

DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf108904>

Научная статья



# Показатели эхокардиографии у пациентов с тяжелым течением COVID-19 на госпитальном этапе в динамике

И.В. Ковтюх<sup>1</sup>, Г.Е. Гендлин<sup>2</sup>, И.Г. Никитин<sup>2</sup>, С.Н. Дворникова<sup>1</sup>, Ю.А. Шихова<sup>1</sup><sup>1</sup> Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского, Москва, Российская Федерация;<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Тяжелое течение новой коронавирусной инфекции может быть ассоциировано с поражением сердечно-сосудистой системы, что определяет необходимость поиска доступных методов обследования кардиального статуса для определения тактики ведения и ближайшего прогноза у пациентов с COVID-19.

**Цель исследования** — изучить динамику изменений показателей эхокардиографии у пациентов с тяжелым течением инфекционного процесса за время нахождения в стационаре.

**Материалы и методы.** В исследование были включены 40 пациентов, находившихся на стационарном лечении по поводу COVID-19. Всем пациентам дважды проводилось эхокардиографическое исследование: при поступлении в стационар и в динамике — при ухудшении состояния по основному заболеванию. Ультразвуковая картина сердца сопоставлена с тяжестью поражения паренхимы по данным компьютерной томографии (КТ), степенью дыхательной недостаточности по насыщению крови кислородом методом пульсоксиметрии. Проведен анализ сопутствующих нозологий, а также результатов аутопсии.

**Результаты.** При исследовании в динамике в группе умерших пациентов отмечалось статистически значимое снижение фракции выброса левого желудочка (ФВЛЖ) с 47,0 (40,0–56,0) до 43,5% (37,0–49,0;  $p=0,002$ ), чего не наблюдалось у выписанных. Сравнительный анализ данного показателя в группе выписанных и умерших пациентов при 2-м исследовании выявил значимо более низкие показатели ФВЛЖ у больных с неблагоприятным госпитальным прогнозом: 51,0 (44,0–55,0) и 43,5% (37,0–49,0) соответственно ( $p=0,049$ ). Также отмечен статистически значимо более высокий уровень систолического давления в легочной артерии в группе умерших пациентов при 1-м исследовании — 54,0 (50,0–59,0) и 60,0 (55,5–70,0) мм рт. ст. соответственно ( $p=0,02$ ) с увеличением различий при исследовании в динамике: 65,0 (60,0–70,0) и 50,0 (46,0–57,0) мм рт. ст. соответственно ( $p<0,0001$ ). Из показателей, отражающих состояние правого желудочка, прослеживается тенденция к увеличению конечно-систолического размера правого желудочка при 2-м исследовании в группе умерших пациентов ( $p=0,062$ ) и более выраженная дилатация по данному показателю в группе с неблагоприятным прогнозом в сравнении с выжившими при повторной диагностике ( $p=0,071$ ).

**Заключение.** Основными эхокардиографическими предикторами госпитальной смертности у пациентов с COVID-19 являются динамическое снижение исходно низкой ФВЛЖ и прогрессирование степени легочной гипертензии. Увеличение объема поражения легочной паренхимы при КТ определяет неблагоприятный госпитальный прогноз.

**Ключевые слова:** COVID-19; эхокардиография; фракция выброса левого желудочка; легочная гипертензия; госпитальный прогноз

## Как цитировать:

Ковтюх И.В., Гендлин Г.Е., Никитин И.Г., Дворникова С.Н., Шихова Ю.А. Показатели эхокардиографии у пациентов с тяжелым течением COVID-19 на госпитальном этапе в динамике // Российский медицинский журнал. 2022. Т. 28, № 1. С. 47–55. DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf108904>

Рукопись получена: 15.01.2022

Рукопись одобрена: 29.02.2022

Опубликована: 15.03.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf108904>  
Science Article

# Dynamics of echocardiographic parameters in patients with severe COVID-19 during hospitalization

Irina V. Kovtyukh<sup>1</sup>, Gennady E. Gendlin<sup>2</sup>, Igor G. Nikitin<sup>2</sup>, Svetlana N. Dvornikova<sup>1</sup>, Yuliya A. Shikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The severe course of a new coronavirus infection may be associated with cardiovascular damage. Thus, there is a need to search for available methods of cardiac status examination to determine management tactics and immediate prognosis in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19).

**AIM:** This study aimed to assess the dynamics of echocardiographic parameters in patients with severe infection during hospitalization.

**MATERIALS AND METHODS:** Forty patients hospitalized for COVID-19 were included in the study. All patients underwent echocardiography on admission to the hospital and in dynamics, that is, upon deterioration of the underlying disease. The ultrasound picture of the heart was compared with the severity of parenchymal damage based on computed tomography (CT) and the degree of respiratory failure based on blood oxygen saturation by pulse oximetry. Concomitant nosologies and autopsy findings were also analyzed.

**RESULTS:** In dynamics, a significant decrease in left ventricular ejection fraction (LVEF) from 47.0% (40.0–56.0) to 43.5% (37.0–49.0;  $p=0.002$ ) was found in the deceased group, which was not observed in the discharged group. Comparative analysis of this index in the discharged and deceased group in study 2 revealed significantly lower values of LVEF in patients with unfavorable hospital prognosis: 51.0% (44.0–55.0) and 43.5% (37.0–49.0), respectively ( $p=0.049$ ). Furthermore, a significantly higher level of systolic pulmonary artery pressure was observed in the deceased group in study 1: 54.0 (50.0–59.0) and 60.0 (55.5–70.0) mmHg, respectively ( $p=0.02$ ), with increasing differences in dynamics, that is, 65.0 (60.0–70.0) and 50.0 (46.0–57.0) mmHg, respectively ( $p<0.0001$ ). Among the indicators reflecting the state of the right ventricle, right ventricular end-systolic size in study 2 in the deceased group ( $p=0.062$ ) and more pronounced dilatation by this indicator were noted in the group with unfavorable prognosis compared with the discharged group at re-diagnosis ( $p=0.071$ ).

