

Макроструктура легких в отдаленный период после COVID-19-ассоциированной пневмонии по данным мультиспиральной компьютерной томографии

П.М.Котляров¹ ✉, Д.Г.Солдатов², И.Д.Лагкуева¹, З.С.Цаллагова¹, В.А.Солодкий¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр рентгенодиагностики» Министерства здравоохранения Российской Федерации: 117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 86

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И.Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации: 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, 1

Резюме

Целью исследования явилось изучение семиотики остаточных изменений в легких по данным мониторинга с помощью мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в период до 2 лет после перенесенной пневмонии, ассоциированной с COVID-19 (*COroNaVIrus Disease 2019*). **Материалы и методы.** Проведен сравнительный анализ данных МСКТ органов грудной клетки (ОГК) пациентов ($n = 146$) с подтвержденным в 2020–2021 гг. диагнозом COVID-19-ассоциированной пневмонии и последующих данных МСКТ-мониторинга этих же пациентов вплоть до 2023 г. МСКТ выполнялась на 64-срезовом компьютерном томографе с возможностью постпроцессинговой обработки данных на рабочей станции. **Результаты.** На основании анализа основных МСКТ-симптомов пневмонии выделены 4 группы пациентов с вирусной пневмонией (ВП) различной степени тяжести течения и распространенности изменений в легких. Наиболее благоприятные результаты в плане восстановления макроструктуры легочной ткани в постковидном периоде отмечены у пациентов 1-й группы, у которых практически в 90 % случаев к 2-му году наблюдения отмечено полное разрешение последствий ВП. Полное восстановление макроструктуры к концу 1-го года наблюдения установлено у 27 (52,94 %) пациентов 2-й группы (преимущественно пожилых), ко 2-му году их число незначительно увеличилось – до 33 (64,7 %). Отмечены изменения в виде фиброзных тяжей, ретикулярных изменений, реакции плевры, остаточных явлений («матовое стекло»). Аналогичная, но более тяжелая тенденция наблюдалась у 40 (86,95 %) пациентов 3-й группы, у которых выявлены не только остаточные изменения, аналогичные таковым у лиц 2-й группы (среднего, пожилого и старческого возраста), но и утолщение стенок бронхов и бронхоэктазы. При атипичных проявлениях COVID-19-ассоциированной пневмонии в виде “*crazy paving*” («булыжной мостовой») только у 2 (22,22 %) из 9 пациентов среднего и пожилого возраста наблюдались ретикулярные изменения, фиброзные тяжи, локальные уплотнения плевры, а также лимфаденопатия, которая сохранялась до 2 лет наблюдения. **Заключение.** По данным МСКТ-мониторинга легких у больных COVID-19-ассоциированной пневмонией через 2 года после выздоровления показано, что распространенность и степень тяжести постковидных изменений легких зависят от тяжести заболевания (степени и характера поражения легочной паренхимы), а также возраста пациента.

Ключевые слова: мультиспиральная компьютерная томография, COVID-19-ассоциированная пневмония, постковидные изменения.

Конфликт интересов. Конфликт интересов авторами не заявлен.

Финансирование. Исследование проводилось без участия спонсоров.

Этическая экспертиза. Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Участниками исследования подписано добровольное информированное согласие.

© Котляров П.М. и соавт., 2023

Для цитирования: Котляров П.М., Солдатов Д.Г., Лагкуева И.Д., Цаллагова З.С., Солодкий В.А. Макроструктура легких в отдаленный период после COVID-19-ассоциированной пневмонии по данным мультиспиральной компьютерной томографии. *Пульмонология*. 2023; 33 (6): 772–780. DOI: 10.18093/0869-0189-2023-33-6-772-780

The macrostructure of lungs on multislice computed tomography scans in the long-term period after COVID-19 pneumonia

Petr M. Kotlyarov¹ ✉, Dmitry G. Soldatov², Irina D. Lagkueva¹, Zemfira S. Tsallagova¹, Vladimir A. Solodkiy¹

¹ Federal State Budgetary Institution Russian Scientific Center of Roentgenoradiology (RSCRR) of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Russian Scientific Center of Roentgenoradiology): ul. Profsoyuznaya 86, Moscow, 117997, Russia

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “N.I.Pirogov Russian National Research Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation: ul. Ostrovityanova 1, Moscow, 117997, Russia

Abstract

The purpose of the study using MSCT monitoring data was to investigate the semiotics of residual changes in the lungs in the long-term period (up to 2 years) after pneumonia associated with COVID-19 (*COroNaVIrus Disease 2019*). **Methods.** A comparative analysis of MSCT data of the chest organs was carried out in 146 patients with a confirmed diagnosis of COVID-19-associated pneumonia in 2020 – 2021 and subsequent MSCT monitoring data until 2023. MSCT was performed using a 64-slice computed tomography scanner with data post-processed on the workstation. **Results.** Based on the analysis, 4 groups of patients were identified that differed in the severity of viral pneumonia and the prevalence of lung lesions. The first group of patients had the most beneficial course. In 90% of cases, there was a complete resolution of the consequences of viral pneumonia in terms macroscopic changes in lung tissue by the second year of observation. In the second group, which consisted primarily of older people,

27 (52.94%) patients in year 1 and in 33 (64.7%) patients in year 2 showed a recovery of macrostructure. This group demonstrated fibrous cords, reticular changes, reactions of pleura, and residual lesions (“ground glass”). A similar trend, but in a more severe form, was observed in group 3 patients. 40 patients (86.95%) had residual changes similar to those in group 2 (middle, elderly age and older people) with the addition of bronchial wall thickening and bronchiectasis. Only in 2 (22.22%) of 9 patients with atypical manifestations of COVID-19 pneumonia in the form of “crazy paving” changes in the form of reticular seals, fibrous cords, localized thickening of the pleura and lymphadenopathy persisted up to 2 years of observation. **Conclusion.** MSCT monitoring of the lungs of patients suffering from COVID-19-associated pneumonia up to 2 years after recovery showed that the prevalence and severity of post-COVID changes in the lungs depends on the severity of the disease (degree and nature of damage to the pulmonary parenchyma) and the patient’s age.

Key words: multislice computed tomography, COVID-19-associated pneumonia, post-COVID changes.

Conflict of interest. No conflict of interest is declared by the authors.

Funding. The study was conducted without sponsors.

Ethical expertise. The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. Study participants signed voluntary informed consent.

