

Симптом «матового стекла» при заболеваниях легких: особенности лучевой диагностики и корректной интерпретации

А.А.Карпова¹ ✉, Н.И.Сергеев², П.А.Никитин¹, В.А.Солодкий², П.М.Котляров², Н.В.Нуднов²⁻⁴, З.С.Цаллагова², Д.Г.Солдатов⁵

¹ Научно-клинический центр № 2 Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В.Петровского»: Москва, 117593, Россия, Москва, Литовский бульвар, 1А

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр рентгенодиагностики» Министерства здравоохранения Российской Федерации: 117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 86

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации: 125993, Россия, Москва, ул. Баррикадная, 2 / 1, стр. 1

⁴ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации: 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

⁵ 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

Симптом «матового стекла» (СМС) – один из наиболее распространенных рентгенологических симптомов заболеваний легких, оказавшийся в фокусе обсуждения широкой медицинской общественности на фоне пандемии новой коронавирусной болезни. Неспецифичность и многообразие заболеваний, сопровождающих СМС, обуславливают возникающие сложности его корректной интерпретации и дифференциальной диагностики. **Целью** настоящего обзора является изучение дифференциально-диагностических особенностей СМС, выявляемого по данным мультиспиральной компьютерной томографии (КТ), при различных заболеваниях легких. **Заключение.** Знание особенностей КТ-паттерна СМС при различных заболеваниях легких помогают врачам существенно облегчить интерпретацию результатов визуального исследования и максимально ускорить дифференциальную диагностику заболевания.

Ключевые слова: мультиспиральная компьютерная томография, «матовое стекло», пневмония, COVID-19, интерстициальные заболевания легких, пневмонит.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Спонсорская поддержка исследования отсутствовала.

© Карпова А.А. и соавт., 2024

Для цитирования: Карпова А.А., Сергеев Н.И., Никитин П.А., Солодкий В.А., Котляров П.М., Нуднов Н.В., Цаллагова З.С., Солдатов Д.Г. Симптом «матового стекла» при заболеваниях легких: особенности лучевой диагностики и корректной интерпретации. *Пульмонология*. 2024; 34 (1): 90–104. DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-1-90-104

“Ground glass opacity” sign in lung diseases: nuances of radiological diagnosis and correct interpretation

Anastasia A. Karpova¹ ✉, Nikolay I. Sergeev², Paul A. Nikitin¹, Vladimir A. Solodkiy², Petr M. Kotlyarov², Nikolay V. Nudnov²⁻⁴, Zemfira S. Tsallagova², Dmitriy G. Soldatov⁵

¹ Scientific Clinical Centre No.2 of Federal State Budgetary Scientific Institution “Petrovsky National Research Centre of Surgery”: Litovskiy bulv. 1A, Moscow, 117593, Russia

² 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

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education “Russian Medical Academy of Continuous Professional Education”, Ministry of Health of Russia: ul. Barrikadnaya 2/1, Moscow, 123995, Russia

⁴ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Peoples’ Friendship University of Russia” of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation: ul. Miklukho-Maklaya 6, Moscow, 117198, Russia

⁵ 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

“Ground glass opacity” (GGO) sign is one of the most common radiological symptoms of lung diseases that has become the focus of discussion by the general medical community during the pandemic of COVID-19. Non-specificity of GGO and the variety of diseases accompanied by this sign

hinder the correct interpretation and differential diagnosis. **The purpose** of this review is to study the differential diagnostic features of GGO detected by multispiral computed tomography in various lung diseases. **Conclusion.** Knowledge of the features of GGO CT-pattern in various lung diseases significantly facilitates the interpretation of the imaging results and speeds up the differential diagnosis.

Key words: multispiral computed tomography, ground-glass opacity, pneumonia, COVID-19, interstitial lung diseases, pneumonitis.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

© Karpova A.A. et al., 2024

For citation: Karpova A.A., Sergeev N.I., Nikitin P.A., Solodkiy V.A., Kotlyarov P.M., Nudnov N.V., Tsallagova Z.S., Soldatov D.G. "Ground glass opacity" sign in lung diseases: nuances of radiological diagnosis and correct interpretation. *Pul'monologiya*. 2024; 34 (1): 90–104 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2024-34-1-90-104

Российским респираторным обществом (РРО) симптом «матового стекла» (*Ground-Glass Opacity sign*) (СМС) определяется как скиалогический феномен, который выявляется по данным компьютерной томографии (КТ) высокого разрешения (КТВР) органов грудной клетки и характеризуется умеренно выраженным повышением плотности легочной ткани, на фоне которого видны просветы и стенки бронхов, внутрилегочные сосуды, а также очаги и ретикулярные изменения (при их наличии). В большинстве случаев снижение подобной пневматизации является следствием частичного заполнения альвеол патологическим содержимым, за исключением интерстициальных заболеваний легких (ИЗЛ) [1, 2].

J.Klein и G.Gamsu (1989) при выполнении КТВР у пациентов с диффузными заболеваниями легких впервые описан паттерн «мутное повышение плотности», получивший впоследствии наименование СМС [2, 3]. Актуальность проведенного обзора литературы обусловлена неспецифичностью СМС и возможностью его проявления при широком спектре воспалительных и невоспалительных заболеваний легких. При дальнейшем изучении этиологических факторов и патофизиологических механизмов развития этого симптома произошел бурный всплеск научных исследований [4, 5].

Основу СМС составляет снижение воздушности легочной ткани вследствие многообразных этиологических факторов. Следует дифференцировать истинный СМС и феномен «псевдоматового стекла», возникающий вследствие отображения артефактов технического или искусственного происхождения.

Артефакты технического происхождения могут проявляться кольцевыми уплотнениями вследствие некорректных настроек и неправильной калибровки модулей детектора томографа или в виде полос — при погрешности в отдельном измерении. Артефакты искусственного происхождения могут быть обусловлены дыхательными движениями и сердцебиением пациента, проявляться при проведении исследования на неполном вдохе или выдохе за счет уменьшения объема альвеол. При проведении исследования на неполном выдохе отмечается диффузное повышение плотности с переднезадним градиентом, вогнутость мембранозной (задней) стенки трахеи, сужение просвета дыхательных путей, увеличение пульсационных артефактов, высокое стояние купола диафрагмы [2, 6]. Возможными причинами появления «псевдоматового стекла» могут также стать феномен функциональной гиповентиляции, конституциональные особенности

пациента, кардиомегалия, патологическое стояние купола диафрагмы.

Истинный СМС может быть обусловлен частичным заполнением альвеол при отеке, воспалительной экссудации, кровоизлиянии и фиброзе, утолщении межальвеолярных перегородок, «цитокинновом шторме» с повреждением стенки капилляров и резким повышением проницаемости, что приводит к накоплению жидкости и коллапсу альвеол, а также при росте опухолевых клеток вдоль поверхности альвеол и бронхиол без повреждения стромы (*lepidic growth*) [7].

СМС характеризуется интерстициальным типом инфильтрации легочной ткани. В отличие от СМС, при полном заполнении альвеол патологическим субстратом выявляется безвоздушный участок уплотнения легочной ткани (консолидация), на фоне которого не прослеживаются сосуды и стенки бронхов, но может сохраняться просвет бронхов (симптом «воздушной бронхограммы»), при деструкции легочной ткани просвет бронхов не визуализируется [8]. Симптом консолидации характеризует альвеолярный тип инфильтрации легочной ткани.

Единственным способом визуализации СМС является мультиспиральная КТ (МСКТ), при которой легочная паренхима визуализируется в мельчайших деталях.

В настоящее время предложено несколько классификаций заболеваний, протекающих с СМС: по морфологическим формам, характеру течения, локализации патологического процесса и этиологическим факторам.

Классификация симптома «матового стекла» по морфологическим формам

Очаговое снижение пневматизации по типу «матового стекла», характеризующееся появлением отдельных узелков с эффектом «матового стекла»

Фокусы (участки), узелки являются зачастую случайной находкой при МСКТ и подразделяются на несолидные, субсолидные и солидные. Несолидные образования могут проявляться, соответственно, участками «матового стекла», субсолидные — сочетанием участков «матового стекла» и элементов консолидации, солидные — участками консолидации [9].

В большинстве случаев частично солидные узелки являются реактивными изменениями в ответ на инфекцию и не проявляются СМС. Особое внимание

Таблица

Рекомендации Флейшнеровского общества по ведению пациентов с субсолидными узелками, выявленными по данным мультиспиральной компьютерной томографии органов грудной клетки

Table

Recommendations of the Fleischner Society for the management of patients with subsolid nodules identified by multislice computed tomography of the chest

Тип узелка	Размер узелка	
	< 6 мм	> 6 мм
Несолидный (по типу СМС)	Динамическое наблюдение не требуется	КТ-контроль через 6–12 мес., при отсутствии изменений – последующие контрольные исследования каждые 2 года до 5 лет
Частично солидный (субсолидный, сочетание СМС и консолидации)	Динамическое наблюдение не требуется	КТ-контроль через 3–6 мес., при отсутствии изменений – последующие контрольные исследования ежегодно в течение 5 лет
Множественные узлы любых типов	КТ-контроль через 3–6 мес., при отсутствии изменений – последующие контрольные исследования через 2 и 4 года	КТ-контроль через 3–6 мес. с последующим выбором наиболее подозрительного узелка и тактики ведения, исходя из его морфологии

Примечание: СМС – симптом «матового стекла»; КТ – компьютерная томография.

стоит уделить персистирующим субсолидным узелкам, характеризующимся медленным ростом и высоким риском развития злокачественного новообразования [10, 11]. Решение о необходимости динамического наблюдения выявленных узелков принимается согласно рекомендациям Флейшнеровского общества (2017) (см. таблицу) [12, 13]:

- изолированное диффузное снижение пневматизации по типу «матового стекла» (в одном сегменте или доле легкого) [14];
- диффузное снижение пневматизации по типу «матового стекла» (включая диффузные узелки по типу «матового стекла»).

Классификация заболеваний, сопровождающихся развитием симптома «матового стекла», по этиологическому фактору

Среди возможных причин поражения легочной ткани, сопровождающегося СМС, выделяются инфекционные процессы, интерстициальные заболевания легких (ИЗЛ), острые альвеолярные повреждения, преимущественно сосудистого генеза, и прочие причины.

А. Инфекционные заболевания: пневмония различного генеза (бактериальная, вирусная, в т. ч. COVID-ассоциированная, грибковая, вызванная простейшими и микст-инфекциями), связанная с неоппортунистическими и оппортунистическими (цитомегаловирус, вирус простого герпеса, пневмоциста и др.) инфекциями. Появление СМС обусловлено частичным заполнением альвеол воспалительным экссудатом.

В. Интерстициальные заболевания легких:

- ИЗЛ с известными причинами (лекарственно-индуцированные, обусловленные заболеваниями соединительной ткани, гиперчувствительный пневмонит (ГП), генетические);
- идиопатическая интерстициальная пневмония (ИИП) (идиопатический легочный фиброз (ИЛФ), неспецифическая интерстициальная пневмония (НСИП), острая интерстициальная пневмония (ОИП), криптогенная организуемая пневмо-

ния, респираторный бронхит с ИЗЛ, десквамативная интерстициальная пневмония (ДИП), лимфоцитарная интерстициальная пневмония, неклассифицируемые ИИП);

- гранулематозы (саркоидоз, грибы, микобактерии);
- редкие ИЗЛ (лимфангиолейомиоматоз, легочный альвеолярный протеиноз, эозинофильная пневмония (ЭП)).

Появление СМС при ИЗЛ обусловлено главным образом утолщением межальвеолярных перегородок.

С. Альвеолярное повреждение сосудистого генеза: отек легких, острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), легочное кровотечение, легочный капиллярный гемангиоматоз, легочная веноокклюзионная болезнь, синдром жировой эмболии.

Д. Прочие: радиационно-индуцированные и аспирационные повреждения легких, злокачественные новообразования легких (аденокарцинома), ушиб легкого и др. [3, 15].

Классификация заболеваний легких, протекающих с развитием симптома «матового стекла», по преимущественной локализации

Преимущественная локализация заболеваний легких, протекающих с развитием симптома «матового стекла»:

А. Неравномерная или географическая локализация СМС отмечается преимущественно при отеке легких, инфекции, легочном кровотечении, организуемой, липоидной, интерстициальной пневмонии, ОРДС / ОИП, легочном альвеолярном протеинозе, аденокарциноме, лекарственно-индуцированном повреждении легких, синдроме жировой эмболии.

