

**МРТ-КАРТИНА ПОРАЖЕНИЯ ЛЕГКИХ ПРИ ПНЕВМОНИИ,  
АССОЦИИРОВАННОЙ С COVID-19**Капишников А.В.<sup>1</sup>, Суровцев Е.Н.<sup>1,2</sup>, Пышкина Ю.С.<sup>1</sup>, Гафси Н.<sup>1</sup>

1 - ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России. г. Самара, Россия.

2 - ООО «АДЦ МИБС - Тольятти». г. Тольятти, Россия.

**Цель исследования.** Продемонстрировать МРТ-картину COVID-19-ассоциированного поражения легких у пациентки с нетипичной клинической симптоматикой.

**Материалы и методы.** Представлены анализ литературных сведений, результаты клинического обследования, магнитно-резонансной томографии с использованием различных импульсных последовательностей и данные компьютерной томографии. Выполнены анализ особенностей клинической картины и сопоставление изменений в легких, обнаруженных с помощью двух различных методов томографической визуализации.

**Результаты.** При МР-томографии органов брюшной полости, в доступной зоне сканирования, в обоих легких обнаружены признаки инфильтрации паренхимы с наличием плеврального выпота. Компьютерная томография подтвердила высокую вероятность поражения легких, ассоциированного с COVID-19, совпадающего по протяженности и локализации с данными МРТ. Особенностью представленного наблюдения является доминирование в клинической картине симптоматики со стороны верхнего этажа брюшной полости, отсутствие повышения температуры и респираторных жалоб. Инфицирование пациентки COVID-19 подтверждено референтным тестом. МР-визуализация позволила своевременно начать лечение пневмонии, вызванной COVID-19, и добиться выздоровления пациентки.

**Заключение.** МРТ позволяет обнаружить изменения, характерные для COVID-19-ассоциированной пневмонии. Настороженность рентгенолога в отношении возможных инфильтративных изменений легких, которые нередко охватывает зона сканирования при МРТ брюшной полости, позволяет неотложно провести целенаправленное обследование на COVID-19 и начать лечение пациента. Целесообразно более детальное изучение возможностей МРТ как альтернативного теста при противопоказаниях для ионизирующей визуализации легких в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции.

Ключевые слова: COVID-19, COVID-19-ассоциированное поражение легких, МСКТ, компьютерная томография, МРТ, пневмония.

Контактный автор: Капишников А.В., e-mail: a.kapishnikov@gmail.com

Для цитирования: Капишников А.В., Суровцев Е.Н., Пышкина Ю.С., Гафси Н. МРТ-картина поражения легких при пневмонии, ассоциированной с COVID-19. REJR 2021; 11(3):7-14. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-3-7-14.

Статья получена: 10.03.21

Статья принята: 12.05.21

**MRI SIGNS OF LUNG DAMAGE IN VIRAL COVID-19 PNEUMONIA**Kapishnikov A.V.<sup>1</sup>, Surovcev E.N.<sup>1,2</sup>, Pyshkina Y.S.<sup>1</sup>, Gafsi N.<sup>1</sup>

1 - Samara State Medical University. Samara, Russia.

2 - Berezin Sergey Medical Institute. Tolyatti, Russia.

**Purpose.** To demonstrate MRI signs of COVID-19-associated lung damage in a patient with atypical clinical symptoms.

**Materials and methods.** The analysis of literature data, the results of clinical examination, magnetic resonance imaging, using various pulse sequences, and computed tomography data are presented. The analysis of the features of the clinical picture and comparison of changes in the lungs detected using two different methods of tomographic imaging were performed.

**Results.** MRI showed signs of parenchymal infiltration with pleural effusion in both lungs. Computed tomography confirmed a high likelihood of lung damage associated with COVID-19, coinciding in extent and location with MRI data. A feature of the presented observation is the dominance in the clinical picture of symptoms from the upper floor of the abdominal cavity, the absence of an increase in temperature and respiratory complaints. Infection of the patient with COVID-19 was confirmed by a reference test. MR imaging made it possible to promptly start treatment for pneumonia caused by COVID-19 and achieve the patient's recovery.