© Kotlyarov P.M. et al., 2023

For citation: Kotlyarov P.M., Soldatov D.G., Lagkueva I.D., Tsallagova Z.S., Solodkiy V.A. The macrostructure of lungs on multislice computed tomography scans in the long-term period after COVID-19 pneumonia. *Pul'monologiya*. 2023; 33 (6): 772–780 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2023-33-6-772-780

При диагностике пневмонии, вызываемой SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome CoronaVirus 2*), продемонстрирована высокая эффективность мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) органов грудной клетки (ОГК). При анализе данных МСКТ при COVID-19 (*COroNaVirus Disease 2019*) выявляются 1- и 2-сторонние зоны «матового стекла» диффузно-очагового характера, инфильтративные изменения вплоть до развития организуемой пневмонии, усиление легочного рисунка разной степени [1–5]. При выписке из лечебных учреждений остаточные изменения в легочной ткани по данным МСКТ, как правило, регистрировались более чем у 90 % пациентов. По данным литературы в основном освещаются результаты компьютерно-томографического (КТ) мониторинга легких у пациентов, переболевших ≤ 1 года назад [6–9]. При анализе клинико-лабораторных исследований у перенесших вирусную пневмонию (ВП) пациентов нередко после ее разрешения отмечаются проявления постковидного синдрома в виде различных остаточных изменений макроструктуры легких и клинико-функциональных нарушений [10, 11].

Целью исследования явилось изучение семиотики остаточных изменений в легких по данным МСКТ-мониторинга в отдаленный (≥ 2 лет) период после перенесенной COVID-19-ассоциированной пневмонии.

Материалы и методы

В одноцентровое нерандомизированное проспективное исследование включены пациенты ($n = 146$) с лабораторно подтвержденным диагнозом COVID-19-ассоциированная пневмония, перенесенная в 2020–

2021 гг. Распределение пациентов по возрасту и полу представлено в табл. 1.

В исследовании принимали участие переболевшие ВП лица молодого и среднего ($n = 101$ (69,17 %)) и пожилого и старческого возраста ($n = 45$ (30,82 %)); женщин было несколько больше, чем мужчин. Некоторые пациенты предъявляли жалобы на одышку и снижение толерантности к физической нагрузке. МСКТ-данные сравнивались с результатами исследования легких на момент острой фазы заболевания и контрольных исследований после выздоровления. МСКТ выполнялась на 64-срезовом компьютерном томографе по ранее описанной методике [12, 13] с возможностью постпроцессинговой обработки данных на рабочей станции в режимах минимальной (MinIP) и максимальной (MIP) интенсивности изображения и определения доли (%) пораженной легочной ткани. Оценка макроструктуры легких в острый и постковидный период развития болезни осуществлялась независимо 3 врачами-рентгенологами.

Полученные данные обрабатывались статистическими методами при помощи программ *Statistica*, *Biostat*. Для определения достоверности различий независимых выборок использовался двухвыборочный t -тест Стьюдента. При всех видах статистического анализа различия считались достоверными на уровне значимости $p < 0,05$.

Анализ полученных данных

На основании сравнительного анализа данных МСКТ, выполненной в острой фазе течения COVID-19-ассоциированной пневмонии, и последующего КТ-мони-

Таблица 1
Распределение пациентов, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию, по полу и возрасту; n (%)

Table 1
Distribution of patients who had COVID-19-associated pneumonia by gender and age; n (%)

Пол	Возраст, годы						Всего
	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	≥ 70	
Женский	4 (5,12)	18 (23,07)	16 (20,51)	14 (17,94)	16 (20,51)	10 (12,82)	78 (53,42)
Мужской	7 (10,29)	15 (22,05)	18 (26,47)	9 (13,23)	10 (14,7)	9 (13,23)	68 (46,57)
Итого	11 (7,53)	33 (22,6)	34 (23,28)	23 (15,75)	26 (17,8)	19 (13,01)	146 (100,0)

торинга в постковидный период выделены 4 группы пациентов:

- 1-я ($n = 40$ (27,39 %)) – лица с преимущественным поражением I–III сегментов легкого и основным проявлением пневмонии по типу «матового стекла»;
- 2-я ($n = 51$ (34,93 %)) – пациенты с наличием признаков «матового стекла», ретикулярных изменений, поражением легких ≤ 50 %;
- 3-я ($n = 46$ (31,5 %)) – наиболее тяжелые в клиническом плане пациенты с поражением > 50 % легочной ткани, проявлением COVID-19-ассоциированной пневмонии в виде организуемой пневмонии, ретикулярных изменений, «матового стекла», бронхоэктазов;
- 4-я ($n = 9$ (6,16 %)) – пациенты с атипичными проявлениями COVID-19-ассоциированной пневмонии с преимущественной КТ-семиотикой в виде «crazy paving» («бульжная мостовая»).

Динамика разрешения, наличие и виды постковидных изменений легких по данным МСКТ в различные сроки после клинического выздоровления пациентов представлены в табл. 2.

Наиболее благоприятное восстановление макро-структуры легочной ткани в постковидном периоде отмечено у пациентов 1-й группы, для которых также было характерно относительно нетяжелое течения заболевания. К 3–6-му месяцу наблюдения у > 50 % пациентов изменения в легких отсутствовали, у остальных наблюдались остаточные явления альвеолита в виде отдельных, преимущественно субплеврально расположенных очагов «матового стекла», низкой, по сравнению с периодом острого течения болезни, интенсивности. Положительная динамика по данным МСКТ наблюдалась у пациентов в период наблюдения 1–2 года. К концу 2-го года наблюдения практически у 90 % пациентов 1-й группы наступало полное разрешение последствий ВП: макроструктура легких

Таблица 2
Динамика разрешения, наличие и виды постковидных изменений легких по данным мультиспиральной компьютерной томографии в различные сроки после клинического выздоровления пациентов; n (%)

Table 2
Resolution, presence and types of post-COVID changes in the lungs on multislice computed tomography scans at various times after clinical recovery; n (%)

Группа	КТ-проявления COVID-19-ассоциированной пневмонии	КТ-семиотика заболевания	Постковидная семиотика остаточных изменений в легких	Период наблюдения					Всего пациентов
				6 мес.	1 год	p	2 года	p	
1-я	Поражение I–III сегментов	Преимущественно «матовое стекло»	Отсутствует	22 (55,00)	33 (82,5)	$< 0,05$	37 (92,5)	$\geq 0,05$	40 (27,39)
			Очаги «матового стекла»	18 (45,00)	7 (17,5)		3 (7,5)		
2-я	Поражение легких ≤ 50 %	«Матовое стекло», ретикулярные изменения, единичные консолидаты	Отсутствуют	12 (23,52)	27 (52,94)	$< 0,05$	33 (64,7)	$\geq 0,05$	51 (34,93)
			Очаги «матового стекла», ретикулярные изменения	18 (35,29)	7 (13,72)	$\geq 0,05$	3 (5,88)	$\geq 0,05$	
			Фиброзные тяжи, ретикулярные изменения	13 (25,49)	10 (19,6)	$\geq 0,05$	8 (15,68)	$\geq 0,05$	
			Фиброзные тяжи, ретикулярные изменения, уплотнение плевры, лимфаденопатия	8 (15,68)	7 (13,72)	$\geq 0,05$	7 (13,72)	$\geq 0,05$	
3-я	Поражение легких > 50 %	«Матовое стекло», ретикулярные изменения, организуемая пневмония	Отсутствуют	6 (13,04)	19 (41,3)	$< 0,05$	26 (56,52)	$\geq 0,05$	46 (31,5)
			Очаги «матового стекла», ретикулярные изменения	21 (45,65)	12 (26,08)	$< 0,05$	6 (13,04)	$\geq 0,05$	
			Фиброзные тяжи, ретикулярные изменения	13 (28,26)	9 (19,56)	$\geq 0,05$	8 (17,39)	$\geq 0,05$	
			Фиброзные тяжи, ретикулярные изменения, уплотнение плевры, лимфаденопатия, бронхоэктазы	6 (13,04)	6 (13,04)		6 (13,04)	$\geq 0,05$	
4-я	Атипичные проявления	«Crazy paving» («бульжная мостовая»)	Отсутствуют	0	2 (22,22)	$\geq 0,05$	2 (22,22)	$\geq 0,05$	9 (6,16)
			Фиброзные тяжи, ретикулярные изменения	7 (77,77)	5 (55,55)		5 (55,55)		
			Фиброзные тяжи, ретикулярные изменения, уплотнение плевры, лимфаденопатия	2 (22,22)	2 (22,22)		2 (22,22)		
Итого			Отсутствуют	40 (27,39)	81 (55,47)	$< 0,05$	98 (67,12)	$< 0,05$	146 (100)
			Остаточные изменения	106 (72,6)	65 (44,52)	$< 0,05$	48 (32,87)	$< 0,05$	

