.

Данные острого периода COVID-19 оценивали по выписным эпикризам из историй болезни. Поражения легочной ткани обследованных по данным компьютерной томографии при госпитализации в среднем составил 50,0%, лечению в отделениях реанимации и интенсивной терапии подверглись 8,5%, гормональной терапии – 45,7%, биологически активной терапии – 5,9%. Перенесли пневмонию легкой

степени тяжести 17,0%, средней – 31,3%, тяжелую – 38,1%, крайне тяжелую – 13,6% пациентов.

На визитах всем обследуемым проводилось определение эластических свойств стенки периферических артерий методом объемной сфигмографии с помощью сфигмоманометра VaSera VS-1000 Series (Fukuda Denishi, Япония). Оценивали baPWV справа и слева; ABI справа и слева как отношение систолического артериального давления (АД) на голени к систолическому АД на плече. Анализировали усредненные показатели между правой и левой сторонами. В соответствии с заданными аппаратными условиями интерпретации результатов нормой baPWV считали менее 13,5 см/с; нормальными значениями ABI – $1,0 \leq \text{ABI} < 1,3$. В группе контроля сосудистый возраст не оценивали, поскольку он был определен менее чем у половины пациентов этой группы. ЭхоКГ выполняли на ультразвуковой диагностической системе экспертного класса Vivid S70 с сохранением данных в формате DICOM и последующим анализом на рабочей станции Intelli Space Cardiovascular с программой TomTec (Philips, США). Значения LV GLS $> -18\%$ считали сниженными [10, 11]. Оценивали симптоматику тревожно-депрессивных (по шкалам GAD7, PHQ9), стрессовых расстройств (по шкале воспринимаемого стресса-10), качества жизни (по опроснику SF-36).

Статистический анализ проведен с помощью пакета прикладных программ SPSS 21 (SPSS Inc., Chicago IL, США) и Statistica 12.0. Распределение переменных оценивали по критерию Колмогорова – Смирнова. При нормальном распределении количественных данных показатели представляли в виде среднего и стандартного отклонения ($M \pm SD$), в случае распределения, отличного от нормального, – в виде медианного значения (Me) и интерквартильного размаха $Me [Q_{25}; Q_{75}]$. Значимость различий непрерывных переменных оценивали в зависимости от распределения данных критерием Стьюдента для зависимых переменных или критерием Вилкоксона. Для сравнения качественных переменных использовали критерий МакНемара. Оценку корреляционных связей между парами количественных признаков осуществляли при нормальном распределении с использованием анализа Пирсона, при отсутствии нормального распределения – с помощью анализа Спирмена. Сравнение с группой контроля осуществляли критерием Краскела – Уоллиса или однофакторным дисперсионным анализом в зависимости от распределения количественных переменных, и критерием χ^2 или точным критерием Фишера при анализе качественных показателей. Результаты считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средний индекс массы тела в основной группе на обоих визитах соответствовал избыточной и за время наблюдения вырос (табл. 1). Число курящих уменьшилось на 9,2%, однако употребление алкоголя до нескольких раз в неделю увеличилось на 5%. Симптоматика тревожно-депрессивных, стрессовых расстройств, субъективно воспринимаемое качество жизни значимо не изменились. Выросла распространенность сердечно-сосудистых забо-

леваний за счет впервые выявленных новых семи случаев АГ и шести случаев ишемической болезни сердца. При этом значимого изменения цифр артериального давления и частоты сердечных сокращений не зарегистрировано.

Усредненная $baPWV$ уменьшилась на 0,2 см/с, частота выявления ее повышенных значений – на 10,3%. Усредненное значение ABI выросло на 0,02, оставаясь в пределах нормы. Число пациентов с нормализацией данных КТ легких выросло на 5,4%.

