

Комплексная оценка состояния дыхательной, сердечно-сосудистой системы и психоэмоциональных нарушений у взрослых пациентов, перенесших COVID-19

Х.С. Дельмаева¹, Н.В. Мухина², И.С. Комарова² ✉, Г.В. Неклюдова², А.А. Метальников², С.Н. Авдеев², С.А. Рачина², А.А. Соколов¹, Н.А. Ананичева¹, С.С. Мирзахамидова¹

¹ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы: 115446, Россия, Москва, Коломенский проезд, 4

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет): 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

Резюме

Целью исследования явилось изучение изменений со стороны дыхательной и сердечно-сосудистой системы, функционального и психоэмоционального статуса взрослых пациентов после стационарного лечения по поводу COVID-19 (*CO*rona*V*irus Disease 2019). **Материалы и методы.** В когортное проспективное наблюдательное исследование включены пациенты ($n = 51$: 29 (55,8 %) – женщины; медиана возраста – 64,5 (60,0–70,0) года) с COVID-19 и поражением легких. Через 3 мес. после выписки из стационара выполнялись трансторакальная эхокардиография, ультразвуковое исследование (УЗИ) легких, электрокардиография, оценка одышки по модифицированной шкале Британского медицинского исследовательского совета для оценки тяжести одышки (*modified Medical Research Council Dyspnea Scale – mMRC*) и шкале Борга, результатам 6-минутного шагового теста (6-МШТ), а также исследование функции внешнего дыхания. Психоэмоциональный статус оценивался с помощью субъективной шкалы оценки астении (*Multidimensional Fatigue Inventory – MFI-20*), шкалы ситуативной тревожности Спилбергера–Ханина, шкалы депрессии Бека, краткой шкалы оценки когнитивных функций (*Mini-Mental State Examination – MMSE*). Для описания и сравнения данных использовался стандартный набор статистических инструментов. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. **Результаты.** Наиболее частыми жалобами через 3 мес. после выписки из стационара являлись слабость (88,2 %) и одышка от легкой (62,7 %) до умеренной (29,4 %) степени выраженности. Выявлено уменьшение объема поражения легочной ткани по сравнению с этапом стационарного лечения (14,5 балла vs 23,0 балла), однако консолидаты по данным УЗИ легких обнаружены у 78,4 % пациентов. Степень поражения легочной ткани коррелировала с функциональным статусом пациентов. Наиболее частым (23,1 %) функциональным нарушением являлось снижение диффузионной способности легких по монооксиду углерода (DL_{CO}), которое сопровождалось уменьшением дистанции при выполнении 6-МШТ и увеличением объема поражения легких по данным УЗИ. Пороговое значение оценки по данным УЗИ, определяющее нарушение DL_{CO} на этапе стационарного лечения, составило 24,5 балла, через 3 мес. – 15,5. При оценке психического статуса через 3 мес. у всех пациентов сохранялась астения; тревожность и депрессия статистически значимо уменьшились, а когнитивный статус улучшился. **Заключение.** У большинства взрослых пациентов, перенесших COVID-19 с поражением легких, через 3 мес. после выписки из стационара сохраняются жалобы, изменения легочной ткани различной степени выраженности, у значительной части больных – психоэмоциональные нарушения, отклонения при выполнении функциональных тестов и нарушение DL_{CO} . УЗИ легких может рассматриваться как информативный неинвазивный метод оценки повреждения легочной ткани, при помощи которого возможно прогнозировать нарушение газотранспортной функции легких.

Ключевые слова: COVID-19, постковидный синдром, ультразвуковое исследование легких, эхокардиография, тревожность, депрессия, когнитивные нарушения.

Конфликт интересов. Конфликт интересов авторами не заявлен.

Финансирование. Спонсорская поддержка отсутствовала.

Этическая экспертиза. Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. У всех участников или их законных представителей получено письменное информированное согласие на участие в исследовании.

© Дельмаева Х.С. и соавт., 2025

Для цитирования: Дельмаева Х.С., Мухина Н.В., Комарова И.С., Неклюдова Г.В., Метальников А.А., Авдеев С.Н., Рачина С.А., Соколов А.А., Ананичева Н.А., Мирзахамидова С.С. Комплексная оценка состояния дыхательной, сердечно-сосудистой системы и психоэмоциональных нарушений у взрослых пациентов, перенесших COVID-19. *Пульмонология*. 2025; 35 (1): 49–60. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-4500

Comprehensive evaluation of the respiratory system, cardiovascular system, and psychoemotional disorders in post-COVID-19 adult patients

Kheda S. Delmaeva¹, Nadezhda V. Mukhina², Irina S. Komarova² ✉, Galina V. Nekludova², Artem A. Metalnikov², Sergey N. Avdeev², Svetlana A. Rachina², Alexander A. Sokolov¹, Natalia A. Ananicheva¹, Svetlana S. Mirzakhamidova¹

¹ Moscow State Budgetary Healthcare Institution “Moscow City Hospital named after S.S.Yudin”, Moscow Healthcare Department: Kolomenskiy pr. 4, Moscow, 115446, Russia

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M.Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University): ul. Trubetskaya 8, build. 2, Moscow, 119991, Russia

Abstract

The aim was to study changes in the respiratory system, cardiovascular system, functional and psychoemotional status of adult patients after inpatient treatment for COVID-19 (*CoronaVirus Disease 2019*). **Methods.** This cohort prospective observational study recruited patients with COVID-19 and lung damage. Transthoracic echocardiography, lung ultrasound, ECG, dyspnea assessment using mMRC and Borg scales, 6-minute walk test, and pulmonary function tests were performed 3 months after discharge from hospital. Psychoemotional status was assessed using MFI-20 international asthenia test, Spielberger–Hanin situational anxiety scale, Beck depression scale, MMSE cognitive function assessment scale. A standard set of statistical tools was used to describe and compare the data. The differences were considered statistically significant at $p < 0.05$. **Results.** A total of 51 patients were enrolled, including 29 (55.8%) women, the median age 64.5 (60.0 – 70.0) years. The most frequent complaints at 3 months after the hospital discharge were weakness (88.2%) and mild (62.7%) to moderate (29.4%) dyspnea. There was a decrease in the lung tissue lesions compared to inpatient treatment (14.5 vs 23.0 points), but the lung ultrasound found consolidates in 78.4% of the patients. The degree of lung tissue lesions correlated with the functional status of the patients. Decreased diffusion lung capacity (DL_{CO}) was the most frequent functional disorder. It was detected in 23.1% of the patients and accompanied by decreased 6-minute walk test distance and increased volume of lung lesions according to the ultrasound. The threshold value of ultrasound score indicative of the abnormal lung diffusion capacity was 24.5 at the stage of inpatient treatment and 15.5 points at 3 months after discharge from hospital. A mental status assessment at 3 months after discharge from hospital showed that asthenia persisted in all patients. Their anxiety and depression statistically significantly decreased, and the cognitive status improved. **Conclusion.** The majority of adult patients who had COVID-19 with lung damage still have complaints, lung tissue changes of varying severity at 3 months after discharge from hospital. A significant proportion of the patients also had psychoemotional disorders, abnormalities in the performance of functional tests, and impaired DL_{CO} . Lung ultrasound can be considered an informative non-invasive method of assessing severity of the lung tissue damage, allowing to predict impaired gas transport function of the lungs.

Key words: COVID-19, post-COVID-19 syndrome, lung ultrasound, echocardiography, anxiety, depression, cognitive disorders.

Conflict of interests. The authors did not declare any conflicts of interests.

Funding. The study was not sponsored.

Ethical review. The study was conducted in accordance with the principles of the Helsinki Declaration of the World Medical Association. All participants or their legal representatives gave written informed consent to participate in the study.

© Delmaeva Kh.S. et al., 2025

For citation: Delmaeva Kh.S., Mukhina N.V., Komarova I.S., Nekludova G.V., Metalnikov A.A., Avdeev S.N., Rachina S.A., Sokolov A.A., Ananicheva N.A., Mirzakhmidova S.S. Comprehensive evaluation of the respiratory system, cardiovascular system, and psychoemotional disorders in post-COVID-19 adult patients. *Pul'monologiya*. 2025; 35 (1): 49–60 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2024-4500

Особенностью COVID-19 (*CoronaVirus Disease 2019*) является мультисистемный характер поражения, вовлекающий в патологический процесс, помимо легких, практически все органы и системы [1, 2]. Известно, что вирус SARS-CoV-2 также может выступать в роли триггера развития психических расстройств, включая депрессию, тревожность, посттравматическое стрессовое расстройство [3, 4]. Изменения могут сохраняться в течение длительного времени после COVID-19, что делает актуальным проведение динамического наблюдения за такими больными.

Более полное представление о последствиях COVID-19 позволит оптимизировать программы реабилитации пациентов, а также разработать рекомендации по их раннему выявлению и эффективной профилактике.