Примечание: КТ – компьютерная томография.

восстанавливалась и только у 3 (10 %) пациентов остались участки «матового стекла» (рис. 1).

Первую группу составляли пациенты молодого и среднего возраста, при этом восстановление макроструктуры легочной ткани в постковидном периоде у них отличалось от такового у пациентов 2-й группы. К 6-му месяцу наблюдения восстановление макроструктуры легкого определялось только у 12 (23,52 %) из 51 пациента, у 39 (76,47 %) пациентов выявлены остаточные изменения в виде очагов «матового стекла», ретикулярных изменений легочного рисунка, единичных фиброзных тяжей, локального уплотнения плевры, у некоторых – уплотненные лимфатические узлы до 5–7 мм в воротах легких, средостении. При дальнейшем КТ-мониторинге, как видно из табл. 2, к концу 1-го года наблюдения полное восстановление макроструктуры отмечено у 27 (52,94 %) пациентов, а к концу 2-го года их число увеличилось до 33 (64,7 %), т. е. восстановление легочной структуры наиболее интенсивно происходило к концу 1-го года постковидного периода и затем замедлялось. По результатам мониторинга у 18 (35,29 %) пациентов с изначально выраженными повреждениями легких в виде фиброзных тяжей, ретикулярных изменений, реакции плевры, остаточных явлений альвеолита ко 2-му году наблюдения разрешения не наблюдалось, и сформировавшиеся признаки носили необратимый характер (рис. 2).

Данные КТ коррелировали с клиническими признаками как собственно острого проявления заболевания при более тяжелом течении по сравнению с таковыми у пациентов 1-й группы, так и с постковидными клинико-функциональными нарушениями, особенно при выраженных остаточных явлениях в легких в виде фиброзных тяжей и пневмосклероза.

Вторую группу пациентов с неразрешившимися изменениями в легких после COVID-19-ассоциированной пневмонии составляли лица преимущественно среднего и пожилого возраста, среди которых преобладали женщины. Аналогичная тенденция, но в более тяжелом варианте, наблюдалась у пациентов 3-й группы. Восстановление макроструктуры легочной ткани в постковидном периоде к 6-му месяцу наблюдения определялось лишь у 6 (13,04 %) из 46 пациентов. Аналогичная, но более тяжелая тенденция наблюдалась у 40 (86,95 %) пациентов 3-й группы, у которых выявлены не только остаточные изменения, аналогичные таковым у лиц 2-й группы (среднего, пожилого и старческого возраста), но и утолщение стенок бронхов и бронхоэктазы. Как и у пациентов 2-й группы, преимущественное восстановление макроструктуры легочной ткани у пациентов 3-й группы происходило к концу 1-го года наблюдения, замедляясь ко 2-му году (19 (41,3 %) и 26 (56,52 %) соответственно). У 6 (13,04 %) пациентов с наиболее тяжелыми повреждениями легочной ткани в ответ на ВП, представленными в виде фиброзных тяжей, ретикулярных изменений, уплотнений плевры, лимфаденопатии и бронхоэктазов, восстановления макроструктуры легочной ткани в течение 2-летнего КТ-мониторинга не выявлено (рис. 3).

К концу 2-го года наблюдения у значительного числа пациентов – 14 (30,43 %) – наблюдались остаточные изменения в легких в виде «матового стекла», пневмосклероза (ретикулярные изменения), фиброзных тяжей. Таким образом, по данным КТ-мониторинга выявлена следующая закономерность: чем больше в острый период заболевания распространенность изменений в легких с присоединением организующей пневмонии в качестве проявления COVID-19,

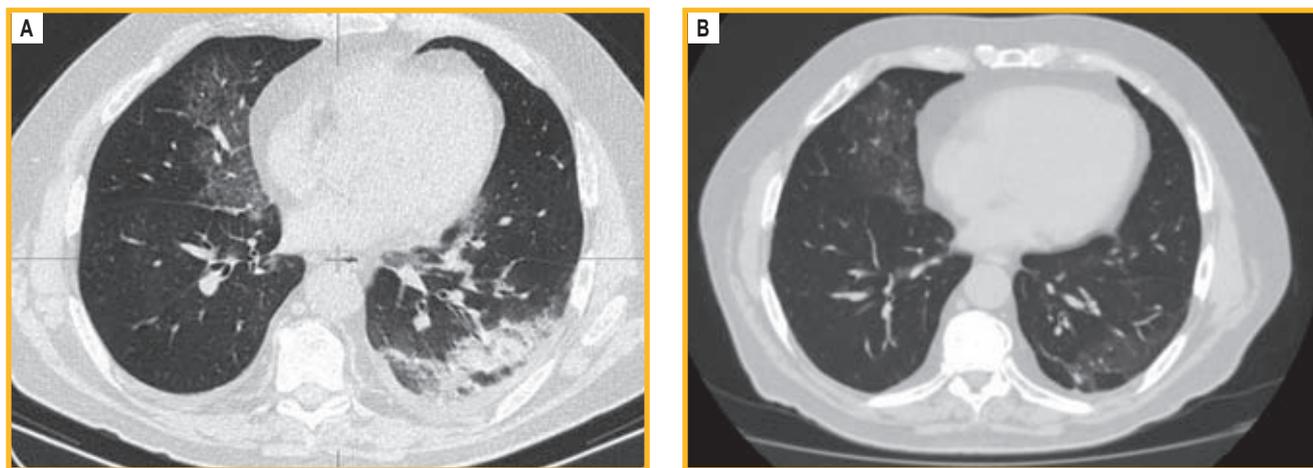


Рис. 1. Компьютерная томограмма грудной клетки: А – 14-й день от начала заболевания COVID-19-ассоциированной пневмонией: в средней доле правого и верхней доле левого легкого (язычковые сегменты) определяются признаки «матового стекла», ретикулярные изменения; в нижней доле слева, субплеврально – организующая пневмония, плевральный выпот – поражение 3 сегментов легкого; В – контрольные компьютерно-томографические исследования через 6 мес. и 2 года после выздоровления (без динамики): остаточные явления в средней доле правого и нижней доле левого легких в виде зоны «матового стекла», фиброзных тяжей и плевральных наслоений в нижней доле левого легкого

