ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛЕГКИХ У ПАЦИЕНТОВ С САРКОИДОЗОМ ДО И ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

Зубарев И.С., Попова Е.Н., Зубарева И.М., Ходакова Е.А., Зисман В.А., Серова Н.С.

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России
(Сеченовский Университет). г. Москва, Россия.

Саркоидоз характеризуется преимущественным поражением органов грудной клетки и вариативностью клинического течения, что затрудняет оценку динамики изменений лёгочной паренхимы и внутригрудных лимфатических узлов. Особую актуальность приобретает изучение влияния перенесённых пневмотропных вирусных инфекций на КТ-картину заболевания, поскольку постинфекционные изменения могут имитировать прогрессирование саркоидоза и усложнять клинико-рентгенологическую интерпретацию.

Цель исследования. Провести сравнительный анализ компьютерно-томографических изменений лёгочной паренхимы и внутригрудных лимфатических узлов у пациентов с саркоидозом до и после перенесённой инфекции COVID-19.

Материалы и методы. Выполнено ретроспективное одномоментное исследование, включившее 32 пациента с морфологически подтверждённым саркоидозом органов дыхания, перенесших COVID-19 в 2020–2023 гг. Для каждого пациента анализировались парные КТ-исследования, выполненные до и после коронавирусной инфекции. Оценка включала количественную и топографическую характеристику типов изменений легочной паренхимы: консолидации, очагов, интерстициальных и фиброзных изменений, нарушений архитектоники, а также изменений во внутригрудных лимфатических узлах. Сравнительный анализ проводился с использованием критериев Уилкоксона, x^2 Пирсона и парного t-теста.

Результаты. При сравнении МСКТ-изображений до и после перенесённой COVID-19-инфекции выявлено увеличение частоты выявления зон консолидации с 31,3% до 37,5% после COVID-19 соответственно, интерстициальных (с 65,6% до 75,0%) и фиброзных (с 75,0% до 84,4%) изменений легочной паренхимы при одновременном снижении распространённости очагов и внутригрудной лимфаденопатии. По данным полуколичественной оценки изменений в легких, выраженной в баллах, после COVID-19-инфекции обнаружено статистически значимое увеличение объёма консолидационных изменений (с 0,91 до 1,19; p=0,0385 соответственно) и нарастание фиброза (с 1,88 до 2,16; p=0,0244 соответственно), преимущественно за счёт вовлечения средних и нижних отделов лёгких, тогда как для других изменений достоверных различий получено не было. Прогрессирование фиброза и консолидации зарегистрировано у 34,4% и 25,0% пациентов соответственно и достоверно превышало частоту их обратного развития.

Обсуждение. Полученные данные свидетельствуют об усилении патологических изменений в легких у пациентов с саркоидозом после перенесенной COVID-19-инфекции, что сопровождается нарастание выраженности МСКТ-признаков. После вирусной инфекции отмечено увеличение частоты выявления зон консолидации, интерстициальных и фиброзных изменений при снижении распространённости очагов и внутригрудной лимфаденопатии, что может указывать на смещение характера поражения от гранулематозного к интерстициально-фиброзному компоненту.

Заключение. Выявленные особенности КТ-картины в легких при саркоидозе позволяют рассматривать COVID-19 как фактор риска неблагоприятной динамики течения заболевания и его профиброгенное влияние, и обосновывают необходимость более тщательного МСКТ-наблюдения за данной категорией пациентов. Полученные результаты подчёркивают перспективность дальнейшего изучения влияния пневмотропных вирусных инфекций на течение саркоидоза с применением динамического КТ-наблюдения и количественной оценки изменений лёгочной паренхимы, что будет способствовать более раннему выявлению отрицательной динамики течения заболевания для уточнения тактики наблюдения данных групп пациентов.

Ключевые слова: саркоидоз, COVID-19, компьютерная томография, интерстициальные заболевания лёгких, интерстициальный фиброз лёгких, лимфаденопатия, постковидные изменения.

Контактный автор: Зубарев И.С., e-mail: dr.zubarevwork@gmail.com

Для цитирования: Зубарев И.С., Попова Е.Н., Зубарева И.М., Ходакова Е.А., Зисман В.А., Серова Н.С. Сравнительная оценка компьютерно-томографических изменений в легких у пациентов с саркоидозом до и после перенесенной инфекции COVID-19. REJR 2026; 16(2):69-81. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-2-69-81.

Статья получена: 13.06.26 Статья принята: 01.08.26

COMPARATIVE ASSESSMENT OF COMPUTED TOMOGRAPHY LUNGS CHANGES IN PATIENTS WITH SARCOIDOSIS BEFORE AND AFTER COVID-19 INFECTION

Zubarev I.S., Popova E.N., Zubareva I.M., Khodakova E.A., Zisman V.A., Serova N.S.

Sechenov University. Moscow, Russia.

Sarcoidosis is characterized by predominant involvement of the thoracic organs and a variable clinical course, which complicates the assessment of changes in the lung parenchyma and intrathoracic lymph nodes over time. Particular relevance is given to studying the effect of previous pneumotropic viral infections on the CT pattern of the disease, since post-infectious changes may mimic sarcoidosis progression and complicate clinical and radiological interpretation.

Purpose. To conduct a comparative analysis of computed tomography changes in the lung parenchyma and intrathoracic lymph nodes in patients with sarcoidosis before and after COVID-19 infection.

Materials and Methods. A retrospective cross-sectional study was performed, including 32 patients with morphologically confirmed respiratory sarcoidosis who had COVID-19 in 2020–2023. For each patient, paired CT examinations performed before and after coronavirus infection were analyzed. The assessment included quantitative and topographic characterization of lung parenchymal changes, including consolidation, nodules, interstitial and fibrotic changes, architectural distortion, as well as changes in intrathoracic lymph nodes. Comparative analysis was performed using the Wilcoxon test, McNemar test, Pearson's x^2 test, and paired t-test.

Results. Comparison of MSCT images before and after COVID-19 infection revealed an increase in the detection rate of consolidation areas from 31.3% to 37.5%, interstitial changes from 65.6% to 75.0%, and fibrotic changes in the lung parenchyma from 75.0% to 84.4%, with a simultaneous decrease in the prevalence of nodules and intrathoracic lymphadenopathy. According to semi-quantitative scoring of lung changes, a statistically significant increase after COVID-19 infection was found in the extent of consolidative changes from 0.91 to 1.19 (p=0.0385) and in fibrosis from 1.88 to 2.16 (p=0.0244), mainly due to involvement of the middle and lower lung zones. No significant differences were obtained for other types of changes. Progression of fibrosis and consolidation was recorded in 34.4% and 25.0% of patients, respectively, and significantly exceeded the frequency of their regression.