В. Преимущественно центральная – при отеке легких, аспирации, ГП, саркоидозе, организуемой пневмонии.

С. Преимущественно периферическая – при НСИП, организуемой пневмонии, ДИП, ЭП.

Д. Преимущественно в верхних отделах легких – при ГП, ЭП, бронхолите, саркоидозе, респираторном бронхолите, респираторном бронхолите с ИЗЛ.

Е. Преимущественно в средних и нижних отделах легких – при аспирации, отеке легких, НСИП, ДИП [3, 15].

Классификация заболеваний легких, протекающих с развитием симптома «матового стекла», по характеру течения

По характеру течения заболевания легких, протекающие с СМС, классифицируется следующим образом:

А. Острое течение:

- острые инфекционные заболевания (пневмония);
- легочное кровоотечение / кровоизлияние;
- отек легких;
- ОРДС / ОИП;
- ОИП;
- острый ГП и др.

В. Подострое / хроническое течение:

- ИИП;
- ГП;
- ЭП;
- саркоидоз;
- аденокарцинома;
- легочный альвеолярный протеиноз;
- липоидная пневмония и др. [3, 15].

Целью настоящего обзора явилось выделение важнейших отличительных особенностей проявления СМС при различных заболеваниях легких, что могло бы оказать существенную помощь в интерпретации данных МСКТ и стать важнейшим инструментом в проведении дифференциально-диагностического поиска. Предметом поиска явились научные публикации в открытой медицинской печати за последние 5 лет, отобранные по ключевым словам «симптом "матового стекла"», «интерстициальная инфильтрация», «пневмония», «COVID-19-пневмония», «пневмонит».

Особенности лучевой диагностики и корректной интерпретации симптома «матового стекла» при заболеваниях легких

Инфекционные заболевания

При пневмонии, вызываемой бактериальными возбудителями, возможны 2 клинко-морфологических варианта:

- очаговая бронхопневмония;
- сегментарная / долевая пневмония.

Основным рентгенологическим признаком бронхопневмонии является наличие внутридолевых очагов уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», возможно, с элементами консолидации; при сегментарной / долевого пневмонии ключевым признаком является уплотнение (консолидация) с фибринозным экссудатом значительной части доли или легкого с симптомом «воздушной бронхограммы», ограниченной листками плевры (рис. 1А) [16–18].

Бронхопневмония – скопление очагов острого гнойного воспаления легочной паренхимы. Очаги могут располагаться как в одной, так и в нескольких

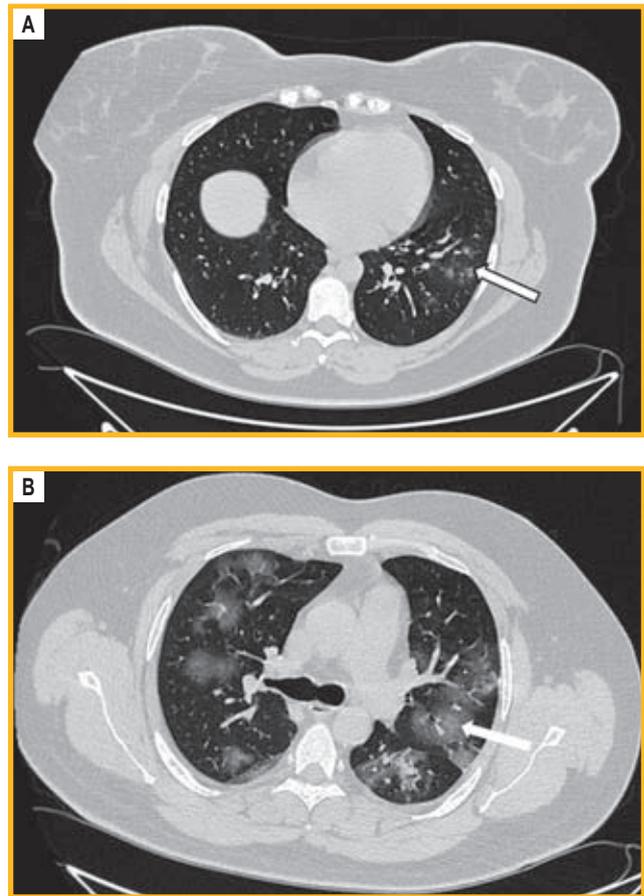


Рис. 1. Мультиспиральная компьютерная томография органов грудной клетки, аксиальный срез: А – в S8, S9 левого легкого определяются внутридолевые очаги по типу «матового стекла» (белая стрелка); В – двусторонние участки снижения пневматизации по типу «матового стекла» (белая стрелка)

Figure 1. Multispiral computed tomography of the chest, axial slice: A, central nodules of "ground glass opacity (GGO)" in S8, S9 segments of the left lung (white arrow); B, bilateral "ground glass opacity" areas of reduced pneumatization (white arrow)

долях, а также могут быть двусторонними. Чаще локализуются в базальных сегментах. При микроскопическом исследовании определяется экссудат, богатый нейтрофилами, который заполняет бронхи, бронхиолы, альвеолярные пространства [17, 19, 20].

Пневмония, вызываемая вирусными возбудителями.

На патогенез органических повреждений оказывают влияние 3 группы взаимосвязанных между собой факторов:

- цитопатическое повреждающее действие вируса на тропные клетки;
- «цитокиновый шторм», при котором повреждаются ткани и сосуды и формируются воспалительная реакция и коагулопатия с рекрутированием в очаг повреждения лейкоцитов, макрофагов, лимфоидных элементов;
- коагулопатия вследствие повреждения эндотелия сосудов и клеток печени с формированием тромбозов и кровоизлияний [21–23].

При воздействии вируса на легочную ткань обычно запускается процесс диффузного альвеолярного повреждения (ДАП). Происходит повреждение всех слоев альвеолярно-капиллярной мембраны, включая базальный. Существует несколько фаз ДАП:

- экссудативная (ранняя – 1–7 дней) – двусторонние симметричные изменения;
- пролиферативная (фаза организации – 8–14 дней) – грубые ретикулярные изменения;
- фибротическая (поздняя) фаза (> 15 дней) – разрешение неоднородных грубых ретикулярных изменений [24, 25].

Экссудативная фаза протекает в первые несколько суток и представляет собой воспаление в месте вирусного повреждения. Нарушается целостность альвеолярного эпителия, происходит отслойка альвеолоцитов от базальной мембраны. При ряде гистохимических реакций и нарушении целостности альвеолярно-капиллярного барьера увеличивается интерстициальный отек, альвеолы заполняются белками, фибрином и жидкостью. Важным компонентом данного процесса является формирование в просвете альвеол гиалиновых мембран – одного из основных морфологических маркеров ДАП [26–28].

Особенностью КТ-паттерна при **COVID-19-ассоциированной пневмонии** является преимущественно двустороннее, периферическое, периваскулярное, нижнедолевое распределение участков уплотнения по типу «матового стекла» различной формы и протяженности (см. рис. 1В) [29–31]. Дополнительными признаками являются ретикулярные изменения по типу симптома «булыжной мостовой» (*crazy-paving sign*), симптом «обратного гало» (*reverse halo sign*), участки консолидации, симптом воздушной бронхограммы [32–34]. При вирусной пневмонии редко наблюдается плевральный выпот и лимфаденопатия [35, 36].

СМС является основным КТ-признаком при COVID-19, однако он претерпевает изменения в зависимости от стадии заболевания:

- в острой фазе (1–5-й день) отмечаются округлые участки снижения пневматизации по типу «ма-

- тового стекла», ограниченное количество долей, преимущественно нижнедолевое распределение;
- для стадии прогрессирования (5–8-й день) характерны увеличение распространенности изменений, повышение плотности участков «матового стекла» и появление ретикулярного компонента;
- при пиковой стадии (9–13-й дни) наблюдаются преобразование участков «матового стекла» в участки консолидации, появление перилобулярных тяжей, редко – плеврального выпота;
- при стадии разрешения (> 14 дней) описаны медленное уменьшение, рассасывание участков консолидации и «матового стекла»; сохраняются субплевральные, перилобулярные тяжи, полоскообразные участки снижения пневматизации (*strip-like opacities*), возможно наличие тракционных бронхоэктазов [24, 37].

В литературных источниках описаны клинические наблюдения за пациентами с COVID-19-ассоциированной пневмонией, при которой выявлялся редкий симптом «бычьего глаза» (*bullseye sign*), локализованный субплеврально в виде внутридольковых узелков «матового стекла», окруженных внутренним кольцом интактной паренхимы и наружным перилобулярным кольцом «матового стекла» (рис. 2А, В). Высказано предположение о том, что симптом «бычьего глаза» является вариантом симптома «обратного гало» (*reverse halo sign*) [32, 38]. Также обнаружено описание аналогичной находки при COVID-19-ассоциированной пневмонии в виде комбинированного ареола в форме мишени (*target shaped combined halo*) [39]. Подобные случаи свидетельствуют о появлении симптома «бычьего глаза» при различных стадиях заболевания и в дальнейшем могут стать специфическим признаком COVID-19-ассоциированной пневмонии, дифференцирующим ее от других вирусных пневмоний.

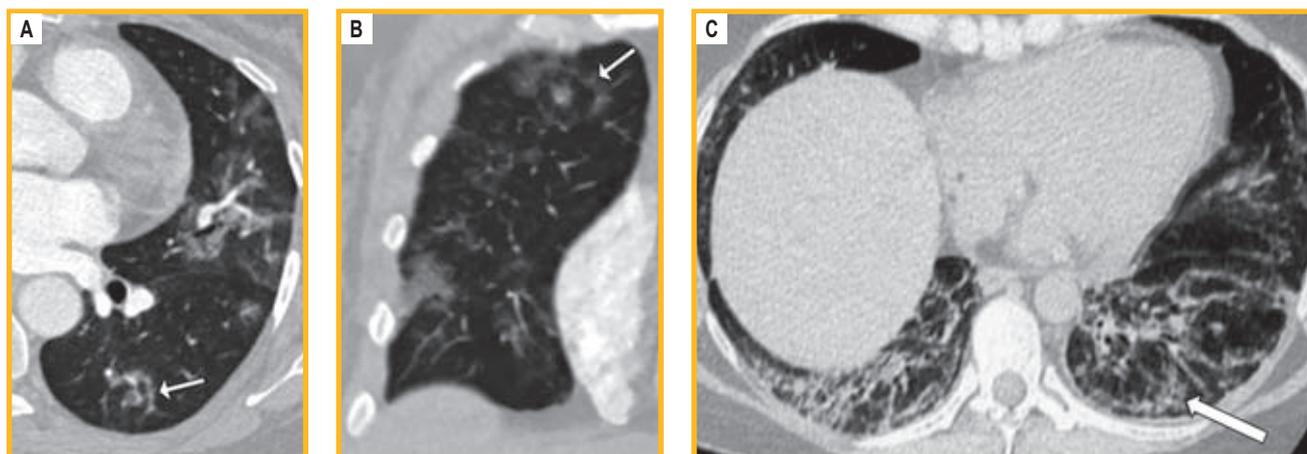


Рис. 2. Мультиспиральная компьютерная томография органов грудной клетки [32]: аксиальный (А) и коронарный (В) срезы: симптом «бычьего глаза» – центрлобулярный узелок «матового стекла», окруженный внутренним кольцом пневматизированной легочной ткани и наружным перилобулярным кольцом «матового стекла» (белые стрелки); С – мультиспиральная компьютерная томография органов грудной клетки [46], аксиальный срез: двусторонние субплевральные участки снижения пневматизации по типу «матового стекла», утолщение перибронховаскулярного интерстиция, тракционные бронхоэктазы (белая стрелка)

Figure 2. Multislice computed tomography of the chest [32], axial (A) and coronal (B) sections: bull's eye sign – centrilobular ground-glass nodule surrounded by an inner ring of pneumatized lung tissue and an outer perilobular ring of ground-glass opacity (white arrows); C, multislice computed tomography of the chest [46], axial section: bilateral subpleural "ground glass" areas of reduced pneumatization, thickening of the peribronchovascular interstitium, traction bronchiectasis (white arrow)

Интерстициальные заболевания легких

В настоящее время к ИЗЛ относится группа гетерогенных заболеваний и патологических состояний известной и неизвестной природы, характеризующихся распространенным и, как правило, двусторонним поражением респираторных отделов легких (альвеол, респираторных бронхиол) (РРО, 2021). ИЗЛ характеризуются воспалением и нарушением структуры альвеолярных стенок и эндотелия легочных капилляров [40, 41].