Figure 1. Computed tomography of the chest: A, 14th day from the onset of COVID-19-associated pneumonia – “ground glass” signs and reticular changes are seen in the middle lobe of the right and upper lobe of the left lung (lingular segments); subpleural organizing pneumonia, pleural effusion – damage to 3 lung segments in the lower lobe on the left; B, control computed tomography scans after 6 months and 2 years after recovery (no significant changes) – residual effects in the middle lobe of the right lung and lower lobe of the left lungs in the form of a “ground glass” zone, fibrous cords and pleural thickening in the lower lobe of the left lung

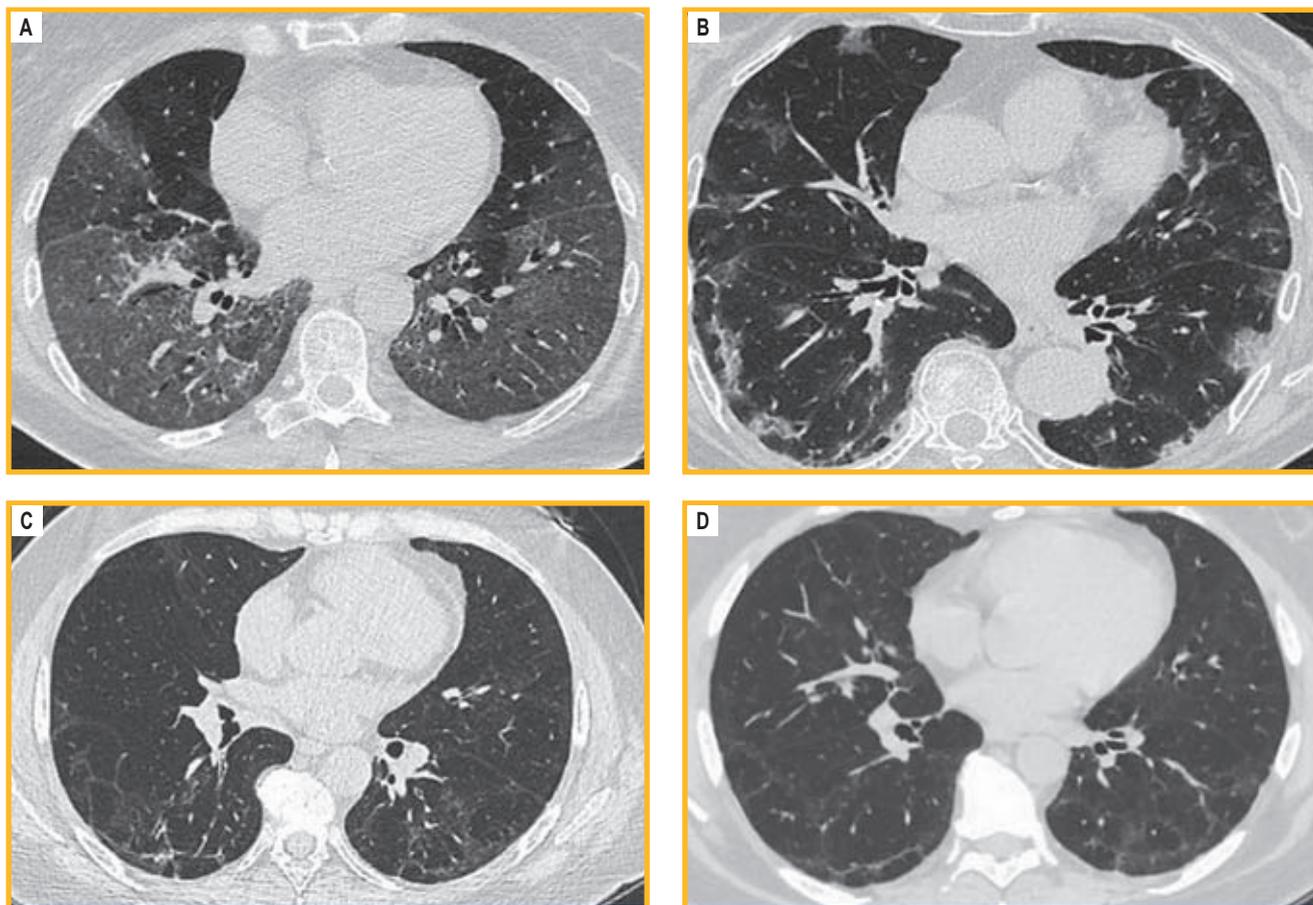


Рис. 2. Компьютерная томограмма органов грудной клетки: А – 10-й день от начала заболевания COVID-19-ассоциированной пневмонией: поражено 47 % легкого – зоны «матового стекла», ретикулярные изменения в правом и левом легком; В – контрольная компьютерная томограмма через 6 мес.: остаточные изменения в легких – очаги «матового стекла», фиброзные тяжи, ретикулярные изменения, уплотнение плевры; С – через 1 год от начала заболевания: очажки «матового стекла», фиброзные тяжи в нижних отделах легких; D – через 2 года: без существенной динамики

Figure 2. Computed tomography scan of the chest: A, on the 10th day from the onset of COVID-19-associated pneumonia – 47% of the lung is affected, “ground glass” areas and reticular changes are seen in the right and left lungs; B, control computed tomogram after 6 months – residual changes in the lungs – “ground glass” lesions, fibrous cords, reticular changes, pleural thickening; C, the same patient 1 year after the onset of the disease – “ground-glass” lesions, fibrous cords in the lower parts of the lungs; D, 2 years later – no significant changes