Таблица 1

Динамика клинических параметров лиц после пневмонии COVID-19 и контрольной группы							
Показатель	Пациенты после пневмонии COVID-19		<i>p</i>	Контрольная группа, <i>n</i> = 55	<i>p</i> *	<i>p</i> **	
	через 3 мес, <i>n</i> = 154	через 12 мес, <i>n</i> = 154					
Возраст, лет, $M \pm SD$	51,3 ± 11,5	–	–	51,8 ± 10,8	0,943	–	
Женский пол, %	48,1	–	–	56,4	0,290	–	
Индекс массы тела, кг/м ² , $M \pm SD$	28,5 ± 4,4	29,3 ± 4,8	<0,001	27,4 ± 4,2	0,093	0,013	
Курят или недавно бросили, <i>n</i> (%)	62 (40,3)	46 (31,1)	0,002	15 (41,7)	0,877	0,266	
Употребление алкоголя, <i>n</i> (%)	не употребляют	34 (22,4)	39 (26,7)	0,302	5 (13,9)	0,259	0,107
	несколько раз в год	70 (46,1)	53 (36,3)	0,002	18 (50,0)	0,670	0,131
	несколько раз в месяц	42 (27,6)	40 (27,4)	0,690	7 (19,4)	0,314	0,329
	Один/несколько раз в неделю	6 (3,9)	13 (8,9)	0,039	6 (16,7)	0,013	0,220
Выявление симптомов тревоги по шкале GAD7, <i>n</i> (%)	47 (30,7)	36 (25,4)	0,185	4 (11,1)	0,017	0,067	
Выявление симптомов депрессии по шкале PHQ9, <i>n</i> (%)	49 (32,0)	36 (25,4)	0,262	8 (22,2)	0,249	0,697	
Выявление симптомов стресса по шкале воспринимаемого стресса 10, <i>n</i> (%)	16 (10,5)	12 (8,5)	1,000	2 (5,6)	0,533	0,738	
Обобщенные показатели опросника SF-36, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$	Физический компонент	48,5 [43,5; 51,6]	48,7 [44,1; 52,4]	0,143	50,0 [45,7; 52,7]	0,096	0,282
	Психический компонент	66,7 [59,7; 71,4]	67,7 [59,3; 71,9]	0,341	67,0 [60,9; 71,3]	0,855	0,879
Артериальная гипертензия, <i>n</i> (%)	111 (72,1)	118 (77,1)	0,039	38 (69,1)	0,671	0,238	
Ишемическая болезнь сердца, <i>n</i> (%)	21 (13,6)	27 (17,6)	0,031	0 (0,0)	0,004	0,001	
Сахарный диабет 2-го типа, <i>n</i> (%)	20 (13,0)	21 (13,6)	1,000	1 (1,8)	0,018	0,014	
Хроническая сердечная недостаточность по классификации NYHA, <i>n</i> (%)	I ФК	51 (71,8)	55 (72,4)	0,388	15 (88,2)	0,219	0,244
	II ФК	17 (23,9)	18 (23,7)	1,000	2 (11,8)	0,344	0,348
	III ФК	3 (4,2)	3 (3,9)	1,000	0 (0,0)	1,000	1,000
Офисное артериальное давление, мм рт. ст., $Me [Q_{25}; Q_{75}]$	Систолическое	129 [117; 140]	128 [116; 139]	0,511	120 [110; 135]	0,068	0,081
	Диастолическое	82 [75; 92]	85 [80; 92]	0,164	80 [70; 81]	0,011	0,001
Частота сердечных сокращений в минуту, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$	63 [58; 70]	62 [56; 68]	0,400	72 [66; 78]	0,857	0,183	
Нормализация данных КТ легких, %	38,8	44,2	<0,001	–	–	–	
Показатели эластичности сосудистой стенки							
Усредненное значение $baPWV$, см/с, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$	13,2 [11,8; 15,1]	13,0 [11,8; 14,1]	<0,001	–	–	–	
Частота выявления повышенной $baPWV$ ($\geq 13,5$ см/с), <i>n</i> (%)	69 (45,4)	54 (35,1)	0,008	–	–	–	
Усредненное значение ABI , $Me [Q_{25}; Q_{75}]$	1,09 [1,04; 1,14]	1,11 [1,06; 1,17]	0,012	–	–	–	
Выявление сниженного ABI (меньше 1), <i>n</i> (%)	44 (29,7)	35 (23,5)	0,451	–	–	–	
Выявление повышенного ABI (1,3 и выше), <i>n</i> (%)	3 (2,1)	3 (2,1)	1,000	–	–	–	

Примечание. NYHA – Нью-Йоркская ассоциация сердца; ФК – функциональный класс; КТ – компьютерная томография, *p* – уровень значимости различий между группами пациентов. *p** – значимость различий между группой контроля и перенесшими пневмонию COVID-19 через 3 мес после выписки; *p*** – значимость различий между группой контроля и перенесшими пневмонию COVID-19 через 12 мес после выписки.

Основная группа не отличалась от контрольной по возрасту и половому составу, значимые различия по индексу массы тела появились лишь в конце периода наблюдения. Перенесшие пневмонию COVID-19 в раннем восстановительном периоде реже употребляли алкоголь, чаще демонстрировали симптомы тревоги и имели худшие показатели физического компонента здоровья, чем группа контроля. Пациенты основной группы не отличались от контрольной по частоте АГ, но через 3 мес после выписки демонстрировали тенденцию к более высоким цифрам систолического артериального давления, чем в группе контроля, а показатели диастолического давления у них были выше в течение всего наблюдения. В контрольной группе сахарный диабет был выявлен только у одного пациента и не было диагностированных случаев ИБС.

В период госпитализации были значительно превышены референсные значения С-реактивного белка (СРБ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), умеренно – аспаратаминотрансферазы (АсАТ), аланинаминотрансферазы (АсАТ) с последующей нормализацией. Исключение – СРБ: его средние значения после выписки снизились, но не достигли нормы (табл. 2).