Discussion. The obtained data indicate an increase in pathological lung changes in patients with sarcoidosis after COVID-19 infection, accompanied by worsening of the MSCT pattern. After viral infection, there was an increased frequency of consolidative, interstitial, and fibrotic changes, with a decrease in the prevalence of nodules and intrathoracic lymphadenopathy. This may indicate a shift in the pattern of lung involvement from a granulomatous component toward an interstitial-fibrotic component.

Conclusion. The identified CT features of lung involvement in sarcoidosis allow COVID-19 to be considered a risk factor for unfavorable disease dynamics and possible profibrotic effects, supporting the need for more careful MSCT follow-up in this category of patients. The results highlight the prospects for further studying the influence of pneumotropic viral infections on the course of sarcoidosis using dynamic CT monitoring and quantitative assessment of lung parenchymal changes, which may contribute to earlier detection of negative disease dynamics and help refine follow-up strategies for these patient groups.

Keywords: sarcoidosis, COVID-19, computed tomography, interstitial lung diseases, pulmonary interstitial fibrosis, lymphadenopathy, post-COVID changes.

Corresponding author: Zubarev I.S., e-mail: dr.zubarevwork@gmail.com

For citation: Zubarev I.S., Popova E.N., Zubareva I.M., Khodakova E.A., Zisman V.A., Ponomareva L.A., Serova N.S. Comparative assessment of computed tomography lungs changes in patients with sarcoidosis before and after covid-19 infectio. REJR 2026; 16(2):69-81. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-2-69-81.

Received: 13.06.26 **Accepted:** 01.08.26

Саркоидоз – мультисистемное гранулематозное заболевание неизвестной этиологии, которое в 90% случаев характеризуется поражением органов грудной полости, формируя специфическую компьютерно-томографическую (КТ) картину, включающую лимфаденопатию и широкий спектр легочных изменений [1-4]. Несмотря на длительное изучение, течение саркоидоза остается непредсказуемым и может варьировать от спонтанной ремиссии до прогрессирующего фиброза легких [5, 6].

Пандемия COVID-19, вызванная вирусом SARS-CoV-2, внесла новые сложности в ведении пациентов с интерстициальными заболеваниями легких. Установлено, что SARS-CoV-2 может вызывать стойкие постинфекционные изменения в легочной ткани, которые рентгенологически могут имитировать прогрессирование исходного заболевания [7, 8]. В то же время, иммунопатологические механизмы, лежащие в основе как саркоидоза (преимущественно Th1-опосредованное гранулематозное воспаление), так и тяжелых форм COVID-19 (гипериммунный ответ, «цитокиновый шторм»), создают теоретические предпосылки для взаимного влияния этих заболеваний [9-12].

На сегодняшний день остается дискуссионным вопрос о том, является ли перенесенная вирусная инфекция триггером обострения или прогрессирования саркоидоза, либо же она приводит к формированию независимых, наслаивающихся друг на друга паттернов поражения легких. Существующие на данный момент публикации носят преимущественно характер описания клинических случаев или небольших серий наблюдений, а доказательные данные, основанные на сравнительном анализе визуализационной картины «до» и «после» инфекции, практически отсутствуют [12-16]. Это создает значительные диагностические и тактические трудности для клиницистов и рентгенологов при интерпретации изменений на КТ у данной категории пациентов в постинфекционном периоде.

Цель исследования.

Провести сравнительный анализ характера и динамики компьютерно-томографических изменений в лёгких и внутригрудных лимфатических узлах у пациентов с саркоидозом до и после перенесенной инфекции COVID-19.

Материалы и методы.

Проведено ретроспективное одномоментное когортное исследование у 32 пациентов с саркоидозом органов дыхания, перенёсших COVID-19 инфекцию в период с 2020 по 2023 гг. Средний возраст пациентов составил 56,2±11,3 лет. Среди них было 20 женщин (62,5%) и 12 мужчин (37,5%). Диагноз «саркоидоз» был подтвержден морфологически (инвазивные методы верификации диагноза), а также клиническими и рентгенологическими критериями в соответствии с международными рекомендациями.

Критериями включения являлись: наличие морфологически верифицированного диагноза саркоидоз легких и внутригрудных лимфоузлов (ВГЛУ); зарегистрированный эпизод перенесённой COVID-19 инфекции, подтверждённый ПЦР-тестом или антигентестом и записями в медицинской документации; наличие доступных КТ-исследований лёгких в двух временных точках – до и после COVID-19; отсутствие других известных причин интерстициального поражения лёгких. КТ-исследование было выполнено через 12,0 ± 10,4 месяцев после перенесённой COVID-инфекции (медиана 8,5 мес.; диапазон 1,4-38,5 мес.).

Исследования были проведены на компьютерном томографе Toshiba «Asteon Multi S4» модель TSX – 02B и компьютерном томографе Toshiba «Aquilion prime 160» с использованием алгоритма высокого разрешения с

толщиной среза 1.0 и 2.0 мм и шагом 0.8 и 1.0 мм соответственно. Исследования выполнены в стандартном протоколе, в фазу вдоха, без контрастного усиления. Полученные изображения анализировались в различных электронных «окнах» – с постпроцессорной обработкой данных, включающей 2D-, 3D-алгоритмы, а также с использованием КТ-инструментов: MPR, VRT, MinIP/MIP, SSD.

При проведении исследования соблюдались этические принципы согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. От всех больных было получено информированное согласие в соответствии со стандартной процедурой ведения медицинской документации. База данных пациентов была создана при помощи программ Microsoft Excel, пакета Microsoft Office и SPSS Statistics, версия 27. Вся обработка и статистическая сводка баллов производились в анонимизированном виде, с исключением персональных данных.

Для оценки значимости различий до и после COVID-19 в частоте признаков сравниваемых выборок в зависимости от их размера применялись парный t-тест, критерий Уилкоксона (различия считали значимыми при $p<0,05$), критерий x2 Пирсона.

Результаты.