Наибольшая группа заболеваний связана с ИИП, при различных вариантах которой возможны различия в проявлении СМС и его интерпретации. Данный литературный обзор касается лишь некоторых наиболее распространенных заболеваний.

Респираторный бронхит, ассоциированный с ИЗЛ, проявляется альвеолярной инфильтрацией различной степени с преимущественным расположением в верхних долях в виде плохочерченных внутридольковых очагов по типу «матового стекла» и утолщения стенок бронхов [42–44].

ДИП впервые описана *Liebow, Steer* и *Bilingley* в 1965 г. ДИП проявляется в виде субплевральных двусторонних, относительно симметричных участков уплотнения по типу «матового стекла» в средних и нижних отделах легких, редко наблюдается наличие немногочисленных разбросанных мелких кист без очагов «матового стекла» [3, 45]. Ключевым фактором респираторного бронхита, ассоциированного с ИЗЛ и ДИП, является курение [44].

НСИП гистологически подразделяется на клеточный и фиброзный типы. Для данного заболевания характерна КТ-картина двусторонних и относительно симметричных обширных участков снижения пневматизации по типу «матового стекла», преобладают субплевральная и базальная локализации. Встречаются перибронховаскулярные уплотнения, субплевральное обеднение, тракционные бронхо-

эктазы без формирования «сотового легкого» (см. рис. 2С) [15, 46].

ИЛФ. При ИЛФ отмечается формирование фиброзной ткани в междольковых перегородках и внутридольковом интерстиции, расположенных преимущественно в нижних долях и субплевральных отделах легких по ходу междольковой плевры. СМС может наблюдаться в зонах, прилежащих к фиброзным изменениям, но менее выражен, чем ретикулярная исчерченность [47]. Отличительной чертой ИЛФ является формирование фиброза различной степени давности, его ранние признаки – избыточная пролиферация фибробластов, со временем участки становятся коллагенизированными. Фиброз разрушает структуру альвеол, формируются кистозные полости, выстланные гиперплазированными альвеолоцитами II типа и эпителием бронхиол («сотовое легкое»). Также могут выявляться очаги плоскоклеточной метаплазии, гладкомышечной гиперплазии, изменения сосудов, связанных со вторичной легочной гипертензией. При обострении выявляется диффузное альвеолярное повреждение [1, 16].

Криптогенная организуемая пневмония может быть ассоциирована с коллаген-васкулярными болезнями, инфекциями, лекарственным поражением, идиопатическими заболеваниями. Характеризуется формированием фиброзной ткани в альвеолярных протоках с распространением на бронхиолы. КТ-паттерн проявляется в виде одно- или двусторонних участков консолидации и «матового стекла» с субплевральным и / или перибронхиальным распределением, с перилобулярными уплотнениями в виде арок (*arcade-like sign*), симптомом «атолла / обратного гало» (*atoll sign / reverse halo sign*) (рис. 3А) [5, 32, 48]. Симптом «атолла» был подробно описан *M.Zompatori et al.* (1999) [49]. При нем может выявляться утолщение бронхиальной стенки [50].

Наряду с идиопатическими ИЗЛ, генез которых остается неизученным, выделяется достаточно много-

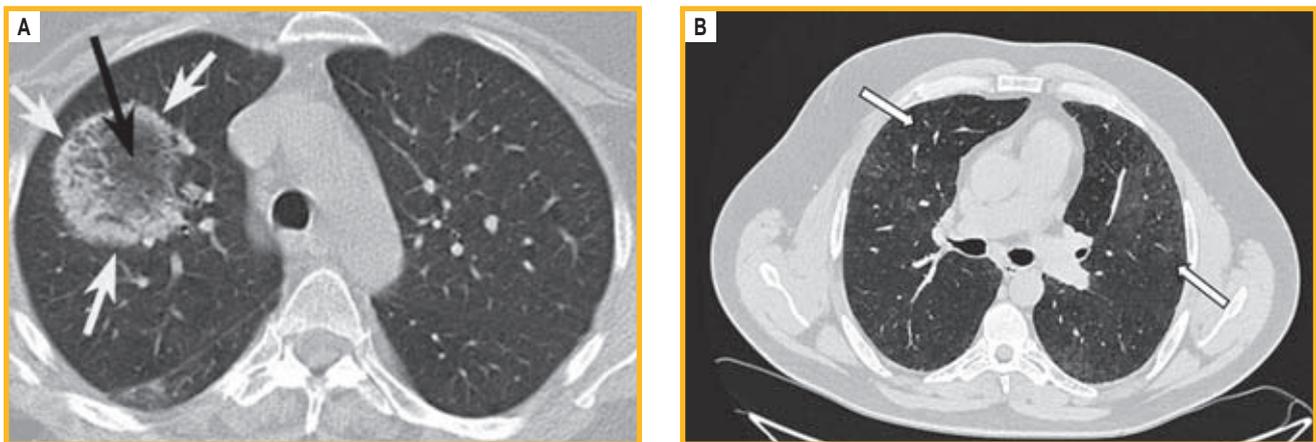


Рис. 3. Мультиспиральная компьютерная томография [48] органов грудной клетки, аксиальный срез: А – симптом «обратного гало» – зона «матового стекла» (черная стрелка), окруженная серповидным участком консолидации (белые стрелки); В – двусторонние множественные центролобулярные очаги по типу «матового стекла», хаотичные участки снижения пневматизации по типу «матового стекла» (белые стрелки)

Figure 3. Multislice computed tomography [48] of the chest, axial section: A, reverse halo symptom – “ground glass” area (black arrow) surrounded by a crescent-shaped area of consolidation (white arrows); B, bilateral multiple centrilobular “ground-glass” lesions, chaotic “ground-glass” areas of reduced pneumatization (white arrows)

численная группа **ИЗЛ с известными причинами**. Особенности СМС при некоторых из этих заболеваний приводятся далее.

Гиперчувствительный пневмонит развивается в результате ингаляции органических и неорганических частиц сенсибилизированным индивидуумом. При установлении диагноза важную роль играют анамнестические данные. При остром течении определяются диффузные участки уплотнений по типу «матового стекла» и консолидации. Подострая и хроническая формы являются состоянием длительного низкодозового воздействия агента [51]. КТ-паттерн подострого течения – центрлобулярные очаги «матового стекла», участки снижения пневматизации по типу «матового стекла» с двусторонним распределением, преимущественно в верхних отделах, однако средние и нижние отделы также вовлекаются в патологический процесс. Иногда можно отметить чередование нормальной легочной паренхимы, участков «матового стекла» и «экспираторных ловушек» – симптом «головки сыра» (*headcheese sign*). Данное состояние следует дифференцировать с НСИП и ИЛФ (см. рис. 3В) [50, 52].

Вейп-ассоциированное поражение легких – заболевание подтвержденного или вероятного повреждения легких, вызванного использованием электронных сигарет или вейпинга, в состав которых входят пропиленгликоль, растительный глицерин, никотин, ароматизаторы, а также тетрагидроканнабинол. Данное заболевание в США достигло пика в 2019 г. и стало причиной смерти многих молодых людей [53]. В Российской Федерации тетрагидроканнабинол запрещен. Для КТ-паттерна характерны многоочаговые или диффузные участки «матового стекла». Описаны двусторонние сливные перибронховаскулярные участки уплотнения по типу «матового стекла» с элементами консолидации, преимущественным расположением в нижних долях легких и отсутствием поражения субплевральных отделов (рис. 4). Дополнительно визуализируются утолщение стенок бронхов, реактивная лимфоаденопатия средостения, редко – следовое количество жидкости в плевральных полостях. Кли-

нически проявляется в виде сухого кашля, одышки, боли в грудной клетке, тошноты, рвоты, потери аппетита, диареи и снижения массы тела. Данная патология в легких в настоящий момент в литературе еще обсуждается и дополняется радиологическими описаниями [53–55].

Лекарственно-индуцированные повреждения легких довольно распространены, однако диагностируются относительно редко. Клинические проявления разнообразны и зависят от формы заболевания. Иногда наблюдается паттерн диффузного альвеолярного повреждения легких, ГП и организуемой пневмонии. По данным КТ отмечаются мультифокальные участки уплотнений по типу «матового стекла» и консолидации с перибронховаскулярным распределением и симптом «обратного гало» [20, 52]. Наиболее часто встречаются при применении сердечно-сосудистых, антибактериальных, противовоспалительных, наркотических и химиотерапевтических препаратов [1, 2, 25].

Yu. Tokuyama et al. (2019) [56] описан случай парадоксальной реакции при 4-компонентной терапии (изониазид, рифампицин, этамбутол, пипразинамид) милиарного туберкулеза в виде появления участка уплотнения по типу «матового стекла» на фоне множественных мелких очагов в паренхиме легких (рис. 5). При проведении курса терапии глюкокортикостероидами по данным КТ отмечен регресс участка «матового стекла» и отсутствие рецидива данных изменений при дальнейшем лечении.

Заболевания, сопровождающиеся альвеолярным повреждением сосудистого генеза

Кардиогенный отек легких проявляется в виде увеличения легочного венозного давления при левожелудочковой недостаточности. Первоначально жидкость накапливается в базальных отделах нижних долей. По данным КТ при интерстициальном отеке легких выявляются участки уплотнений по типу «матового стекла» с утолщенными междольковыми перегородками, утолщение перибронховаскулярного интерстиция.

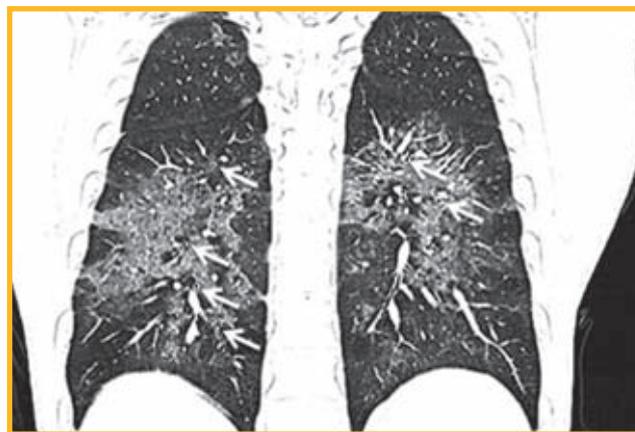
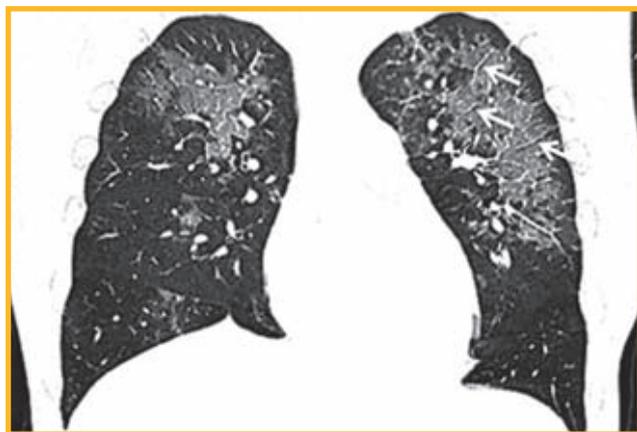


Рис. 4. Мультиспиральная компьютерная томография [53] органов грудной клетки, фронтальная плоскость: двусторонние сливные перибронховаскулярные участки по типу «матового стекла» с отсутствием поражения субплевральных отделов (белые стрелки)

Figure 4. Multislice computed tomography [53] of the chest organs, frontal plane: bilateral confluent peribronchovascular “ground glass” areas with no lesions of the subpleural parts (white arrows)