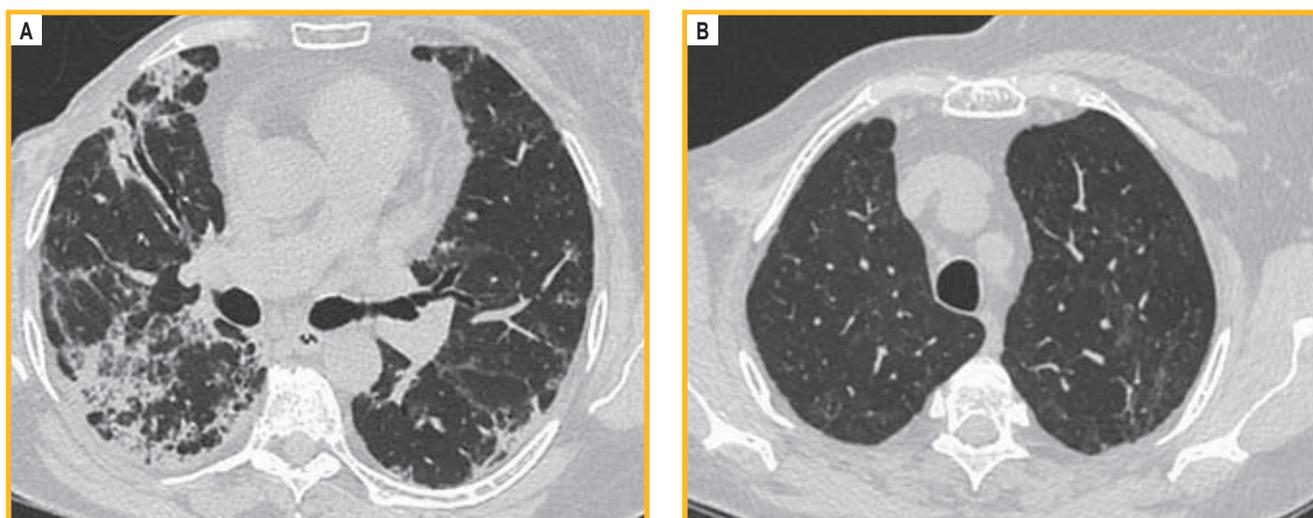


Рис. 3. Компьютерная томограмма органов грудной клетки (в анамнезе – правосторонняя мастэктомия): А – 12-й день от начала заболевания COVID-19-ассоциированной пневмонией: поражено > 50 % легкого – «матовое стекло», ретикулярные изменения, организуемая пневмония, плевральные наслоения, дилатация бронхов средней доли справа; В – контрольная компьютерная томограмма через 2 года: остаточные ретикулярные изменения в верхних долях легких

Figure 3. Computed tomography scan of the chest (history of right-sided mastectomy): A, 12th day from the onset of COVID-19-associated pneumonia; > 50% of the lung is affected – “ground glass”, reticular changes, organizing pneumonia, pleural thickening, dilatation of the bronchi of the middle lobe on the right; B, control computed tomogram after 2 years – residual reticular changes in the upper lobes of the lungs

тем выше вероятность развития необратимых изменений легочной ткани в отдаленный период наблюдения (рис. 4, 5).

К данной группе обследованных относились пациенты среднего, пожилого и старческого возраста, соотношение мужчин и женщин было одинаковым. При атипичных проявлениях COVID-19-ассоциированной пневмонии в виде “*crazy paving*” («булыжная мостовая») у 9 (6,16 %) пациентов через 6 мес. после перенесенного заболевания по данным КТ восстановления макроструктуры легких не выявлено, при этом, хотя значительного усиления легочного рисунка не отмечено, фиброзные тяжи частично исчезли, но общая картина ретикулярных нарушений сохранялась. В дальнейшем только у 2 (22,22 %) из 7 пациентов изменения в виде ретикулярных изменений, фиброзных тяжей, локальных уплотнений плевры, лимфаденопатии сохранялись до 2 лет наблюдения. Эту небольшую группу составили пациенты среднего и пожилого возраста (рис. 6).

Обсуждение

По результатам анализа данных, полученных в ходе КТ-мониторинга легких пациентов, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию, продемонстрировано, что МСКТ является высокочувствитель-

ным методом диагностики патологических изменений легочной ткани в отдаленный период после выздоровления. Основными легочными проявлениями перенесенной COVID-19-ассоциированной пневмонии явились «матовое стекло», консолидаты, ретикулярные изменения, фиброзные тяжи, плевральные наслоения, реже – утолщение стенок бронхов, бронхоэктазы, лимфаденопатия. Восстановление макроструктуры легкого коррелировало со степенью тяжести ее дезорганизации под воздействием ВП. В первые 6 мес. наблюдения восстановление макроструктуры легочной ткани определялось только у 34 (23,28 %) пациентов, причем у большинства из них ($n = 16$) отмечалось относительно нетяжелое течение COVID-19-ассоциированной пневмонии, проявлявшееся в виде поражения 1–3 сегментов легких.

К концу 1-го года КТ-мониторинга восстановление макроструктуры легких определялось уже в 71 (48,63 %) случае: основной прирост происходил за счет пациентов с ВП тяжелого течения 2-й и 3-й группы. К концу 2-го года наблюдения число обследованных без признаков изменений легких возросло уже до 88 (60,27 %) за счет пациентов всех групп, перенесших заболевание, кроме лиц с атипичным проявлением COVID-19-ассоциированной пневмонии в виде “*crazy paving*” («булыжная мостовая»).

