

УДК 616.12-008.1-072.7; 616.9
DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-2-4-10

В. С. НИКИФОРОВ, В. В. СКЛЯРОВА

Возможности эхокардиографического исследования при острой форме новой коронавирусной инфекции COVID-19 и при постковидном синдроме

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия
191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41
E-mail: viktor.nikiforov@szgmu.ru

Статья поступила в редакцию 10.03.25 г.; принята к печати 29.04.25 г.

Резюме

Статья посвящена анализу литературы о возможностях эхокардиографического исследования сердца в острый период COVID-19 и после перенесенной новой коронавирусной инфекции (НКВИ). Рассматриваются вопросы применения эхокардиографии в оценке дисфункции правого желудочка и легочной гипертензии, дисфункции левого желудочка, при острых коронарных синдромах, в диагностике выпота в полости перикарда, диагностике инфекционного эндокардита, а также при постковидном синдроме. Рассмотрены распространенность эхокардиографических признаков поражения сердца и возможные механизмы кардиальной патологии. Показано, что эхокардиографический анализ у пациентов с COVID-19 дает важную информацию о систолической и диастолической функции левого и правого желудочков, ремоделировании миокарда, региональной кинетике стенок, наличии выпота в полости перикарда, а также клапанной патологии в контексте возможного инфекционного эндокардита. Анализ литературных источников свидетельствует о прогностической ценности деформации миокарда правого и левого желудочков, оцененной с помощью эхокардиографической методики спекл-трекинг, особенно у лиц с тяжелым течением COVID-19. Данные эхокардиографии могут быть полезны в диагностике таких сердечно-сосудистых осложнений новой коронавирусной инфекции, как острые коронарные синдромы, сердечная недостаточность, перикардит, инфекционный эндокардит. Результаты эхокардиографии имеют диагностическую ценность, как в острый период, так и у лиц, перенесших COVID-19, особенно при развитии постковидного синдрома. Авторами сделан вывод о важности динамического наблюдения с использованием эхокардиографии за лицами, перенесшими новую коронавирусную инфекцию, с обязательным включением в протокол исследования параметров систолической деформации миокарда левого и правого желудочков.

Ключевые слова: COVID-19, постковидный синдром, эхокардиография, глобальная продольная деформация миокарда, тканевая доплерография, дисфункция миокарда, ремоделирование миокарда, повреждение миокарда, инфекционный эндокардит, перикардит

Для цитирования: Никифоров В. С., Склярова В. В. Возможности эхокардиографического исследования при острой форме новой коронавирусной инфекции COVID-19 и при постковидном синдроме. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2025;24(2):4–10. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-2-4-10>.

UDC 616.12-008.1-072.7; 616.9
DOI: 10.24884/1682-6655-2025-24-2-4-10

V. S. NIKIFOROV, V. V. SKLYAROVA

Possibilities of Echocardiography in Acute Form of New Coronavirus Infection COVID-19 and in Post-COVID Syndrome

North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia
41, Kirochnaya str., Saint Petersburg, Russia, 191015
E-mail: viktor.nikiforov@szgmu.ru

Received 10.03.25; accepted 29.04.25

Summary

The article analyzes scientific publications on the possibilities of echocardiographic examination in the acute period of COVID-19 and after the recovery of the new coronavirus infection. The use of echocardiography in the assessment of right ventricular dysfunction and pulmonary hypertension, left ventricular dysfunction, in acute coronary syndromes, in the diagnosis of effusion in the pericardial cavity, in the diagnosis of infectious endocarditis, as well as in post-COVID syndrome is reviewed. The prevalence of echocardiographic signs of heart damage and possible mechanisms of cardiac pathology are considered. It has been shown that echocardiographic analysis in patients with COVID-19 provides important information about the systolic and diastolic function of the left and right ventricles, myocardial remodeling, regional wall kinetics, the presence of effusion in the pericardial cavity, as well as valvular pathology in the context of possible infectious

endocarditis. An analysis of the literature sources indicates the prognostic value of the myocardial strain of the right and left ventricles, assessed using the speckle tracking echocardiographic technique, especially in people with severe COVID-19. Echocardiography data can be useful in the diagnosis of such cardiovascular complications of the new coronavirus infection as acute coronary syndromes, heart failure, pericarditis, and infectious endocarditis. Echocardiography results are of diagnostic value both in the acute period and in people who have suffered from COVID-19, especially with the development of post-COVID syndrome. The authors concluded that long-term follow-up with echocardiographic monitoring of people who have suffered a new coronavirus infection is important, with the mandatory inclusion of systolic myocardial strain analysis of the left and right ventricles in the echocardiography protocol.