Целью настоящего исследования явился анализ изменений со стороны дыхательной и сердечно-сосудистой системы, функционального и психоэмоционального статуса взрослых пациентов, получавших стационарное лечение по поводу COVID-19.

Материалы и методы

В проспективное наблюдательное когортное исследование были включены пациенты, получавшие лечение по поводу верифицированной инфекции COVID-19

с поражением легких в одном из городских стационаров Москвы.

Критерии включения:

- наличие письменного информированного согласия пациента или его законного представителя на участие в исследовании;
- возраст 18 лет и старше;
- инфильтрация в легких, выявляемая по результатам компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки (ОГК) с поражением $\geq 25\%$ паренхимы;
- наличие РНК SARS-CoV-2 в респираторном мазке методом полимеразной цепной реакции.

Критерии невключения:

- установленные ранее интерстициальные заболевания легких;
- ожирение (индекс массы тела > 35 кг / м²);
- хроническая обструктивная болезнь легких тяжелого течения;
- дилатационная кардиомиопатия;
- неоперированные гемодинамически значимые пороки сердца;
- тахикардии;
- фибрилляция предсердий;
- острый инфаркт миокарда;
- постинфарктный кардиосклероз;
- хроническая сердечная недостаточность III–IV функционального класса по функциональной

классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (*New York Heart Association – NYHA*).

Характеристика пациентов, проведенных исследований и процедур на этапе стационарного лечения представлена в работе [5].

Через 3 мес. после выписки выполнялось повторное обследование пациентов, включавшее сбор жалоб, объективное обследование, пульсоксиметрию, оценку одышки по данным модифицированной шкалы Британского медицинского исследовательского совета для оценки тяжести одышки (*modified Medical Research Council Dyspnea Scale – mMRC*) и шкалы Борга, 6-минутного шагового теста (6-МШТ), электрокардиографии (ЭКГ), трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ), ультразвукового исследования (УЗИ) легких по разработанному протоколу, а также исследование функции внешнего дыхания. Эмоциональный статус оценивался с помощью международной субъективной шкалы оценки астении (*Multidimensional Fatigue Inventory – MFI-20*) [6], шкалы ситуативной тревожности Спилбергера–Ханина, шкалы депрессии Бека, краткой шкалы оценки психического статуса (*Mini-Mental State Examination – MMSE*).

ЭхоКГ проводилась по стандартному протоколу на аппарате *Phillips EPIQ5 (Release 6.0)* согласно международным и российским рекомендациям [7, 8]. Проводилось измерение полостей сердца, оценивалась систолическая и диастолическая функции левых и правых отделов сердца:

- систолическая функция левого желудочка (ЛЖ) оценивалась по методу *Simpson*;
- систолическая функция правого желудочка (ПЖ) – по систолической экскурсии плоскости кольца трикуспидального клапана (*Tricuspidal Annular Plane Systolic Excursion – TAPSE*);
- определение систолического давления в легочной артерии (СДЛА) проводилось с помощью модифицированного уравнения Бернулли.

При отсутствии стеноза клапана легочной артерии и выходного тракта ПЖ расчет СДЛА осуществляется по следующей формуле:

$$\text{СДЛА} = \text{PG}_{\text{ТР}} + \text{D}_{\text{ПП}}$$

где $\text{PG}_{\text{ТР}}$ – максимальный систолический транс-трикуспидальный градиент давления, $\text{D}_{\text{ПП}}$ – давление в правом предсердии (оценивается эмпирически по состоянию нижней полой вены и ее реакции на дыхательный маневр).

УЗИ легких выполнялось конвексными датчиками (частота 5 МГц: глубина сканирования – примерно 5–10 см). Для детализации и лучшей визуализации скольжения висцеральной плевры и поиска субплевральной консолидации применялся линейный датчик, частотный диапазон – 7–10 МГц. Сканирование проводилось в положении сидя или лежа, в зависимости от тяжести состояния пациента. Исследование проводилось в В- и М-режимах. При проведении УЗИ легких использовался модифицированный 12-зональный протокол исследования, показавший высокую

информативность у пациентов с поражением легких, вызванным COVID-19 [9, 10].

Передняя поверхность легких исследовалась от парастернальной до передней подмышечной линии, боковая – от передней подмышечной линии до задней подмышечной линии, задняя – от задней подмышечной линии до паравертебральной линии. Каждая исследуемая область была поделена на верхнюю и нижнюю зоны, суммарно – 12 зон. Оценивались наличие и выраженность альвеолярно-интерстициального синдрома, альвеолярной консолидации, характер плевральной линии, наличие пневмоторакса и плеврального выпота.

Изменения воздушности легочной ткани в каждой сканируемой зоне легких определялись следующим образом:

В-профиль:

- В0 – А-линии и < 3 В-линий по данным УЗИ (норма);
- В1 – ≥ 3 В-линий, при этом В-линии не сливаются и занимают < 50 % сектора датчика;
- В2 – В-линии занимают > 50 % сектора датчика, при этом некоторые В-линии сливаются;
- В3 – множественные сливающиеся В-линии образуют профиль «белое легкое»;

С-профиль:

- С0 – консолидаты отсутствуют;
- С1 – неровная плевральная линия, наличие мелких субплевральных консолидатов < 1,0 см;
- С2 – кортикальная консолидация от 1,0 см до консолидата, занимающего < 1 сегмента;
- С3 – размер консолидата > 1 сегмента.

Общая оценка изменения воздушности легких по УЗИ определялась как сумма баллов по всем сканированным зонам.

Функциональное исследование легких, включающее форсированную спирометрию с регистрацией петли поток-объем форсированного выдоха и исследование диффузионной способности легких по монооксиду углерода (DL_{CO}), проводилось с помощью диагностической системы для функционального тестирования легких *Quark PFT (COSMED, 2020)*. При форсированной спирометрии определялись показатели форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ), объема форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ_1) и соотношения $\text{ОФВ}_1 / \text{ФЖЕЛ}$.

DL_{CO} легких оценивалась методом однократного вдоха с задержкой дыхания, при этом определялись трансфер-фактор по монооксиду углерода (СО), скорректированный по уровню гемоглобина (DL_{COc}), объем альвеолярной вентиляции (VA) и константа Крога ($\text{DL}_{\text{COc}} / \text{VA}$) [11].

Все функциональные показатели были отнесены к должным значениям, от которых рассчитаны проценты. Должные значения определялись в соответствии со стратегией Глобальной инициативы по функции легких (*The Global Lung Function Initiative – GLI*).

Интерпретация оценки по тестам, шкалам и опросникам, 6-МШТ и электрокардиографии (ЭКГ) проводилась согласно стандартным рекомендациям и процедурам. Десатурация при выполнении 6-МШТ

определялась по уменьшению содержания в крови гемоглобина, насыщенного кислородом (SpO_2) к концу теста $> 4\%_{исх.}$ или снижению $SpO_2 < 90\%$ [12].

Статистический анализ данных проводился при помощи пакета прикладных программ SPSS-26 для Windows (Статистический пакет для социальных наук, SPSS Inc., Чикаго, Иллинойс, США). Количественные переменные исследованы на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро–Уилкса. Описание количественных данных представлено в виде медианы (*Me*) и 25-го и 75-го перцентилей *Me* ($Q1-Q3$). Описание частот номинальных признаков в исследуемой выборке представлено в виде *n* (%). Достоверность различий двух несвязанных выборок по количественному и порядковому признаку определялась при помощи U-критерия Манна–Уитни. Сравнение двух связанных (зависимых) выборок по количественному и порядковому признаку проводилось с помощью критерия Уилкоксона.

Анализ связи количественных признаков проводился при помощи метода ранговой корреляции Спирмена. Анализ влияния различных факторов на вероятность события проводился при помощи метода логистической регрессии. Рассчитывались отношение шансов (ОШ) и 95%-ные доверительные интервалы (ДИ).

Для оценки диагностической значимости количественных признаков применялся анализ ROC-кривых, результат которого был представлен как площадь под кривой (AUC), уровень диагностической значимости (*p*) и 95%-ный ДИ. Оптимальная точка отсечения соответствовала наибольшему индексу Юдена, для нее

определялись индексы чувствительности (*Se*) и специфичности (*Sp*). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Обследованы пациенты ($n = 51$, из них 29 (55,8 %) – женщины; *Me* возраста – 64,5 (60,0–70,0) года), перенесшие COVID-19. Через 3 мес. наблюдения после стационарного лечения из исследования выбыли 8 пациентов: 5 отказались от дальнейшего участия в исследовании, в 3 случаях зафиксирован летальный исход, в т. ч. вследствие массивной тромбоэмболии легочной артерии ($n = 2$) и острой сердечно-сосудистой недостаточности ($n = 1$).

Из клинических симптомов в 45 (88,2 %) случаях отмечались слабость, 29 (56,9 %) обследуемых предъявляли жалобы на артралгии. Одышка при физической нагрузке 0, I и II степени тяжести по mMRC отмечена у 4 (7,8 %), 32 (62,7 %) и 15 (29,4 %) пациентов соответственно. Плохо корригируемая артериальная гипертензия отмечена у 12 (23,5 %), впервые выявленный сахарный диабет 2-го типа – у 5 (9,8 %) пациентов.