**Conclusion.** MRI can detect changes characteristic of COVID-19-associated pneumonia. The vigilance of the radiologist regarding possible infiltrative changes in the lungs, which often covers the scan area with an MRI of the abdominal cavity, allows a timely targeted examination for COVID-19 and the initiation of patient treatment. It is advisable to study in more detail the possibilities of MRI as an alternative test in case of contraindications for ionizing imaging of the lungs in a pandemic of a new coronavirus infection.

Keywords: COVID-19, COVID-19-associated lung pathology, MSCT, computed tomography, magnetic resonance imaging, pneumonia.

Corresponding author: Kapishnikov A.V., e-mail: a.kapishnikov@gmail.com

For citation: Kapishnikov A.V., Surovcev E.N., Pyshkina Y.S., Gafsi N. MRI signs of lung damage in viral COVID-19 pneumonia. REJR 2021; 11(3):7-14. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-3-7-14.

Received: 10.03.21

Accepted: 12.05.21

**В**спышка тяжелого острого респираторного синдрома, вызванного новой коронавирусной инфекцией, быстро достигла пандемических масштабов и стала глобальной угрозой для человечества [1, 2]. Данное заболевание в ряде случаев вызывает тяжелую пневмонию, приводящую к развитию острого респираторного дистресс-синдрома, что в конечном итоге может привести к смерти пациентов [3, 4].

Повреждение легких является наиболее распространенным проявлением заболевания, в то же время, у пациентов с COVID-19 могут наблюдаться признаки поражения других органов и систем [1].

Разнообразие жалоб, высокая контагиозность, вероятность быстрого развития заболевания вплоть до тяжелого состояния пациента и летального исхода выдвигают на первый план своевременность диагностики заболевания для скорейшего начала лечения и предотвращения распространения инфекции.

Идентификация вирусного патогена посредством обнаружения нуклеиновых кис-

лот считается «золотым стандартом» диагностики COVID-19 [5]. Однако, в реальных клинических условиях возможно наличие значительного количества ложноотрицательных результатов тестирования, поэтому нельзя исключить инфицирование SARS-CoV-2, даже если результаты полимеразной цепной реакции (ПЦР) у пациента отрицательные [6]. Имеются сообщения о ложноотрицательных тестах ПЦР у пациентов с типичными изменениями при компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки, которые в конечном итоге дали положительный результат при повторном тестировании [7, 8]. Поэтому предварительный диагноз COVID-19 ставится на основании клинических данных и результатах визуализации легких с преимущественным использованием КТ [8]. Таким образом, зачастую именно КТ имеет решающее значение в быстрой идентификации и ранней диагностике заболевания [9].

На КТ органов грудной клетки характерными проявлениями COVID-19 являются множественные зоны повышения плотности легочной ткани по типу «матового стекла»,

консолидация и/или ретикулярные изменения легочной ткани, расположенные преимущественно по периферии и субплеврально [8, 10]. Наличие типичной рентгенологической картины играет ключевую роль не только в диагностике и лечении COVID-19, но и в мониторинге течения и оценке терапевтического эффекта [11].

В настоящее время лучевая визуализация при COVID-19 имеет особую ценность, поскольку наличие объективных признаков поражения паренхимы легких позволяет установить верный диагноз при стертой или атипичной симптоматике и сомнительных результатах лабораторного тестирования [1, 9].

**Цель исследования.**

Представить МРТ-картину выраженного COVID-19-ассоциированного поражения легких, обнаруженного при обследовании пациентки с клиническими проявлениями острой патологии органов брюшной полости.

**Клиническое наблюдение.**

Пациентка Г. (78 лет) поступила в терапевтическое отделение городской больницы 10.11.2020 г. с жалобами на боли в эпигастрии и правом подреберье, тошноту, снижение аппетита, снижение массы тела. Больной себя считает в течение 14 дней. За последние пять суток самочувствие ухудшилось из-за усиления боли. Повышения температуры тела в данный период пациентка не отмечала.

Объективно на момент поступления: состояние средней тяжести, частота дыхательных движений – 18 в минуту, при аускультации дыхание везикулярное, сатурация – 98% на атмосферном воздухе. Поверхностная пальпация живота умеренно болезненная в области эпигастрия и в правом подреберье. Размеры печени в норме. Селезенка не пальпируется, по данным перкуссии не увеличена. Цвет стула – светло-желтый.