В исследование были включены 32 пациента с морфологически верифицированным диагнозом саркоидоза. Морфологическая верификация диагноза выполнялась в соответствии с клиническими рекомендациями с применением бронхоскопических и хирургических методов, включая биопсию лёгочной ткани, слизистой бронхов, внутригрудных и периферических лимфатических узлов, а также внелёгочных очагов.

Все пациенты находились под динамическим наблюдением в Клинике ревматологии, нефрологии и профпатологии им. Е.М. Тареева. Большинство пациентов (81%) относились к возрастной группе старше 50 лет, что отражает типичную эпидемиологию саркоидоза с пиком заболеваемости в данном возрасте [3, 4]. Инфекция COVID-19 была перенесена в большинстве случаев в 2021 (13 пациентов) или 2022 (14 пациентов) году, 4 пациента – в 2020, 1 пациент – в 2023 году. Интервал между КТ до COVID-19 и КТ после перенесённой коронавирусной инфекции составил в среднем 29,6 месяцев ± 20.0 месяцев.

Для оценки структурных изменений в легочной паренхиме и внутригрудных лимфатических узлах был проведён ретроспективный пересмотр КТ исследований, выполненных до и в сроки 8-9 месяцев после перенесенной инфекции COVID-19. Для стандартизации анализа легкие были условно разделены на три анатомических пояса (уровня): верхний пояс – от верхушек лёгких до уровня нижнего края II ребра, средний пояс – между нижними краями II и IV рёбер, нижний пояс – от нижнего края IV ребра до диафрагмы. Такое топографическое деление основывалось на ориентировочных анатомических структурах: нижний край II ребра соответствует уровню средней части дуги аорты, а нижний край IV ребра – луковице аорты.

При пересмотре КТ-изображений учитывались следующие типы изменений в легочной паренхиме: зоны консолидации, очаговые (узелковые) затемнения, интерстициальные изменения, фиброзные изменения. Для их оценки применялась полуколичественная балльная шкала в каждом из трёх анатомических поясов отдельно для правого и левого лёгкого: 0 баллов – изменение отсутствует,1 балл – изменение занимает до 25% объема пояса, 2 балла – 25–50% объема, 3 балла — более 50% объема одного лёгкого в пределах пояса. Таким образом, максимальный суммарный балл для одного паттерна по одному пациенту мог достигать 18 баллов (3 зоны × 2 лёгких × 3 балла). Дополнительно фиксировалось нарушение легочной архитектоники и наличие или отсутствие внутригрудной лимфаденопатии (ВГЛА). К нарушению архитектоники относили смещение анатомических структур, таких как: бронхи (деформация, ретракция, тракция), междолевая щель. Изменения классифицировались по степени выраженности: 1 балл – ограниченное нарушение архитектоники, 2 балла – распространённое, 3 балла – грубое (значительное смещение, деформация). При оценке ВГЛА фиксировалось наличие или отсутствие увеличения ВГЛУ. Лимфаденопатия оценивалась как: 1 балл – наличие, 0 баллов – отсутствие.

В таблице №1 приведены данные о числе пациентов, у которых соответствующий тип изменений был зарегистрирован в оба периода наблюдения.

После коронавирусной инфекции отмечено увеличение частоты выявления зон консолидации (+6,25%), интерстициальных (+9,37%) и фиброзных изменений (+9,38%), а также небольшое увеличение частоты выявления нарушений лёгочной архитектоники (+3,12%). Одновременно зарегистрировано снижение распространённости очаговых изменений (–9,38%) и уменьшение частоты поражения ВГЛУ (–9,38%).

В таблице№ 2 приведено распределение числа пациентов с наличием нарастания

Таблица №1. Частота выявления изменений в легких и ВГЛУ до и после перенесенной COVID-19-инфекции (n=32).

Тип изменений	Пациентов с признаком ДО COVID-19, n (%)	Пациентов с признаком ПОСЛЕ COVID-19, n (%)	Изменение числа пациентов, n (%)
Зоны консолидации	10 (31,25%)	12 (37,50%)	2 (+6,25%)
Очаги	25 (78,13%)	22 (68,75%)	-3 (-9,38%)
Интерстициальные изменения	21 (65,63%)	24 (75,00%)	3 (+9.37%)
Фиброзные изменения	24 (75,00%)	27 (84,38%)	3 (+9,38%)
Нарушение архитектоники	13 (40,63%)	14 (43,75%)	1 (+3,12%)
ВГЛА	9 (28,13%)	6 (18,75%)	-3 (-9,38%)

Таблица №2. Характер динамики КТ-изменений у пациентов с саркоидозом после перенесённой COVID-19-инфекции (n = 32).

Тип изменений	Число пациентов с отрицательной динамикой (увеличение баллов поражения), n (%)	Число пациентов без динамики, n (%)	Число пациентов с положительной динамикой (уменьшение баллов поражения), n (%)
Зоны консолидации	8 (25,00%)	22 (68,75%)	2 (6,25%)
Очаги	7 (21,88%)	20 (62,50%)	5 (15,63%)
Интерстициальные изменения	11 (34,38%)	15 (46,88%)	6 (18,75%)
Фиброзные изменения	6 (18,75%)	26 (81,25%)	0 (0%)
Нарушение архитектоники	4 (12,50%)	28 (87,50%)	0 (0%)
ВГЛА	1 (3,13%)	27 (84,38%)	4 (12,50%)

Таблица №3. Изменение степени выраженности КТ-изменений после перенесённой COVID-19-инфекции.

Тип изменений	Средний балл поражения ДО COVID-19, n=32 (95% ДИ)	Средний балл поражения ПОСЛЕ COVID-19, n=32 (95% ДИ)	p (Wilcoxon)
Зоны консолидации	0,906 (0,296 – 1,516)	1,188 (0,487 – 1,888)	0,0385
Очаги	2,969 (2,147 – 3,790)	3,062 (1,941 – 4,184)	0,7820
Интерстициальные изменения	2,156 (1,249 – 3,063)	2,375 (1,589 – 3,161)	0,6170
Фиброзные изменения	1,875 (1,276 – 2,474)	2,156 (1,521 – 2,791)	0,0244
Нарушение архитектоники	0,656 (0,331 – 0,981)	0,813 (0,419 – 1,206)	0,0588
ВГЛА	0,281 (0,117 – 0,446)	0,188 (0,045 – 0,330)	0,1797

или регресса исследуемых видов изменений легочной паренхимы. Течение интерстициальных изменений в 34,38% случаев характеризовалось отрицательной динамикой. У 25,00% пациентов отмечено нарастание зон консолидации, у 21,88% наблюдалось прогрессирование очаговых изменений. Нарастание фиброза наблюдалось у 18,75% пациентов, при этом при фиброзных изменениях и нарушении архитектоники положительная динамика не отмечена, так как данные изменения носят преимущественно необратимый характер.