Сравнительный анализ выраженности одышки и параметров 6-МШТ, данных УЗИ легких, показателей ЭхоКГ через 3 мес. после выписки по сравнению с госпитальным этапом представлен в табл. 1.

Отмечена положительная динамика в виде уменьшения выраженности одышки по шкале mMRC, увеличения SpO_2 и дистанции, пройденной при выполнении 6-МШТ, снижения SpO_2 при выполнении

Таблица 1
Динамика нарушения воздушности легочной ткани и функциональных показателей у взрослых пациентов, перенесших COVID-19 (n = 51)

Table 1
Changes in the impaired lung tissue airiness and functional parameters in post-COVID-19 adult patients (n = 51)

Показатель	Госпитальный этап	Через 3 мес. после выписки	<i>p</i>
Оценка по УЗИ, баллы	23,0 (20,0–25,0)	14,5 (11,0–16,8)	0,000
SpO_2 , %	96,0 (94,0–97,0)	97,0 (96,0–98,0)	0,000
ФВ ЛЖ, %	56,0 (52,0–58,0)	56,0 (53,0–59,0)	0,342
КДО ЛЖ, мл	105,0 (93,5–124,0)	104,5 (92,3–117,3)	0,527
$S_{лп}$, см ²	17,0 (15,0–20,2)	16,4 (14,0–18,0)	0,088
$S_{пп}$, см ²	15,2 (14,0–17,6)	14,4 (12,7–16,5)	0,081
ПЖ базальный сегмент, мм	29,5 (30,0–35,0)	30,0 (30,0–35,3)	0,585
СДЛА, мм рт. ст.	25,0 (20,5–40,0)	22,0 (18,0–32,0)	0,003
TAPSE, мм	21,4 (19,0–23,0)	21,0 (19,7–22,1)	0,935
TAPSE / СДЛА, мм / мм рт. ст.	0,83 (0,56–1,06)	1,00 (0,65–1,13)	0,009
Дистанция 6-МШТ, м	200,0 (120,0–290,0)	437,0 (360,0–480,0)	0,000
ΔSpO_2 , %	3,0 (1,0–6,0)	1,0 (0,0–2,0)	0,000
$\Delta Borg$, баллы	2 (1–3)	2 (1–3)	0,475
mMRC, <i>n</i> (%)	2 (2–2)	1 (1–2)	0,000

Примечание: УЗИ – ультразвуковое исследование; SpO_2 – насыщение гемоглобина артериальной крови кислородом; ФВ – фракция выброса; ЛЖ – левый желудочек; КДО – конечный диастолический объем; $S_{лп}$ – площадь левого предсердия; $S_{пп}$ – площадь правого предсердия; ПЖ – правый желудочек; СДЛА – систолическое давление в легочной артерии; TAPSE (Tricuspidal Annular Plane Systolic Excursion) – систолическая экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана; 6-МШТ – 6-минутный шаговый тест; mMRC (modified Medical Research Council Dyspnea Scale) – модифицированная шкала Британского медицинского исследовательского совета для оценки тяжести одышки.

нагрузки. Значимых изменений по данным ЭКГ не зарегистрировано.

При корреляционном анализе выявлена статистически значимая прямая связь между тяжестью одышки по шкале mMRC и выраженностью тревоги ($r = 0,296$; $p = 0,046$).

Несмотря на статистически значимую положительную динамику по данным УЗИ ($Me = 14,5$ балла vs 23,0 балла на госпитальном этапе), у всех пациентов сохранялись изменения легочной ткани разной степени выраженности. Так, наличие хотя бы 1 консолидата любого размера выявлено у 40 (78,4 %) больных.

По данным корреляционного анализа выявлены статистически достоверные связи между оценкой по УЗИ изменений воздушности легочной ткани и рядом функциональных показателей (табл. 2). В частности, отмечена положительная корреляция с выраженностью одышки, СДЛА, отрицательная — с показателями SpO_2 и фракции выброса ЛЖ.

При улучшении легочной гемодинамики и функционального статуса ПЖ СДЛА > 35 мм рт. ст. сохранялось в 9 (17,6 %) случаях, увеличение площади правого предсердия > 18 см² — в 9 (17,6 %). Снижение TAPSE < 17 мм выявлено у 3 (5,9 %), а TAPSE / СДЛА $< 0,55$ мм / мм рт. ст. — у 7 (13,7 %) больных, при этом TAPSE / СДЛА $< 0,31$ мм рт. ст. определялось в 1 случае. Статистически достоверной корреляционной связи между СДЛА и SpO_2 не получено ($r = -0,269$; $p = 0,062$).

Результаты исследования легочной функции представлены в табл. 3. Снижение показателя ОФВ₁ / ФЖЕЛ < 70 % выявлено у 6 (11,5 %) больных, ФЖЕЛ < 80 %_{долж.} — у 9 (17,3 %), DL_{CO} < 80 %_{долж.} — у 12 (23,1 %) пациентов.

У больных с сохраненной и нарушенной DL_{CO} легких наблюдались статистически значимые различия выраженности изменений воздушности легких по данным УЗИ и величине D-димера, зарегистрированных в период стационарного лечения (табл. 4). Снижение DL_{CO} легких через 3 мес. после выписки сопровождалось статистически достоверным уменьшением дистанции, пройденной при выполнении 6-МШТ, и увеличением объема поражения легких по данным УЗИ легких (см. табл. 4). По показателям, определяемым при ЭхоКГ, значимых отличий в группах не выявлено.

Сравнительная характеристика показателей у взрослых пациентов, перенесших COVID-19, с сохраненной и нарушенной диффузионной способностью легких (3 мес. после выписки)

Comparative characteristics of post-COVID-19 adult patients with preserved and impaired lung diffusion capacity (3 months after the discharge)

Показатель	DL _{CO} < 80 % _{долж.} (n = 12)	DL _{CO} ≥ 80 % _{долж.} (n = 39)	p
Оценка по УЗИ (госпитальный этап), баллы	25,5 (24,5–28,3)	20,5 (16,8–22,5)	0,004
Уровень D-димера (госпитальный этап), нг / мл	694,0 (367,3–1940,0)	399,0 (325,3–504,5)	0,037
Оценка по УЗИ через 3 мес. после выписки, баллы	18,0 (15,0–18,8)	14,0 (9,8–16,8)	0,043
Дистанция 6-МШТ (3 мес. после выписки), м	345,0 (285,0–441,3)	485,0 (410,0–547,5)	0,025

Примечание: УЗИ – ультразвуковое исследование; 6-МШТ – 6-минутный шаговый тест.

Таблица 2 Корреляционная связь оценки по данным ультразвукового исследования и функциональных показателей у взрослых пациентов, перенесших COVID-19, через 3 мес. после выписки (n = 51)

Table 2 Correlation of ultrasound score and functional parameters in post-COVID-19 adult patients 3 months after the discharge (n = 51)

Параметр	r (УЗИ)	p
ФВ ЛЖ, %	-0,371	0,008
СДЛА, мм рт. ст.	0,333	0,017
TAPSE / СДЛА, мм / мм рт. ст.	-0,311	0,030
Дистанция 6-МШТ, м	-0,387	0,006
SpO ₂ , %	-0,631	0,000
Оценка по шкале Borg в покое, баллы	0,550	0,000
Δ ЧДД в минуту	0,310	0,028
Δ SpO ₂ , %	0,329	0,019
mMRC, баллы	0,493	0,000

Примечание: УЗИ – ультразвуковое исследование; ФВ – фракция выброса; ЛЖ – левый желудочек; СДЛА – систолическое давление в легочной артерии; TAPSE (Tricuspidal Annular Plane Systolic Excursion) – систолическая экскурсия фиброзного кольца трикуспидального клапана; 6-МШТ – 6-минутный шаговый тест; SpO₂ – насыщение гемоглобина кислородом; ЧДД – частота дыхательных движений; mMRC (modified Medical Research Council Dyspnea Scale) – модифицированная шкала Британского медицинского исследовательского совета для оценки тяжести одышки.

Таблица 3 Показатели исследования функции легких у взрослых пациентов, перенесших COVID-19 через 3 мес. после выписки (n = 51)

Table 3 Lung function in post-COVID-19 adult patients 3 months after the discharge (n = 51)

Параметр, % _{долж.}	Me (Q1–Q3)
ФЖЕЛ	98,5 (82,3–116,3)
ОФВ ₁	99,0 (76,5–115,5)
ОФВ ₁ / ФЖЕЛ	77,6 (71,6–87,0)
DL _{CO}	86,4 (80,1–92,8)
DL _{CO} / VA	90,5 (82,9–94,9)

Примечание: ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; DL_{CO} – диффузионная способность легких; DL_{CO} / VA – константа Крога.