В общем анализе крови наблюдалось умеренное снижение гемоглобина и эритроцитов (97 г/л и 4,09\*10<sup>12</sup>/л соответственно), количество лейкоцитов, лимфоцитов и моноцитов находилось в пределах референтных значений, скорость оседания эритроцитов увеличена до 40 мм/ч. Температура тела пациентки оставалась в пределах нормы.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) органов брюшной полости выявило признаки диффузного изменения паренхимы поджелудочной железы, жировой гепатоз и дилатацию холедоха. Основываясь на жалобах пациентки, анамнезе, данных осмотра и УЗИ был выставлен предварительный диагноз –

хронический панкреатит в фазе обострения. Пациентке было назначено лечение.

Учитывая сохранение выраженного болевого синдрома и неэффективность проводимой терапии, 12.11.2020 г. была проведена МРТ с бесконтрастной МР-панкреатохолангиографией. Выявлены признаки портальной гипертензии (воротная и селезеночная вена диаметром до 1,5 см и 1,3 см соответственно), хронического холецистита без холелитиаза и хронического панкреатита, простые кисты печени, а также расширение общего печеночного протока и холедоха до 1,3 см.

При этом в доступной зоне сканирования на МР-томограммах (рис. 1) в субплевральных отделах обоих легких, преимущественно справа, определялись многочисленные зоны инфильтративных изменений с неровными и нечеткими контурами, а также плевральный выпот. Более контрастно инфильтрация паренхимы визуализируется на STIR-изображениях, что обусловлено перераспределением яркости за счёт подавления сигнала от жировой ткани. Ограничения диффузии на DWI-изображениях и ИКД-картах не установлено, но отмечается наличие эффекта «T2-вымывания», который проявляется снижением интенсивности сигнала при повышении b-фактора и гиперинтенсивным сигналом на ИКД. Наряду с повышением сигнала по T2-ВИ, указанный эффект свидетельствует о вазогенном отеке в зоне выявленных патологических изменений.

Для уточнения характера и распространенности выявленных на МРТ патологических изменений в легких 13.11.2020 г. была выполнена КТ органов грудной полости (рис. 2). На томограммах обнаружены обширные зоны инфильтративных изменений по типу «матового стекла» в обоих легких (преимущественно справа), расположенные в основном субплеврально. Объем поражения левого легкого до 15%, правого – до 25%. Изменения на компьютерных томограммах с высокой вероятностью соответствуют двустороннему поражению легких, ассоциированному с COVID-19.

Обращает на себя внимание практически полное совпадение формы и размеров зон инфильтративных изменений на компьютерных и магнитно-резонансных томограммах.

Пациентке было выполнено ПЦР-исследование мазка, выявлено наличие РНК коронавируса SARS-CoV-2 (COVID-19), и она была переведена в специализированное инфекционное отделение. Благодаря своевременному распознаванию и лечению пневмо-



Рис. 1 а (Fig. 1 a)

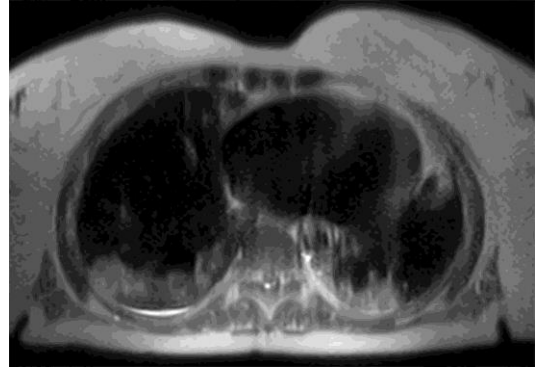


Рис. 1 б (Fig. 1 б)

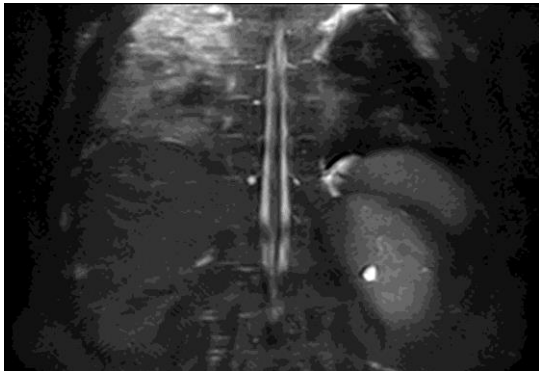


Рис. 1 в (Fig. 1 с)