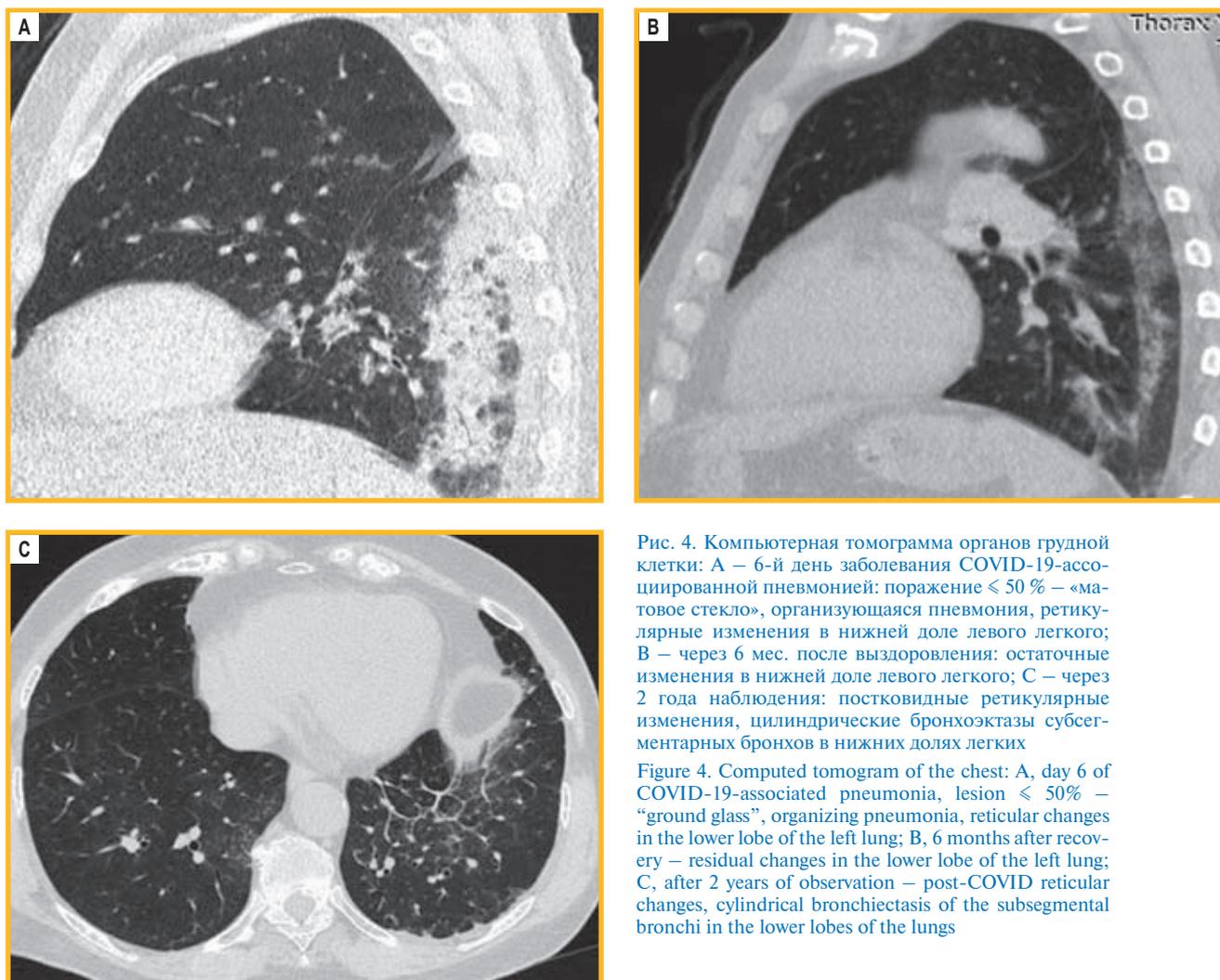


Рис. 4. Компьютерная томограмма органов грудной клетки: А – 6-й день заболевания COVID-19-ассоциированной пневмонией: поражение $\leq 50\%$ – «матовое стекло», организующаяся пневмония, ретикулярные изменения в нижней доле левого легкого; В – через 6 мес. после выздоровления: остаточные изменения в нижней доле левого легкого; С – через 2 года наблюдения: постковидные ретикулярные изменения, цилиндрические бронхоэктазы субсегментарных бронхов в нижних долях легких

Figure 4. Computed tomogram of the chest: A, day 6 of COVID-19-associated pneumonia, lesion $\leq 50\%$ – “ground glass”, organizing pneumonia, reticular changes in the lower lobe of the left lung; B, 6 months after recovery – residual changes in the lower lobe of the left lung; C, after 2 years of observation – post-COVID reticular changes, cylindrical bronchiectasis of the subsegmental bronchi in the lower lobes of the lungs

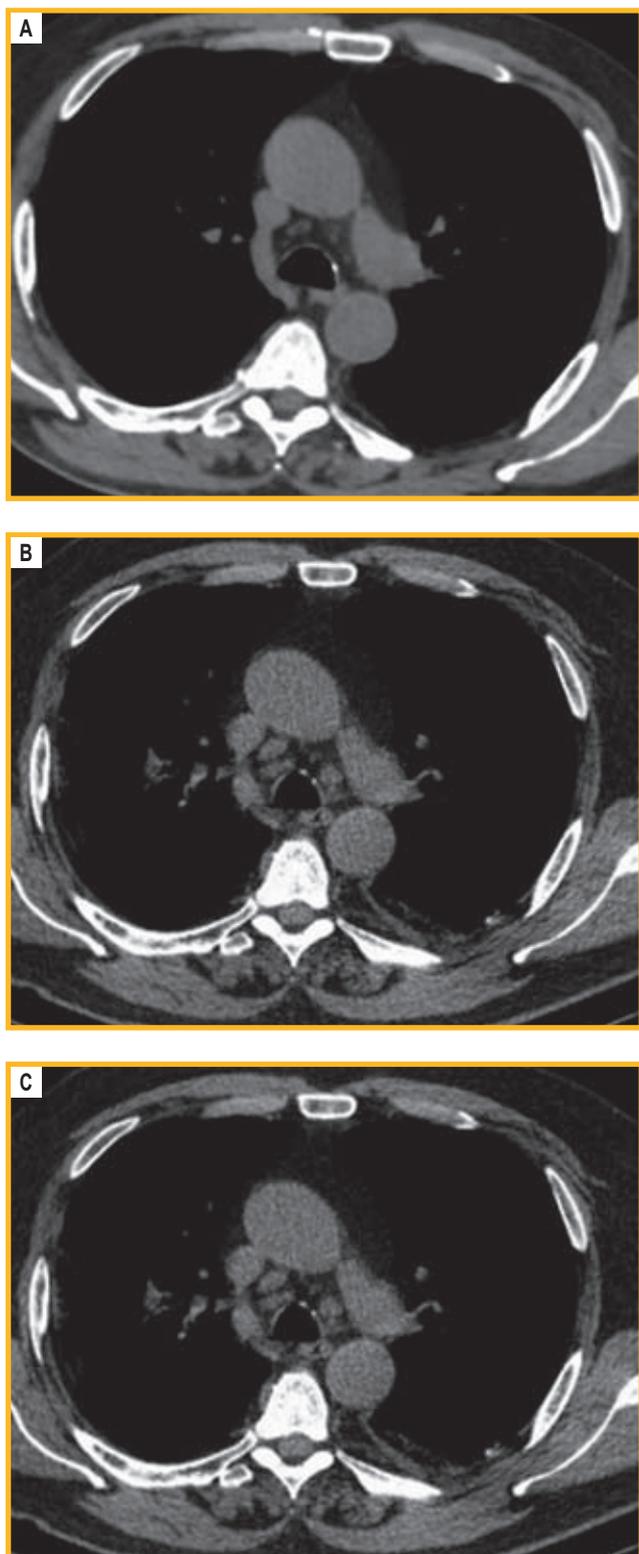


Рис. 5. Компьютерная томограмма органов грудной клетки того же пациента (см. рис. 4): А – лимфатические узлы средостения за 8 мес. до заболевания COVID-19-ассоциированной пневмонией (данные получены при диспансеризации); В – 9-й день от начала заболевания COVID-19-ассоциированной пневмонией: увеличение лимфатических узлов средостения; С – через 2 года после выздоровления: лимфаденопатия средостения сохраняется

Figure 5. Computed tomography scan of the chest organs of the same patient (see Figure 4): A, mediastinal lymph nodes 8 months before contracting COVID-19-associated pneumonia (data collected during clinical examination); B, the 9th day from the onset of COVID-19-associated pneumonia – enlargement of the mediastinal lymph nodes; C, 2 years from recovery – persisting mediastinal lymphadenopathy



Рис. 6. Компьютерная томограмма органов грудной клетки: А – 8-й день от начала заболевания COVID-19-ассоциированной пневмонией: поражение > 50 % легкого, картина «crazy paving» («бульж-ная мостовая») в обоих легких, небольшой выпот в плевральных полостях, расширение субсегментарных бронхов; В – контрольное компьютерно-томографическое исследование через 3 мес. после выздоровления: сохранение симптома «матового стекла» и ретикулярных изменений по типу «crazy paving» («бульжная мостовая»); С – через 2 года: остаточные изменения в нижней доле правого легкого по типу «crazy paving» («бульжная мостовая»)

Figure 6. Computed tomography of the chest: A, 8th day from the onset of COVID-19-associated pneumonia – damage to > 50% of the lung, “crazy paving” pattern in both lungs, a small effusion in the pleural cavities, dilatation of subsegmental bronchi; B, control computed tomography study 3 months after recovery – persistence of the “ground glass” symptom and reticular changes of the “crazy paving” type; C, computed tomogram after 2 years – residual changes in the lower lobe of the right lung of the “crazy paving” type

У 68 (46,57 %) обследованных в той или иной степени наблюдались незначительные остаточные изменения по сравнению с таковыми при остром заболевании, которые постепенно уменьшались, однако к исходу 2-го года наблюдения в легких сохранялись изменения в виде «матового стекла», усиления легочного рисунка, лимфаденопатии, утолщения стенок бронхов, бронхоэктазов. Полученные данные в основном совпадают с результатами других исследований, однако срок наблюдения за пациентами, перенесшими COVID-19-ассоциированную пневмонию, в большинстве работ ограничен 1 годом [6–8].