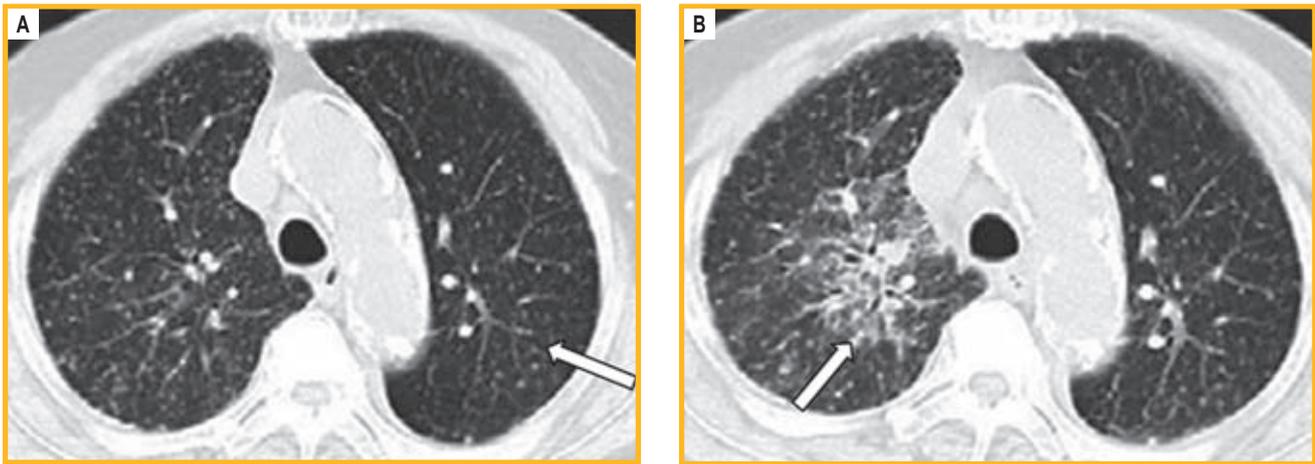


Рис. 5. Мультиспиральная компьютерная томография [56] органов грудной клетки, аксиальные срезы: А – множественные двусторонние милиарные узелки; В – в верхней доле правого легкого визуализируется сливной участок снижения пневматизации по типу «матового стекла» (белые стрелки)

Figure 5. Multislice computed tomography [56] of the chest, axial sections: A, multiple bilateral miliary nodules; B, fused “ground glass” area of reduced pneumatization in the upper lobe of the right lung (white arrows)

При альвеолярном отеке легких определяются внутри-дольковые очаги «матового стекла», диффузные или «географические» участки «матового стекла», участки консолидации с отсутствием поражения субплевральных отделов [2, 19, 25].

Некардиогенный отек легких проявляется внезапной гипоксемией и диффузной легочной инфильтрацией при отсутствии сердечной недостаточности. Тяжелым острым повреждением легких является ОРДС, характеризующийся увеличением сосудистой проницаемости и гибелью эндотелиальных и эпителиальных клеток, ассоциированных с воспалительным процессом. ОРДС проявляется в виде очагово-сливных участков СМС, диффузных участков консолидации с вентрально-дорсальным градиентом легочной плотности и преимущественной локализацией в периферических отделах легких [25, 52].

Легочное кровоизлияние / кровотечение связано с многочисленными заболеваниями. Причинами могут быть легочно-почечный синдром, заболевания смешанной соединительной ткани, васкулиты, антикоагулянтная терапия, коагулопатический статус, травма, инфекции, неоплазия [57, 58]. Кровоотечение появляется вторично из-за гемодинамических изменений в капиллярном кровотоке либо патологических изменений в альвеолярной стенке, которые приводят к накоплению гемосидерина в альвеолярных пространствах [59]. На КТ выявляется мозаичным или диффузным уплотнением по типу «матового стекла», в подострых случаях определяется утолщение междольковых перегородок, симптом «сумасшедшей ретикулярной исчерченности» (*crazy paving sign*) [25, 60, 61].

Прочие заболевания

В рамках дифференциального диагноза из этой группы заболеваний наибольший интерес представляют аденокарцинома, гравитационно-зависимые ателектазы и остеофит-индуцированный фиброз [62].

Аденокарцинома:

- **преинвазивная: атипичная аденоматозная гиперплазия** (преинвазивный процесс) – альвеолы выстланы кубовидными клетками с атипичными ядрами, скудной цитоплазмой, характеризуются редкими митозами. Аденокарцинома *in situ* – узелок с изменениями по типу «матового стекла» (злокачественный, но преинвазивный процесс) – характеризуется исключительно стелющимся типом роста вдоль стенок альвеол, отсутствием инвазии стромы, сосудов или плевры;
- **инвазивная: минимально инвазивная аденокарцинома** – «матовое стекло» или частично солидный узелок < 3 см (глубина инвазии < 0,5 см) характеризуется стелющимся типом роста, отсутствием инвазии стромы, сосудов или плевры [63];
- **инвазивная аденокарцинома с преимущественно стелющимся типом роста** – частично солидная, но может проявляться исключительно изменениями по типу «матового стекла» (сочетание нескольких гистологических типов) характеризуется в основном стелющимся типом роста, инвазией лимфатических, кровеносных сосудов, плевры или наличием некроза, инвазивный компонент > 0,5 см;
- **ацинарная, папиллярная, микропапиллярная или солидная с продукцией муцина** – обычно солидная, но может наблюдаться симптом «матового стекла»;
- **инвазивная муцинозная аденокарцинома** – многоочаговая, захватывает несколько долей, двусторонний процесс характеризуется консолидацией с симптомом «воздушной бронхограммы» [13, 64].

Гравитационно-зависимые ателектазы – серповидные или нодулярные участки снижения пневматизации в задних субплевральных отделах легких по типу «матового стекла», возможно, с элементами консолидации у пациентов в положении лежа на спине. Часто встречаются у пациентов с избыточной массой тела, пожилых. Данные изменения могут имитировать ранние проявления ИЗЛ. Морфологически являются микроателектазами, обусловленными сдавлением

легочной ткани под действием силы тяжести. Для дифференциальной диагностики с начальными интерстициальными изменениями необходимо провести исследование в положении пациента в прон-позиции [59, 65, 66].

Остеофит-индуцированный фиброз — локальные участки снижения пневматизации по типу «матового стекла» с ретикулярным компонентом, расположенные паравертебрально, чаще в нижней доле правого легкого, на фоне остеофитов тел позвонков [67, 68].

По данным анализа научной литературы определено, что даже с учетом спада заболеваемости новой коронавирусной инфекцией данная патология занимает лидирующие позиции при выявлении СМС.

Возможности оптимизации интерпретации результатов мультиспиральной компьютерной томографии, проявляющихся симптомом «матового стекла», при помощи методик автоматического анализа изображений

Значимым является применение постпроцессинговой обработки данных нативного исследования в режиме минимальной интенсивности (*Minimum intensity projection* — MinIP), при котором визуализируются воздушные пространства (трахеобронхиальные пути и альвеолярная ткань), имеющие минимальную плотность. П.М.Котляровым [69] проведен анализ исследований диффузных заболеваний легких с постпроцессинговой обработкой данных в режиме MinIP, по результатам которого показана возможность выявления дополнительных участков «матового стекла» или участков «матового стекла», которые при нативном исследовании не выявлялись (рис. 6А). Полученные данные свидетельствуют о лучшей визуализации при выявлении и распространенности процесса.

С начала пандемии новой коронавирусной инфекции особое значение приобрела корректная количественная оценка объема поражения легочной ткани, составляющая основу различных классификаций вирусной пневмонии по тяжести и распространенности.

Ali H. Elmokadem et al. [70] проведен количественный анализ изображений для оценки в баллах тяжести изменений в легких с помощью систем *Chest CT Severity Score (CT-SS)*, *Total severity Score (TSS)*, *Modified Total severity Score*, *3-level chest severity score*.

Группой ученых из Нидерландов представлена классификация CO-RADS, основанная на стандартизации оценки вероятности COVID-19 по 6-балльной шкале [33]. В Российской Федерации шкала CO-RADS врачам клинических специальностей известна мало, массово в стационарах и диагностических центрах не используется.

Широкое применение получила эмпирическая визуальная шкала, разработанная экспертным советом авторов временных методических рекомендаций «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» Министерства здравоохранения Российской Федерации, согласно которой выделены 5 степеней поражения легких в зависимости от его объема:

- КТ-0 — отсутствие характерных изменений;
- КТ-1 — < 25 %;
- КТ-2 — 25–50 %;
- КТ-3 — 50–75 %;
- КТ-4 — > 75 % [71–73].

В условиях пандемии COVID-19 различия классификаций, субъективность оценки степеней поражения легочной ткани побудили врачей к более широкому применению в радиологической практике программ искусственного интеллекта (ИИ) [74].

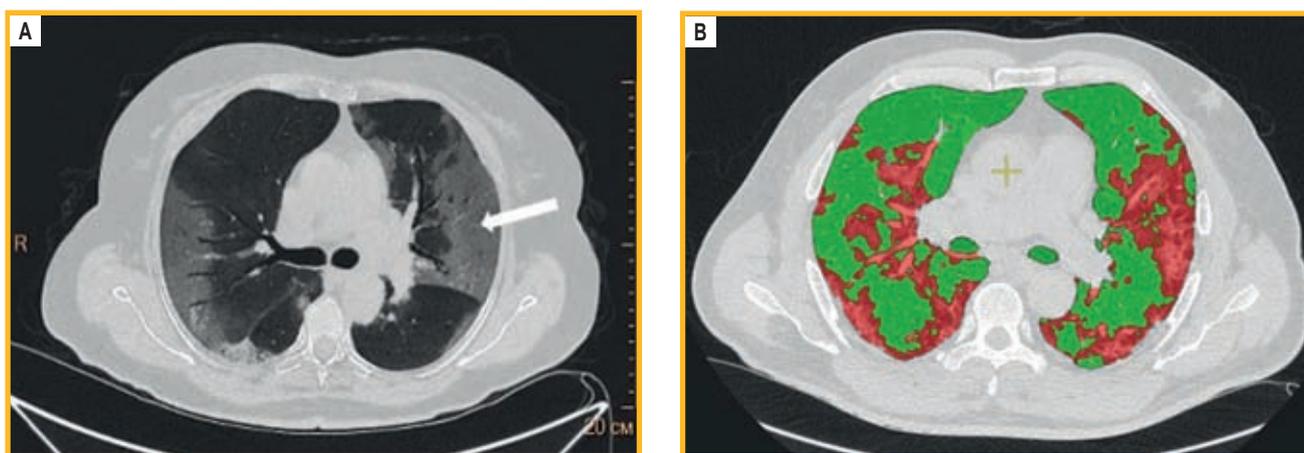


Рис. 6. Мультиспиральная компьютерная томография органов грудной клетки: А — в режиме MinIP, аксиальный срез: визуализация двусторонних сливных участков снижения пневматизации по типу «матового стекла» (белая стрелка); В — с использованием программы автоматического расчета поражения легочной паренхимы по типу «матового стекла», без учета участков консолидации; аксиальный срез: красным цветом выделены участки снижения пневматизации по типу «матового стекла»; зеленым цветом выделена пневматизированная (здоровая) легочная ткань

Примечание: MinIP (*Minimum intensity projection*) — режим минимальной интенсивности.

Figure 6. Multislice computed tomography of the chest: A, minimum intensity mode MinIP, axial section: visualization of bilateral fuzed “ground glass” areas of reduced pneumatization (white arrow); B, axial section with automatic calculation of “ground glass” pulmonary parenchymal lesions, not taking into account areas of consolidation: “ground glass” areas of decreased pneumatization are highlighted in red; pneumatized (healthy) lung tissue is highlighted in green

ИИ – это искусственная сущность, способная воспринимать свое окружение, искать и выполнять шаблоны распознавания, планировать и выполнять порядок действий, итогом которых является отчет [75]. Достижением ИИ стало появление машинного обучения: способность извлекать информацию из «сырых» необработанных данных и учиться на собственном опыте [76, 77].

В период пандемии новой коронавирусной инфекции были разработаны и получили широкое применение многочисленные программы ИИ для оценки объема поражения легких при COVID-ассоциированной пневмонии [74, 78]. У пациентов с COVID-19 степень выраженности изменений легких основывается на визуальной и количественной оценке, оценке плотности легких и составлении карт с помощью компьютер-ассистированных программ и программ ИИ с возможностью динамического наблюдения (см. рис. 6В) [79].

При внедрении ИИ ожидается оптимизация интерпретации СМС при проведении МСКТ, улучшение диагностики и дифференциальной диагностики легочных заболеваний, стандартизации отчетности данных исследований [80]. В связи с неспецифичностью симптома «матового стекла» существуют как недостатки использования программ ИИ, так и преимущества – автоматизированное измерение толщины стенки для оценки бронхиального дерева, сегментации долей легкого и визуализации [74, 78, 80].