Keywords: COVID-19, post-COVID syndrome, echocardiography, global longitudinal myocardial strain, tissue doppler, myocardial dysfunction, myocardial remodeling, myocardial damage, infectious endocarditis, pericarditis

For citation: Nikiforov V. S., Sklyarova V. V. Possibilities of Echocardiography in Acute Form of New Coronavirus Infection COVID-19 and in Post-COVID Syndrome. *Regional hemodynamics and microcirculation*. 2025;24(2):4–10. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-2-4-10>.

Введение

Острая респираторная инфекция, вызванная новым коронавирусом 2-го типа (SARS-CoV-2), получила характер пандемии и по состоянию на март 2024 года составила более чем 775 миллионов случаев заболевания COVID-19 во всем мире [1].

Клинические проявления COVID-19 весьма разнообразны и варьируются от бессимптомной инфекции до полиорганной недостаточности и смерти. Наряду с поражением респираторного тракта и легких, которое является наиболее распространенным, у 20–30 % госпитализированных пациентов с COVID-19 встречаются сердечно-сосудистые проявления, сопровождающиеся ухудшением состояния [2]. Причем, среди лиц с сопутствующей сердечно-сосудистой патологией летальность достигает 10,5 %, что свидетельствует о наличии у них повышенного риска тяжелого заболевания и смерти [3]. Кроме того, в результате воздействия вируса на организм могут развиваться такие осложнения, как острые коронарные синдромы, сердечная недостаточность, миокардит, перикардит, системные и легочные эмболии [4].

Несмотря на то, что пандемия НКВИ закончилась, продолжают отдельные вспышки заболевания. Кроме того, отмечено сохранение и/или появление астении и ряда клинических симптомов, включая кардиологические, спустя недели и месяцы после острой фазы коронавирусной инфекции, что получило в научной литературе термин «длительный COVID» (long COVID) или «постковидный синдром» [1, 5].

В качестве обязательного исследования сердечно-сосудистой системы, способствующего диагностике таких осложнений НКВИ, как острые коронарные синдромы и нарушения ритма сердца, используется электрокардиография, при этом рутинное выполнение ЭхоКГ в условиях пандемии не рекомендуется [6]. Подчеркивается целесообразность использования ЭхоКГ при конкретных показаниях [7], к которым следует отнести подозрение на нарушение гемодинамики и острую кардиальную патологию.

В то же время в проспективном многоцентровом исследовании, в которое были включены 1216 пациентов с COVID-19 из 69 стран, нарушения со стороны сердца наблюдались более чем у половины (55 %) обследуемых, которым проводилась ЭхоКГ, причем у трети пациентов результаты ЭхоКГ влияли на тактику лечения [7]. В этой связи вопросы эхокардиографической диагностики у лиц с НКВИ и постковидным синдромом продолжают оставаться в поле

зрения научных исследований. В данной статье будут обсуждены основные направления использования ЭхоКГ при НКВИ.

Эхокардиография в оценке дисфункции правого желудочка и легочной гипертензии у больных НКВИ

Наиболее частыми эхокардиографическими изменениями у лиц с COVID-19, по данным исследования, включавшего одну тысячу пациентов [8], были дилатация и дисфункция правого желудочка (ПЖ), что составило 39 %. При этом у лиц с повышенным уровнем тропонина (20 %) или худшим клиническим состоянием снижение функции ПЖ было более выраженным. Эхокардиографические признаки легочной гипертензии, встречающиеся у 29,7 % больных НКВИ, могут неблагоприятно влиять на прогноз у таких пациентов [9].

К механизмам поражения ПЖ следует отнести: системное воспаление, перегрузку объемом, повышенный симпатический тонус, прямое поражение сердца коронавирусом 2-го типа и тромботические осложнения [10]. У лиц с НКВИ, несмотря на проведение тромбопрофилактики, повышен риск венозных тромбозов и эмболий легких [10, 11], способствующих повышению давления в легочной артерии [12]. Хотя в некоторых случаях у пациентов с подтвержденной тромбозом легочной артерии функция правого желудочка по данным ЭхоКГ может быть существенно не нарушенной [13]. Увеличению постнагрузки ПЖ способствуют: гипоксическая легочная вазоконстрикция, нарушение соотношения вентиляции и перфузии [14], острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) [15, 16], а также вентиляция легких в режиме положительного давления в конце выдоха [17, 18].