Для оценки степени выраженности различных патологических паттернов применялась количественная оценка, в ходе которой выявлено увеличение среднего балла поражения легких в зонах с наличием консолидации с 0,906 (95% ДИ: 0,296–1,516) до 1,188 (95% ДИ: 0,487–1,888), что сопровождалось статистически значимым различием (p = 0,0385) (таблица №3). Более выраженное нарастание фиброза характеризовалось увеличением среднего балла с 1,875 (95% ДИ: 1,276–2,474) до 2,156 (95% ДИ: 1,521–2,791), что также сопровождалось статистически значимым отличием (p = 0,0244). Для нарушений архитектоники также наблюдалось увеличение баллов поражения с 0,656 (95% ДИ: 0,331–0,981) до 0,813 (95% ДИ: 0,419–1,206), однако различия не достигли статистической значимости (p = 0,0588). В отношении ВГЛУ зафиксировано снижение среднего балла их поражения с 0,281 (95% ДИ: 0,117–0,446) до 0,188 (95% ДИ: 0,045–0,330), также без статистически значимых различий (p = 0,1797) (рис. 1).

При оценке динамики нарастания зон консолидации выявлено значительное усиление выраженности изменений. В качестве примера на рис. 2 приведены иллюстрации КТ-изображений с атипичным (односторонним) вариантом расположения консолидационного компонента. В рамках подсчета данные изменения регистрировались как увеличение с 0 до 2 баллов.

Анализ локализации типов изменений показал различный вклад каждого пояса легких в общую динамику (таблица №4). Так, зоны консолидации нарастали преимущественно в нижних отделах легких (+83,33%).

После перенесённой инфекции наблюдались как количественные, так и топографические изменения очаговых образований. При этом у пациентов с отрицательной динамикой (n=7) зафиксировано выраженное нарастание очаговых изменений, в среднем, +3,75±1,61 балла поражения по всем трем поясам. У пациентов с положительной динамикой (n=5) снижение баллов поражения также было выраженным и составило в среднем –3,84±1,27 балла. Поэтому вклад в общую статистику был разнонаправленным, а средний прирост в когорте был незначителен. Снижение очаговой нагрузки у 5 пациентов может свидетельствовать об естественной регрессии саркоидоза или подавлении воспалительной активности посредством лекарственной терапии.

Интерстициальные изменения паренхимы наблюдались наиболее часто как до, так и после перенесённой COVID-19 инфекции. К интерстициальным изменениям в рамках исследования относили зоны «матового стекла», утолщение междольковых перегородок и внутридолькового интерстиция, перилимфатические микронодулярные очаги и ретикулярные изменения без уменьшения объёма лёгочной ткани и без признаков тракции бронхов/сосудов.

До перенесённой COVID-19 инфекции интерстициальные изменения в большинстве случаев носили умеренный характер. После перенесенной инфекции у 34,38% пациентов наблюдалось увеличение площади их распространения и/или степени выраженности, а у 3 пациентов (9,37%) выявлены новые участки интерстициального поражения, ранее не визуализировавшиеся. Отмечалась тенденция к более выраженному вовлечению нижних поясов, а также к появлению сочетанных изменений с нарастанием количества и площади очагового поражения и зон консолидации (рис.3).

У некоторых пациентов появились новые участки сетчатости с признаками тракционного влияния, преимущественно в базальных отделах, что может свидетельствовать о постковидных изменениях по типу начального фиброза. Также, отмечалась тенденция к более выраженному вовлечению средних и нижних отделов легких.

Однако, аналогично очаговым изменениям, снижение степени выраженности интерстициальных изменений также было значительным, в среднем, –4,53±1,34 балла при среднем приросте баллов у пациентов с отрицательной динамикой +4,98±1,68 баллов. В связи с этим, средняя сумма баллов поражения по всем пациентам и поясам увеличилась незначительно (с 2,156 (ДИ 95% 1,249 – 3,063) до 2,375 (ДИ 95% 1,589 – 3,161), поэтому статистически значимого сдвига внутри исследуемой когорты не было зарегистрировано.

Фиброзные изменения легочной паренхимы отражают структурную перестройку ткани в ответ на хроническое воспаление и

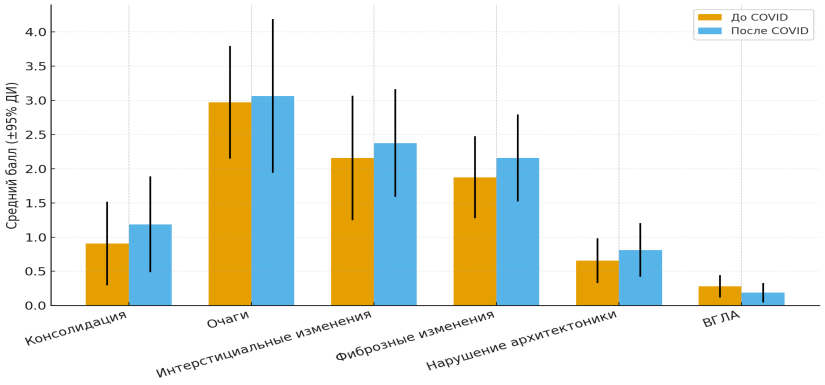

Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Диаграмма.

Диаграмма иллюстрирует изменение среднего балла выраженности исследуемых паттернов поражения легких до и после COVID-19.

Fig. 1. Diagram.

The chart illustrates the change in the mean severity score of the studied lung involvement patterns before and after COVID-19.

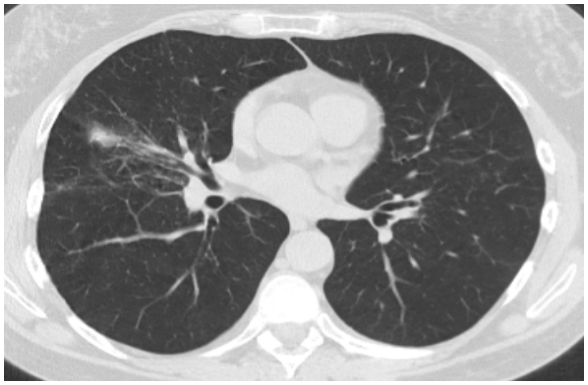

Рис. 2 а (Fig. 2 a)

Рис. 2 б (Fig. 2 b)

Рис. 2. МСКТ, аксиальный срез, легочное окно.