На 12-м мес после выписки отмечалось значимое снижение уровня общего холестерина (ОХ), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеидов низкой плотности (ЛПНП). При этом средние значения этих показателей на амбулаторных визитах были выше референсных за исключением триглицеридов. За время амбулаторного наблюдения ухудшились показатели функциональных проб печени, вырос уровень креатинфосфокиназы, креатинина, лейкоцитов, СРБ, в том числе высокочувствительного, ферритина, интерлейкинов 1 и 6. Отмечена тенденция к снижению уровня гликированного гемоглобина, среднее его значение приблизилось к норме. Снижился уровень предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP). За время наблюдения увеличилась частота назначения бета-блокаторов (34,0 против 42,5%; $p = 0,027$) и статинов (46,9 против 59,5%; $p = 0,001$). Не изменилась частота назначения следующих групп препаратов: ингибиторов аденозин-превращающего фермента (26,5 и 30,1%; $p = 0,327$), дезагрегантов (аспирин/клопидогрель) (19,0 и 19,6%; $p = 0,754$), диуретиков (46,3 и 49,7%; $p = 0,458$), сахароснижающих (11,7 и 12,3%; $p = 1,000$).

Таблица 2

Динамика лабораторных показателей лиц с оптимальной визуализацией после пневмонии COVID-19

Показатель	Данные периода госпитализации, $n = 154$	Через 3 мес после выписки, $n = 154$	Через 12 мес после выписки, $n = 154$	p между 3 и 12 мес
ОХ, ммоль/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$, $M \pm SD$ N 0–5	4,0 [3,3; 4,8]	5,5 ± 1,4	5,1 ± 1,3	<0,001
ТГ, ммоль/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N 0–1,7	–	1,3 [0,9; 1,7]	1,1 [0,8; 1,6]	0,039
ЛПВП, ммоль/л, $M \pm SD$ N муж. ≤ 40; жен. ≤ 31	–	1,4 ± 0,4	1,3 ± 0,3	0,514
ЛПНП, ммоль/л, $M \pm SD$ N 0–3	–	3,1 ± 1,2	3,1 ± 1,0	0,004
АлАТ, ед/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N муж. ≤ 40; жен. ≤ 31	32,0 [17,3; 57,1]	21,0 [15,9; 27,5]	24,0 [18,6; 30,8]	0,008
АсАТ, ед/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N муж. ≤ 38; жен. ≤ 32	32,7 [23,9; 46,0]	19,4 [16,0; 24,2]	21,9 [18,6; 25,8]	0,002
ЛДГ, ед/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N 0–248	421,5 [292,0; 592,0]	183,9 [159,9; 204,3]	181,6 [159,0; 200,4]	0,064
Креатинфосфокиназа, ед/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N муж. ≤ 190; жен. ≤ 167	108,0 [63,0; 227,0]	100,0 [72,1; 139,6]	118,0 [84,1; 165,1]	<0,001
Креатинин, мкмоль/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N муж. 62–106; жен. 44–80	80,0 [69,0; 97,0]	74,5 [65,3; 83,2]	77,2 [67,4; 87,2]	<0,001
Глюкоза натощак, ммоль/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N 3,3–6,1	7,2 [6,5; 9,1]	5,4 [5,0; 5,9]	5,4 [5,0; 6,0]	0,806
Гликированный гемоглобин, %, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N 4,5–6,0	–	6,7 [5,7; 8,0]	5,8 [5,5; 6,2]	0,070
Лейкоциты, 10^9 /л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N 4,0–9,0	5,9 [4,4; 7,8]	5,2 [4,3; 6,4]	5,5 [4,6; 6,5]	0,001
Лимфоциты, %, $M \pm SD$, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N 19–37	23,0 ± 11,3	1,8 [1,5; 2,2]	1,9 [1,6; 2,2]	0,387
СРБ, мг/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N ≤ 3	58,5 [15,9; 115,6]	3,5 [1,7; 6,2]	4,2 [2,9; 7,6]	<0,001
вчСРБ, мг/л, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N ≤ 3	–	3,8 [1,7; 7,0]	4,1 [2,6; 7,5]	<0,001
Ферритин, мг/мл, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N муж. 20–300, жен. 10–120	–	67,8 [24,5; 151,6]	106,8 [37,9; 184,2]	0,002
Д-димер, мкг/мл, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N 0,1–0,5	0,4 [0,2; 0,6]	0,3 [0,1; 0,4]	0,1 [0,1; 0,2]	0,527
NT-proBNP, пг/мл, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N до 75 лет < 125, старше 75 лет < 400	–	67,4 [29,1; 155,8]	58,7 [30,9; 98,1]	0,007
Интерлейкин-8, пг/мл, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N ≤ 8,11	–	13,7 [10,3; 17,3]	13,8 [10,3; 17,2]	0,739
Интерлейкин-1, пг/мл, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$ N 0–5	–	2,0 [1,6; 2,8]	2,2 [1,6; 3,1]	0,001
Интерлейкин-6, пг/мл, $M \pm SD$ N ≤ 9,7	–	3,0 ± 1,2	3,5 ± 0,9	<0,001

Примечание. ЛПВП – липопротеины высокой плотности; вчСРБ – высокочувствительный С-реактивный белок, N – норма.