Таблица 4

Сравнительная характеристика показателей у взрослых пациентов, перенесших COVID-19, с сохраненной и нарушенной диффузионной способностью легких (3 мес. после выписки)

Table 4 Comparative characteristics of post-COVID-19 adult patients with preserved and impaired lung diffusion capacity (3 months after the discharge)

Показатель	DL _{CO} < 80 % _{долж.} (n = 12)	DL _{CO} ≥ 80 % _{долж.} (n = 39)	p
Оценка по УЗИ (госпитальный этап), баллы	25,5 (24,5–28,3)	20,5 (16,8–22,5)	0,004
Уровень D-димера (госпитальный этап), нг / мл	694,0 (367,3–1940,0)	399,0 (325,3–504,5)	0,037
Оценка по УЗИ через 3 мес. после выписки, баллы	18,0 (15,0–18,8)	14,0 (9,8–16,8)	0,043
Дистанция 6-МШТ (3 мес. после выписки), м	345,0 (285,0–441,3)	485,0 (410,0–547,5)	0,025

Примечание: УЗИ – ультразвуковое исследование; 6-МШТ – 6-минутный шаговый тест.

По данным корреляционного анализа определены статистически достоверные связи между DL_{CO} (% долж.) и общей оценкой нарушения воздушности легочной ткани по УЗИ на госпитальном этапе и через 3 мес. после выписки из стационара ($r = -0,520$; $p = 0,000$; $r = -0,604$; $p = 0,000$ соответственно).

По результатам одномерного логистического регрессионного анализа показано, что увеличение нарушения воздушности легочной ткани, определенного по данным УЗИ на госпитальном этапе, ассоциировано с повышением вероятности нарушения DL_{CO} легких через 3 мес. после выписки из стационара (ОШ – 1,365; 95%-ный ДИ – 1,104–1,688; $p = 0,004$). Аналогичные результаты получены и при оценке в баллах нарушения воздушности легочной ткани по данным УЗИ через 3 мес. после выписки из стационара (ОШ – 1,388; 95%-ный ДИ – 1,107–1,740; $p = 0,004$).

ROC-кривая зависимости вероятности нарушения DL_{CO} от объема поражения легких по данным УЗИ на этапе стационарного лечения представлена на рис. 1. Площадь под ROC-кривой составила 0,802 (95%-ный ДИ – 0,681–0,923). Пороговое значение оценки по УЗИ в точке отсечения составило 24,5 балла, чувствительность – 83,3 %, специфичность – 70,2 %.

Аналогичная ROC-кривая зависимости вероятности нарушения DL_{CO} от объема поражения легких

по данным УЗИ через 3 мес. после выписки представлена на рис. 2. Площадь под ROC-кривой составила 0,846 (95%-ный ДИ – 0,719–0,972). Пороговое значение оценки по УЗИ в точке отсечения составило 15,5 балла, чувствительность – 83,3 %, специфичность – 77,5 %.

При оценке психического статуса в период стационарного лечения астения отмечена у всех пациентов. На госпитальном этапе тревожность наблюдалась у 43 (72,9 %) пациентов: у 4 (9,3 %) – низкой, у 26 (60,5 %) – умеренной, у 13 (30,2 %) – высокой степени. У 28 (47,5 %) пациентов наблюдалась депрессия: легкой формы – у 13 (46,4 %) пациентов, средней – у 11 (39,3 %), выраженная – у 4 (14,3 %). Предметные когнитивные нарушения отмечены у 12 (20,3 %) пациентов. Через 3 мес. астения сохранялась у всех пациентов, депрессия отмечена у 22 (43,1 %) пациентов, тревожность – у 36 (70,6 %), когнитивные расстройства – у 9 (17,6 %), при этом выраженность астении, тревожности и депрессии статистически значимо уменьшилась, а когнитивный статус улучшился (табл. 5).

Через 3 мес. после выписки из стационара по данным корреляционного анализа выявлена статистически значимая положительная связь тяжести депрессии с возрастом пациентов ($r = 0,517$; $p = 0,049$) и обратная корреляционная связь – между астенией и дистанци-

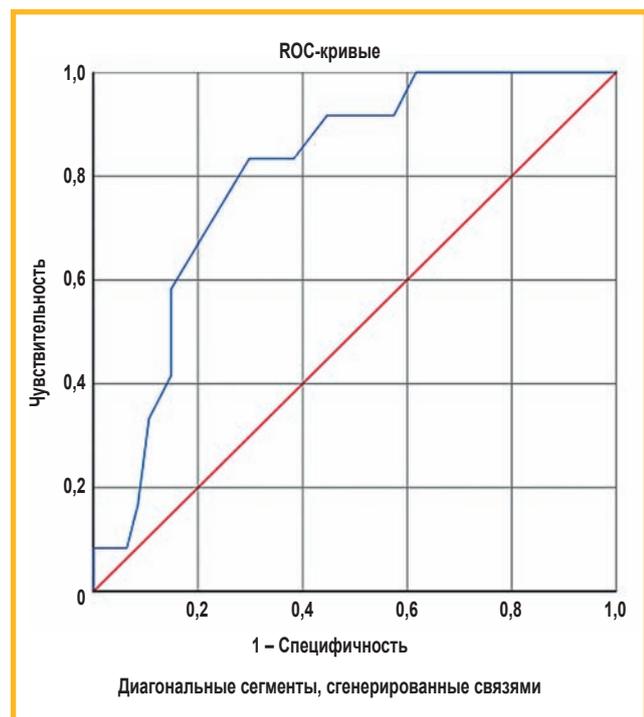


Рис. 1. Кривая, полученная с помощью ROC-анализа при оценке зависимости вероятности нарушения диффузионной способности легких от объема поражения легких (оценка по данным ультразвукового исследования, баллы) на этапе стационарного лечения

Примечание: ROC-анализ (Receiver Operating Characteristic) – рабочая характеристика приемника.

Figure 1. The curve obtained using ROC analysis assessing the dependence of the probability of impaired lung diffusion capacity on the volume of lung damage (assessed by ultrasound score) during the inpatient treatment

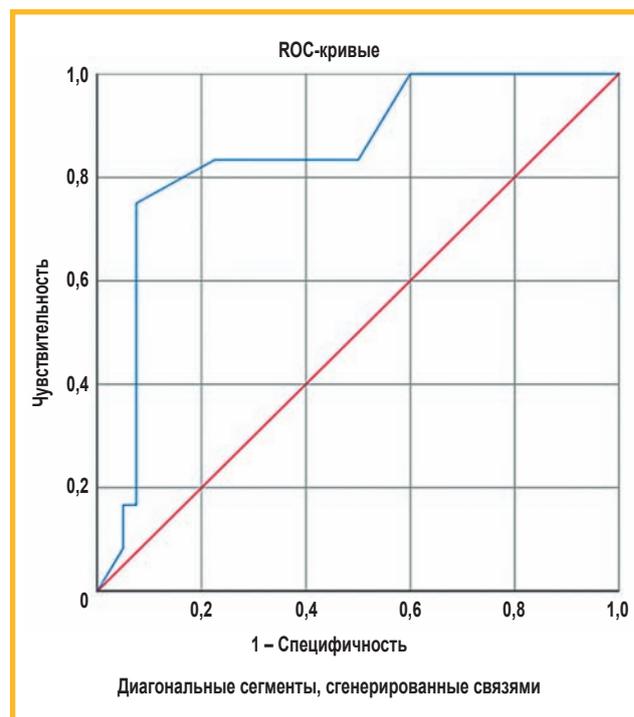


Рис. 2. Кривая, полученная с помощью ROC-анализа, при оценке зависимости вероятности нарушения диффузионной способности легких от объема поражения легких (оценка по данным ультразвукового исследования, баллы) через 3 мес. после выписки из стационара

Примечание: ROC-анализ (Receiver Operating Characteristic) – рабочая характеристика приемника.

Figure 2. The curve obtained using ROC analysis assessing the dependence of the probability of impaired lung diffusion capacity on the volume of lung damage (assessed by ultrasound score) 3 months after discharge from the hospital

Таблица 5
Динамика психоэмоционального состояния взрослых пациентов, перенесших COVID-19, через 3 мес. после выписки из стационара (n = 51)

Table 5

Changes in the psychoemotional state of post-COVID-19 adult patients 3 months after discharge from the hospital (n = 51)

Методы оценки	Госпитальный период	3 мес. после выписки	p
Шкала депрессии Бека (n = 22)	14,5 (10,0–17,0)	10,0 (7,5–14,3)	0,009
MFI-20 (n = 51)	65,0 (62,0–68,0)	54,0 (49,0–59,0)	0,000
Шкала ситуативной тревожности Спилберга–Ханина (n = 36)	40,5 (34,0–45,0)	34,5 (26,5–43,5)	0,001
MMSE (n = 9)	27,0 (26,5–27,0)	28,0 (27,0–30,0)	0,031

Примечание: MFI-20 (Multidimensional Fatigue Inventory) – субъективная шкала оценки астении; MMSE (Mini Mental State Examination) – краткая шкала оценки психического статуса.