а – у пациента с морфологически верифицированным саркоидозом до COVID-19-инфекции в верхних и средних отделах легких визуализируются слабо выраженные ретикуло-нодулярные изменения. В средней доле правого легкого определяется участок пластинчатого фиброза с наличием металлического шовного материала.

б – через 2 месяца после короновирусной инфекции в обоих легких определяются более выраженные участки ретикуло-нодулярных изменений. В динамике в средней доле правого легкого отмечается появление зоны консолидации протяженностью до 77 мм с перифокальным уплотнением легочной ткани по типу «матового стекла», на фоне которой отсутствует значительная деформация просвета главных бронхов.

Fig. 2. MSCT, axial section, lung window.

a – mild reticulonodular changes are visualized in the upper and middle lung zones. In the middle lobe of the right lung, an area of plate-like fibrosis with metallic suture material is identified.

b – two months after coronavirus infection, areas of reticulonodular changes are identified in both lungs. On follow-up, a newly developed area of lung tissue opacity is detected in the middle lobe of the right lung, ranging from ground-glass opacity to consolidation and measuring up to 77 mm, without significant deformation of the main bronchial lumens against this background.

ремоделирование, характерное как для прогрессирующего саркоидоза, так и для последствий вирусной инфекции. В настоящем исследовании фиброз оценивали визуально по наличию стойких линейно-тяжистых и субплевральных изменений, ретикулярного рисунка, перибронховаскулярного фиброза, признаков «сотового лёгкого», фиброзных конгломератов, тракционных бронхоэктазов, эмфиземы и плевропневмоцирроза.

После коронавирусной инфекции число пациентов с наличием фиброза выросло на 9,38%, при этом рост фиброзных изменений наблюдался во всех трёх поясах. У 18,75% пациентов, уже имевших признаки фиброза, отмечено усиление выраженности изменений, увеличение площади поражения и появление новых зон вовлечения (таблица №5).

Таблица №4. Распределение баллов интенсивности поражения легочной паренхимы в зонах консолидации по поясам легких.

Пояс	Средний балл ДО COVID-19, n=32 (95% ДИ)	Средний балл ПОСЛЕ COVID-19, n=32 (95% ДИ)	Относительный прирост изменений, %
Верхний	0,3125 (0,1795–0,4857)	0,3438 (0,2041–0,5169)	+10,00±1,42%
Средний	0,4062 (0,2552–0,5774)	0,5000 (0,3363–0,6637)	+23,08±1,87%
Нижний	0,1875 (0,0889–0,3531)	0,3438 (0,2041–0,5169)	+83,33±1,35%

Рис. 3 а (Fig. 3 a)

Рис. 3 б (Fig. 3 b)

Рис. 3. МСКТ, аксиальный срез, легочное окно.

а – у пациента с морфологически верифицированным саркоидозом до COVID-19-инфекции в обоих лёгких, преимущественно в верхних отделах, определяются умеренно выраженные очагово-интерстициальные изменения, участки утолщения междолевой плевры.

б – через 8 месяцев после короновирусной инфекции в обоих лёгких, преимущественно в верхних отделах, определяются более выраженные очагово-интерстициальные изменения. Преимущественно справа определяются участки линейного фиброза. Визуализируется усиление сетчатости, формирование перибронхиальных муфт (отек и гранулематозная инфильтрация центрального интерстиция).

Fig. 3. MSCT, axial section, lung window.

a – moderately pronounced focal-interstitial changes and areas of interlobar pleural thickening are identified in both lungs, predominantly in the upper lung zones.

b – eight months after coronavirus infection, focal-interstitial changes are identified in both lungs, predominantly in the upper lung zones. Areas of linear fibrosis are seen mainly on the right. Increased reticulation and formation of peribronchial cuffing are visualized, corresponding to edema and granulomatous infiltration of the central interstitium.

Таблица №5. Распределение баллов интенсивности фиброзных изменений по поясам легких.

Пояс	Средний балл ДО COVID-19, n=32 (95% ДИ)	Средний балл ПОСЛЕ COVID-19, n=32 (95% ДИ)	Относительный прирост изменений, %
Верхний	0,500 (0,225–0,775)	0,562 (0,260–0,865)	+12,5±1,48%
Средний	0,781 (0,496–1,067)	0,906 (0,584–1,228)	+16,0±1,01%
Нижний	0,594 (0,321–0,866)	0,688 (0,406–0,969)	+15,8±1,32%

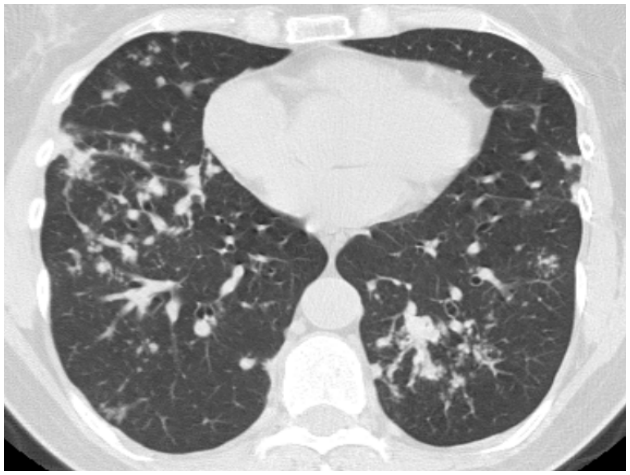

Рис. 4 а (Fig. 4 a)

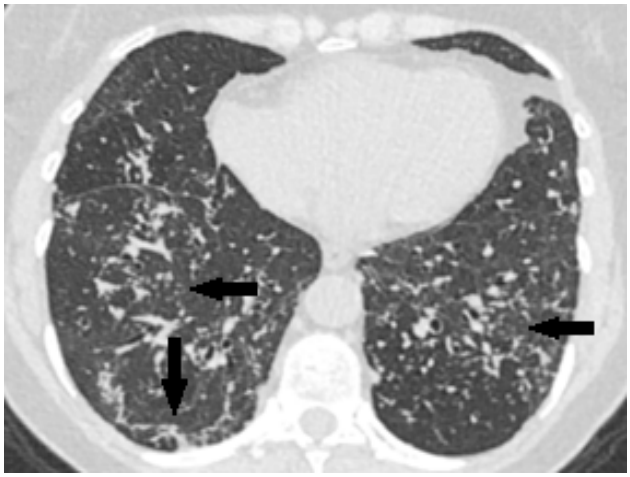

Рис. 4 б (Fig. 4 b)

Рис. 4. МСКТ, аксиальный срез, легочное окно.