Бóльшие значения объемов ЛЖ в период госпитализации можно объяснить инфузионной нагрузкой, что было патогенетически обосновано в остром периоде заболевания. Бóльший переднезадний размер правого желудочка (ПЖ), вызванный пневмонией, – нагрузкой на малый круг кровообращения (табл. 3).

За период наблюдения площадь правого желудочка (ППЖ) уменьшилась, фракция ее изменения увеличилась, что говорит о структурно-функцио-

нальном восстановлении ПЖ. Несмотря на то что показатели амплитуды смещения фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE), пиковой скорости трикуспидальной регургитации, скорости S' трикуспидального кольца, времени ускорения кровотока в выводном тракте ПЖ в основной группе находились в пределах нормы, в динамике они так и не достигли значений группы контроля, что свидетельствует об ограничении функции ПЖ после перенесенной пневмонии COVID-19.

Таблица 3

Динамика показателей эхокардиографии лиц после пневмонии COVID-19 и контрольной группы, $M \pm SD$								
Показатель		Данные периода госпитализации, $n = 154$	Пациенты после пневмонии COVID-19		p	Контрольная группа, $n = 55$	p^*	p^{**}
			через 3 мес $n = 154$	через 12 мес $n = 154$				
КДО ЛЖ	мл	113,1 ± 24,1	90,2 ± 22,8	89,3 ± 20,6	0,521	88,1 ± 21,7	0,620	0,664
	мл/м ²	–	46,5 ± 9,9	45,6 ± 8,6	0,167	46,2 ± 9,1	0,950	0,585
КСО ЛЖ	мл	36,4 ± 12,3	29,3 ± 10,7	27,4 ± 7,3	0,031	28,6 ± 10,1	0,608	0,849
	мл/м ²	–	15,1 ± 4,9	14,0 ± 3,1	0,009	14,9 ± 4,5	0,902	0,346
Масса миокарда ЛЖ по формуле «площадь – длина»	г	–	145,9 ± 34,6	148,9 ± 32,3	0,449	136,4 ± 33,8	0,055	0,009
	г/м ²	–	75,6 ± 15,2	76,1 ± 13,1	0,736	71,2 ± 12,3	0,039	0,012
Фракция выброса ЛЖ (2DSimpson), %		68,2 ± 5,8	68,1 ± 4,8	69,4 ± 3,9	0,004	68,3 ± 4,8	0,832	0,062
Время замедления кровотока в выводном тракте ЛЖ, мс		–	215,0 ± 32,2	215,7 ± 30,9	0,889	209,7 ± 29,5	0,292	0,217
Время изоволюмического расслабления ЛЖ, IVRT, мс		–	101,8 ± 22,3	105,9 ± 21,9	0,113	92,9 ± 21,5	0,012	<0,001
DT, мс		–	216,6 ± 61,9	205,8 ± 51,5	0,054	194,4 ± 39,7	0,123	0,338
Скорость раннего диастолического наполнения ЛЖ, E, см/с		–	71,2 ± 15,5	69,4 ± 14,6	0,137	71,8 ± 16,2	0,823	0,313
Скорость позднего диастолического наполнения ЛЖ, A, см/с		–	68,8 ± 16,3	68,4 ± 15,4	0,731	66,2 ± 14,2	0,284	0,476
Раннедиастолическая скорость латеральной части митрального кольца, e' later, см/с		–	11,0 ± 3,6	10,9 ± 3,4	0,349	11,1 ± 3,0	0,578	0,552
Раннедиастолическая скорость септальной части митрального кольца, e' sept, см/с		–	8,4 ± 3,0	8,0 ± 2,5	0,023	8,8 ± 2,6	0,272	0,076
E/e'		–	9,7 ± 3,1	9,5 ± 2,8	0,051	9,9 ± 2,4	0,303	0,180
Максимальный объем левого предсердия	мл	–	47,9 ± 13,6	48,3 ± 12,9	0,474	47,1 ± 12,2	0,823	0,412
	мл/м ²	–	24,8 ± 6,6	24,7 ± 5,9	0,953	24,7 ± 5,2	0,674	0,895
Переднезадний размер ПЖ	мм	26,9 ± 3,3	25,5 ± 2,4	25,8 ± 2,7	0,539	25,3 ± 2,4	0,631	0,440
	мм/м ²	–	13,3 ± 1,5	13,3 ± 1,5	0,319	13,4 ± 1,6	0,918	0,727
Диастолическая площадь ПЖ	см ²	–	15,7 ± 4,0	14,8 ± 3,3	<0,001	14,9 ± 3,1	0,289	0,723
	см ² /м ²	–	8,1 ± 1,7	7,5 ± 1,4	<0,001	7,9 ± 1,5	0,354	0,129
Фракция изменения площади ПЖ, %		–	50,8 ± 8,8	53,0 ± 8,4	0,004	52,9 ± 8,3	0,117	0,678
TAPSE, мм		–	22,7 ± 2,5	22,7 ± 2,3	0,973	24,2 ± 2,4	<0,001	<0,001
Пиковая скорость трикуспидальной регургитации, см/с, $Me [Q_{25}; Q_{75}]$		–	2,1 [1,8; 2,3]	2,1 [1,9; 2,3]	0,553	1,9 [1,6; 2,1]	0,004	<0,001
Скорость S' трикуспидального кольца, см/с		–	9,8 ± 2,6	9,7 ± 2,7	0,289	12,6 ± 1,8	<0,001	<0,001
Время ускорения кровотока в выводном тракте ПЖ, мс		–	113,2 ± 22,9	113,7 ± 21,3	0,929	123,2 ± 26,2	0,003	0,007