ей, пройденной при выполнении 6-МШТ ($r = -0,365$, $p = 0,011$).

Обсуждение

По мере увеличения числа пациентов, перенесших COVID-19, становится очевидным, что для многих людей «выздоровление» не является синонимом возвращения к прежнему состоянию здоровья. В литературе описано длительное сохранение симптомов у лиц, перенесших COVID-19 после выписки из стационара, что явилось причиной появления таких терминов, как «продолженный COVID-19» и «постковидный синдром» [13–16].

Следует отметить, что COVID-19 является не единственной респираторной вирусной инфекцией, для которой описано длительное сохранение респираторных жалоб и объективных изменений. Так, в частности, длительное сохранение структурных изменений в легких и функциональных нарушений отмечено у пациентов, перенесших инфекцию SARS-CoV [17].

Последствия COVID-19 у взрослых продолжают активно изучаться в различных странах, в т. ч. в Российской Федерации [18–21]. Особенностью настоящего исследования является комплексный анализ структурных (нарушение воздушности легочной ткани по данным УЗИ легких и размеры полостей сердца, толщина стенок камер сердца и клапанный аппарат по данным ЭхоКГ) и функциональных изменений, затрагивающих в первую очередь бронхолегочную и сердечно-сосудистую системы в когорте пациентов пожилого возраста, а также динамический мониторинг их психоэмоциональных нарушений.

Для оценки изменений в легких вместо рентгенологических методов использовалось УЗИ легких. Известно, что по данным УЗИ демонстрируется высокая согласованность с КТ ОГК как при COVID-19, так и при инфекционном поражении легких другой этиологии [22–25]. Это дает возможность вести наблюдение за значительно большим числом пациентов, перенесших COVID-19, т. к. метод является доступным, простым и безопасным.

Следует отметить, что через 3 мес. после выписки у всех выживших пациентов отмечено субъективное улучшение состояния по сравнению с периодом стационарного лечения. Тем не менее у значительной доли больных сохранялись слабость и одыш-

ка. Полученные результаты согласуются с данными систематического обзора *S. Lopez-Leon et al.*, по результатам которого показано, что у 58 % пациентов с постковидным синдромом регистрировались усталость и слабость, а у 24 % – одышка, т. е. эти жалобы были одними из наиболее частых [26]. Через 3 мес. с момента госпитализации *T.V. Lerum et al.* отмечалась одышка 0–1 и ≥ 2 баллов по mMRC у 54 и 19 % пациентов соответственно [27]. Следует отметить, что за период наблюдения более чем у 20 % пациентов отмечалась дестабилизация артериального давления, а у 10 % выявлен сахарный диабет, что может быть обусловлено как самой инфекцией, так и проводимой терапией, в частности широким использованием дексаметазона.

При проведении УЗИ легких выявлена положительная динамика, заключающаяся в статистически значимом уменьшении объема поражения легочной ткани. Тем не менее у всех пациентов к данному периоду наблюдения оставались изменения той или иной степени выраженности, включая участки консолидации легочной ткани.

Остаточные изменения легочной паренхимы через 3 мес. после выписки из стационара по данным КТ ОГК выявлены *B. Bram van den Borst et al.* у 91 % пациентов [28]. Сходные данные были получены *T.V. Lerum et al.*, при этом сообщается о сохранении патологических изменений в легких у 71 % пациентов через 3 мес. после выписки [27]. Наиболее частыми изменениями по результатам КТ ОГК после перенесенного COVID-19 в указанный срок в разных исследованиях являлись зоны «матового стекла» и ретикулярные изменения [21, 29].

A. Fortini et al. динамика изменений в легких после COVID-19 оценивалась с использованием УЗИ [30]. Остаточные изменения выявлены только в 25,4 % случаев, что не согласуется с полученными в настоящей работе результатами. Существенно более низкий процент поражения может быть обусловлен более поздними сроками обследования больных (3–6 мес. после выписки), а также, возможно, включением пациентов с исходно менее тяжелым поражением легких. В настоящее исследование включались пациенты с поражением легких ≥ 25 % по данным КТ ОГК (II степень тяжести по данным КТ – у 34 (66,7 %) пациентов, III степень – у 14 (27,4), IV степень – у 3 (5,9)). Клиническое состояние пациентов было следующим:

среднетяжелое – у 34 (66,7 %), тяжелое – у 8 (15,7 %), крайне тяжелое – 9 (17,6 %).

Через 3 мес. наблюдения проведено сопоставление объема поражения легких в остром периоде по данным КТ ОГК и УЗИ легких. При оценке сердечно-сосудистой системы в ходе наблюдения показано статистически значимое снижение СДЛА, улучшение сердечно-сосудистого сопряжения между ПЖ и легочной артерией. Положительные изменения отмечены также в функциональном статусе пациентов: так, отмечалось значимое увеличение дистанции, пройденной при выполнении 6-МШТ, а также уменьшение выраженности десатурации при выполнении физической нагрузки. Значимых нарушений ритма и проводимости при выполнении ЭКГ по сравнению с таковыми показателями на стационарном этапе лечения у пациентов не выявлено.

При выполнении функциональных исследований наиболее значимой находкой явилось снижение газотранспортной функции легких ($DL_{CO} < 80\%$ ^{долж.}), которое через 3 мес. наблюдения выявлено у 23,1 % больных. Полученные результаты в целом согласуются с другими российскими и международными исследованиями, по данным которых частота нарушения DL_{CO} легких у пациентов, перенесших COVID-19, различалась от 24 до 73 %, закономерно возрастая у лиц с тяжелым поражением легких [21, 27, 30, 31]. По данным И.В.Лещенко и Т.В.Глушковой показано, что через 3 мес. наблюдения уровень $DL_{CO} < 80\%$ зарегистрирован у 46 % пациентов при поражении 35 (25–45) % легочной ткани по данным КТ и у 54 % пациентов – при поражении легочной ткани 75 (62–75) % [32]. Пациенты с $DL_{CO} < 60\%$ статистически значимо чаще переносили тяжелую форму COVID-19, нуждались в проведении высокопоточной кислородотерапии и пребывали в отделении реанимации и интенсивной терапии [33].

При сравнительном анализе характеристик пациентов с сохраненной и нарушенной DL_{CO} легких выявлены статистически достоверные различия в группах по уровню D-димера на этапе стационарного лечения. Это может свидетельствовать о том, что в патогенезе нарушения газотранспортной функции у больных COVID-19-ассоциированным повреждением легких значимым является не только повреждение альвеолярной поверхности, но и нарушение микроциркуляции с тромбообразованием в легочных сосудах.

По данным исследования выявлены статистически достоверные связи между нарушением газотранспортной способности легких и объемом поражения легких по данным УЗИ как на госпитальном этапе, так и через 3 мес. после выписки из стационара. В работе В.В.Брам ден Борст *et al.* также получена статистически достоверная корреляционная связь между изменениями легочной паренхимы и снижением DL_{CO} легких через 3 мес. после перенесенного COVID-19 [28].

Пороговое значение суммы баллов при УЗИ легких, определяющее вероятное нарушение DL_{CO} легких, через 3 мес. составило 24,5 для стационарного и 15,5 – для амбулаторного этапа. Поскольку прове-

дение функциональных легочных тестов для оценки газотранспортной способности легких не всегда доступно, то УЗИ может служить инструментом отбора больных, нуждающихся в последующем наблюдении с обязательным выполнением функциональных легочных тестов на амбулаторном этапе.

Постинфекционная астения представляет собой достаточно распространенный синдром, основными проявлениями которого являются выраженная утомляемость, слабость, усталость. Повышенная утомляемость приводит к снижению качества жизни в среднем на 50 % по сравнению с исходным уровнем и сохраняется от нескольких недель до ≥ 6 мес., что согласуется с полученными данными [34]. При оценке психического статуса через 3 мес. после острого периода заболевания у всех обследованных пациентов сохранялась астения. Тревожность и депрессия статистически значимо уменьшились, а когнитивный статус улучшился. По данным М.Г.Мазза *et al.* через 3 мес. после перенесенного COVID-19 также отмечено снижение тревожности без существенного изменения тяжести депрессии [35].

Поражение нервной системы при COVID-19 связывают с гипоксически-ишемическими изменениями и повреждением мелких сосудов головного мозга, протекающими на фоне системного воспаления и окислительного стресса во время острого периода инфекции, возможной длительной персистенцией SARS-CoV-2 в тканях мозга, что приводит к гибели нейронов. Кроме того, определенный вклад в развитие нарушений в эмоциональной сфере мог быть связан с ограничением передвижения и социальной изоляцией пациентов в первый год пандемии [36].