Смертность у пациентов с COVID-19 с дисфункцией ПЖ выше [18], что делает важной для клинической практики задачу своевременной эхокардиографической диагностики нарушений ПЖ. В исследовании PROVAR-COVID с использованием портативной аппаратуры для ЭхоКГ у постели больного было продемонстрировано, что признаки дисфункции ПЖ являются независимыми предикторами смертности у госпитализированных пациентов с COVID-19 [19].

Увеличение размеров ПЖ при ЭхоКГ является важным маркером его перегрузки и дисфункции [20]. При этом применение анализа систолической деформации (strain) миокарда ПЖ с помощью технологии

спекл-трекинг является более точным предиктором смертности пациентов с НКВИ по сравнению с такими традиционными эхокардиографическими показателями функции ПЖ, как систолическое смещение фиброзного кольца трикуспидального клапана (TAPSE), фракция изменения площади ПЖ и тканевая систолическая скорость движения стенки ПЖ [21]. Кроме того, оценка систолической деформации миокарда ПЖ дает возможность выявить как ранние проявления дисфункции ПЖ [17, 18], так и изменения субклинической дисфункции ПЖ в постковидном периоде [22].

Эхокардиография в оценке дисфункции левого желудочка у больных НКВИ

Очевидно, что на фоне течения НКВИ у лиц с исходной патологией сердечно-сосудистой системы (ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, сердечная недостаточность и др.) возможно ее ухудшение [6]. При этом поражение левого желудочка (ЛЖ) при НКВИ может быть вызвано как рядом клинических осложнений (острые коронарные синдромы, миокардит, нарушения ритма сердца, кардиомиопатия Такотсубо), так и прямым повреждением миокарда [23]. Среди возможных механизмов рассматриваются следующие: прямое повреждение, опосредованное ангиотензинпревращающим ферментом 2 (АПФ-2) вируса SARS-CoV-2 и нарушение регуляции ренин-ангиотензин-альдостероновой системы; повреждение миокарда, вызванное гипоксией; повреждение микрососудов сердца вследствие дефектов перфузии, повышенной проницаемости сосудов или ангиоспазма; синдром системной воспалительной реакции, включая цитокиновый шторм, нарушение регуляции работы иммунцитов и неконтролируемое воспаление [23, 24].

Ключевой в диагностике повреждения миокарда является оценка кардиоспецифичного фермента (высокочувствительный тропонин I) [6]. Методы визуализации, в частности ЭхоКГ, позволяют выявить дисфункцию миокарда [23]. Показатели ремоделирования ЛЖ и его систолическая функция ассоциированы с уровнями тропонина и натрийуретического пептида [25]. В уже упоминавшемся исследовании PROVAR-COVID установлено, что эхокардиографические признаки дисфункции ЛЖ, наряду с признаками дисфункции ПЖ, являются независимыми предикторами смертности у госпитализированных пациентов с COVID-19 [19].

Среди выявляемых эхокардиографических изменений у больных НКВИ на втором месте по частоте после поражения ПЖ стоит диастолическая дисфункция ЛЖ (16%), систолическая дисфункция ЛЖ встречается реже – в 10% случаев [8]. Важным является то, что снижение функции миокарда может привести к повышению давления диастолического наполнения левого желудочка и в сочетании с системной вазодилатацией может вызвать снижение диастолического артериального давления, тем самым снижая эффективное коронарное давление [26].

Доступным и воспроизводимым методом оценки и прогнозирования субклинической дисфункции

миокарда является анализ глобальной продольной систолической деформации (GLS) миокарда ЛЖ при различной кардиоваскулярной патологии, в том числе у пациентов с сохраненной фракцией выброса левого желудочка. [27]. В ряде исследований изучалась распространенность дисфункции ЛЖ у больных НКВИ по данным оценки GLS ЛЖ [28, 29] и была продемонстрирована возможность использования этого показателя в качестве независимого предиктора смертности у госпитализированных пациентов с COVID-19 [29, 30, 31].

Эхокардиография при острых коронарных синдромах у больных НКВИ

Пациенты с хронической ишемической болезнью сердца или факторами риска развития атеросклеротических заболеваний при инфицировании SARS-CoV-2 подвергаются повышенному риску развития острого коронарного синдрома (ОКС) [32]. К механизмам воздействия вируса на коронарные сосуды относят тромбоз/разрыв ранее существовавшей атеросклеротической бляшки, новый коронарный тромбоз, васкулит, микрососудистую дисфункцию на фоне активации иммунной системы, опосредованной провоспалительными цитокинами [33].