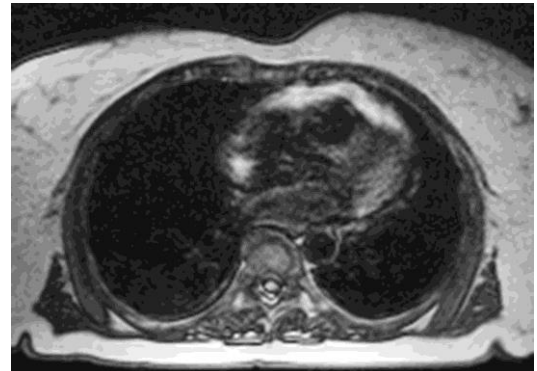


Рис. 1 г (Fig. 1 d)

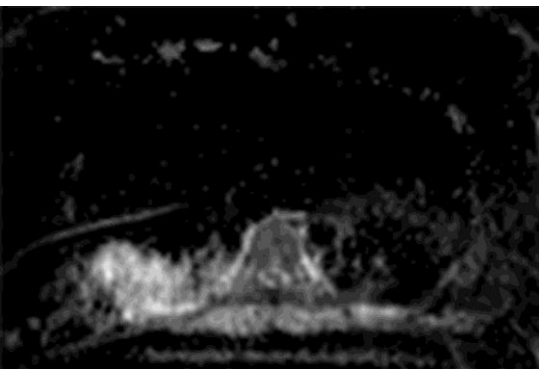


Рис. 1 д (Fig. 1 е)

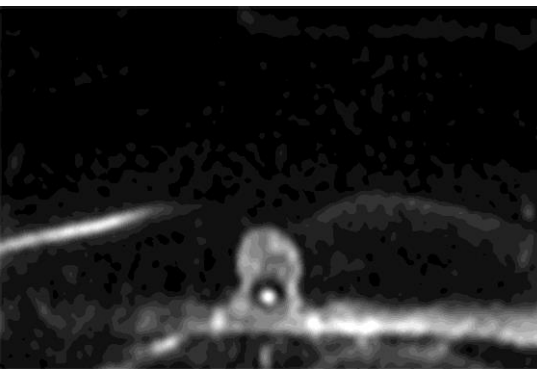


Рис. 1 е (Fig. 1 f)

**Рис. 1.** МРТ органов грудной и брюшной полости. Пациентка Г., 78 лет. а, б – T2-ВИ; в – STIR; г – T1-ВИ; д – ИКД-карта DWI; е – DWI при высоком значении b-фактора (900с/мм<sup>2</sup>).

Зоны гиперинтенсивного на T2-ВИ (а, б) и STIR (в), изо- и гипоинтенсивного по T1-ВИ (г) МР-сигнала с неровными и нечёткими контурами визуализируются преимущественно в субплевральных отделах обоих лёгких. Небольшое количество выпота определяется в правой плевральной полости.

Сравнение ИКД карты (д) с томограммой при высоком значении b-фактора (е) показывает наличие эффекта «T2-вымывания».

**Fig. 1.** MRI of the chest and abdominal organs. Patient G., 78 years old: а, б – T2-weighted images; с – STIR; d – T1-weighted images; е – DWI ICD card; е – DWI at a high b-factor (900s / mm<sup>2</sup>).

Zones of hyperintense on T2-weighted images (а, б) and STIR (с), iso- and hypointense on T1-weighted images (d) MR signal with uneven and indistinct contours are visualized mainly in the subpleural parts of both lungs. A small amount of effusion is seen in the right pleural space.

Comparison of the ICD card (е) with the tomogram at a high value of the b-factor (f) shows the presence of the "T2 washout" effect.

нии, вызванной COVID-19, удалось достичь выздоровления пациентки.

**Обсуждение.**

Известно, что низкое содержание протонов водорода, дыхательные и сердечные артефакты затрудняют оценку легочной ткани с помощью МРТ [12]. В то же время, эта низкая протонная плотность позволяет МРТ визуализировать инфильтрацию и консолидацию в паренхиме легких, отличающихся более высоким содержанием протонов и, соответственно, уровнем МР-сигнала, контрастирующим с окружающими гипоинтенсивными тканями [13].