**CONCLUSIONS:** Dynamic reduction of baseline low LVEF and progression of pulmonary hypertension are the main echocardiographic predictors of hospital mortality in patients with COVID-19. Increased volume of pulmonary parenchyma lesions on CT determines unfavorable hospital prognosis.

**Keywords:** COVID-19; echocardiography; left ventricular ejection fraction; pulmonary hypertension; hospital prognosis

## To cite this article:

Kovtyukh IV, Gendlin GE, Nikitin IG, Dvornikova SN, Shikova YuA. Dynamics of echocardiographic parameters in patients with severe COVID-19 during hospitalization. *Rossiiskii meditsinskii zhurnal* (Medical Journal of the Russian Federation, Russian Journal). 2022;28(1):47–55.

DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf108904>

Received: 15.01.2022

Accepted: 29.02.2022

Published: 15.03.2022

## ОБОСНОВАНИЕ

Неблагоприятная роль различных сердечно-сосудистых осложнений, выявляемых у пациентов с новой коронавирусной инфекцией, стала обсуждаться уже на ранних этапах развития пандемии [1–6]. Появились сообщения о широком нозологическом спектре кардиологических осложнений, представляющих большую группу возникающих при COVID-19 заболеваний, таких как острый вирусный миокардит, острая сердечная недостаточность, декомпенсация хронической сердечной недостаточности, острый коронарный синдром, нарушения сердечного ритма, гиперкоагуляционные состояния и т. д. [6–10]. В то же время высокая госпитальная летальность регистрируется и у пациентов без сердечно-сосудистых факторов риска [11–15].

Доступным методом исследования, позволяющим оценить кардиальный статус в остром инфекционном периоде, является эхокардиография (ЭхоКГ). И если в дебюте пандемии необходимость широкого использования ЭхоКГ считалась спорной, в настоящее время она признана инструментом, позволяющим оценить госпитальный прогноз [6, 13, 16, 17]. Изменения, выявляемые при ультразвуковом исследовании сердца, носят различный характер, наиболее часто приводятся данные о дилатации и/или нарушении систолической функции правого желудочка (ПЖ), легочной гипертензии, реже о систолической дисфункции левого желудочка (ЛЖ) [11, 18–21].

В нашем недавнем исследовании с включением 158 пациентов, госпитализированных с COVID-19, проведен анализ ЭхоКГ-параметров, сопоставленных с клинической картиной. Основными факторами, определяющими неблагоприятный ближайший прогноз, были следующие показатели ЭхоКГ: умеренно сниженная и низкая фракция выброса левого желудочка (ФВЛЖ; менее 50%;  $p < 0,0001$ ), выпот в полости перикарда любого объема ( $p < 0,0001$ ), легочная гипертензия ( $p < 0,0001$ ) [17].

Вместе с тем остаются вопросы по поводу сроков развития поражения сердца, темпов прогрессирования значимой патологии и др. Выполнение динамических исследований с ЭхоКГ с визуализацией при ухудшении состояния пациента может помочь изменить лечебную тактику.

В большинстве доступных источников отсутствуют данные о выполненных ЭхоКГ-исследованиях в динамике и сопоставлении их с клинической картиной. В основном описываются отдельные клинические случаи, потребовавшие проведения данной методики [11, 22–24]. Y. Szekely и соавт. приводят данные 20 пациентов, которым выполнялись последовательные ЭхоКГ в связи с клиническим ухудшением состояния. Параметры, показавшие свою динамичность, были связаны с состоянием ПЖ и включали увеличение конечно-диастолической площади ПЖ ( $20,7 \pm 8$  против  $23,9 \pm 4$  см<sup>2</sup>,  $p = 0,004$ ), увеличение конечно-систолической площади ПЖ ( $11,9 \pm 5$  в сравнении с  $14,9 \pm 8$  см<sup>2</sup>,  $p = 0,01$ ) и уменьшение времени ускорения потока

в легочную артерию ( $95 \pm 20$  и  $72 \pm 17$  мс соответственно,  $p = 0,0002$ ). Значимой динамики параметров, связанных с ЛЖ, не отмечалось, кроме тенденции к снижению ФВЛЖ, не достигшей статистической значимости ( $57,5 \pm 3$  против  $55,3 \pm 8\%$ ) [11]. Необходимо отметить, что в исследование были включены только выписанные пациенты. Авторы указывают на факторы, ограничивающие приведенное исследование: небольшое число пациентов и большие доверительные интервалы. В исследовании H.S. Bhatia и соавт., которое носило ретроспективный характер, приводятся данные 12 пациентов, свидетельствующие об отсутствии динамики стандартных параметров ЭхоКГ, в том числе у умерших пациентов. Единственным параметром, который оказался динамичным у пациентов и предсказывал плохой госпитальный прогноз, являлся показатель глобальной продольной деформации (GLS) [23]. Авторы также указывают на небольшой объем выборки, выполнение ЭхоКГ разными врачами и на разных ультразвуковых (УЗ) аппаратах, а также отсутствие ясности в определении показаний для проведения повторного исследования.

Таким образом, в настоящее время сведения о динамике показателей ЭхоКГ и ее влиянии на госпитальный прогноз немногочисленны и противоречивы.

**Цель исследования** — оценка показателей ЭхоКГ в динамике у пациентов с COVID-19, сопоставление показателей с данными компьютерной томографии (КТ), уровня насыщения кислородом крови (SpO<sub>2</sub>), клинической картины, данными аутопсий и госпитальным прогнозом.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В Центральной клинической больнице РАН, которая является базой кафедры госпитальной терапии № 2 РНИМУ им. Н.И. Пирогова (Москва) в период ее перепрофилирования в госпиталь для лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией, нами была проведена ЭхоКГ 40 больным в динамике, дважды. Показанием к повторной УЗ визуализации сердца являлось тяжелое течение инфекционного процесса.