а – У пациента с морфологически верифицированным саркоидозом до COVID-19-инфекции в обоих легких определяются мелкоочагово-интерстициальные изменения. Очаги сливаются с формированием участков\зон консолидации размерами до 34 х 25 мм. В S8 справа определяется цепочка металлических швов после биопсии.

b – Через 10 месяцев после короновирусной инфекции на фоне частичного регресса участков\зон консолидации в динамике, в задне-базальных отделах нижней доли правого легкого отмечается появление стойких ретикулярных изменений. В нижних отделах с двух сторон субплеврально определяются фиброзные изменения тяжистого типа небольшой протяженности, визуализируется увеличение количества очагов.

Fig. 4. MSCT, axial section, lung window.

a – Small focal-interstitial changes are identified in both lungs. The nodules coalesce with the formation of areas of consolidation measuring up to 34 × 25 mm. In segment S8 of the right lung, a chain of metallic sutures after biopsy is identified.

b – Ten months after coronavirus infection, against the background of partial regression of consolidation areas on follow-up, persistent reticular changes appeared in the posterior basal regions of the lower lobe of the right lung. In the lower lung zones bilaterally, short subpleural band-like fibrotic changes are identified, with an increase in the number of nodules visualized.

При количественной оценке средний балл фиброзных изменений по всем пациентам и поясам увеличился с 1,875 (ДИ 95% 1,276 – 2,474) до 2,156 (ДИ 95% 1,521 – 2,791) (p=0,0244), что отображает статистически значимый рост фиброзной нагрузки и выраженности фиброзных изменений у части пациентов (рис. 4). В отличие от ранее описанных паттернов, у фиброзных изменений отсутствует возможность их регресса. Поэтому, данная динамика отражает исключительно нарастание фиброзных изменений и увеличение количества пациентов с их наличием.

Нарушение архитектоники легочной ткани рассматривалось как отдельный паттерн, отражающий изменение нормального анатомического строения легкого, связанное с деформацией бронхиального дерева, ретракцией междолевых щелей, подтягиванием корней легких и сосудистых структур к зоне фиброза, а также уменьшением объёма сегмента или доли.

В исследуемой когорте при подсчете по степени выраженности от ограниченного (1 балл) до грубого (3 балла) нарушения архитектоники визуализируется усиление признаков с изменением среднего балла поражения от 0,656 (ДИ 95% 0,331 – 0,981) до 0,813 (ДИ 95% 0,419 – 1,206). Увеличение суммы баллов поражения отмечено у 12,5% пациентов, у 87,5% динамика отсутствовала. При этом, положительная динамика не зарегистрирована.

Топографически после перенесённой COVID-19 инфекции у некоторых пациентов было отмечено появление признаков деформации бронхиального дерева, смещения сосудистого рисунка и ретракции междолевых щелей. При анализе КТ-изображений у одного из пациентов отмечались признаки тракционного смещения бронхов, сочетающиеся с фиброзными изменениями. У 2 пациентов (6,25%) с изначально выраженным фиброзом произошло прогрессирование до грубого нарушения архитектоники в прикорневой области.

Полученные данные демонстрируют уверенную, но не достигающую статистической значимости (p=0,0588), тенденцию к увеличению частоты и степени выраженности нарушений архитектоники в постковидном периоде.

Внутригрудная лимфаденопатия является ключевым диагностическим признаком саркоидоза, особенно на ранних стадиях заболевания. Увеличение лимфатических узлов средостения и корней лёгких может отражать активность воспалительного процесса, а также реакцию иммунной системы на вирусные агенты, включая SARS-CoV-2. В рамках настоящего исследования ВГЛА оценивалась по бинарной шкале вне зависимости от точного размера лимфатических узлов. В большинстве случаев при неосложненном течении саркоидоза наблюдалось типичное двустороннее симметричное увеличение лимфатических узлов в области бифуркации трахеи, в паратрахеальных и бронхопульмональных зонах. Средний балл поражения ВГЛУ уменьшился в постковидный период с 0,281 (ДИ 95% 0,117 – 0,446) до 0,188 (ДИ 95% 0,045 – 0,330), а распространенность среди пациентов снизилась (с 28,13% до 18,75%). Выраженной значимой динамики ВГЛА не отмечено, что позволяет предполагать относительную стабильность лимфоидного компонента саркоидоза на фоне вирусной нагрузки.

Обсуждение.

Анализ КТ-данных позволил выявить разнонаправленное влияние COVID-19-инфекции на морфологические изменения в лёгких у пациентов с саркоидозом с общей тенденцией к нарастанию различных типов изменений.

После перенесенной инфекции отмечалось увеличение доли пациентов с наличием зон консолидации, интерстициальными и фиброзными изменениями, что указывает на расширение спектра морфологических нарушений в постковидном периоде. Вместе с тем, снижение частоты выявления очаговых изменений и увеличенных ВГЛУ согласуется с относительной стабильностью и меньшей чувствительностью этих паттернов к постковидным изменениям. Нарастающая частота выявления определенных патологических признаков свидетельствует о том, что COVID-19 может усиливать интерстициально-фиброзный компонент поражения лёгких при саркоидозе.

Данные, полученные при количественном анализе степени поражения легочной ткани, демонстрируют статистически значимое (p=0,0385) нарастание зон консолидации, преимущественно за счет нижних отделов легких. Этот паттерн согласуется с данными о преимущественном вовлечении каудальных зон, наблюдаемом при визуализации легочных изменений после перенесенных заболеваний инфекционной природы [7, 8, 17, 18].

У части пациентов было установлено нарастание выраженности интерстициальных изменений, однако у пациентов с положительной динамикой наблюдалась сопоставимая по выраженности их регрессия. Таким

образом, суммарный показатель поражения по всей исследуемой группе изменился несущественно, поэтому статистически значимого сдвига зарегистрировано не было. Однако, общий характер динамики направлен на прогрессирование интерстициальных изменений, локализованных преимущественно в средних и нижних поясах.