Заключение

По результатам анализа медицинской литературы сделано заключение о том, что МСКТ в сочетании с программами ИИ является наиболее оптимальным методом лучевой диагностики заболеваний легких, протекающих с развитием СМС. Снижение пневматизации легочной паренхимы по типу «матового стекла» может являться симптомом многих инфекционных, интерстициальных и онкологических заболеваний и, следовательно, его специфичность крайне низка. Для более точной формулировки заключения врачу важно иметь системный подход к анализу изображений и учитывать все анамнестические, физикальные и клинико-лабораторные данные пациента.

Список сокращений

ГП – гиперчувствительный пневмонит
 ДАП – диффузного альвеолярного повреждения
 ДИП – десквамативная интерстициальная пневмония
 ИЗЛ – интерстициальные заболевания легких
 ИИ – искусственный интеллект
 ИИП – идиопатическая интерстициальная пневмония
 ИЛФ – идиопатический легочный фиброз
 КТ – компьютерная томография
 КТВР – компьютерная томография высокого разрешения
 МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

НСИП – неспецифическая интерстициальная пневмония

ОИП – острая интерстициальная пневмония

ОРДС – острый респираторный дистресс-синдром

РРО – Российское респираторное общество

СМС (*Ground-Glass Opacity sign*) – симптом «матового стекла»

ЭП – эозинофильная пневмония

MinIP (*Minimum intensity projection*) – режим минимальной интенсивности

Литература

1. Мартинес-Хименес С., Розадо-де-Кристенсон М.Л., Картер Б.В. и др. Лучевая диагностика. КТВР легких. Пер. с англ. М: Издательство Панфилова; 2022.
2. Collins J., Stern E.J. Ground-glass opacity at CT: the ABCs. *AJR Am. J. Roentgenol.* 1997; 169 (2): 355–367. DOI: 10.2214/ajr.169.2.9242736.
3. Baxi A.J., Mumbower A.L., Restrepo C.S. Overview of ground-glass opacity on CT: a must for the diagnostic radiologist. *Contemporary Diagnostic Radiology.* 2019; 42 (22): 8. DOI: 10.1097/01.CDR.0000586224.97409.cf.
4. Liang Z.R., Ye M., Lv F.J. et al. Differential diagnosis of benign and malignant patchy ground-glass opacity by thin-section computed tomography. *BMC Cancer.* 2022; 22 (1): 1206. DOI: 10.1186/s12885-022-10338-4.
5. Caruso D., Polidori T., Guido G. et al. Typical and atypical COVID-19 computed tomography findings. *World J. Clin. Cases.* 2020; 8 (15): 3177–3187. DOI: 10.12998/wjcc.v8.i15.3177.
6. Лукина О.В., Морозов А.Н., Сорочинский С.П. и др. Дифференциальная диагностика уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» не вирусной этиологии: мультидисциплинарный подход. *Лучевая диагностика и терапия.* 2020; 11 (2): 37–48. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-2-37-48.
7. Mimae T., Miyata Y., Tsutani Y. et al. Role of ground-glass opacity in pure invasive and lepidic component in pure solid lung adenocarcinoma for predicting aggressiveness. *JTCVS Open.* 2022; 11: 300–316. DOI: 10.1016/j.jxon.2022.04.041.
8. Digumarthy S.R., Padole A.M., Rastogi S. et al. Predicting malignant potential of subsolid nodules: can radiomics preempt longitudinal follow up CT? *Cancer Imaging.* 2019; 19 (1): 36. DOI: 10.1186%2Fs40644-019-0223-7.
9. Guo X., Jia X., Zhang D. et al. Indeterminate pulmonary subsolid nodules in patients with no history of cancer: growing prediction, CT pattern, and pathological diagnosis. *Diagn. Interv. Radiol.* 2022; 28 (3): 230–238. DOI: 10.5152/dir.2022.211100.
10. Kuriyama K., Yanagawa M. CT diagnosis of lung adenocarcinoma: radiologic-pathologic correlation and growth rate. *Radiology.* 2020; 297 (1): 199–200. DOI: 10.1148/radiol.2020202895.
11. Schreuder A., Prokop M., Scholten E.T. et al. CT-detected subsolid nodules: a predictor of lung cancer development at another location? *Cancers (Basel).* 2021; 13 (11): 2812. DOI: 10.3390/cancers13112812.
12. Naidich D.P., Bankier A.A., MacMahon H. et al. Recommendations for the management of subsolid pulmonary nodules detected at CT: a statement from the Fleischner Society. *Radiology.* 2013; 266 (1): 304–317. DOI: 10.1148/radiol.12120628.
13. MacMahon H.; Naidich, D.P., Goo, J.M. et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: from the Fleischner Society 2017. *Radiology.* 2017; 284 (1): 228–243. DOI: 10.1148/radiol.2017161659.
14. Miller W.T.Jr, Shah R.M. Isolated diffuse ground-glass opacity in thoracic CT: causes and clinical presentations. *AJR Am. J. Roentgenol.* 2012; 184 (2): 613–622. DOI: 10.2214/ajr.184.2.01840613.
15. Карнаушкина М.А., Аверьянов А.В., Лесняк В.Н. Синдром «матового стекла» при оценке КТ-изображений органов грудной клетки в практике клинициста: патогенез, значение, дифференциальный диагноз. *Архивъ внутренней медицины.* 2018; 8 (3): 165–175. DOI: 10.20514/2226-6704-2018-8-3-165-175.
16. Кумар В., Аббас А.К., Фаусто Н., Астер Д.К. Основы патологии заболеваний по Роббинсону и Котрану. Пер. с англ. М.: Логосфера; 2016. Т. 2.

17. Gao J.W., Rizzo S., Ma L.H. et al. Pulmonary ground-glass opacity: computed tomography features, histopathology and molecular pathology. *Trans. Lung Cancer Res.* 2017; 6 (1): 68–75. DOI: 10.21037/tlcr.2017.01.02.
18. Ryu J.H., Azadeh N., Samhouri B., Yi E. Recent advances in the understanding of bronchiolitis in adults [version 1; peer review: 2 approved]. *F1000Res.* 2020; 9 (F1000 Faculty Rev.): 568. DOI: 10.12688/f1000research.21778.1.
19. Marginean C.M., Popescu M., Vasile C.M. et al. Challenges in the differential diagnosis of COVID-19 pneumonia: a pictorial review. *Diagnostics (Basel).* 2022; 12 (11): 2823. DOI: 10.3390/diagnostics12112823.
20. Duzgun S.A., Durhan G., Demirkazik F.B. et al. COVID-19 pneumonia: the great radiological mimicker. *Insights Imaging.* 2020; 11 (1): 118. DOI: 10.1186/s13244-020-00933-z.
21. Коган Е.А., Березовский Ю.С., Проценко Д.Д. и др. Патологическая анатомия инфекции, вызванной SARS-CoV-2. *Судебная медицина.* 2020; 6 (2): 8–30. DOI: 10.19048/2411-8729-2020-6-2-8-30.
22. Лагуева И.Д., Сергеев Н.И., Котляров П.М. и др. Перфузионная компьютерная томография в уточнении природы очаговой патологии легких. *Лучевая диагностика и терапия.* 2019; (1): 62–68. DOI: 10.22328/2079-5343-2019-10-1-62-68.
23. Rothan H.A., Byrareddy S.N. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *J. Autoimmun.* 2020; 109. DOI: 10.1016/j.jaut.2020.102433.
24. Кармазановский Г.Г., Нуднов Н.В., Юдин А.Л., Петриков С.С. COVID-19: лучевая диагностика и мониторинг лечения. М.: Крафт+; 2020. Доступно на: https://www.vishnevskogo.ru/download/library/book_1.pdf
25. Cozzi D., Cavigli E., Moroni C. et al. Ground-glass opacity (GGO): a review of the differential diagnosis in the era of COVID-19. *Jpn. J. Radiol.* 2021; 39 (8): 721–732. DOI: 10.1007/s11604-021-01120-w.
26. Wu Z., Liu X., Liu J. et al. Correlation between ground-glass opacity on pulmonary CT and the levels of inflammatory cytokines in patients with moderate-to-severe COVID-19 pneumonia. *Int. J. Med. Sci.* 2021; 18 (11): 2394–2400. DOI: 10.7150/ijms.56683.
27. Malguria N., Yen L.H., Lin T. et al. Role of chest CT in COVID-19. *J. Clin. Imaging Sci.* 2021; 11: 30. DOI: 10.25259/JCIS_138_2020.
28. Al-Umairi R.S., Al-Kalbani J., Al-Tai S. et al. COVID-19 associated pneumonia: a review of chest radiograph and computed tomography findings. *Sultan Qaboos Univ. Med. J.* 2021; 21 (1): e4–11. DOI: 10.18295/squmj.2021.21.01.002.
29. Ye Z., Zhang Y., Wang Y. et al. Chest CT manifestations of new coronavirus disease 2019 (COVID-19): a pictorial review. *Eur. Radiol.* 2020; 30 (8): 4381–4389. DOI: 10.1007/s00330-020-06801-0.
30. Miyashita N., Nakamori Y., Ogata M. et al. Early identification of novel coronavirus (COVID-19) pneumonia using clinical and radiographic findings. *J. Infect. Chemother.* 2022; 28 (5): 718–721. DOI: 10.1016/j.jiac.2022.02.005.
31. Yang W., Sirajuddin A., Zhang X. et al. The role of imaging in 2019 novel coronavirus pneumonia (COVID-19). *Eur. Radiol.* 2020; 30 (9): 4874–4882. DOI: 10.1007/s00330-020-06827-4.
32. McLaren T. A., Gruden J.F., Green D.B. The bullseye sign: a variant of the reverse halo sign in COVID-19 pneumonia. *Clin. Imaging.* 2020; 68: 191–196. DOI: 10.1016/j.clinimag.2020.07.024.
33. Тюрин И.Е., Струтынская А.Д. Визуализация изменений в легких при коронавирусной инфекции (обзор литературы и собственные данные). *Пульмонология.* 2020; 30 (5): 658–670. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-658-670.
34. Niang I., Fall M.C., Diouf J.C.N. et al. False ground-glass opacity and suspicion of COVID-19, beware of the technique for performing the CT. *Pan Afr. Med. J.* 2020; 35 (Suppl. 2): 138. DOI: 10.11604/panj.supp.2020.35.138.25353.
35. Баклаушев В.П., Кулемзин С.В., Горчаков А.А. и др. COVID-19: этиология, патогенез, диагностика и лечение. *Клиническая практика.* 2020; 11 (1): 7–20. DOI: 10.17816/clinpract26339.
36. Ramdani H., Allali N., Chat L., El Haddad S. COVID-19 imaging: a narrative review. *Ann. Med. Surg. (Lond.).* 2021; 69: 102489. DOI: 10.1016/j.amsu.2021.102489.
37. Котляров П.М., Сергеев Н.И., Солдатов Д.Г. и др. 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.
38. Giannakis A., Móre D., Mangold D. L. et al. Simultaneous presence of the “bullseye” and “reversed halo” sign at CT of COVID-19 pneumonia: a case report. *Radiol. Case Rep.* 2021; 16 (9): 2442–2446. DOI: 10.1016/j.radcr.2021.05.074.
39. Shaghghi S., Daskareh M., Irannejad M. et al. Target-shaped combined halo and reversed-halo sign, an atypical chest CT finding in COVID-19. *Clin. Imaging.* 2021; 69: 72–74. DOI: 10.1016/j.clinimag.2020.06.038.
40. Hatabu H., Hunninghake G.M., Richeldi L. et al. Interstitial lung abnormalities detected incidentally on CT: a position paper from the Fleischner Society. *Lancet Respir. Med.* 2020; 8 (7): 726–737. DOI: 10.1016/S2213-2600(20)30168-5.
41. Jin G.Y., Lynch D., Chawla A. et al. Interstitial lung abnormalities in a CT lung cancer screening population: prevalence and progression rate. *Radiology.* 2013; 268 (2): 563–571. DOI: 10.1148/radiol.13120816.
42. Котляров П.М., Овчинников В.Н., Сергеев Н.И. Виртуальная бронхоскопия в диагностике заболеваний легких и трахеобронхиальной системы (обзор литературы). *Вестник Российского Научного Центра рентгенодиагностики.* 2017; 17 (1). Доступно на: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-bronhoskopiya-v-diagnostike-zabolevanij-legkih-i-traheobronhialnoy-sistemy-obzor-literatury/>
43. Doshi J.A., Mundhra K.S., Shah D.S. et al. Role of high-resolution CT thorax in diagnosing interstitial lung disease and its association with smoking and connective tissue disorder. *Cureus.* 2022; 14 (11): e31107. DOI: 10.7759/cureus.31107.
44. Hagmeyer L., Randerath W. Smoking-related interstitial lung disease. *Dtsch. Arztebl. Int.* 2015; 112 (4): 43–50. DOI: 10.3238/arztebl.2015.0043.
45. Chakraborty R.K., Basit H., Sharma S. Desquamative interstitial pneumonia. In: StatPearls (Internet). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526079/>
46. Юдин А.Л., Афанасьева Н.И., Абович Ю.А. и др. Компьютерная томография высокого разрешения в диагностике интерстициальных пневмоний. *Медицинская визуализация.* 2002; (2): 40–48. Доступно на: http://vidar.ru/Article.asp?fid=MV_2002_4_40&ysclid=lmckffr4t929979069
47. Lynch D.A., Sverzellati N., Travis W.D. et al. Diagnostic criteria for idiopathic pulmonary fibrosis: a Fleischner Society white paper. *Lancet Respir. Med.* 2018; 6 (2): 138–153. DOI: 10.1016/S2213-2600(17)30433-2.
48. Юдин А.Л., Абович Ю.А., Юматова Е.А. и др. Аспекты компьютерной томографии в диагностике организуемой пневмонии. *REJR (Russian Electronic Journal of Radiology).* 2019; 9 (3): 176–189. DOI: 10.21569/2222-7415-2019-9-3-176-189.
49. Tiralongo F., Palermo M., Distefano G. et al. Cryptogenic organizing pneumonia: evolution of morphological patterns assessed by HRCT. *Diagnostics (Basel).* 2020; 10 (5): 262. DOI: 10.3390/diagnostics10050262.
50. Chiarenza A., Ultimo L.E., Falsaperla D. et al. Chest imaging using signs, symbols, and naturalistic images: a practical guide for radiologists and non-radiologists. *Insights Imaging.* 2019; 10 (1): 114. DOI: 10.1186/s13244-019-0789-4.
51. Shobeirian F., Mehrian P., Doroudinia A. Hypersensitivity pneumonitis high-resolution computed tomography findings, and their correlation with the etiology and the disease duration. *Prague Med. Rep.* 2020; 121 (3): 133–141. DOI: 10.14712/23362936.2020.12.
52. Carlicchi E., Gemma P., Poerio A. et al. Chest-CT mimics of COVID-19 pneumonia – a review article. *Emerg. Radiol.* 2021; 28 (3): 507–518. DOI: 10.1007/s10140-021-01919-0.
53. Girvin F., Naidich D. CT features of electronic-cigarette or vaping-associated lung injury (EVALI); our experience during the recent outbreak. *BJR Case Rep.* 2020; 6 (3): 20200027. DOI: 10.1259/bjrcr.20200027.
54. Pitlick M.M., Lang D.K., Meehan A.M., McCoy C.P. EVALI: a mimicker of COVID-19. *Mayo Clin. Proc. Innov. Qual. Outcomes.* 2021; 5 (3): 682–687. DOI: 10.1016/j.mayocpiqo.2021.03.002.
55. Kligerman S.J., Kay F.U., Raptis C.A. et al. CT findings and patterns of e-cigarette or vaping product use-associated lung injury: a multicenter cohort of 160 cases. *Chest.* 2021; 160 (4): 1492–1511. DOI: 10.1016/j.chest.2021.04.054.
56. Tokuyama Y., Matsumoto T., Kusakabe Y. et al. Ground-glass opacity as a paradoxical reaction in military tuberculosis: a case report and