Постепенное восстановление структуры легочной ткани к 6-му месяцу – 2 годам наблюдения можно объяснить тем, что изменения не носили необратимый характер и, как и при других видах пневмонии, в легких выявлялись воспалительный отек структурных элементов, альвеолит, обратимая инфильтрация, которая постепенно разрешалась. В случаях необратимого повреждения структур легочной ткани и полной альтерации наблюдалось развитие пневмосклероза, фиброзных тяжей, патологии бронхов [9–11]. При различных распространенности и семиотике COVID-19-ассоциированной пневмонии у разных пациентов указывается не только на отличающуюся реакцию организма на инфекцию, но и на темпы восстановления макроструктуры легких после выздоровления. При этом термины «фиброзные тяжи», «пневмосклероз», под которыми подразумевается необратимое повреждение интерстиция легкого, желательнее изменить на «ретикулярные изменения», вплоть до получения отдаленных по времени КТ-данных о необратимых изменениях легочной макроструктуры.

Вопрос о лимфаденопатии при COVID-19-ассоциированной пневмонии остается дискуссионным, в отличие от мнения авторов, отрицающих развитие лимфаденопатии средостения [14]. Лимфаденопатия, которая не всегда связана с тяжестью течения заболевания, может развиваться у ряда пациентов уже на ранней стадии болезни [5] и проявляться, как показано, в отдаленном периоде после начала болезни. При анализе динамического наблюдения за больными, перенесшими COVID-19-ассоциированную пневмонию, выявлено, что большинство людей с остаточными изменениями в легких – это преимущественно мужчины пожилого возраста, которым требуется наблюдение специалистов.

По результатам проведенного исследования продемонстрировано, что КТ-мониторинг макроструктуры легких у пациентов, перенесших COVID-19-ассоциированную пневмонию, актуален, его необходимо проводить в отдаленном периоде после выздоровления не только при наличии клинико-функциональных нарушений легочной функции [10, 11], но и при дифференциальной диагностике возможной патологии легких в дальнейшей жизни пациента.

Заключение

По данным МСКТ, типичными остаточными изменениями легочной паренхимы и средостения после

перенесенной COVID-19-ассоциированной пневмонии являлись очаги «матового стекла», ретикулярные изменения, фиброзные тяжи, уплотнения плевры, реже – лимфаденопатия и бронхоэктазы. Показано, что у 67,12 % пациентов после перенесенного COVID-19 в течение 6 мес. – 2 лет происходит восстановление макроструктуры легких; у 32,87 % через 2 года определялись остаточные изменения. Динамика восстановления макроструктуры легкого, как правило, зависела от распространенности вирусного поражения легких у пациента, что делает необходимым КТ-мониторинг в отдаленный период после перенесенной ВП для фиксации необратимых изменений макроструктуры.

Литература

1. Chung M., Bernheim A., Mei X. et al. CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *Radiology*. 2020; 295 (1): 202–207. DOI: 10.1148/radiol.2020200230.
2. Liu P., Tan X.Z. 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pneumonia. *Radiology*. 2020; 295 (1): 19. DOI: 10.1148/radiol.2020200257.
3. Fang Y., Zhang H., Xu Y. et al. CT manifestations of two cases of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pneumonia. *Radiology*. 2020; 295 (1): 208–209. DOI: 10.1148/radiol.2020200280.
4. Kanne J.P. Chest CT findings in 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infections from Wuhan, China: key points for the radiologist. *Radiology*. 2020; 295 (1): 16–17. DOI: 10.1148/radiol.2020200241.
5. Котляров П.М., Сергеев Н.И., Солодкий В.А., Солдатов Д.Г. Мультиспиральная компьютерная томография в ранней диагностике пневмонии, вызванной SARS-CoV-2. *Пульмонология*. 2020; 30 (5): 561–568. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-561-568.
6. Chohan A., Choudhury S., Dadhwal R. et al. Follow-up computed tomography scan in post-COVID-19 pneumonia. *World J. Radiol.* 2022; 14 (4): 104–106. DOI: 10.4329/wjr.v14.i4.104.
7. Luger A.K., Sonnweber T., Gruber L. et al. Chest CT of lung injury 1 year after COVID-19 pneumonia: the CovILD study. *Radiology*. 2022; 304 (2): 462–470. DOI: 10.1148/radiol.211670.
8. Pan F., Yang L., Liang B. et al. Chest CT patterns from diagnosis to 1 year of follow-up in patients with COVID-19. *Radiology*. 2022; 302 (3): 709–719. DOI: 10.1148/radiol.2021211199.
9. Han X., Chen L., Fan Y. et al. Longitudinal assessment of chest CT findings and pulmonary function after COVID-19 infection. *Radiology*. 2023; 307 (2): e222888. DOI: 10.1148/radiol.222888.
10. Золотницкая В.П., Сперанская А.А., Кузубова Н.А. и др. Долгосрочные последствия COVID-19 у пациентов по данным функционально-лучевых исследований легких. *Русский медицинский журнал*. 2022; 6 (7): 360–366. DOI: 10.32364/2587-6821-2022-6-7-360-366.
11. Биличенко Т.Н. Постковидный синдром: факторы риска, патогенез, диагностика и лечение пациентов с поражением органов дыхания после COVID-19 (обзор исследований). *Русский медицинский журнал*. 2022; 6 (7): 367–375. DOI: 10.32364/2587-6821-2022-6-7-367-375.
12. Котляров П.М. Постпроцессинговая обработка данных мультиспиральной компьютерной томографии в уточненной диагностике патологических изменений при диффузных заболеваниях легких. *Пульмонология*. 2017; 27 (4): 472–477. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-4-472-477.
13. Троян В.Н. Лучевая диагностика органов грудной клетки. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2014.
14. Chung M., Bernheim A., Mei X. et al. CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *Radiology*. 2020; 295 (1): 202–207. DOI: 10.1148/radiol.2020200230.

Поступила: 15.09.23
Принята к печати: 07.11.23

References

1. Chung M., Bernheim A., Mei X. et al. CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *Radiology*. 2020; 295 (1): 202–207. DOI: 10.1148/radiol.2020200230.