**Статистические методы.** В отсутствие нормального распределения в исследуемых группах использовались непараметрические методы статистики: метод Манна–Уитни при определении статистической значимости данных независимых групп, метод Уилкоксона при продолжном исследовании динамики в зависимых группах, критерий  $\chi^2$  Пирсона при определении статистической значимости чисел и долей, построение кривых Каплана–Мейера и лонгранговый критерий при определении различий общей выживаемости.

**Критерии включения в исследование:** пациенты в возрастной группе 18 лет и старше с тяжелым течением заболевания COVID-19, подтвержденным методом полимеразной цепной реакции мазка из зева и носовых ходов и типичной картиной при компьютерной томографии (КТ),

с удовлетворительным УЗ-окном при ЭхоКГ. Возраст пациентов колебался от 33 до 93 лет — 75,5 (62,5–82,5) лет.

**Критерии исключения:** недоказанный инфекционный процесс новой коронавирусной инфекции.

Перед началом исследования получено одобрение Локального этического комитета РНИМУ им. Н.И. Пирогова.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Обследование пациентов проводилось в соответствии со стандартом оказания помощи данной нозологической группе с проведением лабораторной диагностики, КТ органов грудной клетки, пульсоксиметрией, ЭКГ. Всем пациентам выполнена двукратная ЭхоКГ по стандартному протоколу на аппарате Philips Affiniti-70 (Philips, Нидерланды) в положении лежа на левом боку с парастеральным и апикальным положением датчика одним и тем же исследователем. В исследуемой группе пациентов оказались показатели ЭхоКГ 20 умерших и 20 выписанных

пациентов. Возраст умерших составил 80,5 (75,0–86,0;  $n=20$ ) года, и он статистически значимо отличался от возраста выписанных пациентов — 66,5 (57,5–78,0;  $n=20$ ) года ( $p=0,002$ ). Результаты изучения динамики показателей ЭхоКГ и их сравнительный анализ в группах больных с COVID-19 представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что в группе умерших пациентов отмечалось статистически значимое снижение ФВЛЖ. При оценке систолической функции ЛЖ у выживших пациентов статистически значимой динамики обнаружено не было. Сравнительный анализ этого показателя у умерших и выписанных пациентов при 1-м исследовании различий не выявил, в то время как сопоставление ФВЛЖ при 2-м исследовании продемонстрировало статистически значимо более низкие показатели данного параметра в группе умерших пациентов.

Динамика конечно-диастолического размера ПЖ (КДРПЖ) у умерших пациентов продемонстрировала тенденцию к увеличению его размеров со статистической

**Таблица 1.** Динамика показателей эхокардиографии и их сравнительный анализ в группах больных с COVID-19

**Table 1.** Dynamics and comparative analysis of echocardiographic parameters in patients with COVID-19

Показатели	Группа		$P_2$
	живые	умершие	
ФВЛЖ, 1-е исследование, %	49,5 (47,5–56,0)	47,0 (40,0–56,0)	0,51
ФВЛЖ, 2-е исследование, %	51,0 (44,0–55,0)	43,5 (37,0–49,0)	0,049
$P_1$	0,156	0,002	
КДРПЖ, 1-е исследование, см	4,0 (3,9–4,2)	4,0 (3,95–4,2)	0,58
КДРПЖ, 2-е исследование, см	4,0 (3,9–4,4)	4,3 (3,95–4,65)	0,071
$P_1$	0,086	0,062	
СДЛА, 1-е исследование, мм рт. ст.	54,0 (50,0–59,0)	60,0 (55,5–70,0)	0,02
СДЛА, 2-е исследование, мм рт. ст.	50,0 (46,0–57,0)	65,0 (60,0–70,0)	<0,0001
$P_1$	0,126	0,073	
УО, 1-е исследование, мл	60,0 (58,0–71,0)	57,5 (51,0–65,0)	0,17
УО, 2-е исследование, мл	66,0 (55,0–80,0)	54,0 (48,5–62,5)	0,013
$P_1$	0,49	0,025	
МО, 1-е исследование, л/мин	5,05 (4,34–6,16)	5,46 (4,55–6,48)	0,41
МО, 2-е исследование, л/мин	6,24 (4,61–6,89)	4,57 (3,83–6,13)	0,16
$P_1$	0,11	0,60	
ЧСС, 1-е исследование, 1/мин	80,0 (73,5–89,5)	86,0 (77,0–113,0)	0,13
ЧСС, 2-е исследование, 1/мин	85,0 (76,0–99,0)	88,0 (77,5–104,0)	0,73
$P_1$	0,30	0,91	

**Примечание:**  $P_1$  — статистическая значимость по критерию Уилкоксона для связанных выборок между показателями при динамическом исследовании;  $P_2$  — статистическая значимость по методу Манна–Уитни для показателей независимых выборок выписанных и умерших пациентов, полученных при 1-м и 2-м исследовании. КДРПЖ — конечно-систолический размер правого желудочка; СДЛА — систолическое давление в легочной артерии; ФВЛЖ — фракция выброса левого желудочка; МО — минутный объем крови левого желудочка; УО — ударный объем левого желудочка, ЧСС — частота сердечных сокращений.

значимостью, близкой к достоверной ( $p=0,062$ ). У выписанных пациентов динамика КДРПЖ оказалось незначительной. Изучение этого параметра не показало различия между обеими группами на первых ЭхоКГ, при 2 исследованиях также отмечалась только тенденция к разнице размеров ПЖ в группе умерших пациентов и выписанных больных ( $p=0,58$  и  $p=0,071$  соответственно).