Диагностические трудности острых коронарных синдромов у лиц с НКВИ могут быть связаны с атипичной клинической картиной (безболевая форма), а также наличием повреждения миокарда некоронарного генеза [32]. Так, в исследовании G. G. Stefanini et al. у 21,4% пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST на фоне COVID-19 отсутствовала боль в груди, в то время как у 82,1% регистрировались регионарные нарушения кинетики миокарда при ЭхоКГ [34]. В этой связи ЭхоКГ, наряду с оценкой глобальной систолической функции, дает возможность получить ценную информацию о локальных нарушениях сократимости ЛЖ [33].

Эхокардиография при синдроме Такотсубо у больных НКВИ

Синдром Такотсубо – обратимая кардиомиопатия, связанная с воздействием эмоциональных или физических стрессовых факторов, протекающая при отсутствии окклюзирующего поражения коронарных артерий аналогично острому инфаркту миокарда с характерной эхокардиографической симптоматикой – снижением сократимости верхушечных сегментов миокарда и ампулообразной формой ЛЖ в области верхушки, напоминающей перевернутую ловушку для осьминогов – Такотсубо [35]. Именно поэтому ЭхоКГ является важным методом диагностики данной патологии.

В отдельных работах показана более высокая заболеваемость синдромом Такотсубо во время пандемии COVID-19 [36]. Предполагается, что SARS-CoV-2 может вызывать различные виды стресса, включая психологический и физиологический, с цитокиновым штормом, усилением симпатической реакции и микрососудистой дисфункцией, которые могут предрасполагать к развитию синдрома Такотсубо [37]. Несмотря на то, что информация о рас-

пространенности данной кардиомиопатии на фоне НКВИ носит противоречивый характер [35], имеются данные о более высоких показателях госпитальной смертности, кардиогенного шока и острого повреждения почек у лиц с синдромом Такотсубо на фоне COVID-19 [36], что требует своевременной эхокардиографической верификации данной патологии.

Эхокардиография при миокардите у больных НКВИ

Миокардит выявляется примерно у 20 % пациентов с НКВИ и может быть вызван как прямым воздействием вируса на миокард, так и с цитокиновой активацией [38]. Несмотря на то, что основными методами диагностики миокардита являются эндокардиальная биопсия миокарда и контрастная магнитно-резонансная томография, в условиях пандемии применение ЭхоКГ в диагностике миокардита было оправданным. Более чем у половины лиц с миокардитом на фоне COVID-19 отмечается снижение фракции выброса ЛЖ [2, 38]. У таких пациентов ЭхоКГ позволяет исключить другие причины сердечной недостаточности, перикардиальный выпот и внутрисердечные тромбы, а также оценить динамику сократимости миокарда [2].

Эхокардиография в диагностике выпота в полости перикарда у больных НКВИ

Одним из осложнений НКВИ является перикардиальный выпот (ПВ), который может быть выявлен с помощью ЭхоКГ [39, 40]. Показано, что ПВ, возникающий в острый период COVID-19, тесно связан с сопутствующими заболеваниями пациента, тяжестью поражения легких и сердечно-сосудистыми заболеваниями в анамнезе, при этом, по мере увеличения размеров ПВ сердечные и некардиальные осложнения и смертность были значительно выше [39].

Выявление ПВ возможно также у лиц, перенесших COVID-19 [40]. Сообщается о перикардите, который развился в среднем через 20 дней после клинического и вирусологического выздоровления от инфекции SARS-CoV-2 [41].

Эхокардиография в диагностике инфекционного эндокардита у больных НКВИ

Распространенность инфекционного эндокардита (ИЭ) на фоне НКВИ составляет по разным данным от 0,1 % до 5,5 % [42]. И хотя большинство авторов не относят ИЭ к частым осложнениям SARS-CoV-2, тем не менее, имеются данные о более высокой частоте внутрибольничного ИЭ, по сравнению с допандемическим периодом [42, 43]. Кроме того, ИЭ у больных НКВИ характеризуется летальностью в стационаре до 50 % [43], что может быть связано как с изменением иммунного фона, так и высоким эмболическим риском. Половина зарегистрированных вегетаций у лиц, перенесших НКВИ, имела размер более 10 мм [44]. Интервал времени между постановкой диагнозов COVID-19 и ИЭ по данным разных исследований в среднем составляет $16,7 \pm 15$ дней [44].