Примечание. DT – время замедления раннего диастолического наполнения ЛЖ, КСО – конечно-систолический объем.

Со стороны показателей ЛЖ у перенесших пневмонию COVID-19 отмечено значимое уменьшение его конечно-систолического объема (КСО) и небольшое увеличение фракции выброса к году после

выписки, что говорит об улучшении систолической функции ЛЖ в позднем восстановительном периоде. Но обращает внимание ухудшение показателей его диастолической функции: значимо снизилась

ранняя диастолическая скорость септальной части митрального кольца (e' sept) (причем через год после выписки она показала тенденцию к меньшему значению, чем в группе контроля). Появилась тенденция к уменьшению времени замедления раннего диастолического наполнения ЛЖ (DT) и отношения ранней диастолической скорости трансмитрального потока к ранней диастолической скорости движения митрального кольца (E/e'). О худшей в сравнении с группой контроля диастолической функции свидетельствует и большее время изоволюмического расслабления ЛЖ (IVRT) в течение всего наблюдения в основной группе.

Отсутствие достоверных различий по показателю LV GLS в сравнении с группой контроля и сопоставимая с группой контроля частота выявления

сниженной LV GLS (табл. 4) позволяет расценить состояние систолической функции ЛЖ в основной группе как удовлетворительное. Улучшение значений сегментарной деформации было отмечено в нижних и боковом сегментах базального уровня ЛЖ, причем в базальном нижнеперегородочном сегменте это улучшение достигло статистической значимости (см. табл. 4). Примечательно, что значение продольной деформации именно в этом сегменте через 3 мес после выписки имело тенденцию к более низкому, чем в группе контроля. Отмечено некоторое улучшение значений сегментарной деформации сегментов среднего уровня ЛЖ, однако статистической значимости оно не достигло. Деформация сегментов верхушечного уровня незначимо ухудшилась.

Таблица 4

Динамика показателей деформации левого желудочка лиц через 3 и 12 мес после пневмонии COVID-19 и контрольной группы, %, $M \pm SD$

Параметр продольной деформации	Пациенты после пневмонии COVID-19		<i>p</i>	Контрольная группа, <i>n</i> = 55	<i>p</i> *	<i>p</i> **
	через 3 мес <i>n</i> = 154	через 12 мес <i>n</i> = 154				
Глобальная (LV GLS)	-19,6 ± 2,2	-19,7 ± 2,5	0,854	-19,9 ± 2,7	0,556	0,653
Глобальная деформация более -18%, <i>n</i> (%)	33 (21,4)	41 (26,6)	0,268	15 (27,3)	0,376	0,926
Базальный передний сегмент	-17,3 ± 4,2	-16,7 ± 4,0	0,156	-17,3 ± 4,0	0,965	0,435
Базальный переднеперегородочный сегмент	-16,8 ± 3,3	-16,7 ± 3,4	0,727	-17,3 ± 3,5	0,494	0,316
Базальный нижнеперегородочный сегмент	-19,2 ± 3,6	-20,1 ± 4,0	0,032	-20,1 ± 3,9	0,060	0,851
Базальный нижний сегмент	-16,6 ± 3,0	-16,8 ± 3,2	0,596	-16,5 ± 3,2	0,728	0,435
Базальный боковой сегмент	-17,3 ± 3,8	-17,7 ± 4,1	0,321	-17,5 ± 3,6	0,787	0,502
Базальный задний сегмент	-18,2 ± 4,2	-18,0 ± 4,0	0,459	-18,5 ± 4,6	0,484	0,474
Средний передний сегмент	-17,6 ± 4,2	-17,4 ± 4,0	0,556	-17,8 ± 4,5	0,970	0,720
Средний переднеперегородочный сегмент	-20,8 ± 3,6	-20,5 ± 3,4	0,424	-20,8 ± 3,6	0,926	0,850
Средний нижнеперегородочный сегмент	-21,2 ± 3,4	-21,9 ± 3,3	0,093	-22,2 ± 3,5	0,125	0,808
Средний нижний сегмент	-20,4 ± 3,0	-20,3 ± 3,1	0,925	-20,3 ± 3,0	0,699	0,984
Средний боковой сегмент	-17,9 ± 3,7	-18,0 ± 3,9	0,974	-17,7 ± 3,7	0,482	0,343
Средний задний сегмент	-19,1 ± 3,4	-19,2 ± 3,7	0,838	-19,1 ± 3,9	0,664	0,787
Апикальный передний сегмент	-21,3 ± 5,2	-21,3 ± 5,0	0,792	-21,8 ± 5,1	0,846	0,912
Апикальный перегородочный сегмент	-24,0 ± 4,7	-23,9 ± 4,6	0,954	-24,3 ± 4,0	0,647	0,620
Апикальный нижний сегмент	-23,2 ± 4,6	-23,0 ± 4,5	0,472	-23,8 ± 4,1	0,658	0,701
Апикальный боковой сегмент	-21,2 ± 4,6	-20,9 ± 5,0	0,539	-21,1 ± 4,1	0,836	0,879
Верхушечный сегмент	-22,5 ± 4,0	-22,3 ± 4,2	0,324	-22,8 ± 3,9	0,887	0,746
Базальный уровень	-17,6 ± 2,2	-17,7 ± 2,6	0,448	-17,9 ± 2,7	0,400	0,627
Средний уровень	-19,5 ± 2,0	-19,6 ± 2,5	0,734	-19,6 ± 2,6	0,722	0,865
Апикальный уровень	-22,5 ± 4,0	-22,3 ± 4,2	0,693	-22,7 ± 3,8	0,639	0,489