Существенные различия были выявлены в значениях систолического давления легочной артерии (СДЛА). В группе с благоприятным госпитальным исходом разницы в уровне этого показателя при повторном исследовании по сравнению с первым не установлено ( $p=0,126$ ). При этом при стартовом измерении отмечалось статистически значимое различие в показателе у умерших и выписанных пациентов, хотя динамика СДЛА показала только тенденцию к его увеличению у умерших пациентов ( $p=0,073$ ), при повторном исследовании различия в СДЛА между выписанными и умершими становятся высоко статистически значимыми ( $p<0,0001$ ).

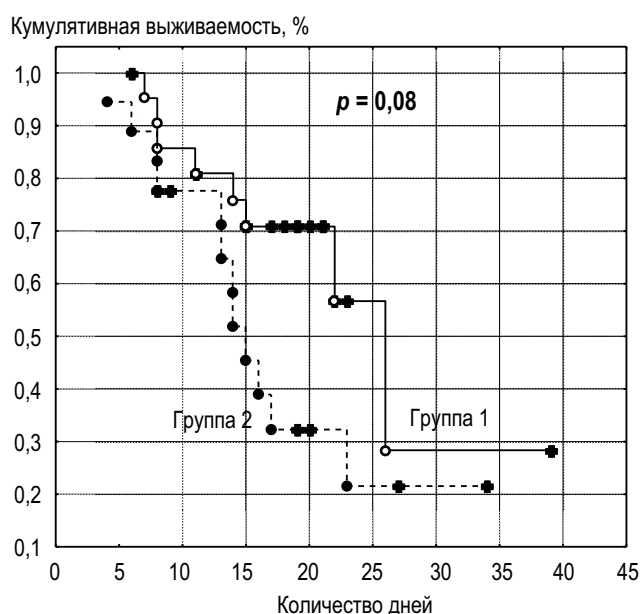
Ударный объем (УО) в группе выписанных больных явно, но статистически незначимо увеличивался. В группе умерших больных УО уменьшался и становился ниже этого показателя, чем у выживших.

При сравнении минутного объема (МО) крови ЛЖ при динамическом контроле достоверных различий в группах с благоприятным и плохим прогнозом не выявлено. Также не обнаружено различий между МО на 1-м этапе исследования и последовательного измерения. Предположение о компенсаторном механизме в виде тахикардии с сохранением адекватного МО в условиях инфекционного процесса не получило подтверждения: при исследовании частоты сердечных сокращений (ЧСС) не было зарегистрировано разницы как в группе умерших, так и выписанных пациентов. Хотя следует отметить определенную тенденцию к более высокой ЧСС в группе умерших пациентов.

Из 40 пациентов у 22 (55,0%) изменения значений ФВЛЖ за время лечения не зарегистрированы или отмечалось незначительное повышение данного показателя, у 18 (45,0%) систолическая функция ЛЖ ухудшилась. При оценке госпитальной выживаемости в зависимости от снижения ФВЛЖ или его отсутствия в оцениваемых группах, кривые разошлись со степенью, близкой к достоверности ( $p=0,08$ ) (рис. 1).

Данные пациентов, включенных в наше исследование, были разделены на 2 группы: 1-я группа — пациенты без отрицательной динамики ФВЛЖ, 2-я — с ее снижением более 5% (от 5 до 20%). В группе с ФВЛЖ без динамики после 1-го исследования ( $n=30$ ) неблагоприятный исход отмечался у 12 (40%) человек против 18 (60%) выписанных, в то время как в группе пациентов со снижением ФВЛЖ летальность составила 80% — 8 человек из 10.

Таким образом, основными параметрами ЭхоКГ, динамика которых значимо отличалась на госпитальном этапе лечения пациентов с COVID-19, были ФВЛЖ и СДЛА.



**Рис.** Общая выживаемость в зависимости от динамики фракции выброса левого желудочка.

**Fig.** Overall survival depending on the dynamics of the left ventricular ejection fraction.

Сравнительный анализ показателей сатурации кислорода у 40 обследованных больных свидетельствует о некотором увеличении  $SpO_2$  в обеих группах при динамическом исследовании (табл. 2). Исходные величины данного показателя были сопоставимы в обеих группах, как и при повторном исследовании. Динамика  $SpO_2$  в обеих группах не была значительной и в группах не различалась.

Изменения объема поражения легких при исследовании КТ, напротив, отражают увеличение степени вовлеченности паренхимы легких в группе больных с неблагоприятным исходом со статистической значимостью при отсутствии прогрессирования вирусной пневмонии в группе пациентов, выписанных из стационара (см. табл. 2).

Нами также изучена взаимосвязь между разницей в показателях различных методик, полученных при 1-м и 2-м исследованиях ( $d$ ) (табл. 3). Анализ корреляционной зависимости показал слабую, но достоверную обратную корреляцию  $dVO$  с  $dSpO_2$ , полученного при ингаляции воздухом. Слабая корреляция с низкой значимостью выявлена также между  $dVO$  с  $dSpO_2$  и  $dСДЛА$  и динамикой показателей КТ.

По данным аутопсии у умерших больных с и без снижения ФВЛЖ распределение пациентов оказалось равномерным по следующим нозологиям: острый инфаркт миокарда, постинфарктный кардиосклероз, гипертрофия миокарда ЛЖ, значимая экстракардиальная и нелегочная патология, онкологический процесс. Исключением оказалось наличие диффузного кардиосклероза и дилатированных полостей сердца в отсутствие признаков острого миокардита в 1-й группе (табл. 4).