Известно, что ЭхоКГ является наиболее полезным методом визуализации поражения клапанов при ИЭ

благодаря своей доступности, точности и безопасности. В то же время предполагается, что в условиях пандемии могла иметь место гиподиагностика ИЭ вследствие многообразной клинической симптоматики с преобладанием дыхательных расстройств, а также из-за ограничения использования чреспищеводной ЭхоКГ с целью снижения риска распространения COVID-19 при оказании медицинской помощи [42, 44]. По данным систематического обзора, включившего анализ 323 научных работ и 20 публикаций, признаки ИЭ определялись с помощью трансторакальной и чреспищеводной ЭхоКГ с разной частотой, соответственно: аортальный клапан – 23,5 % и 41,7 %, митральный клапан – в 23,5 % и 33,3 %, трикуспидальный клапан – в 17,6 % и 16,7 %, электрода имплантированного электрокардиостимулятора – в 5,9 % и 8,3 % [44]. Указанные данные свидетельствуют о важности чреспищеводного эхокардиографического исследования, как более точного при подозрении на ИЭ.

Эхокардиография при постковидном синдроме

Длительный COVID рассматривается как продолжающиеся, рецидивирующие или новые симптомы, или другие последствия для здоровья, возникающие после острой фазы инфекции SARS-CoV-2, то есть через четыре или более недель после острой инфекции [1]. По оценкам ВОЗ, частота стойких симптомов у лиц, инфицированных COVID-19, составляет от 10 % до 20 % [45]. Данные опросов свидетельствуют о том, что у 20 % людей с COVID-19 симптомы продолжают более пяти недель, а у 10 % – более 12 недель [5]. Механизмы, лежащие в основе этого синдрома, неизвестны, при этом предполагается влияние патологической аутоиммунной и воспалительной реакции [1].

Постковидный синдром характеризуется довольно разнообразными симптомами, и у таких пациентов могут присутствовать жалобы на боль в груди, одышку, учащенное сердцебиение, повышенную утомляемость и депрессию [1]. Среди клинических проявлений длительного COVID указывают сердечную недостаточность, нарушения ритма, миокардит, перикардит [41, 45]. Имеются указания на более высокий риск возникновения после перенесенной НКВИ инфекционного эндокардита [44, 46].

Наиболее частыми изменениями по данным ЭхоКГ у лиц, перенесших НКВИ с постковидным синдромом являются увеличение и дисфункция ПЖ, нарушение глобальной продольной деформации ПЖ и ЛЖ [22, 47], а также диастолические нарушения ЛЖ [48]. Выраженность указанных изменений связана с тяжестью перенесенного COVID-19 [47]. Показано, что дисфункция ПЖ и ЛЖ в сроки 3 мес. после НКВИ чаще наблюдаются у пациентов с заболеванием средней и тяжелой степени тяжести [49].

Снижение продольной деформации базальных сегментов ЛЖ, свидетельствующее о сохранении поражения сердца после клинического выздоровления от НКВИ, выявляется в средние сроки $130,35 \pm 76,06$ дней после COVID-19 [50].

У 57,1 % лиц с признаками дисфункции миокарда имеют место повышенные уровни высокочувствительного тропонина, при этом показатели глобальной продольной систолической деформации левого желудочка (GLS) нарушены у каждого третьего пациента, в течение 1 месяца после НКВИ [51].

Следует отметить, что исследования по анализу эхокардиографических данных у лиц после НКВИ продолжаются.

Заключение

Таким образом, эхокардиографический анализ у пациентов с COVID-19 дает важную информацию о систолической и диастолической функции левого и правого желудочков, ремоделировании миокарда, региональной кинетике стенок, наличии выпота в полости перикарда, а также клапанной патологии в контексте возможного инфекционного эндокардита. Анализ литературных источников свидетельствует о прогностической ценности деформации миокарда правого и левого желудочков, оцененной с помощью эхокардиографической методики спекл-трекинг, особенно у лиц с тяжелым течением COVID-19. Данные ЭхоКГ могут быть полезны в диагностике таких сердечно-сосудистых осложнений НКВИ, как острые коронарные синдромы, сердечная недостаточность, перикардит, инфекционный эндокардит.

Результаты ЭхоКГ имеют диагностическую ценность как в острый период, так и у лиц, перенесших COVID-19, особенно при развитии постковидного синдрома. В последнем случае важно своевременное выявление субклинической дисфункции миокарда. В этой связи представляется актуальным динамическое наблюдение с использованием ЭхоКГ за лицами, перенесшими НКВИ, с обязательным включением в протокол исследования параметров систолической деформации миокарда левого и правого желудочков.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare that they have no conflict of interest.