визуализации воспалительного процесса достаточно выполнения T2-ВИ, что уменьшает время (до 3-4 минут) и стоимость исследования.

Следует отметить, что фиброзная ткань в легком и интерстициальные воспалительные изменения могут одинаково проявлять себя при КТ в виде «матового стекла» [15]. МРТ способна дифференцировать эти два состояния за счет повышения в участках воспаления содержания жидкости, что сопровождается высокой интенсивностью сигнала на T2-ВИ, в то время как фиброзные изменения будут иметь гипоинтенсивный

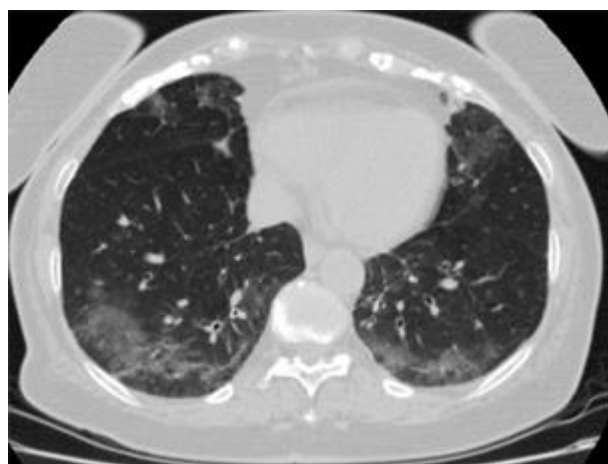


Рис. 2 а (Fig. 2 а)

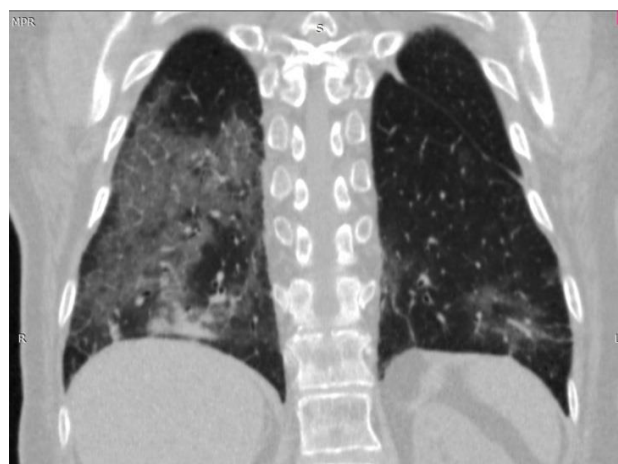


Рис. 2 б (Fig. 2 б)

**Рис. 2.** КТ органов грудной полости, аксиальная (а) и корональная (б) плоскости. Пациентка Г., 78 лет.

Зоны инфильтративных изменения в виде «матового стекла», преимущественно субплевральные, определяются в обоих легких (больше справа). Очаг консолидации легочной ткани визуализируется в нижней доле правого легкого.

**Fig. 2.** CT scan of the chest organs in the axial (а) and coronal (б) view. Patient G., 78 years old.

Areas of infiltrative changes in the form of "ground glass", mainly subpleural, are determined in both lungs (more on the right). The focus of lung tissue consolidation is visualized in the lower lobe of the right lung.

Возможности магнитно-резонансной визуализации при пневмонии у взрослых пациентов детально изучены в работе Н. Syrjala и соавторов [14]. Применив в качестве референтного теста КТ высокого разрешения, исследователи определили чувствительность и специфичность МРТ на уровне 0,938 и 0,978 соответственно (ложноотрицательные результаты обусловлены дыхательными артефактами). Оба метода показали практически полное совпадение по локализации таких признаков поражения легких, как «матовое стекло» и консолидация. Причём операционные характеристики МРТ существенно превышали информативность рентгенографии. Авторы работы полагают, что для надежной

МР-сигнал на T2-ВИ из-за низкого содержания протонов и не будут визуализироваться на DWI [16].

В литературе представлены единичные сообщения, описывающие случайные находки COVID-19-ассоциированного поражения легких при проведении МРТ по поводу поражения печени [17, 18] и для диагностики миокардита [19].