Наше исследование не выявило описанных ранее [2, 3] связей показателей сосудистой жесткости с LV GLS, что может быть обусловлено вызванной COVID-19 дисрегуляцией артериально-желудочкового взаимодействия. Через 1 год после выписки показатели сосудистой жесткости (усредненное значение $baPWV$ ($r = 0,209$; $p = 0,009$) и усредненное значение ABI ($r = 0,190$; $p = 0,021$)) продемонстри-

ровали положительную корреляционную связь с параметрами сегментарной деформации базального уровня ЛЖ.

ОБСУЖДЕНИЕ

В госпитальном периоде значения СРБ во много раз превышали референсные, что говорит о крайне высокой активности воспалительного процесса и

выраженности повреждения тканей. В восстановительном периоде значения СРБ так и не достигли нормы, и, более того, выросли к 1-му году после выписки, что указывает на сохраняющийся в позднем восстановительном периоде заболевания потенциал повышенного воспалительного ответа. Высокий в течение восстановительного периода уровень высокочувствительного СРБ и интерлейкина-8, а также рост уровня интерлейкинов 1 и 6 свидетельствует о сохраняющемся сосудистом воспалительном процессе, что может означать угрозу развития сосудистых осложнений.

Об ухудшении сердечно-сосудистого статуса за время наблюдения свидетельствует как увеличение частоты сердечно-сосудистых заболеваний (АГ – на 5%, ИБС – на 4%), так и выросшая на 8,5% необходимость назначения бета-блокаторов, статинов – на 12,6%. Последнее объясняет факт улучшения значений липидного профиля, однако ухудшились показатели функциональных проб печени, повысился уровень креатинфосфокиназы.

Полученные нами данные о нормализации функции ПЖ согласуются с положительной динамикой данных КТ легких наших пациентов. На улучшение систолической функции ЛЖ указывает выявленное уменьшение КСО ЛЖ и небольшое увеличение фракции его выброса. Однако улучшение LV GLS было незначимым, а диастолическая функция ЛЖ ухудшилась, о чем говорит динамика показателей тканевой и импульсно-волновой доплерографии. Учитывая худшие параметры диастолической функции ЛЖ в основной группе по сравнению с группой контроля, COVID-19 может быть рассмотрен как патогенетический фактор нарушений диастолической функции ЛЖ у наших пациентов наряду с прогрессированием сердечно-сосудистой патологии.

Пациенты нашего исследования за период наблюдения продемонстрировали некоторое улучшение показателей сосудистой жесткости, о чем говорит небольшое, но статистически значимое снижение $baPWV$, а также снижение частоты выявления повышенных ее значений на 10,3%. Рост усредненного значения ABI в пределах нормальных значений не противоречит этому выводу. Данные результаты можно трактовать как возвращение к исходным (до COVID-19) значениям функциональных параметров сосудистой стенки. Однако частота выявления их нарушений на 2-м визите все же оставалась высокой ($baPWV$ – 35,1%, ABI – 25,6%). Учитывая обнаруженную нами отрицательную динамику показателей диастолической функции, а также высокую частоту нарушений параметров сосудистой жесткости через год после пневмонии COVID-19, для изучения сте-

пени обратимости сосудистых изменений и их прогностических последствий необходимо более долгосрочное наблюдение.