В то же время необходимо принять во внимание отсутствие исходных данных о наличии и степени выраженности эмоциональных и когнитивных нарушений у пациентов данной когорты, что затрудняет установление причинно-следственной связи выявленных изменений с перенесенной инфекцией. Аналогичные ограничения касаются ряда функциональных тестов и инструментальных исследований (например, ЭхоКГ), хотя пациенты с вероятными потенциальными отклонениями и симптомами, обусловленными хронической сопутствующей патологией, не включались в исследование.

Заключение

Результаты исследования свидетельствуют о том, что через 3 мес. после выписки из стационара у значительной части взрослых пациентов сохранялись жалобы (слабость, одышка), эмоциональные нарушения и патологические изменения в легких по данным УЗИ.

Несмотря на субъективное улучшение, у части пациентов наблюдалось снижение физической активности, десатурация на фоне физической нагрузки, что отчетливо связано с объемом поражения легочной ткани, оцененной по суммарным данным УЗИ.

Снижение DL_{CO} легких являлось наиболее частым нарушением при функциональном исследовании легких, сопровождалось более значимыми изменениями

воздушности легочной ткани по данным УЗИ и более высоким уровнем D-димера во время стационарного лечения. УЗИ легких может использоваться как удобный, доступный и неинвазивный метод отбора пациентов, которым показано динамическое наблюдение, включающее функциональные легочные тесты (исследование газотранспортной функции).

Литература

- Wiersinga W.J., Rhodes A., Cheng A.C. et al. Pathophysiology, transmission, diagnosis, and treatment of coronavirus disease 2019 (COVID-19): a review. *JAMA*. 2020; 324 (8): 782–793. DOI: 10.1001/jama.2020.12839.
- Cevik M., Kuppalli K., Kindrachuk J., Peiris M. Virology, transmission, and pathogenesis of SARS-CoV-2. *BMJ*. 2020; 371: m3862. DOI: 10.1136/bmj.m3862.
- Tsamakis K., Tsiptsios D., Ouranidis A. et al. COVID-19 and its consequences on mental health (review). *Exp. Ther. Med.* 2021; 21 (3): 244. DOI: 10.3892/etm.2021.9675.
- Liu D., Baumeister R.F., Zhou Y. Mental health outcomes of coronavirus infection survivors: a rapid meta-analysis. *J. Psychiatr. Res.* 2021; 137: 542–553. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2020.10.015.
- Комарова И.С., Мухина Н.В., Рачина С.А. и др. Структурно-функциональный статус сердечно-сосудистой, дыхательной систем и психоэмоциональные нарушения у пациентов с COVID-19 на момент выписки из стационара. *Профилактическая медицина*. 2024; 27 (5): 60–68. DOI: 10.17116/profmed20242705160.
- Bakalidou D., Krommydas G., Abdimioti T. et al. The dimensionality of the multidimensional fatigue inventory (MFI-20) derived from healthy adults and patient subpopulations: a challenge for clinicians. *Cureus*. 2022; 14 (6): e26344. DOI: 10.7759/cureus.26344.
- Алехин М.Н., Бартош-Зеленая С.Ю., Берестень Н.Ф. и др. Стандартизация проведения трансторакальной эхокардиографии у взрослых: консенсус экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАС-УДМ) и Российской ассоциации специалистов функциональной диагностики (РАСФД). *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2021; (2): 63–79. DOI: 10.24835/1607-0771-2021-2-63-79.
- Visseren F.L.J., Mach F., Smulders Y. M. et al. 2021 ESC guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur. Heart J.* 2021; 42 (34): 3227–3337. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab484.
- Peixoto A.O., Costa R.M., Uzun R. et al. Applicability of lung ultrasound in COVID-19 diagnosis and evaluation of the disease progression: a systematic review. *Pulmonology*. 2021; 27 (6): 529–562. DOI: 10.1016/j.pulmoe.2021.02.004.
- Demi L., Mento F., Di Sabatino A. et al. Lung ultrasound in COVID-19 and post-COVID-19 patients, an evidence-based approach. *J. Ultrasound Med.* 2022; 41 (9): 2203–2215. DOI: 10.1002/jum.15902.
- Stanojevic S., Graham B.L., Cooper B.G. et al. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur. Respir. J.* 2017; 50 (3): 1700010. DOI: 10.1183/13993003.00010-2017.
- Singh S.J., Puhan M.A., Andrianopoulos V. et al. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur. Respir. J.* 2014; 44 (6): 1447–1478. DOI: 10.1183/09031936.00150414.
- Oronsky B., Larson C., Hammond T.C. et al. A review of persistent post-COVID syndrome (PPCS). *Clin. Rev. Allergy Immunol.* 2023; 64 (1): 66–74. DOI: 10.1007/s12016-021-08848-3.
- Salamanna F., Veronesi F., Martini L. et al. Post-COVID-19 syndrome: the persistent symptoms at the post-viral stage of the disease. A systematic review of the current data. *Front. Med. (Lausanne)*. 2021; 8: 653516. DOI: 10.3389/fmed.2021.653516.
- Mandal S., Barnett J., Brill S.E. et al. 'Long-COVID': a cross-sectional study of persisting symptoms, biomarker and imaging abnormalities following hospitalisation for COVID-19. *Thorax*. 2021; 76 (4): 396–398. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2020-215818.
- World Health Organization. A clinical case definition of post COVID-19 condition by a Delphi consensus, 6 October 2021. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345824>
- Zhang P., Li J., Liu H. et al. Long-term bone and lung consequences associated with hospital-acquired severe acute respiratory syndrome: a 15-year follow-up from a prospective cohort study. *Bone Res.* 2020; 8: 8. DOI: 10.1038/s41413-020-0084-5.
- Dong E., Du H., Gardner L. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *Lancet Infect. Dis.* 2020; 20 (5): 533–534. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30120-1.
- Stewart I., Jacob J., George P.M. et al. Residual lung abnormalities following COVID-19 hospitalization: interim analysis of the UKILD Post-COVID study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2023; 207 (6): 693–703. DOI: 10.1164/rccm.202203-0564OC.
- Zhao Y.M., Shang Y.M., Song W.B. et al. Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EclinicalMedicine*. 2020; 25: 100463. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100463.
- Абдуллаева Г.Б., Авдеев С.Н., Фоминых Е.В. и др. Оценка отдаленных клинико-функциональных изменений у пациентов, перенесших тяжелое COVID-19-ассоциированное поражение легких. *Пульмонология*. 2023; 33 (4): 461–471. DOI: 10.18093/0869-0189-2023-33-4-461-471.
- Wang M., Luo X., Wang L. et al. A comparison of lung ultrasound and computed tomography in the diagnosis of patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Diagnostics (Basel)*. 2021; 11 (8): 1351. DOI: 10.3390/diagnostics11081351.
- Barbieri G., Gargani L., Lepri V. et al. Long-term lung ultrasound follow-up in patients after COVID-19 pneumonia hospitalization: a prospective comparative study with chest computed tomography. *Eur. J. Intern. Med.* 2023; 110: 29–34. DOI: 10.1016/j.ejim.2022.12.002.
- Рачина С.А., Стрелкова Д.А., Кабельо Монтойя Ф.Э. и др. УЗИ легких в диагностике SARS-CoV-2: проспективное сравнительное исследование 30 пациентов с COVID-19. *Вестник восстановительной медицины*. 2022; 21 (5): 9–19. DOI: 10.38025/2078-1962-2022-21-5-9-19.
- Chavez M.A., Shams N., Ellington L.E. et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis. *Respir. Res.* 2014; 15 (1): 50. DOI: 10.1186/1465-9921-15-50.
- Lopez-Leon S., Wegman-Ostrosky T., Perelman C. et al. More than 50 long-term effects of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Sci. Rep.* 2021; 11 (1): 16144. DOI: 10.1038/s41598-021-95565-8.
- Lerum T.V., Aaløkken T.M., Brønstad E. et al. Dyspnoea, lung function and CT findings 3 months after hospital admission for COVID-19. *Eur. Respir. J.* 2021; 57 (4): 2003448. DOI: 10.1183/13993003.03448-2020.
- van den Borst B., Peters J.B., Brink M. et al. Comprehensive health assessment 3 months after recovery from acute coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Clin. Infect. Dis.* 2021; 73 (5): e1089–1098. DOI: 10.1093/cid/ciaa1750.
- Sonnweber T., Sahanic S., Pizzini A. et al. Cardiopulmonary recovery after COVID-19: an observational prospective multicentre trial. *Eur. Respir. J.* 2021; 57 (4): 2003481. DOI: 10.1183/13993003.03481-2020.
- Fortini A., Torrigiani A., Sbaragli S. et al. COVID-19: persistence of symptoms and lung alterations after 3–6 months from hospital discharge. *Infection*. 2021; 49 (5): 1007–1015. DOI: 10.1007/s15010-021-01638-1.
- Черняк А.В., Карчевская Н.А., Савушкина О.И. и др. Функциональные изменения системы дыхания у пациентов, перенесших COVID-19-ассоциированное поражение легких. *Пульмонология*. 2022; 32 (4): 558–567. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-4-558-567.
- Лещенко И.В., Глушкова Т.В. Клинико-функциональная характеристика постковидного периода (6-месячное наблюдение). *Пульмонология*. 2022; 32 (6): 795–805. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-6-795-805.
- Глушкова Т.В., Лещенко И.В., Скорняков С.Н., Савельев А.В. Функциональная и рентгенологическая оценка респираторной системы у пациентов с нарушениями диффузионной способности легких в постковидном периоде. *Туберкулез и болезни легких*. 2023; 101 (3): 44–51. DOI: 10.58838/2075-1230-2023-101-3-44-51.
- Ивонина Н.А., Петров К.Б. Применение нейротропной терапии у молодых пациентов с постковидным синдромом. *Журнал*

неврологии и психиатрии имени С.С.Корсакова. 2022; 122 (3): 126–130. DOI: 10.17116/jnevro2022122031126.