Ретроспективное сравнение результатов КТ легких, проведенной для диагностики пневмонии COVID-19 и данных МРТ, выполненной по другим показаниям у этих же пациентов, показало практически полное совпадение результатов двух методов в отношении инфильтративных изменений и консо-

лидации [20].

Особенностью представленного клинического наблюдения являлись отсутствие у пациентки свойственных для COVID-19 повышения температуры тела и жалоб со стороны органов дыхания при нарастании симптоматики, характерной для поражения билиарной системы и поджелудочной железы. В то же время, при МРТ установлен значительный объем поражения легочной паренхимы и наличие незначительного плеврального выпота, который выявлен на аксиальном срезе T2-ВИ, но не проявился на КТ. Следует отметить, что компьютерная томография легких проведена в короткий срок (через сутки) после МР-визуализации, что позволяет наглядно сопоставить данные двух методов визуализации.

Благодаря своевременному распознаванию и лечению пневмонии, вызванной COVID-19, удалось достичь выздоровления пациентки.

**Заключение.**

Значительное число лиц, заболевших COVID-19 с атипичной или стертой клинической симптоматикой, а также возможность сочетания этой инфекции с иной патологией, увеличивает вероятность наличия коронавирусной инфекции у пациента, направленного на МРТ по различным показаниям.

Магнитно-резонансная томография не является методом выбора в диагностике заболеваний легких. В то же время, анализ данных литературы, пока немногочисленных, и наше клиническое наблюдение свидетельствуют о способности МРТ обнаружить изменения, характерные для COVID-19 ассоциированной пневмонии.

Должное внимание рентгенолога к отделам легких, которые нередко захватывает зона сканирования при МРТ органов брюшной полости, обеспечит своевременное дообследование пациента на COVID-19 (ПЦР, КТ) при случайной находке воспалительных изменений легочной паренхимы и безотлагательное начало лечения.

Более детальное и целенаправленное изучение этого вопроса позволит рационально применять МРТ в качестве альтернативного теста при наличии у пациента противопоказаний для ионизирующих методов исследования легких в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции.

**Источник финансирования и конфликт интересов.**

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

**Список литературы:**

1. Устюжанин Д.В., Белькинд М.Б., Гаман С.А., Шария М.А., Терновой С.К. КТ-картина коронавирусной болезни: результаты по итогам работы COVID-центра на базе НМИЦ кардиологии. *REJR*. 2020; 10 (2): 27-38. DOI: 10.21569/2222-7415-2020-10-2-27-38.
2. Guan W.J., Ni Z.Y., Hu Y., Liang W.H., Ou C.Q., He J.X. et al. China medical treatment expert group for COVID-19. *Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China*. *N Engl J Med*. 2020; 382 (18): 1708-1720. DOI: 10.1056/NEJMoa2002032.
3. Chen N., Zhou M., Dong X., Qu J., Gong F., Han Y. et al. Qiu Y., Wang J., Liu Y., Wei Y., Xia J., Yu T., Zhang X., Zhang L. *Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study*. *Lancet*. 2020; 395 (10223): 507-513. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7.
4. Терновой С.К., Серова Н.С., Беляев А.С., Беляева К.А. COVID19: первые результаты лучевой диагностики в ответе на новый вызов. *REJR* 2020; 10 (1): 8-15. DOI: 10.21569/2222-7415-2020-10-1-8-15.
5. Yu F., Du L., Ojcius D.M., Pan C., Jiang S. *Measures for diagnosing and treating infections by a novel coronavirus responsible for a pneumonia outbreak originating in Wuhan, China*. *Microbes Infect*. 2020; 22 (2): 74-79. DOI: 10.1016/j.micinf.2020.01.003.
6. Ai T., Yang Z., Hou H., Zhan C., Chen C., Lv W. et al. *Corre-*