**Таблица 2.** Показатели мультиспиральной компьютерной томографии и насыщения кислородом крови в динамике**Table 2.** Multislice computed tomography and blood oxygen saturation indices in dynamics

Показатели	Группа		$P_2$
	живые	умершие	
SpO <sub>2</sub> , 1-е исследование, %	91,0 (88,0–92,5)	92,0 (89,5–93,0)	0,40
SpO <sub>2</sub> , 2-е исследование, %	96,0 (96,0–97,0)	96,0 (95,0–97,0)	0,41
$P_1$	0,057	0,031	
КТ, 1-е исследование ( $n=40$ ) %	55,0 (30,0–65,0)	45,0 (30,0–55,0)	0,46
КТ, 2-е исследование ( $n=15$ ), %	55,0 (30,0–65,0)	75,0 (55,0–85,0)	0,007
$P_1$	1,0	0,011	

Примечание:  $P_1$  — статистическая значимость по критерию Уилкоксона для связанных выборок между показателями при динамическом исследовании.  $P_2$  — статистическая значимость по методу Манна–Уитни для показателей независимых выборок выписанных и умерших пациентов, полученных при 1-м и 2-м исследовании. SpO<sub>2</sub> — уровень насыщения кислородом крови; КТ — компьютерная томография.

**Таблица 3.** Коэффициент корреляции эхокардиографических параметров со степенью поражения легочной ткани по компьютерной томографии в динамике и насыщением кислородом крови при дыхании воздухом**Table 3.** Correlation coefficient of echocardiographic parameters with the degree of pulmonary tissue damage according to computed tomography in dynamics and blood oxygen saturation during respiration

Взаимосвязь показателей	$n$	$r$	$p$
ФВЛЖ и SpO <sub>2</sub> , %	38	–0,23	0,16
ФВЛЖ и КТ	40	–0,01	0,93
УО и SpO <sub>2</sub>	38	–0,32	0,04
УО и КТ	40	–0,21	0,90
МО и SpO <sub>2</sub>	38	–0,15	0,37
МО и КТ	40	0,17	0,28
КДРПЖ и SpO <sub>2</sub>	38	0,16	0,32
КДРПЖ и КТ	40	0,26	0,11
СДЛА и SpO <sub>2</sub>	38	0,31	0,06
СДЛА и КТ	40	0,32	0,04

Примечание: КДРПЖ — конечно-систолический размер правого желудочка; КТ — компьютерная томография; СДЛА — систолическое давление в легочной артерии; ФВЛЖ — фракция выброса левого желудочка; SpO<sub>2</sub> — уровень насыщения кислородом крови.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, наше исследование показало, что в группе пациентов с COVID-19 большое значение имеет не только выявление поражения сердечно-сосудистой системы в начале госпитализации, но и изучение динамики таких показателей ЭхоКГ, как СДЛА и ФВЛЖ, которые, по-видимому, вместе с динамикой КТ определяют ближайший прогноз.

Анализ доступных опубликованных исследований показывает, что результаты, касающиеся прогностической ценности состояния правых и левых отделов, разноречивы и неоднородны. Крупных исследований с участием пациентов, которым УЗИ сердца проводилось в динамике, не найдено. Отдельные исследования, отражающие изменения ЭхоКГ-параметров на стационарном этапе, выполнены, так же как и нами, на небольшой когорте участников. Так, I. López Saubidet и соавт. провели анализ эхокардиографических измерений у 33 пациентов, находившихся на искусственной вентиляции легких. Однородность клинической картины по наличию у пациентов острого респираторного дистресс-синдрома является фактором, позволяющим провести анализ госпитального прогноза только в группе с очень тяжелым течением COVID-19, ЭхоКГ выполнялась при поступлении и каждые 15 дней до окончания респираторной поддержки, на 28-й день или при летальном исходе. В общей

**Таблица 4.** Распределение различных нозологий в зависимости от динамики фракции выброса левого желудочка.**Table 4.** Distribution of different nosologies according to the dynamics of the left ventricular ejection fraction

Группа	ОИМ	ПИКС	ДК/дил	ГЛЖ	Э/кард	Онко
1 — с отрицательной динамикой на ЭхоКГ, $n=12$ , абс. (%)	1 (8,3)	3 (25,0)	3 (25,0)	1 (8,3)	3 (25,0)	1 (8,3)
2 — без отрицательной динамики на ЭхоКГ, $n=8$ , абс. (%)	1 (12,5)	3 (37,5)	0 (0)	2 (25,0)	2 (25,0)	0 (0)

Примечание: ОИМ — острый инфаркт миокарда; ПИКС — постинфарктный кардиосклероз; ДК/дил — диффузный кардиосклероз/дилатация полостей сердца; ГЛЖ — гипертрофия миокарда левого желудочка; Э/кард — значимые экстракардиальные заболевания; Онко — онкологические заболевания.

сложности проведено 76 исследований, которые показали, что наиболее частым признаком было увеличение ПЖ (43%), легочная гипертензия (15%), при этом новые или динамические нарушения глобальной сократимости ЛЖ присутствовали только в 6% случаев [24]. В нашем исследовании показано, что основными параметрами, доказавшими свою динамическую значимость, оказались именно СДЛА и ФВЛЖ. Полученные Y. Szekely и соавт. данные также свидетельствуют о динамике именно правых отделов сердца — увеличении конечно-диастолической площади ПЖ и конечно-систолической площади ПЖ в группе пациентов с более тяжелым течением заболевания, значимой динамики же со стороны систолической функции ЛЖ выявлено не было. Однако, в отличие от нашего исследования, анализу подверглись результаты ЭхоКГ только выписанных пациентов с заведомо благоприятным госпитальным прогнозом [11]. Таким образом, в настоящее время нельзя говорить однозначно о частоте встречаемости и значимости в прогнозе состояния правых или левых отделов сердца. В связи с этим представляет интерес результаты крупного исследования P. Taieb и соавт. с участием 531 госпитализированного пациента, которым ЭхоКГ выполнялась однократно. Показано, что состояние именно ПЖ связано с более тяжелым течением заболевания, в то время как гемодинамика ЛЖ является независимым предиктором смертности у данной категории больных [25].