35. Mazza M.G., Palladini M., De Lorenzo R. et al. Persistent psychopathology and neurocognitive impairment in COVID-19 survivors: Effect of inflammatory biomarkers at three-month follow-up. *Brain Behav. Immun.* 2021; 94: 138–147. DOI: 10.1016/j.bbi.2021.02.021.
36. Premraj L., Kannapadi N.V., Briggs J. et al. Mid and long-term neurological and neuropsychiatric manifestations of post-COVID-19 syndrome: a meta-analysis. *J. Neurol. Sci.* 2022; 434: 120162. DOI: 10.1016/j.jns.2022.120162.

Поступила: 25.03.24
Принята к печати: 24.04.24

References

1. Wiersinga W.J., Rhodes A., Cheng A.C. et al. Pathophysiology, transmission, diagnosis, and treatment of coronavirus disease 2019 (COVID-19): a review. *JAMA.* 2020; 324 (8): 782–793. DOI: 10.1001/jama.2020.12839.
2. Cevik M., Kuppalli K., Kindrachuk J., Peiris M. Virology, transmission, and pathogenesis of SARS-CoV-2. *BMJ.* 2020; 371: m3862. DOI: 10.1136/bmj.m3862.
3. Tsamakidis K., Tsiptsios D., Ouranidis A. et al. COVID-19 and its consequences on mental health (review). *Exp. Ther. Med.* 2021; 21 (3): 244. DOI: 10.3892/etm.2021.9675.
4. Liu D., Baumeister R.F., Zhou Y. Mental health outcomes of coronavirus infection survivors: a rapid meta-analysis. *J. Psychiatr. Res.* 2021; 137: 542–553. DOI: 10.1016/j.jpsychires.2020.10.015.
5. Komarova I.S., Mukhina N.V., Rachina S.A. et al. [Structural-functional status of cardiovascular and respiratory systems, psychoemotional disorders in patients with COVID-19 at the time of hospital discharge]. *Profilakticheskaya meditsina.* 2024; 27 (5): 60–68. DOI: 10.17116/profmed20242705160 (in Russian).
6. Bakalidou D., Krommydas G., Abdimiotti T. et al. The dimensionality of the multidimensional fatigue inventory (MFI-20) derived from healthy adults and patient subpopulations: a challenge for clinicians. *Cureus.* 2022; 14 (6): e26344. DOI: 10.7759/cureus.26344.
7. Alekhin M.N., Bartosh-Zelenaya S.Yu., Beresten N.F. et al. [Standardization of transthoracic echocardiography in adults: an expert consensus statement from the Russian Association of Specialists in Ultrasound Diagnostics in Medicine (RASUDM) and the Russian Association of Specialists in Functional Diagnostics (RASFD)]. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika.* 2021; (2): 63–79. DOI: 10.24835/1607-0771-2021-2-63-79 (in Russian).
8. Visseren F.L.J., Mach F., Smulders Y. M. et al. 2021 ESC guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur. Heart J.* 2021; 42 (34): 3227–3337. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab484.
9. Peixoto A.O., Costa R.M., Uzun R. et al. Applicability of lung ultrasound in COVID-19 diagnosis and evaluation of the disease progression: a systematic review. *Pulmonology.* 2021; 27 (6): 529–562. DOI: 10.1016/j.pulmoe.2021.02.004.
10. Demi L., Mento F., Di Sabatino A. et al. Lung ultrasound in COVID-19 and post-COVID-19 patients, an evidence-based approach. *J. Ultrasound Med.* 2022; 41 (9): 2203–2215. DOI: 10.1002/jum.15902.
11. Stanojevic S., Graham B.L., Cooper B.G. et al. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur. Respir. J.* 2017; 50 (3): 1700010. DOI: 10.1183/13993003.00010-2017.
12. Singh S.J., Puhan M.A., Andrianopoulos V. et al. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur. Respir. J.* 2014; 44 (6): 1447–1478. DOI: 10.1183/09031936.00150414.
13. Oronsky B., Larson C., Hammond T.C. et al. A review of persistent post-COVID syndrome (PPCS). *Clin. Rev. Allergy Immunol.* 2023; 64 (1): 66–74. DOI: 10.1007/s12016-021-08848-3.
14. Salamanna F., Veronesi F., Martini L. et al. Post-COVID-19 syndrome: the persistent symptoms at the post-viral stage of the disease. A systematic review of the current data. *Front. Med. (Lausanne).* 2021; 8: 653516. DOI: 10.3389/fmed.2021.653516.
15. Mandal S., Barnett J., Brill S.E. et al. 'Long-COVID': a cross-sectional study of persisting symptoms, biomarker and imaging abnormalities following hospitalisation for COVID-19. *Thorax.* 2021; 76 (4): 396–398. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2020-215818.

16. World Health Organization. A clinical case definition of post COVID-19 condition by a Delphi consensus, 6 October 2021. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345824>
17. Zhang P., Li J., Liu H. et al. Long-term bone and lung consequences associated with hospital-acquired severe acute respiratory syndrome: a 15-year follow-up from a prospective cohort study. *Bone Res.* 2020; 8: 8. DOI: 10.1038/s41413-020-0084-5.
18. Dong E., Du H., Gardner L. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *Lancet Infect. Dis.* 2020; 20 (5): 533–534. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30120-1.
19. Stewart I., Jacob J., George P.M. et al. Residual lung abnormalities following COVID-19 hospitalization: interim analysis of the UKILD Post-COVID study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2023; 207 (6): 693–703. DOI: 10.1164/rccm.202203-0564OC.
20. Zhao Y.M., Shang Y.M., Song W.B. et al. Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery. *EclinicalMedicine.* 2020; 25: 100463. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100463.
21. Abdullaeva G.B., Avdeev S.N., Fominykh E.V. et al. [Assessment of long-term clinical and functional changes in patients recovering from severe COVID-19-associated lung damage]. *Pul'monologiya.* 2023; 33 (4): 461–471. DOI: 10.18093/0869-0189-2023-33-4-461-471 (in Russian).
22. Wang M., Luo X., Wang L. et al. A comparison of lung ultrasound and computed tomography in the diagnosis of patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Diagnostics (Basel).* 2021; 11 (8): 1351. DOI: 10.3390/diagnostics11081351.
23. Barbieri G., Gargani L., Lepri V. et al. Long-term lung ultrasound follow-up in patients after COVID-19 pneumonia hospitalization: a prospective comparative study with chest computed tomography. *Eur. J. Intern. Med.* 2023; 110: 29–34. DOI: 10.1016/j.ejim.2022.12.002.
24. Rachina S.A., Strelkova D.A., Cabello Montoya F.E. et al. [Lung ultrasound in COVID-19: practical experience in a multidisciplinary hospital]. *Vestnik vosstanovitel'noy meditsiny.* 2022; 21 (5): 9–19. DOI: 10.38025/2078-1962-2022-21-5-9-19 (in Russian).
25. Chavez M.A., Shams N., Ellington L.E. et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis. *Respir. Res.* 2014; 15 (1): 50. DOI: 10.1186/1465-9921-15-50.
26. Lopez-Leon S., Wegman-Ostrosky T., Perelman C. et al. More than 50 Long-term effects of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Sci. Rep.* 2021; 11 (1): 16144. DOI: 10.1038/s41598-021-95565-8.
27. Lerum T.V., Aaløkken T.M., Brønstad E. et al. Dyspnoea, lung function and CT findings 3 months after hospital admission for COVID-19. *Eur. Respir. J.* 2021; 57 (4): 2003448. DOI: 10.1183/13993003.03448-2020.
28. van den Borst B., Peters J.B., Brink M. et al. Comprehensive health assessment 3 months after recovery from acute coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Clin. Infect. Dis.* 2021; 73 (5): e1089–1098. DOI: 10.1093/cid/ciaa1750.
29. Sonnweber T., Sahanic S., Pizzini A. et al. Cardiopulmonary recovery after COVID-19: an observational prospective multicentre trial. *Eur. Respir. J.* 2021; 57 (4): 2003481. DOI: 10.1183/13993003.03481-2020.
30. Fortini A., Torrigiani A., Sbaragli S. et al. COVID-19: persistence of symptoms and lung alterations after 3–6 months from hospital discharge. *Infection.* 2021; 49 (5): 1007–1015. DOI: 10.1007/s15010-021-01638-1.
31. Chernyak A.V., Karchevskaya N.A., Savushkina O.I. et al. [Functional changes in the respiratory system after COVID-19-associated lung injury]. *Pul'monologiya.* 2022; 32 (4): 558–567. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-4-558-567 (in Russian).
32. Leshchenko I.V., Glushkova T.V. [Clinical and functional characteristics of the post-COVID period (6-month follow-up)]. *Pul'monologiya.* 2022; 32 (6): 795–805. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-6-795-805 (in Russian).
33. Glushkova T.V., Leschenko I.V., Skornyakov N., Savelyev A.V. [Functional and radiological assessment of the respiratory system in patients with impaired lung diffusion capacity in the post-COVID period. *Tuberkulez i bolezni legkikh.* 2023; 101 (3): 44–51. DOI: 10.58838/2075-1230-2023-101-3-44-51 (in Russian).
34. Ivonina N.A., Petrov K.B. [The use of neurotropic therapy in young patients with postcovid syndrome]. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S.S.Korsakova.* 2022; 122 (3): 126–130. DOI: 10.17116/jnevro2022122031126 (in Russian).