Улучшение показателей сосудистой жесткости, по нашим результатам, связано с улучшением сегментарной деформации базального уровня ЛЖ. Поскольку ранее было показано, что в раннем восстановительном периоде после COVID-19 снижение сегментарной деформации ЛЖ характерно преимущественно для базальных отделов ЛЖ [12], данный результат можно трактовать как восстановление деформационных свойств ЛЖ, нарушенных в остром периоде COVID-19.

Мы обнаружили единственную работу с результатами годичного наблюдения показателей сосудистой жесткости и LV GLS после COVID-19. Греческие ученые I. Ikonomidis и соавт. обследовали 70 пациентов (54,5 года) через 4 и 12 мес после установления диагноза COVID-19 и 70 сопоставимых по основным клиническим характеристикам лиц без COVID-19 [13]. Средние значения каротидно-фemorальной скорости распространения пульсовой волны в группе после COVID-19 в динамике незначимо снизились (12,09 и 11,19 м/с, $p = 0,883$), но все же сохранялась тенденция к более высоким их значениям, чем в контрольной группе (11,19 против 10,04 м/с, $p = 0,057$). Через 12 мес после COVID-19 значения LV GLS показали тенденцию к улучшению по сравнению со значениями через 4 мес (–19,55 против –20,32%, $p = 0,069$), хотя и оставались ниже, чем в контрольной группе (–20,32 против –21,98%, $p = 0,003$) [13].

Мы также выявили незначимое улучшение LV GLS через 12 мес после COVID-19, и ее значение оказалось ближе к данным группы I. Ikonomidis и соавт. через 4 мес после заражения COVID-19. Вероятно, это можно связать с более тяжелым течением COVID-19 у наших пациентов: в остром периоде они все нуждались в госпитализации и 8,5% – в искусственной вентиляции легких. Тогда как у 34,3% пациентов группы I. Ikonomidis и соавт. течение заболевания было легким и не потребовало госпитализации, и никому из греческих пациентов не потребовалась искусственная вентиляция легких. Полученные в наших исследованиях значения LV GLS можно отнести к так называемой серой зоне, когда показатели могут быть расценены и как норма, и как патология (это LV GLS от –18% до –20%) [11]. Надо отметить, что по данным греческих исследователей показатели функции правого желудочка значимо улучшились, и через 1 год после COVID-19 достигли показателей контрольной группы [13], что полностью соответствует нашим результатам.

Клиническая значимость нашего исследования заключается в выявлении отрицательной динамики показателей диастолической функции ЛЖ в отдаленные сроки после осложненного течения COVID-19. Оценка сосудистой жесткости и диастолической функции ЛЖ у этого контингента может являться важным прогностическим фактором и маркером повышенного риска сердечно-сосудистых осложнений, а значит, поможет выделить группу пациентов, нуждающихся в дополнительных мерах вторичной профилактики.