- review of the literature. *ID Cases*. 2020;19: e00685. DOI: 10.1016/j.idcr.2019.e00685.
57. Кумар В., Аббас А.К., Фаусто Н. и др. Основы патологии заболеваний по Роббинсону и Котрану. Пер. с англ. М.: Логосфера. 2016. Т. 1.
 58. Рэлстон С.Г., Пэнмэн Й.Д., Стрэнч М.В.Дж. и др. Внутренние болезни по Дэвидсону. Пер. с англ. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2021. Т. 1.
 59. Китаев В.М., Белова И.Б., Абович Ю.А. и др. Симптом матового стекла и его морфологические составляющие. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова*. 2016; 11 (2): 80–87. Доступно на: <https://cyberleninka.ru/article/n/simptom-matovogo-stekla-i-ego-morfologicheskie-sostavlyayushchie?yclid=lnkec8ggyi106133567>
 60. Benslimi N., Kassimi M., Berrada S. et al. Acute pulmonary embolism mimicking COVID-19 pneumonia. *Radiol. Case Rep*. 2021; 16 (8): 2072–2076. DOI: 10.1016/j.radcr.2021.04.078.
 61. An J., Nam Y., Cho H. et al. Acute pulmonary embolism and chronic thromboembolic pulmonary hypertension: clinical and serial CT pulmonary angiographic features. *J. Korean Med. Sci*. 2022; 37 (10): e76. DOI: 10.3346/jkms.2022.37.e76.
 62. Guo M., Liu J., Jiang B. Exogenous lipid pneumonia in old people caused by aspiration: two case reports and literature review. *Respir. Med. Case Rep*. 2019; 27: 100850. DOI: 10.1016/j.rmcr.2019.100850.
 63. de Margerie-Mellon C., Ngo L.H., Gill R.R. et al. The growth rate of subsolid lung adenocarcinoma nodules at chest CT. *Radiology*. 2020; 297 (1): 189–198. DOI: 10.1148/radiol.2020192322.
 64. Розадо-де-Кристенсон М.Л., Картер Б.В. Лучевая диагностика: Опухоли грудной клетки. Пер. с англ. М.: Издательство Панфилова; 2018.
 65. Nata A., Schiebler M.L., Lynch D.A., Hatabu H. Interstitial lung abnormalities: state of the art. *Radiology*. 2021; 301 (1): 19–34. DOI: 10.1148/radiol.2021204367.
 66. Соколова И.А., Лобанов М.Н., Баланюк Э.А. Рентгенологические критерии дифференциальной диагностики воспалительных изменений ОГК вирусной этиологии (COVID-19) при МСКТ. *Московская медицина*. 2020; 36 (Прил. 2): 58–63. Доступно на: <https://miioz.ru/upload/iblock/81c/81c60b9901bf9e7feadfd4a50bdcbd3.pdf>
 67. Харченко В.П., Котляров П.М. Методы медицинской визуализации в диагностике заболеваний органов дыхания. *Пульмонология*. 1999; (4): 48–52. Доступно на: <https://journal.pulmonology.ru/pulm/article/view/3122>
 68. Кудрявцев А.Д., Кондаков А.К., Корвяков С.А. и др. Перспективы использования радионуклидных методов исследования для диагностики и оценки эффективности лечения последствий перенесенной новой коронавирусной инфекции. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2021; 66 (1): 63–68. DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-1-63-68.
 69. 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.
 70. Elmokadem A.H., Mounir A.M., Ramadan Z.A. et al. Comparison of chest CT severity scoring systems for COVID-19. *Eur. Radiol*. 2022; 32 (5): 3501–3512. DOI: 10.1007/s00330-021-08432-5.
 71. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Временные методические рекомендации: Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции COVID-19. Версия 16 (18.08.2022). Доступно на: <https://edu.rosminzdrav.ru/anonsy/anonsy/news/vremennye-metodicheskie-rekomendacii-profilaktika-d/>
 72. Морозов С.П., Гомболевский В.А., Чернина В.Ю. и др. Прогнозирование летальных исходов при COVID-19 по данным компьютерной томографии органов грудной клетки. *Туберкулез и болезни легких*. 2020; 98 (6): 7–14. DOI: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14.
 73. Кудрявцев Ю.С., Берегов М.М., Бердалин А.Б., Лелюк В.Г. Сравнение основных шкал оценки тяжести поражения легких при COVID-19 по данным компьютерной томографии и оценка их прогностической ценности. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2021; 102 (5): 296–303. DOI: 10.20862/0042-4676-2021-102-5-296-303.
 74. Сперанская А.А. Роль искусственного интеллекта в оценке данных рентгеновской компьютерной томографии у пациентов с интерстициальными заболеваниями легких в условиях пандемии COVID-19. *Визуализация в медицине*. 2021; 3 (3): 3–12. Доступно на: <https://ojs3.gpmu.org/index.php/visual-med/article/view/3938>
 75. Mintz Y., Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minim. Invasive Ther. Allied Technol*. 2019; 28 (2): 73–81. DOI: 10.1080/13645706.2019.1575882.
 76. Li L., Lixin Qin L., Xu Z. et al. Using artificial intelligence to detect COVID-19 and community-acquired pneumonia based on pulmonary CT: evaluation of the diagnostic accuracy. *Radiology*. 2020; 296 (2): E65–71. DOI: 10.1148/radiol.2020200905.
 77. McBee M.P., Awan O.A., Colucci A.T. et al. Deep learning in radiology. *Acad. Radiol*. 2018; 25 (11): 1472–1480. DOI: 10.1016/j.acra.2018.02.018.
 78. Зельтер П.М., Колсанов А.В., Чаплыгин С.С., Первушкин С.С. Визуальная и автоматическая оценки объема поражения легких на компьютерной томографии при пневмонии, вызванной COVID-19. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ» (Реабилитация, Врач и Здоровье)*. 2020; (6): 5–13. DOI: 10.20340/vmi-rvz.2020.6.1.
 79. Kang M., Hong K.S., Chikontwe P. et al. Quantitative assessment of chest CT patterns in COVID-19 and bacterial pneumonia patients: a deep learning perspective. *J. Korean Med. Sci*. 2021; 36 (5): e46. DOI: 10.3346/jkms.2021.36.e46.
 80. Huang S., Yang J., Fong S., Zhao Q. Artificial intelligence in the diagnosis of COVID-19: challenges and perspectives. *Int. J. Biol. Sci*. 2021; 17 (6): 1581–1587. DOI: 10.7150/ijbs.58855.

Поступила: 23.02.23
Принята к печати: 15.03.23

References

1. Martínez-Jiménez C., Rosado-de-Christenson M.L., Carter B.W. et al. [Specialty Imaging: HRCT of the Lung]. Translated from English. Moscow: Izdatel'stvo Panfilova; 2022 (in Russian).
2. Collins J., Stern E.J. Ground-glass opacity at CT: the ABCs. *AJR Am. J. Roentgenol*. 1997; 169 (2): 355–367. DOI: 10.2214/ajr.169.2.9242736.
3. Baxi A.J., Mumbower A.L., Restrepo C.S. Overview of ground-glass opacity on CT: a must for the diagnostic radiologist. *Contemporary Diagnostic Radiology*. 2019; 42 (22): 8. DOI: 10.1097/01.CDR.0000586224.97409.cf.
4. Liang Z.R., Ye M., Lv F.J. et al. Differential diagnosis of benign and malignant patchy ground-glass opacity by thin-section computed tomography. *BMC Cancer*. 2022; 22 (1): 1206. DOI: 10.1186/s12885-022-10338-4.
5. Caruso D., Polidori T., Guido G. et al. Typical and atypical COVID-19 computed tomography findings. *World J. Clin. Cases*. 2020; 8 (15): 3177–3187. DOI: 10.12998/wjcc.v8.i15.3177.
6. Lukina O.V., Morozov A.N., Sorochinskiy S.P. et al. [Differential diagnosis of ground glass opacities of non-viral etiology: a multidisciplinary approach]. *Luchevaya diagnostika i terapiya*. 2020; 11 (2): 37–48. DOI: 10.22328/2079-5343-2020-11-2-37-48 (in Russian).
7. Mimae T., Miyata Y., Tsutani Y. et al. Role of ground-glass opacity in pure invasive and lepidic component in pure solid lung adenocarcinoma for predicting aggressiveness. *JTCVS Open*. 2022; 11: 300–316. DOI: 10.1016/j.xjon.2022.04.041.
8. Digumarthy S.R., Padole A.M., Rastogi S. et al. Predicting malignant potential of subsolid nodules: can radiomics preempt longitudinal follow up CT? *Cancer Imaging*. 2019; 19 (1): 36. DOI: 10.1186%2Fs04644-019-0223-7.
9. Guo X., Jia X., Zhang D. et al. Indeterminate pulmonary subsolid nodules in patients with no history of cancer: growing prediction, CT pattern, and pathological diagnosis. *Diagn. Interv. Radiol*. 2022; 28 (3): 230–238. DOI: 10.5152/dir.2022.211100.
10. Kuriyama K., Yanagawa M. CT diagnosis of lung adenocarcinoma: radiologic-pathologic correlation and growth rate. *Radiology*. 2020; 297 (1): 199–200. DOI: 10.1148/radiol.2020202895.
11. Schreuder A., Prokop M., Scholten E.T. et al. CT-detected subsolid nodules: a predictor of lung cancer development at another location? *Cancers (Basel)*. 2021; 13 (11): 2812. DOI: 10.3390/cancers13112812.
12. Naidich D.P., Bankier A.A., MacMahon H. et al. Recommendations for the management of subsolid pulmonary nodules detected at CT:

- a statement from the Fleischner Society. *Radiology*. 2013; 266 (1): 304–317. DOI: 10.1148/radiol.12120628.
13. MacMahon H., Naidich, D.P., Goo, J.M. et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: from the Fleischner Society 2017. *Radiology*. 2017; 284 (1): 228–243. DOI: 10.1148/radiol.2017161659.
 14. Miller W.T.Jr, Shah R.M. Isolated diffuse ground-glass opacity in thoracic CT: causes and clinical presentations. *AJR Am. J. Roentgenol*. 2012; 184 (2): 613–622. DOI: 10.2214/ajr.184.2.01840613.
 15. Karnaukhina M.A., Aver'yanov A.V., Lesnyak V.N. [Ground glass opacities on ct of the chest in the practice of the clinician: pathogenesis, significance, differential diagnose]. *Arkhiv vnutrenney meditsiny*. 2018; 8 (3): 165–175. DOI: 10.20514/2226-6704-2018-8-3-165-175 (in Russian).
 16. Kumar V., Abbas A.K., Fausto N., Aster D.K. [Robbins and Cotran pathologic basis of disease]. Translated from English. Moscow: Logosfera; 2016. Vol. 2 (in Russian).
 17. Gao J.W., Rizzo S., Ma L.H. et al. Pulmonary ground-glass opacity: computed tomography features, histopathology and molecular pathology. *Trans. Lung Cancer Res*. 2017; 6 (1): 68–75. DOI: 10.21037/tlcr.2017.01.02.
 18. Ryu J.H., Azadeh N., Samhoury B., Yi E. Recent advances in the understanding of bronchiolitis in adults [version 1; peer review: 2 approved]. *F1000Res*. 2020; 9 (F1000 Faculty Rev.): 568. DOI: 10.12688/f1000research.21778.1.
 19. Marginean C.M., Popescu M., Vasile C.M. et al. Challenges in the differential diagnosis of COVID-19 pneumonia: a pictorial review. *Diagnostics (Basel)*. 2022; 12 (11): 2823. DOI: 10.3390/diagnostics12112823.
 20. Duzgun S.A., Durhan G., Demirkazik F.B. et al. COVID-19 pneumonia: the great radiological mimicker. *Insights Imaging*. 2020; 11 (1): 118. DOI: 10.1186/s13244-020-00933-z.
 21. Kogan E.A., Berezovskiy Yu.S., Protsenko D.D. et al. [Pathological anatomy of infection caused by SARS-CoV-2]. *Sudebnaya meditsina*. 2020; 6 (2): 8–30. DOI: 10.19048/2411-8729-2020-6-2-8-30 (in Russian).
 22. Lagkueva I.D., Sergeev N.I., Kotlyarov P.M. [Perfusion computed tomography in refinement nature and focal lung disease]. *Lučevaya diagnostika i terapiya*. 2019; (1): 62–68. DOI: 10.22328/2079-5343-2019-10-1-62-68 (in Russian).
 23. Rothan H.A., Byraredy S.N. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *J. Autoimmun*. 2020; 109. DOI: 10.1016/j.jaut.2020.102433.
 24. Karmazanovskiy G.G., Nudnov N.V., Yudin A.L., Petrikov S.S. [COVID-19: radiodiagnosis and treatment monitoring]. Moscow: Kraft+; 2020. Available at: https://www.vishnevskogo.ru/download/library/book_1.pdf (in Russian).
 25. Cozzi D., Cavigli E., Moroni C. et al. Ground-glass opacity (GGO): a review of the differential diagnosis in the era of COVID-19. *Jpn. J. Radiol*. 2021; 39 (8): 721–732. DOI: 10.1007/s11604-021-01120-w.
 26. Wu Z., Liu X., Liu J. et al. Correlation between ground-glass opacity on pulmonary CT and the levels of inflammatory cytokines in patients with moderate-to-severe COVID-19 pneumonia. *Int. J. Med. Sci*. 2021; 18 (11): 2394–2400. DOI: 10.7150/ijms.56683.
 27. Malguria N., Yen L.H., Lin T. et al. Role of chest CT in COVID-19. *J. Clin. Imaging Sci*. 2021; 11: 30. DOI: 10.25259/JCIS_138_2020.
 28. Al-Umairi R.S., Al-Kalbani J., Al-Tai S. et al. COVID-19 associated pneumonia: a review of chest radiograph and computed tomography findings. *Sultan Qaboos Univ. Med. J*. 2021; 21 (1): e4–11. DOI: 10.18295/squmj.2021.21.01.002.
 29. Ye Z., Zhang Y., Wang Y. et al. Chest CT manifestations of new coronavirus disease 2019 (COVID-19): a pictorial review. *Eur. Radiol*. 2020; 30 (8): 4381–4389. DOI: 10.1007/s00330-020-06801-0.
 30. Miyashita N., Nakamori Y., Ogata M. et al. Early identification of novel coronavirus (COVID-19) pneumonia using clinical and radiographic findings. *J. Infect. Chemother*. 2022; 28 (5): 718–721. DOI: 10.1016/j.jiac.2022.02.005.
 31. Yang W., Sirajuddin A., Zhang X. et al. The role of imaging in 2019 novel coronavirus pneumonia (COVID-19). *Eur. Radiol*. 2020; 30 (9): 4874–4882. DOI: 10.1007/s00330-020-06827-4.
 32. McLaren T.A., Gruden J.F., Green D.B. The bullseye sign: a variant of the reverse halo sign in COVID-19 pneumonia. *Clin. Imaging*. 2020; 68: 191–196. DOI: 10.1016/j.clinimag.2020.07.024.
 33. Tyurin I.E., Strutynskaya A.D. [Imaging of lung pathology in COVID-19 (literature review and own data)]. *Pul'monologiya*. 2020; 30 (5): 658–670. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-658-670 (in Russian).
 34. Niang I., Fall M.C., Diouf J.C.N. et al. False ground-glass opacity and suspicion of COVID-19, beware of the technique for performing the CT. *Pan Afr. Med. J*. 2020; 35 (Suppl. 2): 138. DOI: 10.11604/pamj.suppl.2020.35.138.25353.
 35. Baklaushev V.P., Kulemzin S.V., Gorchakov A.A. et al. [COVID-19: aetiology, pathogenesis, diagnosis and treatment]. *Klinicheskaya praktika*. 2020; 11 (1): 7–20. DOI: 10.17816/clinpract26339 (in Russian).
 36. Ramdani H., Allali N., Chat L., El Haddad S. COVID-19 imaging: a narrative review. *Ann. Med. Surg. (Lond)*. 2021; 69: 102489. DOI: 10.1016/j.amsu.2021.102489.
 37. Kotlyarov P.M., Sergeev N.I., Soldatov D.G. et al. [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).
 38. Giannakis A., Móre D., Mangold D. L. et al. Simultaneous presence of the “bullseye” and “reversed halo” sign at CT of COVID-19 pneumonia: a case report. *Radiol. Case Rep*. 2021; 16 (9): 2442–2446. DOI: 10.1016/j.radcr.2021.05.074.
 39. Shaghghi S., Daskareh M., Irannejad M. et al. Target-shaped combined halo and reversed-halo sign, an atypical chest CT finding in COVID-19. *Clin. Imaging*. 2021; 69: 72–74. DOI: 10.1016/j.clinimag.2020.06.038.
 40. Hatabu H., Hunninghake G.M., Richeldi L. et al. Interstitial lung abnormalities detected incidentally on CT: a position paper from the Fleischner Society. *Lancet Respir. Med*. 2020; 8 (7): 726–737. DOI: 10.1016/S2213-2600(20)30168-5.
 41. Jin G.Y., Lynch D., Chawla A. et al. Interstitial lung abnormalities in a CT lung cancer screening population: prevalence and progression rate. *Radiology*. 2013; 268 (2): 563–571. DOI: 10.1148/radiol.13120816.
 42. Kotlyarov P.M., Ovchinnikov V.N., Sergeev N.I. [Virtual bronchoscopy in the diagnosis of diseases of the lungs and tracheobronchial system (literature review)]. *Vestnik Rossiyskogo Nauchnogo Tsentra rentgenoradiologii*. 2017; 17 (1). Доступно на: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-bronhoskopiya-v-diaagnostike-zabolevaniy-legkih-i-traheobronhialnoy-sistemy-obzor-literatury>?
 43. Doshi J.A., Mundhra K.S., Shah D.S. et al. Role of high-resolution CT thorax in diagnosing interstitial lung disease and its association with smoking and connective tissue disorder. *Cureus*. 2022; 14 (11): e31107. DOI: 10.7759/cureus.31107.
 44. Hagemeyer L., Randerath W. Smoking-related interstitial lung disease. *Dtsch. Arztebl. Int*. 2015; 112 (4): 43–50. DOI: 10.3238/arztebl.2015.0043.
 45. Chakraborty R.K., Basit H., Sharma S. Desquamative interstitial pneumonia. In: StatPearls (Internet). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526079/>
 46. Yudin A.L., Afanas'eva N.I., Abovich Yu.A. et al. [High resolution CT in the diagnosis of interstitial pneumonias]. *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2002; (2): 40–48. Available at: http://vidar.ru/Article.asp?fid=MV_2002_4_40&ysclid=lnkckffr4r929979069 (in Russian).
 47. Lynch D.A., Sverzellati N., Travis W.D. et al. Diagnostic criteria for idiopathic pulmonary fibrosis: a Fleischner Society white paper. *Lancet Respir. Med*. 2018; 6 (2): 138–153. DOI: 10.1016/S2213-2600(17)30433-2.
 48. Yudin A.L., Abovich Yu.A., Yumatova E.A. et al. [Aspects of computed tomography in diagnostics of organizing pneumonia]. *REJR (Russian Electronic Journal of Radiology)*. 2019; 9 (3): 176–189. DOI: 10.21569/2222-7415-2019-9-3-176-189.
 49. Tiralongo F., Palermo M., Distefano G. et al. Cryptogenic organizing pneumonia: evolution of morphological patterns assessed by HRCT. *Diagnostics (Basel)*. 2020; 10 (5): 262. DOI: 10.3390/diagnostics10050262.
 50. Chiarenza A., Ultimo L.E., Falsaperla D. et al. Chest imaging using signs, symbols, and naturalistic images: a practical guide for radiologists and non-radiologists. *Insights Imaging*. 2019; 10 (1): 114. DOI: 10.1186/s13244-019-0789-4.
 51. Shobeirani F., Mehriani P., Doroudinia A. Hypersensitivity pneumonitis high-resolution computed tomography findings, and their