Ограничением нашей работы является небольшое число участников, однако включение в анализ различных по степени тяжести инфекционного процесса пациентов позволило оценить динамику показателей ЭхоКГ в неоднородной и относительно малочисленной группе.

## ВЫВОДЫ

1. У больных с исходно более низкими значениями ФВЛЖ можно ожидать дальнейшего снижения

систолической функции ЛЖ и неблагоприятного ближайшего прогноза.

2. Статистически значимое увеличение исходно повышенной СДЛА при динамическом исследовании пациентов COVID-19 является предиктором госпитальной смерти.

3. Увеличение степени поражения легких на КТ, выраженного в %, при исследовании в динамике соответствовало неблагоприятному прогнозу, в то время как SpO<sub>2</sub> не претерпевало изменений.

4. У пациентов с тяжелым течением COVID-19 проведение ЭхоКГ в динамике может быть полезным для оценки госпитального прогноза.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ/ ADDITIONAL INFO

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

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

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

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Наибольший вклад распределен следующим образом: И.В. Ковтюх, Г.Е. Гендлин — написание статьи, сбор и дизайн материала; И.Г. Никитин — редактирование; С.Н. Дворникова, Ю.А. Шихова — сбор материала.

**Author contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Author contributions: I.V. Kovtyukh and G.E. Gendlin, text writing and collection and design of data; I.G. Nikitin, text editing; S.N. Dvornikova and Y.A. Shikhova, collection of data.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shi S., Qin M., Shen B., et al. Association of Cardiac Injury with Mortality in Hospitalized Patients with COVID-19 in Wuhan, China // *JAMA Cardiol.* 2020. Vol. 5, N 7. P. doi: 10.1001/jamacardio.2020.0950
2. Madjid M., Safavi-Naeini P., Solomon S.D., Vardeny O. Potential Effects of Coronaviruses on the Cardiovascular System // *JAMA Cardiol.* 2020. Vol. 5, N 7. P. doi: 10.1001/jamacardio.2020.1286
3. Aghagholi G., Gallo Marin B., Soliman L.B., Sellke F.W. Cardiac involvement in COVID-19 patients: Risk factors, predictors, and complications: A review // *J Card Surg.* 2020. Vol. 35, N 6. P. 1302–1305. doi: 10.1111/jocs.14538
4. Deng Q., Hu B., Zhang Y., et al. Suspected myocardial injury in patients with COVID-19: Evidence from front-line clinical observation in Wuhan, China // *Int J Cardiol.* 2020. Vol. 311, P. 116–121. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.03.087
5. Конради А.О., Виллевалде С.В., Дупляков Д.В., и др. Открытое наблюдательное многоцентровое исследование (регистр) больных, перенесших новую коронавирусную инфекцию (COVID-19) с поражением сердечно-сосудистой системы или на фоне тяжелой патологии сердечно-сосудистой системы: обоснование, дизайн, значение для клинической практики // *Российский кардиологический журнал.* 2021. Т. 26, № 1. С. 99–104. doi: 10.15829/1560-4071-2021-4287
6. Петриков С.С., Иванников А.А., Васильченко М.К., и др. COVID-19 и сердечно-сосудистая система. Часть 1. Патопатология, патоморфология, осложнения, долгосрочный прогноз // *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь.* 2021. Т. 10, № 1. С. 14–26. doi: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-14-26