Полученные статистические данные демонстрируют также выраженную отрицательную динамику фиброзных изменений, где при количественной оценке степени поражения была достигнута статистическая значимость. Установлено, что COVID-19 может способствовать активации фиброзирующего процесса и провоцировать развитие дополнительного фиброзного компонента у пациентов с саркоидозом. Увеличение частоты и степени выраженности нарушений архитектоники в постковидном периоде (p=0,0588) могут указывать на активацию структурных ремоделирующих процессов в лёгочной ткани.

В совокупности полученные данные свидетельствуют о том, что перенесённая COVID-19-инфекция у пациентов с саркоидозом преимущественно сопровождается усилением интерстициально-фиброзного компонента поражения лёгочной ткани, а также нарастанием на КТ-изображениях зон консолидации при относительной стабильности или частичном регрессе других структурных изменений, что подчеркивает необходимость дальнейшего наблюдения за данной группой пациентов для оценки долгосрочного влияния COVID-19 на течение саркоидоза.

Заключение.

Таким образом, результаты исследования КТ-изображений демонстрируют умеренно выраженное влияние перенесённой COVID-19-инфекции на состояние лёгочной паренхимы у пациентов с саркоидозом, что преимущественно проявляется расширением зон консолидации, нарастанием интерстициальной перестройки и появлением новых участков фиброза. При этом ВГЛА, являющаяся характерным проявлением саркоидоза, не продемонстрировала значимой КТ-динамики, что может указывать на большую чувствительность паренхиматозного компонента заболевания к поствирусным изменениям по сравнению с лимфоидным компонентом.

Выявленные особенности позволяют рассматривать COVID-19 как возможный фактор риска осложнений течения саркоидоза, способствующий усилению профибротических процессов в лёгочной паренхиме и прогрессированию интерстициальных заболеваний лёгких.

Полученные данные обосновывают необходимость более тщательного и длительного МСКТ-наблюдения за пациентами с саркоидозом после перенесённой пневмотропной вирусной инфекции, особенно при наличии исходных интерстициальных или фиброзных изменений.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Baughman R.P., Valeyre D., Korsten P., et al. Clinical features, diagnosis, and treatment of sarcoidosis. JAMA. 2021; 326(10): 951-964. DOI: 10.1001/jama.2021.11458

2. Чучалин А.Г., Авдеев С.Н., Айсанов З.Р. и др. Саркоидоз: федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению. Пульмонология. 2022. Т. 32, № 6. С. 806–833. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-6-806-833.

3. Govender P., Berman J.S. The Diagnosis of Sarcoidosis. Clin Chest Med. 2015;36(4):585–602. DOI: 10.1016/j.ccm.2015.08.003.

4. Culver D.A., Aryal S., Barney J., Hsia C.C.W., James W.E., Maier L.A., Marts L.T., Obi O.N., Sporn P.H.S., Sweiss N.J., Shukla S., Kinnersley N., Walker G., Baughman R. Efzofitimod for the Treatment of Pulmonary Sarcoidosis. Chest. 2023;163(4):881–890. DOI: 10.1016/j.chest.2022.10.037.

5. Визель А.А., Авдеев С.Н., Визель И.Ю., Шакирова Г.Р., Амиров Н.Б., Визель Л.А. Фиброзирующий лёгочный саркоидоз: клиническая характеристика и фенотипы, основанные на компьютерной томографии. Вестник современной клинической медицины. 2024. Т. 17, № 5. С. 7–16. DOI: 10.20969/VSKM.2024.17(5).7-16.

6. Балионис О.И., Никитин А.Г., Аверьянов А.В. Генетические предикторы течения саркоидоза легких в российской популяции. Вестник современной клинической медицины. 2022. Т. 15, № 4. С. 18–25. DOI: 10.20969/VSKM.2022.15(4).18-25.

7. Almeida R.F., Watte G., Marchiori E., Altmayer S., Pacini G.S., Barros M.C., Paza Junior A., Runin A.S., Salem M.C.G.G., Hochhegger B. High resolution computed tomography patterns in interstitial lung disease (ILD): prevalence and prognosis. J Bras Pneumol. 2020;46(5):e20190153. DOI: 10.36416/1806-3756/e20190153.

8. Yin X., Xi X., Min X., et al. Long-term chest CT follow-up in COVID-19 survivors: 102–361 days after onset. Ann Transl

Med. 2021;9(15):1231. DOI: 10.21037/atm-21-1438.

9. Чучалин А.Г. Фиброз легких у больных, перенесших COVID-19 // Терапевтический архив. 2022. Т. 94, № 11. С. 1333–1339. DOI: 10.26442/00403660.2022.11.201943

10. Бучнева А.В., Чичкова Н.В., Серова Н.С., Щекотуров И.О., Фомин В.В. Взаимосвязь площади висцеральной и подкожной жировой ткани и характера поражения легких по данным КТ у больных ожирением, перенесших COVID-ассоциированную пневмонию. REJR. 2023;13(4):78–91. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-4-78-91.

11.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.

12. Myall K.J., Mukherjee B., Castanheira A.M., et al. Persistent post-COVID-19 interstitial lung disease. An observational study of corticosteroid treatment. Ann Am Thorac Soc. 2021;18(5):799–806. DOI: 10.1513/AnnalsATS.202008-1002OC.

13. Kahlmann V., Manansala M., Moor C.C., et al. COVID-19 infection in patients with sarcoidosis: susceptibility and clinical outcomes. Curr Opin Pulm Med. 2021;27(5):463–471. DOI: 10.1097/MCP.0000000000000812.

14. Малютин Д.С., Серова Н.С., Конева Е.С. Компьютерная томография органов грудной клетки в контроле и мониторинге эффективности реабилитационного лечения у пациентов с COVID-ассоциированной пневмонией в условиях инфекционного стационара. REJR. 2023;13(2):5–15. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-2-5-15.

15. Brito-Zerón P., Sisó-Almirall A., Flores-Chavez A., Retamozo S., Ramos-Casals M. SARS-CoV-2 infection in patients with systemic autoimmune diseases. Clin Exp Rheumatol. 2021;39(3):676–687. DOI: 10.55563/clinexprheumatol/lekp1y.