- correlation with the etiology and the disease duration. *Prague Med. Rep.* 2020; 121 (3): 133–141. DOI: 10.14712/23362936.2020.12.
52. Carlicchi E., Gemma P., Poerio A. et al. Chest-CT mimics of COVID-19 pneumonia – a review article. *Emerg. Radiol.* 2021; 28 (3): 507–518. DOI: 10.1007/s10140-021-01919-0.
 53. Girvin F., Naidich D. CT features of electronic-cigarette or vaping-associated lung injury (EVALI); our experience during the recent outbreak. *BJR Case Rep.* 2020; 6 (3): 20200027. DOI: 10.1259/bjrcr.20200027.
 54. Pitlick M.M., Lang D.K., Meehan A.M., McCoy C.P. EVALI: a mimicker of COVID-19. *Mayo Clin. Proc. Innov. Qual. Outcomes.* 2021; 5 (3): 682–687. DOI: 10.1016/j.mayocpiqo.2021.03.002.
 55. Kligerman S.J., Kay F.U., Raptis C.A. et al. CT findings and patterns of e-cigarette or vaping product use-associated lung injury: a multicenter cohort of 160 cases. *Chest.* 2021; 160 (4): 1492–1511. DOI: 10.1016/j.chest.2021.04.054.
 56. Tokuyama Y., Matsumoto T., Kusakabe Y. et al. Ground-glass opacity as a paradoxical reaction in military tuberculosis: a case report and review of the literature. *ID Cases.* 2020; 19: e00685. DOI: 10.1016/j.idcr.2019.e00685.
 57. Kumar V., Abbas A.K., Fausto N., Aster D.K. [Robbins and Cotran pathologic basis of disease]. Translated from English. Moscow: Logosfera; 2016. Vol. 1 (in Russian).
 58. Ralston S.G., Panman Y.D., Strachan M.W.J. [Davidson's principles and practice of medicine]. Translated from English. Moscow: GEOTAR-Media; 2021. T. 1 (in Russian).
 59. Kitaev V.M., Belova I.B., Abovich Yu.A. et al. [Symptom frosted glass and its morphological components]. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I.Pirogova.* 2016; 11 (2): 80–87. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/simptom-matovogo-stekla-i-ego-morfologicheskije-sostavlyayuschie-ysclid=lnkec8gqiy106133567> (in Russian).
 60. Benslimi N., Kassimi M., Berrada S. et al. Acute pulmonary embolism mimicking COVID-19 pneumonia. *Radiol. Case Rep.* 2021; 16 (8): 2072–2076. DOI: 10.1016/j.radcr.2021.04.078.
 61. An J., Nam Y., Cho H. et al. Acute pulmonary embolism and chronic thromboembolic pulmonary hypertension: clinical and serial CT thoracography angiographic features. *J. Korean Med. Sci.* 2022; 37 (10): e76. DOI: 10.3346/jkms.2022.37.e76.
 62. Guo M., Liu J., Jiang B. Exogenous lipid pneumonia in old people caused by aspiration: two case reports and literature review. *Respir. Med. Case Rep.* 2019; 27: 100850. DOI: 10.1016/j.rmcr.2019.100850.
 63. de Margerie-Mellon C., Ngo L.H., Gill R.R. et al. The growth rate of subsolid lung adenocarcinoma nodules at chest CT. *Radiology.* 2020; 297 (1): 189–198. DOI: 10.1148/radiol.2020192322.
 64. Rozado-de-Kristenson M.L., Karter B.V. [Specialty Imaging: Thoracic neoplasms]. Translated from English. Moscow: Izdatel'stvo Panfilova; 2018 (in Russian).
 65. Hata A., Schiebler M.L., Lynch D.A., Hatabu H. Interstitial lung abnormalities: state of the art. *Radiology.* 2021; 301 (1): 19–34. DOI: 10.1148/radiol.2021204367.
 66. Sokolina I.A., Lobanov M.N., Balanyuk E.A. [X-ray criteria for the differential diagnosis of inflammatory changes in the cervical cavity of viral etiology (COVID-19) with MSCT]. *Moskovskaya meditsina.* 2020; 36 (Suppl. 2): 58–63. Available at: <https://niioz.ru/upload/iblock/81c/81e60b9901bf9e7feadfd4a50bdcd3.pdf> (in Russian).
 67. Kharchenko V.P., Kotlyarov P.M. [Medical imaging methods in diagnostics of respiratory diseases]. *Pul'monologiya.* 1999; (4): 48–52. Available at: <https://journal.pulmonology.ru/pulm/article/view/3122> (in Russian).
 68. Kudryavtsev A.D., Kondakov A.K., Korvyakov C.A. et al. [Prospects for using radionuclide research methods for diagnosing and evaluating effectiveness of treating consequences of coronavirus disease]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'.* 2021; 66 (1): 63–68. DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-1-63-68 (in Russian).
 69. 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).
 70. Elmokadem A.H., Mounir A.M., Ramadan Z.A. et al. Comparison of chest CT severity scoring systems for COVID-19. *Eur. Radiol.* 2022; 32 (5): 3501–3512. DOI: 10.1007/s00330-021-08432-5.
 71. Ministry of Health of the Russian Federation. [The Temporary Guidelines: Prevention, diagnosis and treatment of the new coronavirus infection COVID-19]. Version 16 (August 18, 2022). Available at: <https://edu.rosminzdrav.ru/anonsy/anonsy/news/vremennye-metodicheskie-rekomendacii-profilaktika-d/> (in Russian).
 72. Morozov S.P., Gombolevskii V.A., Chernina V.Yu. et al. [Prediction of lethal outcomes in COVID-19 cases based on the results chest computed tomography]. *Tuberkulez i bolezni legkikh.* 2020; 98 (6): 7–14. DOI: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14 (in Russian).
 73. Kudryavtsev Yu.S., Beregov M.M., Berdalin A.B., Lelyuk V.G. [Comparison of the main staging systems for assessing the severity of lung injury in patients with COVID-19 and evaluation of their predictive value]. *Vestnik rentgenologii i radiologii.* 2021; 102 (5): 296–303. DOI: 10.20862/0042-4676-2021-102-5-296-303 (in Russian).
 74. Speranskaya A.A. [The role of artificial intelligence in the evaluation of x-ray computed tomography data in patients with interstitial lung diseases in the COVID-19 pandemic]. *Vizualizatsiya v meditsine.* 2021; 3 (3): 3–12. Available at: <https://ojs3.gpmu.org/index.php/visual-med/article/view/3938> (in Russian).
 75. Mintz Y., Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minim. Invasive Ther. Allied Technol.* 2019; 28 (2): 73–81. DOI: 10.1080/13645706.2019.1575882.
 76. Li L., Lixin Qin L., Xu Z. et al. Using artificial intelligence to detect COVID-19 and community-acquired pneumonia based on pulmonary CT: evaluation of the diagnostic accuracy. *Radiology.* 2020; 296 (2): E65–71. DOI: 10.1148/radiol.2020200905.
 77. McBee M.P., Awan O.A., Colucci A.T. et al. Deep learning in radiology. *Acad. Radiol.* 2018; 25 (11): 1472–1480. DOI: 10.1016/j.acra.2018.02.018.
 78. Zel'ter P.M., Kolsanov A.V., Chaplygin S.S., Pervushkin S.S. [Visual and automatic evaluation of the volume of lung damage on computer tomography with pneumonia caused by COVID-19]. *Vestnik meditsinskogo instituta «REAVIZ» (Reabilitatsiya, Vrach i Zdorov'e).* 2020; (6): 5–13. DOI: 10.20340/vmi-rvz.2020.6.1 (in Russian).
 79. Kang M., Hong K.S., Chikontwe P. et al. Quantitative assessment of chest CT patterns in COVID-19 and bacterial pneumonia patients: a deep learning perspective. *J. Korean Med. Sci.* 2021; 36 (5): e46. DOI: 10.3346/jkms.2021.36.e46.
 80. Huang S., Yang J., Fong S., Zhao Q. Artificial intelligence in the diagnosis of COVID-19: challenges and perspectives. *Int. J. Biol. Sci.* 2021; 17 (6): 1581–1587. DOI: 10.7150/ijbs.58855.

Received: February 23, 2023

Accepted for publication: March 15, 2023

Информация об авторах / Authors Information

Карпова Анастасия Анатольевна – врач-рентгенолог Научно-клинического центра № 2 Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В.Петровского»; тел.: (495) 427-69-43; e-mail: karpovaaadoc@yandex.ru (SPIN-код: 9993-5553; Author ID: 1120912; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0251-254X>)

Anastasia A. Karpova, Radiologist, Scientific Clinical Centre No.2, Federal State Budgetary Scientific Institution “Petrovsky National Research Centre of Surgery”; tel.: (495) 427-69-43; e-mail: karpovaaadoc@yandex.ru (SPIN: 9993-5553; Author ID: 1120912; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0251-254X>)

Сергеев Николай Иванович – д. м. н., ведущий научный сотрудник лаборатории лучевой диагностики заболеваний (включая заболевания молочной железы) научно-исследовательского отдела комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр рентгенодиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; тел.: (495) 334-81-86; e-mail: sergeevnickolay@yandex.ru (SPIN-код: 2408-6502; Author ID: 720796; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4147-1928>)

Nikolay I. Sergeev, Doctor of Medicine, Leading Researcher, Laboratory of Radiation Diagnostics of Diseases (including Breast Diseases), Research Department of Complex Diagnostics of Diseases and Radiotherapy, 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: sergeevnickolay@yandex.ru (SPIN: 2408-6502; Author ID: 720796; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4147-1928>)

Никитин Павел Алексеевич — к. м. н., врач-рентгенолог Научно-клинического центра № 2 Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В.Петровского»; тел.: (495) 427-69-43; e-mail: paul2003@mail.ru (SPIN-код: 6257-2399; Author ID: 1117225; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1809-6330>)

Paul A. Nikitin, Candidate of Medicine, Radiologist, Scientific Clinical Centre No.2, Federal State Budgetary Scientific Institution "Petrovsky National Research Centre of Surgery"; tel.: (495) 427-69-43; e-mail: paul2003@mail.ru (SPIN: 6257-2399; Author ID: 1117225; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1809-6330>)

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@rncrr.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@rncrr.ru (SPIN: 9556-6556; Author ID: 440543; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1641-6452>)

Котляров Петр Михайлович — д. м. н., профессор, заведующий лабораторией лучевой диагностики заболеваний (включая заболевания молочной железы) научно-исследовательского отдела комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии 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 Laboratory of Radiological Diagnostics of Diseases (Including Breast Diseases), Research Department for Comprehensive Diagnostics of Diseases and Radiotherapy, 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>)

Нуднов Николай Васильевич — д. м. н., профессор, заведующий научно-исследовательским отделом комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии Федерального государственного бюджетного учреждения

«Российский научный центр рентгенодиагностики» Министерства здравоохранения Российской Федерации; профессор кафедры рентгенологии и радиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации; заместитель директора по научной работе, профессор кафедры онкологии и рентгенодиагностики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации; тел.: (495) 502-63-81; e-mail: mailbox@rncrr.rssi.ru (SPIN-код: 3018-2527; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>)

Nikolay V. Nudnov, Doctor of Medicine, Professor, Head of the Research Department for Complex Diagnostics of Diseases and Radiotherapy, Federal State Budgetary Institution Russian Scientific Center of Roentgenoradiology (RSCRR) of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Russian Scientific Center of Roentgenoradiology); Professor, Department of Roentgenoradiology and Radiology, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peoples' Friendship University of Russia" of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; Deputy Director for Research, Professor, Department of Oncology and Radiology, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peoples' Friendship University of Russia" of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; tel.: (495) 502-63-81; e-mail: mailbox@rncrr.rssi.ru (SPIN: 3018-2527; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>)

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@rncrr.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@rncrr.ru (SPIN: 2242-2327; Author ID: 468919; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3199-0804>)

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, Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov Medical University), Healthcare Ministry of Russia; tel.: (925) 744-72-98; e-mail: d.g.soldatov@mail.ru (SPIN: 6676-9683; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5618-5671>)

Участие авторов

Карпова А.А. — проведение исследования, сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, написание текста

Сергеев Н.И. — подготовка и редактирование текста, участие в научном дизайне, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных

Никитин П.А. — подготовка и редактирование текста, анализ и интерпретация полученных данных, участие в научном дизайне

Солодкий В.А. — концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи

Котляров П.М. — подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи

Нуднов Н.В. — подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи

Цаллагова З.С. — подготовка и редактирование текста, анализ и интерпретация полученных данных

Солдатов Д.Г. — подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи, подготовка и публикация работы.

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

Karpova A.A. — conducting research, collection and analysis of data, statistical analysis, writing the text

Sergeev N.I. — text writing and editing, participation in scientific design, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data

Nikitin P.A. — text writing and editing, analysis and interpretation of the obtained data, participation in scientific design

Solodkiy V.A. — concept and design of the study, approval of the final version of the article

Kotlyarov P.M. — text writing and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article

Nudnov N.V. — text writing and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article

Tsallagova Z.S. — text writing and editing, analysis and interpretation of the obtained data

Soldatov D.G. — text writing and editing, approval of the final version of the article, preparation and creation of the published work

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