Ограничением исследования является отсутствие данных о сосудистой жесткости, продольной деформации и диастолической функции ЛЖ до COVID-19 и в остром периоде заболевания. Стоит учитывать, что выявленные нарушения, помимо прямого действия вируса, могут быть вызваны опосредованным его влиянием через развитие новых и утяжеление уже имевшихся сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, наша выборка ограничена лицами с оптимальной визуализацией при эхокардиографии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У лиц с оптимальной визуализацией при эхокардиографии через 1 год после пневмонии COVID-19 в сравнении с результатами обследования через 3 мес отмечается ухудшение параметров диастолической функции ЛЖ. Показатель LV GLS находился в пределах «серой зоны» и значимо не изменился. Отмечено улучшение показателей сосудистой жесткости, связанное с улучшением деформации сегментов базального уровня ЛЖ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Mottram P.M., Haluska B.A., Leano R., Carlier S., Case C., Marwick T.H. Relation of arterial stiffness to diastolic dysfunction in hypertensive heart disease. *Heart*. 2005;91(12):1551–1556. DOI: 10.1136/hrt.2004.046805.
- Çiftel M., Ateş N., Yılmaz O. Investigation of endothelial dysfunction and arterial stiffness in multisystem inflammatory syndrome in children. *Eur. J. Pediatr*. 2022;181(1):91–97. DOI: 10.1007/s00431-021-04136-6.
- Kim H.L., Seo J.B., Chung W.Y., Kim S.H., Kim M.A., Zo J.H. Independent association between brachial-ankle pulse wave velocity and global longitudinal strain of left ventricle. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2015;31(8):1563–1570. DOI: 10.1007/s10554-015-0744-5.
- Hwang J.W., Kang S.J., Lim H.S., Choi B.J., Choi S.Y., Hwang G.S. et al. Impact of arterial stiffness on regional myocardial function assessed by speckle tracking echocardiography in patients with hypertension. *J. Cardiovasc Ultrasound*. 2012;20(2):90–96. DOI: 10.4250/jcu.2012.20.2.90.
- Zota I.M., Stătescu C., Sascău R.A., Roca M., Anghel L., Maștaleru A. et al. Acute and Long-Term Consequences of COVID-19 on Arterial Stiffness-A Narrative Review. *Life (Basel)*. 2022;12(6):781. DOI: 10.3390/life12060781.
- Ayres J.S. A metabolic handbook for the COVID-19 pandemic. *Nat. Metab*. 2020;2(7):572–585. DOI: 10.1038/s42255-020-0237-2.
- Richardson S., Hirsch J.S., Narasimhan M., Crawford J.M., McGinn T., Davidson K.W. et al. Presenting characteristics, comorbidities, and outcomes among 5700 patients hospitalized with COVID-19 in the New York City Area. *JAMA*. 2020;323(20):2052–2059. DOI: 10.1001/jama.2020.6775.
- Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., Mulrow C., Gøtzsche P.C., Ioannidis J.P.A. et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Healthcare Interventions: Explanation and Elaboration. *BMJ*. 2009;339:b2700. DOI: 10.1136/bmj.b2700.
- Ikonomidis I., Katsanos S., Triantafyllidi H., Parissis J., Tzortzis S., Pavlidis G. et al. Pulse wave velocity to global longitudinal strain ratio in hypertension. *Eur. J. Clin. Invest*. 2019;49(2):e13049. DOI: 10.1111/eci.13049.
- Alcidi G.M., Esposito R., Evola V., Santoro C., Lembo M., Sorrentino R., Lo Iudice F. et al. Normal reference values of multilayer longitudinal strain according to age decades in a healthy population: A single-centre experience. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2018;19(12):1390–1396. DOI: 10.1093/ehjci/jex306.
- Lang R.M., Badano L.P., 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. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2015;28(1):1–39.e14. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
- Широков Н.Е., Ярославская Е.И., Криночкин Д.В., Мусихина Н.А., Петелина Т.И., Осокина Н.А. Связь вариантов скрытой контрактильной дисфункции левого желудочка и признаков иммунного воспаления у пациентов, перенесших COVID-19-пневмонию. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023;22(3):3434.
- Ikonomidis I., Lambadiari V., Mitrakou A., Kountouri A., Katogiannis K., Thymis J. et al. Myocardial work and vascular dysfunction are partially improved at 12 months after COVID-19 infection. *Eur. J. Heart Fail*. 2022;24(4):727–729. DOI: 10.1002/ejhf.2451.

Вклад авторов

Ярославская Е.И. – разработка концепции и дизайна, обоснование рукописи, проверка критически важного интеллектуального содержания. Широков Н.Е., Криночкин Д.В., Осокина Н.А. – анализ и интерпретация данных ЭхоКГ. Мигачева А.В. – анализ и интерпретация показателей сосудистой жесткости. Коровина И.О. – анализ и интерпретация данных обследования пульмонолога,

компьютерной томографии легких. Сапожникова А.Д. – статистический анализ данных. Петелина Т.И. – окончательное утверждение рукописи для публикации.

Информация об авторах

Ярославская Елена Ильинична – д-р мед. наук, зав. лабораторией инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский НИМЦ, г. Тюмень, yarovskaya@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-1436-8853>

Широков Никита Евгеньевич – канд. мед. наук, науч. сотрудник, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский НИМЦ, г. Тюмень, shirokovne@infarkta.net, <http://orcid.org/0000-0002-4325-2633>

Криночкин Дмитрий Владиславович – канд. мед. наук, ст. науч. сотрудник, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский НИМЦ, г. Тюмень, krin@infarkta.net, <http://orcid.org/0000-0003-4993-056X>

Мигачева Анастасия Викторовна – лаборант-исследователь, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский НИМЦ, г. Тюмень, MigachevaAV@infarkta.net, <http://orcid.org/0000-0002-0793-2703>

Коровина Ирина Олеговна – врач-пульмонолог, Областная клиническая больница № 1, г. Тюмень, <http://orcid.org/0000-0002-8146-459X>

Осокина Надежда Александровна – мл. науч. сотрудник, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский НИМЦ, г. Тюмень, osokina569@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-3928-8238>

Сапожникова Анастасия Дмитриевна – лаборант-исследователь, лаборатория инструментальной диагностики научного отдела инструментальных методов исследования, Тюменский кардиологический научный центр, Томский НИМЦ, г. Тюмень, osokina569@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-0961-2348>

Петелина Татьяна Ивановна – заместитель директора по научной работе Тюменского кардиологического научного центра, Томский НИМЦ, г. Тюмень, Petelina@infarkta.net, <http://orcid.org/0000-0001-6251-4179>.

(✉) **Ярославская Елена Ильинична**, yarovskaya@gmail.com

Поступила в редакцию 29.03.2023;
одобрена после рецензирования 28.09.2023;
принята к публикации 16.11.2023