7. Ойноткинова О.Ш., Масленникова О.М., Ларина В.Н., и др. Согласованная экспертная позиция по диагностике и лечению фульминантного миокардита в условиях пандемии COVID-19. Академия медицины и спорта. 2020. Т. 1, № 2. С. 28–40. doi: 10.15829/2712-7567-2020-2-13
8. Gatta F., Dolan C. Pathophysiology and Cardiac Autopsy in COVID-19 related Myocarditis // *Cardiology and Cardiovascular Medicine*. 2020. Vol. 4, N 4. P. 376–385. doi: 10.26502/fccm.92920134
9. Wang D., Hu B., Hu C., et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China // *JAMA*. 2020. Vol. 323, N 11. P. 1061–1069. doi: 10.1001/jama.2020.1585
10. Shi S., Qin M., Shen B., et al. Association of Cardiac Injury with Mortality in Hospitalized Patients with COVID-19 in Wuhan, China // *JAMA Cardiol*. 2020. Vol. 5, N 7. P. 802–810. doi: 10.1001/jamacardio.2020.0950
11. Szekeley Y., Lichter Y., Taieb P., et al. Spectrum of Cardiac Manifestations in COVID-19 // *Circulation*. 2020. Vol. 142, N 4. P. 342–353. doi: 10.1161/circulationaha.120.047971
12. Fayssol A., Mustafic H., Mansencal N. The Right Ventricle in COVID-19 Patients // *Am J Cardiol*. 2020. Vol. 130. P. 166–167. doi: 10.1016/j.amjcard.2020.06.007
13. Medhane F., Kirkpatrick J.N. Echocardiography in the Era of COVID-19: Lessons for the Future // *Curr Cardiol Rep*. 2021. Vol. 23, N 12. P. 178. doi: 10.1007/s11886-021-01610-3
14. Cruz Rodriguez J.B., Lange R.A., Mukherjee D. Gamut of cardiac manifestations and complications of COVID-19: a contemporary review // *J Investig Med*. 2020. Vol. 68, N 8. P. 1334–1340. doi: 10.1136/jim-2020-001592
15. Tian W., Jiang W., Yao J., et al. Predictors of mortality in hospitalized COVID-19 patients: A systematic review and meta-analysis // *J Med Virol*. 2020. Vol. 92, N 10. P. 1875–1883. doi: 10.1002/jmv.26050
16. Carrizales-Sepúlveda E.F., Vera-Pineda R., Flores-Ramírez R. Letter by Carrizales-Sepúlveda et al Regarding Article, “Spectrum of Cardiac Manifestations in COVID-19: A Systematic Echocardiographic Study” // *Circulation*. 2021. Vol. 143, N 9. doi: 10.1161/circulationaha.120.049435
17. Ковтюх И.В., Гендлин Г.Е., Никитин И.Г. и др. Значение показателей, характеризующих состояние сердечно-сосудистой системы, в оценке госпитального прогноза у больных COVID-19 // *Кардиология*. 2021. Т. 61, № 10. С. 26–35. doi: 10.18087/cardio.2021.10.n1553
18. Zhang LN, Yin MG, He W et al; Chinese Critical Ultrasound Study Group, Chinese Society of Critical Care Medicine, Chinese Hemodynamic Therapy Collaboration Group of Critical Care Medicine. Recommendations for the treatment of severe coronavirus disease 2019 based on critical care ultrasound // *Zhonghua Nei Ke Za Zhi*. 2020. Vol. 59, N 9. P. 677–688. (In Chinese) doi: 10.3760/cma.j.cn112138-20200219-00098
19. Li Y., Li H., Zhu S., et al. Prognostic Value of Right Ventricular Longitudinal Strain in Patients With COVID-19 // *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020. Vol. 13, N 11. P. 2287–2299. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.04.014
20. Croft L.B., Krishnamoorthy P., Ro R., et al. Abnormal left ventricular global longitudinal strain by speckle tracking echocardiography in COVID-19 patients // *Future Cardiol*. 2021. Vol. 17, N 4. P. 655–661. doi: 10.2217/fca-2020-0121
21. Karagodin I., Carvalho Singulane C., Woodward G.M., et al. Echocardiographic Correlates of In-Hospital Death in Patients with Acute COVID-19 Infection: The World Alliance Societies of Echocardiography (WASE-COVID) Study // *J Am Soc Echocardiogr*. 2021. Vol. 34, N 8. P. 819–830. doi: 10.1016/j.echo.2021.05.010
22. Rajendram R., Hussain A., Mahmood N., Via G. Dynamic right-to-left interatrial shunt may complicate severe COVID-19 // *BMJ Case Rep*. 2021. Vol. 14, N 10. P. e245301. doi: 10.1136/bcr-2021-245301
23. Bhatia H.S., Bui Q.M., King K., et al. Subclinical left ventricular dysfunction in COVID-19 // *Int J Cardiol Heart Vasc*. 2021. Vol. 34. P. 100770. doi: 10.1016/j.ijcha.2021.100770
24. Lopez Saubidet I., Hunter M., Lurbet M.F., et al. Echocardiographic findings in patients under mechanical ventilation with COVID-19 acute respiratory distress syndrome // *Medicina (B Aires)*. 2022. Vol. 82, N 1. P. 61–65.
25. Taieb P., Szekeley Y., Lupu L., et al. Risk prediction in patients with COVID-19 based on haemodynamic assessment of left and right ventricular function // *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021. Vol. 22, N 11. P. 1241–1254. doi: 10.1093/ehjci/jeab169

## REFERENCES

1. Shi S, Qin M, Shen B, et al. Association of Cardiac Injury With Mortality in Hospitalized Patients With COVID-19 in Wuhan, China. *JAMA Cardiol*. 2020;5(7). doi: 10.1001/jamacardio.2020.0950
2. Madjid M, Safavi-Naeini P, Solomon SD, Vardeny O. Potential Effects of Coronaviruses on the Cardiovascular System. *JAMA Cardiol*. 2020;5(7). doi: 10.1001/jamacardio.2020.1286
3. Aghagholi G, Gallo Marin B, Soliman LB, Sellke FW. Cardiac involvement in COVID-19 patients: Risk factors, predictors, and complications: A review. *J Card Surg*. 2020;35(6):1302–1305. doi: 10.1111/jocs.14538
4. Deng Q, Hu B, Zhang Y, et al. Suspected myocardial injury in patients with COVID-19: Evidence from front-line clinical observation in Wuhan, China. *Int J Cardiol*. 2020;311:116–121. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.03.087
5. Konradi AO, Villevalde SV, Duplyakov DV, et al. An open-label multicenter observational study (registry) of patients recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19) with involvement of the cardiovascular system or with baseline severe cardiovascular diseases: rationale, design, and implications for clinical practice. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(1):99–104. (In Russ). doi: 10.15829/1560-4071-2021-4287
6. Petrikov SS, Ivannikov AA, Vasilchenko MK, et al. COVID-19 and Cardiovascular System: Pathophysiology, Pathomorphology, Complications, Long-Term Prognosis. *Russian Sklifosovsky Journal “Emergency Medical Care”*. 2021;10(1):14–26. (In Russ). doi: 10.23934/2223-9022-2021-10-1-14-26
7. Oynotkinova OS, Maslennikova OM, Larina VN, et al. Expert consensus statement on the diagnosis and treatment of fulminant myocarditis in the context of the COVID-19 pandemic. *Academy of Medicine and Sports*. 2020;1(2):28–40. (In Russ). doi: 10.15829/2712-7567-2020-2-13
8. Gatta F, Dolan C. Pathophysiology and Cardiac Autopsy in COVID-19 related Myocarditis. *Cardiology and Cardiovascular Medicine*. 2020;04(04):376–385. doi: 10.26502/fccm.92920134