35. Mazza M.G., Palladini M., De Lorenzo R. et al. Persistent psychopathology and neurocognitive impairment in COVID-19 survivors: Effect of inflammatory biomarkers at three-month follow-up. *Brain Behav. Immun.* 2021; 94: 138–147. DOI: 10.1016/j.bbi.2021.02.021.
36. Premraj L., Kannapadi N.V., Briggs J. et al. Mid and long-term neurological and neuropsychiatric manifestations of post-COVID-19 syndrome: a meta-analysis. *J. Neurol. Sci.* 2022; 434: 120162. DOI: 10.1016/j.jns.2022.120162.

Received: March 25, 2023

Accepted for publication: April 24, 2024

Информация об авторах / Authors Information

Дельмаева Хедда Сайцелемовна – врач-терапевт отделения внутренних болезней Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени С.С.Юдина Департамента здравоохранения города Москвы»; тел.: (926) 885-42-41; e-mail: delmaev95rus@gmail.com (ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2595-4826>)

Kheda S. Delmaeva, Physician of the Internal Medicine Unit, Moscow State Budgetary Healthcare Institution “Moscow City Hospital named after S.S.Yudin”, Moscow Healthcare Department; tel.: (926) 885-42-41; e-mail: delmaev95rus@gmail.com (ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2595-4826>)

Мухина Надежда Владимировна – к. м. н., доцент кафедры госпитальной терапии № 2 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); тел.: (916) 643-25-91; e-mail: nadin-andreeva@yandex.ru (SPIN: 8572-1091; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1785-7276>)

Nadezhda V. Mukhina, Candidate of Medicine, Associate Professor of the Department of Hospital Therapy No.2, N.V.Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M.Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); tel.: (916) 643-25-91; e-mail: nadin-andreeva@yandex.ru (SPIN: 8572-1091; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1785-7276>)

Комарова Ирина Севастьяновна – к. м. н., доцент кафедры госпитальной терапии № 2 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); тел.: (926) 113-43-41; e-mail: plaksuchka@rambler.ru (SPIN: 9304-6713; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6425-0621>)

Irina S. Komarova, Candidate of Medicine, Associate Professor of the Department of Hospital Therapy No.2, N.V.Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M.Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); tel.: (926) 113-43-41; e-mail: plaksuchka@rambler.ru (SPIN: 9304-6713; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6425-0621>)

Неклюдова Галина Васильевна – д. м. н., профессор, профессор кафедры пульмонологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); тел.: (916) 296-01-64; e-mail: nekludova_gala@mail.ru (SPIN: 8956-9125; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9509-0867>)

Galina V. Nekludova, Doctor of Medicine, Professor, Professor of the Department of Pulmonology, N.V.Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M.Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); tel.: (916) 296-01-64; e-mail: nekludova_gala@mail.ru (SPIN: 8956-9125; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9509-0867>)

Метальников Артем Андреевич – врач-методист отдела анализа образовательных программ и научных исследований Национального медицинского исследовательского центра по профилю «Пульмонология» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); тел.: (910) 907-53-74; e-mail: artem.metalnikov@yandex.ru (ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0089-1153>)

Artem A. Metalnikov, Physician-methodologist, Department of analysis of Educational Programs and Scientific Research, National Medical Research Center for the profile “Pulmonology”, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M.Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); tel.: (910) 907-53-74; e-mail: artem.metalnikov@yandex.ru (ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0089-1153>)

Авдеев Сергей Николаевич – д. м. н., профессор, академик Российской академии наук, заведующий кафедрой пульмонологии Института клинической медицины имени Н.В.Склифосовского Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); главный внештатный специалист-пульмонолог Министерства здравоохранения Российской Федерации; директор Национального медицинского исследовательского центра по профилю «Пульмонология»; тел.: (499) 246-75-18; e-mail: serg_avdeev@list.ru (SPIN-код: 1645-5524; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5999-2150>)

Sergey N. Avdeev, Doctor of Medicine, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Pulmonology, N.V.Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M.Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); Chief Freelance Pulmonologist of the Ministry of Health of the Russian Federation; Director of the National Medical Research Center for Pulmonology; tel.: (499) 246-75-18; e-mail: serg_avdeev@list.ru (SPIN-code: 1645-5524; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5999-2150>)

Рачина Светлана Александровна – д. м. н., профессор, заведующая кафедрой госпитальной терапии № 2 Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); тел.: (910) 715-89-55; e-mail: svetlana.rachina@antibiotic.ru (SPIN: 1075-7329; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3329-7846>)

Svetlana A. Rachina, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Department of Hospital Therapy No.2, N.V.Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M.Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); tel.: (910) 715-89-55; e-mail: svetlana.rachina@antibiotic.ru (SPIN: 1075-7329; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3329-7846>)

Соколов Александр Александрович – заведующий отделением ультразвуковых исследований Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени С.С.Юдина Департамента здравоохранения города Москвы»; тел.: (906) 768-38-78; e-mail: alexandrsklv@gmail.com (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0760-7991>)

Alexander A. Sokolov, Head of the Ultrasound Diagnostics Department, Moscow State Budgetary Healthcare Institution “Moscow City Hospital named after S.S.Yudin”, Moscow Healthcare Department; tel.: (906) 768-38-78; e-mail: alexandrsklv@gmail.com (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0760-7991>)

Ананичева Наталья Александровна – руководитель Регионального сосудистого центра Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени С.С.Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», главный окружной кардиолог Южного административного округа Москвы; тел.: (916) 912-99-69; e-mail: n.ananicheva@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3142-619X>)

Natalia A. Ananicheva, Head of the Regional Vascular Center, Moscow State Budgetary Healthcare Institution “Moscow City Hospital named after S.S.Yudin”, Moscow Healthcare Department, Chief District Cardiologist of the Southern Administrative District, Moscow; tel.: (916) 912-99-69; e-mail: n.ananicheva@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3142-619X>)

Мирзахамидова Светлана Сергеевна – к. м. н., заместитель главного врача по лечебной работе Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени С.С.Юдина Департамента здравоохранения города Москвы»; тел.: (916) 206-33-08; e-mail: rimatevs@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5807-5027>)

Svetlana S. Mirzakhamidova, Candidate of Medicine, Deputy Chief Physician for Medical Work, Moscow State Budgetary Healthcare Institution “Moscow City Hospital named after S.S.Yudin”, Moscow Healthcare Department; tel.: (916) 206-33-08; e-mail: rimatevs@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5807-5027>)

Участие авторов

Дельмаева Х.С., Метальников А.А., Ананичева Н.А., Мирзахамидова С.С. – написание текста

Рачина С.А., Комарова И.С., Мухина Н.В. – концепция и дизайн исследования

Неклюдова Г.В., Комарова И.С., Мухина Н.В., Соколов А.А. – сбор и обработка материала

Неклюдова Г.В. – статистическая обработка данных

Авдеев С.Н., Рачина С.А. – редактирование текста

Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации, несут ответственность за целостность всех частей статьи.

Authors Contribution

Delmaeva Kh.S., Metalnikov A.A., Ananicheva N.A., Mirzakhamidova S.S. – writing the text

Rachina S.A., Komarova I.S., Mukhina N.V. – concept and design of the study

Nekludova G.V., Komarova I.S., Mukhina N.V., Sokolov A.A. – collection and processing of data

Nekludova G.V. – statistical processing of data

Avdeev S.N., Rachina S.A. – editing the text

All authors made a significant contribution to the search, analysis, and preparation of the article, read and approved the final version before publication, and are responsible for the integrity of all parts of the article.