Литература/References

1. Dietz TK, Brondstater KN. Long COVID management: a mini review of current recommendations and underutilized modalities. *Front Med (Lausanne)*. 2024; 11:1430444. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1430444>.
2. Sawalha K, Abozenah M, Kadado AJ, et al. Systematic Review of COVID-19 Related Myocarditis: Insights on Management and Outcome. *Cardiovasc Revasc Med*. 2021;23:107-113. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2020.08.028>.
3. The Novel Coronavirus Pneumonia Emergency Response Epidemiology Team. The Epidemiological Characteristics of an Outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19) - China, 2020. *China CDC Wkly*. 2020;2(8):113-122.
4. Cenko E, Badimon L, Bugiardini R, et al. Cardiovascular disease and COVID-19: a consensus paper from the ESC Working Group on Coronary Pathophysiology & Microcirculation, ESC Working Group on Thrombosis and the Association for Acute Cardiovascular Care (ACVC), in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Cardiovasc*

Res. 2021; 117(14):2705-2729. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvab298>.

5. Carod-Artal FJ. Post-COVID-19 syndrome: epidemiology, diagnostic criteria and pathogenic mechanisms involved. *Rev Neurol*. 2021;72(11):384-396.
6. Шляхто Е. В., Конради А. О., Виллевальде С. В., и др. Руководство по диагностике и лечению болезней системы кровообращения в контексте пандемии COVID-19 // *Российский кардиологический журнал*. 2020. Т. 25, №3. С. 129–148. [Shlyakho EV, Konradi AO, Villevalde SV, et al. Guidelines for the diagnosis and treatment of circulatory diseases in the context of the COVID-19 pandemic. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(3):129-148. (In Russ.)]. <https://doi.org/1560-4071-2020-3-3801>.
7. Dweck MR, Bularga A, Hahn RT, et al. Global evaluation of echocardiography in patients with COVID-19. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2020;21(9):949-958. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa178>.
8. Szekely Y, Lichter Y, Taieb P, et al. Spectrum of Cardiac Manifestations in COVID-19: A Systematic Echocardiographic Study. *Circulation*. 2020;142(4):342-353. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047971>.
9. Wolters AEP, Wolters AJP, van Kraaij TDA, Kietse-laer BLJH. Echocardiographic estimation of pulmonary hypertension in COVID-19 patients. *Neth Heart J*. 2022;30(11):510-518. <https://doi.org/10.1007/s12471-022-01702-x>.
10. Wichmann D, Sperhake JP, Lütgehetmann M, et al. Autopsy findings and venous thromboembolism in patients with COVID-19: a prospective cohort study. *Ann Intern Med*. 2020;173:268-277. <https://doi.org/10.7326/M20-2003>.
11. Middeldorp S, Coppens M, van Haaps TF, et al. Incidence of venous thromboembolism in hospitalized patients with COVID-19. *J Thromb Haemost*. 2020;18(8):1995-2002. <https://doi.org/10.1111/jth.14888>.
12. Garcia-Cruz E, Manzur-Sandoval D, Rascón-Sabido R, et al. Critical care ultrasonography during COVID-19 pandemic: the ORACLE protocol. *Echocardiography*. 2020;37:1353-1361. <https://doi.org/10.1111/echo.14837>.
13. Van den Heuvel FMA, Vos JL, Koop Y, et al. Cardiac function in relation to myocardial injury in hospitalised patients with COVID-19. *Neth Heart J*. 2020;28(7-8):410-417. <https://doi.org/10.1007/s12471-020-01458-2>.
14. Paternoster G, Bertini P, Innelli P, et al. Right ventricular dysfunction in patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021;35:3319-3324.
15. Wu C, Chen X, Cai Y, et al. Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with coronavirus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Intern Med*. 2020;180:934-943. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.0994>.
16. Pagnesi M, Baldetti L, Beneduce A, et al. Pulmonary hypertension and right ventricular involvement in hospitalised patients with COVID-19. *Heart*. 2020;106:1324-1331. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2020-317355>.
17. Van Blydenstein SA, Omar S, Jacobson B, et al. Right heart echocardiography findings in hypoxic pneumonia patients during the COVID-19 pandemic in a South African population. *Eur Heart J Imaging Methods Pract*. 2023;1(2):qyad030. <https://doi.org/10.1093/ehjimp/qyad030>.
18. Corica B, Marra AM, Basili S, et al. Prevalence of right ventricular dysfunction and impact on all-cause death in hospitalized patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2021;11:17774. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96955-8>.
19. Pimentel SLG, Nascimento BR, Franco J, et al. Bedside echocardiography to predict mortality of COVID-19 patients