- Liu P., Tan X.Z. 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pneumonia. *Radiology*. 2020; 295 (1): 19. DOI: 10.1148/radiol.2020020257.
- Fang Y., Zhang H., Xu Y. et al. CT manifestations of two cases of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pneumonia. *Radiology*. 2020; 295 (1): 208–209. DOI: 10.1148/radiol.2020020280.
- Kanne J.P. Chest CT findings in 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infections from Wuhan, China: key points for the radiologist. *Radiology*. 2020; 295 (1): 16–17. DOI: 10.1148/radiol.2020020241.
- Kotlyarov P.M., Sergeev N.I., Solodkiy V.A., Soldatov D.G. [The multispiral computed tomography in the early diagnosis of pneumonia caused by SARS-CoV-2]. *Pul'monologiya*. 2020; 30 (5): 561–568. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-561-568 (in Russian).
- Chohan A., Choudhury S., Dadhwal R. et al. Follow-up computed tomography scan in post-COVID-19 pneumonia. *World J. Radiol.* 2022; 14 (4): 104–106. DOI: 10.4329/wjr.v14.i4.104.
- Luger A.K., Sonnweber T., Gruber L. et al. Chest CT of lung injury 1 year after COVID-19 pneumonia: the CovILD study. *Radiology*. 2022; 304 (2): 462–470. DOI: 10.1148/radiol.211670.
- Pan F., Yang L., Liang B. et al. Chest CT patterns from diagnosis to 1 year of follow-up in patients with COVID-19. *Radiology*. 2022; 302 (3): 709–719. DOI: 10.1148/radiol.2021211199.
- Han X., Chen L., Fan Y. et al. Longitudinal assessment of chest CT findings and pulmonary function after COVID-19 infection. *Radiology*. 2023; 307 (2): e222888. DOI: 10.1148/radiol.222888.
- Zolotnitskaya V.P., Speranskaya A.A., Kuzubova N.A. et al. [Long-term effects of COVID-19 in patients according to the functional lung imaging in radiation therapy]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*. 2022; 6 (7): 360–366. DOI: 10.32364/2587-6821-2022-6-7-360-366 (in Russian).
- Bilichenko T.N. [Post-COVID syndrome: risk factors, pathogenesis, diagnosis, and treatment of patients with respiratory injury after COVID-19 (review)]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*. 2022; 6 (7): 367–375. DOI: 10.32364/2587-6821-2022-6-7-367-375 (in Russian).
- Kotlyarov P.M. [Multispiral computed tomography post-processing for refining diagnosis of diffuse lung diseases]. *Pul'monologiya*. 2017; 27 (4): 472–477. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-4-472-477 (in Russian).
- Troyan V.N. [Radiation diagnostics of the chest organs]. Moscow: GEOTAR-Media; 2014 (in Russian).
- Chung M., Bernheim A., Mei X. et al. CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *Radiology*. 2020; 295 (1): 202–207. DOI: 10.1148/radiol.2020020230.

Received: September 15, 2023

Accepted for publication: November 07, 2023

Информация об авторах / Authors Information

Котляров Петр Михайлович — д. м. н., профессор, руководитель научно-исследовательского отдела новых технологий и семиотики лучевой диагностики заболеваний органов и систем Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр рентгенодиагностики» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.: (495) 334-81-86; e-mail: marnad@list.ru (SPIN-код: 1781-2199; Author ID: 194339; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1940-9175>)

Petr M. Kotlyarov, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Research Department of New Technologies and Semiotics of Radiation Diagnostics of Diseases of Organs and Systems, Federal State Budgetary Institution Russian Scientific Center of Roentgenoradiology (RSCRR) of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Russian Scientific Center of Roentgenoradiology); tel.: (495) 334-81-86; e-mail: marnad@list.ru (SPIN: 1781-2199; Author ID: 194339; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1940-9175>)

Солдатов Дмитрий Германович — к. м. н., доцент кафедры госпитальной терапии педиатрического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел. (925) 744-72-98; e-mail: d.g.soldatov@mail.ru (SPIN-код: 6676-9683; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5618-5671>)

Dmitry G. Soldatov, Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of Hospital Therapy, Pediatric Faculty, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “N.I. Pirogov Russian National Research Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation; tel.: (925) 744-72-98; e-mail: d.g.soldatov@mail.ru (SPIN: 6676-9683; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5618-5671>)

Лагуева Ирина Джабраилевна — к. м. н., заведующая отделением рентгеновской диагностики с кабинетами рентгеновской и магнитно-резонансной компьютерной томографии Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр рентгенодиагностики» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.:

(495) 334-81-86; e-mail: ilagkueva@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9732-7170>)

Irina D. Lagkueva, Candidate of Medicine, Head of the X-ray diagnostics department with X-ray and magnetic resonance computed tomography rooms, Federal State Budgetary Institution Russian Scientific Center of Roentgenoradiology (RSCRR) of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Russian Scientific Center of Roentgenoradiology); tel.: (495) 334-81-86; e-mail: ilagkueva@mail.ru (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9732-7170>)

Цаллагова Земфира Сергеевна — д. м. н., профессор, ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр рентгенодиагностики» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.: (495) 334-91-93; e-mail: zscallagova@rnccr.ru (SPIN-код: 2242-2327; Author ID: 468919; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3199-0804>)

Zemfira S. Tsallagova, Doctor of Medicine, Professor, Scientific Secretary, Federal State Budgetary Institution Russian Scientific Center of Roentgenoradiology (RSCRR) of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Russian Scientific Center of Roentgenoradiology); tel.: (495) 334-91-93; e-mail: zscallagova@rnccr.ru (SPIN: 2242-2327; Author ID: 468919; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3199-0804>)

Солодкий Владимир Алексеевич — д. м. н., профессор, академик Российской академии наук, директор Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр рентгенодиагностики» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.: (495) 334-81-86; e-mail: direktor@rnccr.ru (SPIN-код: 9556-6556; Author ID: 440543; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1641-6452>)

Vladimir A. Solodkiy, Doctor of Medicine, Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Director, Federal State Budgetary Institution Russian Scientific Center of Roentgenoradiology (RSCRR) of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Russian Scientific Center of Roentgenoradiology); tel.: (495) 334-81-86; e-mail: direktor@rnccr.ru (SPIN: 9556-6556; Author ID: 440543; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1641-6452>)

Участие авторов

Котляров П.М. — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование статьи

Солдатов Д.Г. — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование статьи

Лагуева И.Д. — сбор и обработка материала

Цаллагова З.С. — обработка материала, написание текста, редактирование статьи

Солодкий В.А. — написание текста, редактирование статьи

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

Kotlyarov P.M. — collection and processing of the material, writing the text, editing the article

Soldatov D.G. — collecting and processing of the material, writing the text, editing the article

Lagkueva I.D. — collection and processing of the material

Tsallagova Z.S. — processing of the material, writing the text, editing the article

Solodkiy V.A. — writing the text, editing the article

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