- lation of chest CT and RT-PCR testing for coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China: a report of 1014 cases*. *Radiology*. 2020; 296 (2): E32-E40. DOI: 10.1148/radiol.2020200642.
7. Fang Y., Zhang H., Xie J., Lin M., Ying L., Pang P. et al. *Sensitivity of chest CT for COVID-19: Comparison to RT-PCR*. *Radiology*. 2020; 296 (2): E115-E117. DOI: 10.1148/radiol.2020200432.
8. Фомин В.В., Терновой С.К., Серова Н.С. *Рекомендации по лучевой диагностике у пациентов с COVID-19 (опыт Сеченовского университета)*. *REJR*. 2020; 10 (2): 8-13. DOI: 10.21569/2222-7415-2020-10-2-8-13.
9. Yang W., Sirajuddin A., Zhang X., Liu G., Teng Z., Zhao S. 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.
10. Shi H., Han X., Jiang N., Cao Y., Alwalid O., Gu J. et al. *Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study*. *Lancet Infect Dis*. 2020; 20 (4): 425-434. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30086-4.
11. Ye Z., Zhang Y., Wang Y., Huang Z., Song B. *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.
12. Wielpütz M., Kauczor H.U. *MRI of the lung: state of the art*. *Diagn Interv Radiol*. 2012; 18 (4): 344-353. DOI:

10.4261/1305-3825.DIR.5365-11.0.

13. Liszewski M.C., Gökem S., Sodhi K.S., Lee E.Y. Lung magnetic resonance imaging for pneumonia in children. *Pediatr Radiol.* 2017; 47 (11): 1420-1430. DOI: 10.1007/s00247-017-3865-2.

14. Syrjala H., Broas M., Ohtonen P., Jartti A., Pääkkö E. Chest magnetic resonance imaging for pneumonia diagnosis in outpatients with lower respiratory tract infection. *Eur Respir J.* 2017; 49 (1): 1601303. DOI:10.1183/13993003.01303-2016.

15. El-Sherief A.H., Gilman M.D., Healey T.T., Tambouret R.H., Shepard J.A., Abbott G.F. et al. Clear vision through the haze: a practical approach to ground-glass opacity. *Curr Probl Diagn Radiol.* 2014; 43 (3): 140-158. DOI: 10.1067/j.cpradiol.2014.01.004.

16. Romei C., Turturici L., Tavanti L., Miedema J., Fiorini S., Marletta M. et al. The use of chest magnetic resonance imaging in interstitial lung disease: a systematic review. *Eur*

*Respir Rev.* 2018; 27 (150): 180062. DOI: 10.1183/16000617.0062-2018.

17. Deen S.S., Wetscherek M., Karia S., Godfrey E.M. Diagnostic challenges of incidental lung lesions on liver MRI during the COVID-19 pandemic. *BMJ Case Rep.* 2020; 13 (7): e237430. DOI: 10.1136/bcr-2020-237430.

18. Langenbach C.M., Hokamp N.G., Persigehl T., Bratke G. MRI appearance of COVID-19 infection. *Diagn Interv Radiol.* 2020; 26 (4): 377-378. DOI: 10.5152/dir.2020.20152.

19. Fonseca E., Chate R., Sasdelli N.R., Ishikawa W, Silva M., Yokoo P. et al. Findings of COVID-19 on Magnetic Resonance Imaging. *Radiology: Cardiothoracic Imaging.* 2020; 2 (2): e200193. DOI: 10.1148/ryct.2020200193.

20. Ates O.F., Taydas O., Dheir H. Thorax magnetic resonance imaging findings in patients with coronavirus disease (COVID-19). *Acad Radiol.* 2020; 1373-1378. DOI: 10.1016/j.acra.2020.08.009.

**References:**

1. Ustyuzhanin D.V., Belkind M.B., Gaman S.A., Shariya M.A., Ternovoy S. K. CT findings of coronavirus disease: results by experience of the COVID-center in the national medical research center of cardiology. *REJR.* 2020; 10 (2): 27-38. DOI: 10.21569/2222-7415-2020-10-2-27-38 (in Russian).

2. Guan W.J., Ni Z.Y., Hu Y., Liang W.H., Ou C.Q., He J.X. et al. China medical treatment expert group for COVID-19. Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N Engl J Med.* 2020; 382 (18): 1708-1720. DOI: 10.1056/NEJMoa2002032.

3. Chen N., Zhou M., Dong X., Qu J., Gong F., Han Y. et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet.* 2020; 395 (10223): 507-513. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7.

4. Ternovoy S.K., Serova N.S., Belyaev A.S., Belyaeva K.A. COVID-19: first results of radiology in response to a new challenge. *REJR.* 2020; 10 (1): 8-15. DOI: 10.21569/2222-7415-2020-10-1-8-15 (in Russian).