- beyond clinical data: Data from the PROVAR-COVID study. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2021;54:e03822021. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0382-2021>.
20. Mahmoud-Elsayed HM, Moody WE, Bradlow WM, et al. Echocardiographic findings in patients with COVID-19 pneumonia. *Can J Cardiol.* 2020;36:1203-1207. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2020.05.030>.
21. Li Y, Li H, Zhu S, et al. Prognostic value of right ventricular longitudinal strain in patients with COVID-19. *JACC Cardiovasc Imaging* 2020;13:2287-2299. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.04.014>.
22. Kunal S, Gupta MD, Faizuddin M, et al. Serial evaluation of biventricular function in COVID-19 recovered patients using speckle tracking echocardiography. *Indian Heart J.* 2024;76(4): 297-302. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2024.08.002>.
23. Cosyns B, Lochy S, Luchian ML, et al. The role of cardiovascular imaging for myocardial injury in hospitalized COVID-19 patients. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2020;21(7):709-714. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa136>.
24. Zheng YY, Ma YT, Zhang JY, Xie X. COVID-19 and the cardiovascular system. *Nat Rev Cardiol.* 2020;17:259-260. <https://doi.org/10.1038/s41569-020-0360-5>.
25. Furmanek S, Salunkhe V, Pahwa S, et al. Association between echocardiographic features, troponin levels, and survival time in hospitalized COVID-19 patients with cardiovascular events. *J Anesth Transl Med.* 2024;3(2):36-44. <https://doi.org/10.1016/j.jatmed.2024.05.001>.
26. Cenko E, Badimon L, Bugiardini R, et al. Cardiovascular disease and COVID-19: a consensus paper from the ESC Working Group on Coronary Pathophysiology & Microcirculation, ESC Working Group on Thrombosis and the Association for Acute Cardiovascular Care (ACVC), in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Cardiovasc Res.* 2021;117(14):2705-2729. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvab298>.
27. Никифоров В. С., Никищенко Ю. В. Современные возможности speckle tracking эхокардиографии в клинической практике // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2017. Т. 13, №2. С. 248–55. [Nikiforov VS, Nikishchenkova IuV. Modern possibilities of speckle tracking echocardiography in clinical practice. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology.* 2017;13(2): 248-255. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2017-13-2-248-255>.
28. Bhatti H, Cordova Sanchez A, Dhungana R, et al. Left Ventricular Global Longitudinal Strain in Patients With COVID-19 Infection. *Cureus.* 2022;14(4):e23986. <https://doi.org/10.7759/cureus.23986>.
29. Hegde S, Shnoda M, Alkhadra Y, et al. Prevalence of abnormal left ventricular global longitudinal strain by speckle tracking echocardiography and its prognostic value in patients with COVID-19. *Open Heart.* 2024;11(1):e002397. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2023-002397>.
30. Janus SE, Hajjari J, Karnib M, et al. Prognostic Value of Left Ventricular Global Longitudinal Strain in COVID-19. *Am J Cardiol.* 2020;131:134-136. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2020.06.053>.
31. Wibowo A, Pranata R, Astuti A, et al. Left and right ventricular longitudinal strains are associated with poor outcome in COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *J Intensive Care.* 2021;9(1):9. <https://doi.org/10.1186/s40560-020-00519-3>. PMID: 33436101. PMCID: PMC7802997.
32. Del Prete A, Conway F, Della Rocca DG, et al. COVID-19, Acute Myocardial Injury, and Infarction. *Card Electrophysiol Clin.* 2022;14(1):29-39. <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2021.10.004>.
33. Triantafyllis AS, Sfiantou D, Karapedi E, et al. Coronary Implications of COVID-19. *Med Princ Pract.* 2025;34(1):1-12. <https://doi.org/10.1159/000541553>.
34. Stefanini GG, Montorfano M, Trabattoni D, et al. ST-Elevation Myocardial Infarction in Patients With COVID-19: Clinical and Angiographic Outcomes. *Circulation.* 2020;141(25):2113-2116. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047525>.
35. Pogran E, Zweiker D, Gargiulo L, et al. Takotsubo syndrome before and during the COVID-19 pandemic in Austria: a retrospective cohort study (TOSCA-19). *ESC Heart Fail.* 2023;10(6):3667-3676. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14536>. Epub 2023 Oct 6. PMID: 37803874. PMCID: PMC10682936.
36. Zuin M, Mugnai G, Anselmi M, et al. Takotsubo Syndrome during COVID-19 Pandemic in the Veneto Region, Italy. *Viruses.* 2022;14(9):1971. <https://doi.org/10.3390/v14091971>.
37. Titus A, Sattar Y, Patel N, et al. In-Hospital Outcomes of Takotsubo Cardiomyopathy During the COVID-19 Pandemic: Propensity Matched National Cohort. *Curr Probl Cardiol.* 2023; 48(5):101598. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2023.101598>.
38. Kamath S, Gomah MT, Stepman G, et al. COVID-19-Associated Acute Myocarditis: Risk Factors, Clinical Outcomes, and Implications for Early Detection and Management. *Cureus.* 2023;15(9):e44617. <https://doi.org/10.7759/cureus.44617>.
39. Saraç İ, Aydın SŞ, Özmen M, et al. Prevalence, Risk Factors, Prognosis, and Management of Pericardial Effusion in COVID-19. *J Cardiovasc Dev Dis.* 2023;10(9):368. <https://doi.org/10.3390/jcdd10090368>.
40. Nguyen NN, Dudouet P, Dhiver C, Gautret P. Pericarditis related to post-acute COVID infection: A case report and review of the literature. *Acta Microbiol Immunol Hung.* 2023;70(2):100-110. <https://doi.org/10.1556/030.2023.02055>.
41. Carubbi F, Alunno A, Leone S, et al. Pericarditis after SARS-CoV-2 Infection: Another Pebble in the Mosaic of Long COVID? *Viruses.* 2021;13(10):1997. <https://doi.org/10.3390/v13101997>.
42. Goncalves R, Meel R. An overview of infective endocarditis in the context of COVID-19 pneumonia. *Eur Heart J Imaging Methods Pract.* 2023;1(2):qyad024. <https://doi.org/10.1093/ehjimp/qyad024>.
43. Bajdechi M, Vlad ND, Dumitrascu M, et al. Bacterial endocarditis masked by COVID-19: A case report. *Exp Ther Med.* 2022;23(2):186. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.11109>.
44. Quintero-Martinez JA, Hindy JR, Mahmood M, et al. A clinical profile of infective endocarditis in patients with recent COVID-19: A systematic review. *Am J Med Sci.* 2022;364(1):16-22. <https://doi.org/10.1016/j.amjms.2022.02.005>.
45. Maria LFBS, Batista JET, Wachira VK, et al. Factors Associated with Post-COVID Cardiac Conditions and Potential Prognostic Factors: A Systematic Review. *Life (Basel).* 2025;15(3):388. <https://doi.org/10.3390/life15030388>.
46. Родина Е. В., Корженевская Н. И., Гавриленко Д. И., и др. Некоторые особенности инфекционного эндокардита в период пандемии COVID-19-инфекции // Клиническая инфектология и паразитология. 2023. Т. 12, №1. С. 33–41. [Rodzina A, Karzhaneuskaya N, Haurlyenka D, et al. Some features of infectious endocarditis during the pandemic COVID-19 infection. *Clinical infectology and parasitology.* 2023;12(1):33-41. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.34883/PI.2023.12.1.024>.
47. Tomar D, Kapoor A, Hashim Z, et al. Use of strain imaging to detect subtle myocardial involvement in post COVID-19 patients: An Indian perspective. *Indian Heart J.* 2024;76(5):309-314. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2024.09.003>.