16. Амансахедов Р.Б., Борисова А.Ю., Эргешова Л.А., Тихонская А.Н., Тарасов Р.В., Карпина Н.Л. Оценка отдалённых рентгенологических признаков вирусной COVID-19-ассоциированной пневмонии у пациентов с саркоидозом органов дыхания. Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». 2024. Т. 14, № 5. С. 114–120. DOI: 10.20340/vmi-rvz.2024.5.MlM.2.

17. Алексеева Е.И., Тепаев Р.Ф., Шилькрот И.Ю., Дворяковская Т.М., Сурков А.Г., Криулин И.А. COVID-19-индуцированный «цитокиновый шторм» – особая форма синдрома активации макрофагов. Вестник РАМН. 2021. Т. 76, № 1. С. 51–66. DOI: 10.15690/vramn1410.

18. Петракова И.Ю., Тюрин И.Е., Губкина М.Ф., Овсянкина Е.С. «Повторные КТ-исследования детей и подростков на этапах диагностики и лечения туберкулеза органов дыхания: оптимизация показаний и клиническое значение». REJR. 2024; 14(4): 57–68. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-4-57-68.

References:

1. Baughman R.P., Valeyre D., Korsten P., et al. Clinical features, diagnosis, and treatment of sarcoidosis. JAMA. 2021;326(10):951–964. DOI: 10.1001/jama.2021.11458.

2. Chuchalin A.G., Avdeev S.N., Aisanov Z.R., et al. Sarcoidosis: federal clinical guidelines for diagnosis and treatment. Pulmonology. 2022;32(6):806–833. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-6-806-833 (in Russian).

3. Govender P., Berman J.S. The Diagnosis of Sarcoidosis. Clin Chest Med. 2015;36(4):585–602. DOI: 10.1016/j.ccm.2015.08.003.

4. Culver D.A., Aryal S., Barney J., Hsia C.C.W., James W.E., Maier L.A., Marts L.T., Obi O.N., Sporn P.H.S., Sweiss N.J., Shukla S., Kinnersley N., Walker G., Baughman R. Efzofitimod for the Treatment of Pulmonary Sarcoidosis. Chest. 2023;163(4):881–890. DOI: 10.1016/j.chest.2022.10.037.

5. Vizel A.A., Avdeev S.N., Vizel I.Yu., Shakirova G.R., Amirov N.B., Vizel L.A. Fibrosing pulmonary sarcoidosis: clinical characteristics and computed tomography-based phenotypes. Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2024;17(5):7–16. DOI: 10.20969/VSKM.2024.17(5).7-16 (in Russian).

6. Balionis O.I., Nikitin A.G., Averyanov A.V. Genetic predictors of the course of pulmonary sarcoidosis in the Russian population. Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2022;15(4):18–25. DOI: 10.20969/VSKM.2022.15(4).18-25.

7. Almeida R.F., Watte G., Marchiori E., Altmayer S., Pacini G.S., Barros M.C., Paza Junior A., Runin A.S., Salem M.C.G.G., Hochhegger B. High resolution computed tomography patterns in interstitial lung disease (ILD): prevalence and prognosis. J Bras Pneumol. 2020;46(5):e20190153. DOI: 10.36416/1806-3756/e20190153.

8. Yin X., Xi X., Min X., et al. Long-term chest CT follow-up in COVID-19 survivors: 102–361 days after onset. Ann Transl Med. 2021;9(15):1231. DOI: 10.21037/atm-21-1438.

9. Chuchalin A.G. Pulmonary fibrosis in patients after COVID-19. Terapevticheskii Arkhiv. 2022;94(11):1333–1339. DOI: 10.26442/00403660.2022.11.201943 (in Russian).

10. Buchneva A.V., Chichkova N.V., Serova N.S., Shchekoturov I.O., Fomin V.V. Association between visceral and subcutaneous adipose tissue area and the pattern of lung involvement according to CT data in obese patients after COVID-associated pneumonia. REJR. 2023;13(4):78–91. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-4-78-91 (in Russian).

11. Sonnweber T., Sahanic S., Pizzini A., et al. Cardiopulmonry recovery after COVID-19: an observational prospective multicentre trial. Eur Respir J. 2021;57(4):2003481. DOI: 10.1183/13993003.03481-2020.

12. Myall K.J., Mukherjee B., Castanheira A.M., et al. Persistent post-COVID-19 interstitial lung disease. An observational study of corticosteroid treatment. Ann Am Thorac Soc. 2021;18(5):799–806. DOI: 10.1513/AnnalsATS.202008-1002OC.

13. Kahlmann V., Manansala M., Moor C.C., et al. COVID-19 infection in patients with sarcoidosis: susceptibility and clinical outcomes. Curr Opin Pulm Med. 2021;27(5):463–471. DOI: 10.1097/MCP.0000000000000812.

14. Malyutin D.S., Serova N.S., Koneva E.S. Chest computed tomography in the control and monitoring of rehabilitation treatment effectiveness in patients with COVID-associated pneumonia in an infectious diseases hospital. REJR. 2023;13(2):5–15. DOI: 10.21569/2222-7415-2023-13-2-5-15 (in Russian).

15. Brito-Zerón P., Sisó-Almirall A., Flores-Chavez A., Retamozo S., Ramos-Casals M. SARS-CoV-2 infection in patients with systemic autoimmune diseases. Clin Exp Rheumatol.

2021;39(3):676–687. DOI: 10.55563/clinexprheumatol/lekp1y.

16. Amansakhedov R.B., Borisova A.Yu., Ergeshova L.A., Tikhonskaya A.N., Tarasov R.V., Karpina N.L. Assessment of long-term radiological signs of viral COVID-19-associated pneumonia in patients with respiratory sarcoidosis. Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ". 2024;14(5):114–120. DOI: 10.20340/vmi-rvz.2024.5.MIM.2 (in Russian).

17. Alekseeva E.I., Tepaev R.F., Shilkrot I.Yu., Dvoryakovskaya T.M., Surkov A.G., Kriulin I.A. COVID-19-induced "cytokine storm" as a special form of macrophage activation syndrome. Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2021;76(1):51–66. DOI: 10.15690/vramn1410 (in Russian).

18. Petrakova I.Yu., Tyurin I.E., Gubkina M.F., Ovsyankina E.S. Repeated CT examinations in children and adolescents during the diagnosis and treatment of respiratory tuberculosis: optimization of indications and clinical significance. REJR. 2024; 14(4): 57–68. DOI: 10.21569/2222-7415-2024-14-4-57-68 (in Russian).

.