5. Yu F., Du L., Ojcius D.M., Pan C., Jiang S. Measures for diagnosing and treating infections by a novel coronavirus responsible for a pneumonia outbreak originating in Wuhan, China. *Microbes Infect.* 2020; 22 (2): 74-79. DOI: 10.1016/j.micinf.2020.01.003.

6. Ai T., Yang Z., Hou H., Zhan C., Chen C., Lv W. et al. Correlation of chest CT and RT-PCR testing for coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China: a report of 1014 cases. *Radiology.* 2020; 296 (2): E32-E40. DOI: 10.1148/radiol.2020200642.

7. Fang Y., Zhang H., Xie J., Lin M., Ying L., Pang P., Ji W. Sensitivity of chest CT for COVID-19: Comparison to RT-PCR. *Radiology.* 2020; 296 (2): E115-E117. DOI: 10.1148/radiol.2020200432.

8. Fomin V.V., Ternovoy S.K., Serova N.S. Radiological guidelines in patients with COVID-19 (Sechenov University experience). *REJR* 2020; 10 (2): 8-13. DOI: 10.21569/2222-7415-2020-10-2-8-13 (in Russian).

9. Yang W., Sirajuddin A., Zhang X., Liu G., Teng Z., Zhao S. 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.

10. Shi H., Han X., Jiang N., Cao Y., Alwalid O., Gu J. et al. Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet Infect Dis.* 2020; 20 (4): 425-434. DOI: 10.1016/S1473-3099(20)30086-4.

11. Ye Z., Zhang Y., Wang Y., Huang Z., Song B. 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.

12. Wielpütz M., Kauczor H.U. MRI of the lung: state of the art. *Diagn Interv Radiol.* 2012; 18 (4): 344-353. DOI: 10.4261/1305-3825.DIR.5365-11.0.

13. Liszewski M.C., Gökem S., Sodhi K.S., Lee E.Y. Lung magnetic resonance imaging for pneumonia in children. *Pediatr Radiol.* 2017; 47 (11): 1420-1430. DOI: 10.1007/s00247-017-3865-2.

14. Syrjala H., Broas M., Ohtonen P., Jartti A., Pääkkö E. Chest magnetic resonance imaging for pneumonia diagnosis in outpatients with lower respiratory tract infection. *Eur Respir J.* 2017; 49 (1): 1601303. DOI:10.1183/13993003.01303-2016.

15. El-Sherief A.H., Gilman M.D., Healey T.T., Tambouret R.H., Shepard J.A., Abbott G.F. et al. Clear vision through the haze: a practical approach to ground-glass opacity. *Curr Probl Diagn Radiol.* 2014; 43 (3): 140-158. DOI: 10.1067/j.cpradiol.2014.01.004.

16. Romei C., Turturici L., Tavanti L., Miedema J., Fiorini S., Marletta M. et al. The use of chest magnetic resonance imaging in interstitial lung disease: a systematic review. *Eur Respir Rev.* 2018; 27 (150): 180062. DOI: 10.1183/16000617.0062-2018.

17. Deen S.S., Wetscherek M., Karia S., Godfrey E.M. Diagnostic challenges of incidental lung lesions on liver MRI during the COVID-19 pandemic. *BMJ Case Rep.* 2020; 13 (7): e237430. DOI: 10.1136/bcr-2020-237430.

18. Langenbach C.M., Hokamp N.G., Persigehl T., Bratke G. MRI appearance of COVID-19 infection. *Diagn Interv Radiol.* 2020; 26 (4): 377-378. DOI: 10.5152/dir.2020.20152.

19. Fonseca E., Chate R., Sasdelli N.R., Ishikawa W, Silva M., Yokoo P. et al. Findings of COVID-19 on Magnetic Resonance Imaging. *Radiology: Cardiothoracic Imaging*. 2020; 2 (2): e200193. DOI: 10.1148/rjct.2020200193.

20. Ates O.F., Taydas O., Dheir H. Thorax magnetic resonance imaging findings in patients with coronavirus disease (COVID-19). *Acad Radiol*. 2020; 1373-1378. DOI: 10.1016/j.acra.2020.08.009.