48. Sharma D, Rohila A, Deora S, et al. Cardiac assessment of patients during post COVID-19 recovery phase: a prospective observational study. *Glob Cardiol Sci Pract.* 2022;2022(3): e202218. <https://doi.org/10.21542/gcsp.2022.18>. PMID: 36660166. PMCID: PMC9840129.

49. Chaturvedi H, Issac R, Sharma SK, Gupta R. Progressive left and right heart dysfunction in coronavirus disease-19: Prospective echocardiographic evaluation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2022;23(3):319-325. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeab268>.

50. Caiado LDC, Azevedo NC, Azevedo RRC, Caiado BR. Cardiac involvement in patients recovered from COVID-19 identified using left ventricular longitudinal strain. *J Echocardiogr.* 2022; 20(1):51-56. <https://doi.org/10.1007/s12574-021-00555-4>.

51. Özer S, Candan L, Özyıldız AG, Turan OE. Evaluation of left ventricular global functions with speckle tracking echocardiography in patients recovered from COVID-19. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2021;37(7):2227-2233. <https://doi.org/10.1007/s10554-021-02211-5>.

Информация об авторах

Никифоров Виктор Сергеевич – д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры функциональной диагностики, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: viktor.nikiforov@szgmu.ru, ORCID: 0000-0001-7862-0937.

СклярOVA Виктория Владимировна – аспирант кафедры функциональной диагностики, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: vika.sklyarova.91@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-7759-6768.

Authors information

Nikiforov Viktor S. – MD, Professor, Department of Functional Diagnostics, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia, e-mail: viktor.nikiforov@szgmu.ru, ORCID: 0000-0001-7862-0937.

Sklyarova Viktoriya V. – Postgraduate Student, Department of Functional Diagnostics, North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia, e-mail: vika.sklyarova.91@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-7759-6768.