9. Wang D, Hu B, Hu C, et al. Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients With 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*. 2020;323(11):1061–1069. doi: 10.1001/jama.2020.1585
10. Shi S, Qin M, Shen B, et al. Association of Cardiac Injury With Mortality in Hospitalized Patients With COVID-19 in Wuhan, China. *JAMA Cardiol*. 2020;5(7):802–810. doi: 10.1001/jamacardio.2020.0950
11. Szekeley Y, Lichter Y, Taieb P, et al. Spectrum of Cardiac Manifestations in COVID-19. *Circulation*. 2020;142(4):342–353. doi: 10.1161/circulationaha.120.047971
12. Fayssoil A, Mustafic H, Mansencal N. The Right Ventricle in COVID-19 Patients. *Am J Cardiol*. 2020;130:166–167. doi: 10.1016/j.amjcard.2020.06.007
13. Medhane F, Kirkpatrick JN. Echocardiography in the Era of COVID-19: Lessons for the Future. *Curr Cardiol Rep*. 2021;23(12):178. doi: 10.1007/s11886-021-01610-3
14. Cruz Rodriguez JB, Lange RA, Mukherjee D. Gamut of cardiac manifestations and complications of COVID-19: a contemporary review. *J Investig Med*. 2020;68(8):1334–1340. doi: 10.1136/jim-2020-001592
15. Tian W, Jiang W, Yao J, et al. Predictors of mortality in hospitalized COVID-19 patients: A systematic review and meta-analysis. *J Med Virol*. 2020;92(10):1875–1883. doi: 10.1002/jmv.26050
16. Carrizales-Sepúlveda EF, Vera-Pineda R, Flores-Ramírez R. Letter by Carrizales-Sepúlveda et al Regarding Article, “Spectrum of Cardiac Manifestations in COVID-19: A Systematic Echocardiographic Study”. *Circulation*. 2021;143(9). doi: 10.1161/circulationaha.120.049435
17. Kovtyukh IV, Gendlin GE, Nikitin IG, et al. The value of indicators characterizing the state of the cardiovascular system in assessing the hospital prognosis of COVID-19 patients. *Kardiologiya*. 2021;61(10):26–35. (In Russ). doi: 10.18087/cardio.2021.10.n1553
18. Zhang LN, Yin MG, He W, et al; Chinese Critical Ultrasound Study Group, Chinese Society of Critical Care Medicine, Chinese Hemodynamic Therapy Collaboration Group of Critical Care Medicine. Recommendations for the treatment of severe coronavirus disease 2019 based on critical care ultrasound. *Zhonghua Nei Ke Za Zhi*. 2020;59(9):677–688. (In Chinese) doi: 10.3760/cma.j.cn112138-20200219-00098
19. 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(11):2287–2299. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.04.014
20. Croft LB, Krishnamoorthy P, Ro R, et al. Abnormal left ventricular global longitudinal strain by speckle tracking echocardiography in COVID-19 patients. *Future Cardiol*. 2021;17(4):655–661. doi: 10.2217/fca-2020-0121
21. Karagodin I, Carvalho Singulane C, Woodward GM, et al. Echocardiographic Correlates of In-Hospital Death in Patients with Acute COVID-19 Infection: The World Alliance Societies of Echocardiography (WASE-COVID) Study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2021;34(8):819–830. doi: 10.1016/j.echo.2021.05.010
22. Rajendram R, Hussain A, Mahmood N, Via G. Dynamic right-to-left interatrial shunt may complicate severe COVID-19. *BMJ Case Rep*. 2021;14(10):e245301. doi: 10.1136/bcr-2021-245301
23. Bhatia HS, Bui QM, King K, et al. Subclinical left ventricular dysfunction in COVID-19. *Int J Cardiol Heart Vasc*. 2021;34:100770. doi: 10.1016/j.ijcha.2021.100770
24. Lopez Saubidet I, Hunter M, Lurbet MF, et al. Echocardiographic findings in patients under mechanical ventilation with COVID-19 acute respiratory distress syndrome. *Medicina (B Aires)*. 2022;82(1):61–65.
25. Taieb P, Szekeley Y, Lupu L, et al. Risk prediction in patients with COVID-19 based on haemodynamic assessment of left and right ventricular function. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;22(11):1241–1254. doi: 10.1093/ehjci/jeab169

## ОБ АВТОРАХ

### \*Ковтюх Ирина Владимировна;

адрес: Россия, 117593, Москва, Литовский бульвар, д. 1А;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9176-1889>,  
e-mail: [ivkovtuh@mail.ru](mailto:ivkovtuh@mail.ru)

### Гендлин Геннадий Ефимович, д.м.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7846-1611>,  
e-mail: [rgmugt2@mail.ru](mailto:rgmugt2@mail.ru)

### Никитин Игорь Геннадьевич, д.м.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1699-0881>,  
e-mail: [igor.nikitin.64@mail.ru](mailto:igor.nikitin.64@mail.ru)

### Дворникова Светлана Николаевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8564-9778>,  
e-mail: [svetlanadvornikova67@yandex.ru](mailto:svetlanadvornikova67@yandex.ru)

### Шихова Юлия Анатольевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4688-4385>,  
e-mail: [shikyula@mail.ru](mailto:shikyula@mail.ru)

## AUTHORS INFO

### \*Irina V. Kovtyukh;

address: 1A Litovsky bulvar, 117593, Moscow, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9176-1889>,  
e-mail: [ivkovtuh@mail.ru](mailto:ivkovtuh@mail.ru)

### Gennady E. Gendlin, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7846-1611>,  
e-mail: [rgmugt2@mail.ru](mailto:rgmugt2@mail.ru)

### Igor G. Nikitin, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1699-0881>,  
e-mail: [igor.nikitin.64@mail.ru](mailto:igor.nikitin.64@mail.ru)

### Svetlana N. Dvornikova;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8564-9778>,  
e-mail: [svetlanadvornikova67@yandex.ru](mailto:svetlanadvornikova67@yandex.ru)

### Yuliya A. Shikhova;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4688-4385>,  
e-mail: [shikyula@mail.ru](mailto:shikyula@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author