

## Динамическая магнитно-резонансная томография лёгких у пациентов с COVID-19: серия клинических случаев

Ю.А. Васильев<sup>1</sup>, Е.А. Грик<sup>2</sup>, О.Ю. Панина<sup>1, 3, 4</sup>, А.Н. Хоружая<sup>1</sup>, Д.С. Семенов<sup>1</sup>, А.В. Бажин<sup>1</sup>, Ю.Н. Васильева<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> Lincoln Medical Center, Бронкс, Нью-Йорк, США

<sup>3</sup> Городская клиническая онкологическая больница № 1, Москва, Российская Федерация

<sup>4</sup> Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

Широкое распространение новой коронавирусной инфекции (COVID-19) привело к активному изучению её диагностических особенностей. Острая вирусная пневмония, связанная с COVID-19, уже подробно описана по результатам компьютерной томографии, рентгенографии и статической магнитно-резонансной томографии, однако картина, наблюдаемая при динамической магнитно-резонансной томографии, не получила достаточного освещения в специализированной литературе.

Учитывая комплексный диагностический подход, важно, чтобы врачи-рентгенологи имели возможность правильно распознавать и интерпретировать COVID-19 по изображениям магнитно-резонансной томографии.

В представленной серии клинических случаев продемонстрированы возможности методики динамической магнитно-резонансной томографии в обнаружении признака «облачного неба» и его отличия от консолидации у пациентов с COVID-19, что позволяет предположительно разграничить раннее или лёгкое изменение от прогрессирующего клинического течения.

Таким образом, динамическая магнитно-резонансная томография может оказаться чрезвычайно полезным инструментом, к тому же без лучевой нагрузки, в случаях, когда доступ к компьютерной томографии ограничен и требуется динамическая морфофункциональная визуализация.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография; динамическая МРТ; МРТ в режиме реального времени; пневмония; COVID-19.

### Как цитировать

Васильев Ю.А., Грик Е.А., Панина О.Ю., Хоружая А.Н., Семенов Д.С., Бажин А.В., Васильева Ю.Н. Динамическая магнитно-резонансная томография лёгких у пациентов с COVID-19: серия клинических случаев // Digital Diagnostics. 2023. Т. 4, № 1. С. XX-XX. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD114723>

Рукопись получена: 19.11.2022 Рукопись одобрена: 17.03.2023 Опубликовано: 04.04.2023

## Dynamic MRI in a COVID-19 patient: Case series

Yuriy A. Vasilev<sup>1</sup>, Evgeniia A. Grik<sup>2</sup>, Olga Yu. Panina<sup>1,3,4</sup>, Anna N. Khoruzhaya<sup>1</sup>, Dmitriy S. Semenov<sup>1</sup>, Alexander V. Bazhin<sup>1</sup>, Yulia N. Vasileva<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Lincoln Medical Center, The Bronx, NY, United States

<sup>3</sup> City Clinical Oncological Hospital 1 of the Department of healthcare of the city of Moscow, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

Extensive spread of coronavirus disease (COVID-19) prompted to an active investigation of its diagnostic features. The case of acute viral pneumonia associated with COVID-19 has already been described in detail in computed tomography and radiography, and magnetic resonance imaging.

There is practically no data in the literature on the descriptive picture observed with dynamic magnetic resonance imaging. Considering comprehensive diagnostic approach, it is essential that radiologists know how to recognize and interpret COVID-19 on magnetic resonance imaging correctly.

In this case series, we have demonstrated the ability of dynamic magnetic resonance imaging to allow us to see the cloudy sky sign and distinguish it from consolidation in patients with COVID-19, thus presumably distinguishing between early or mild changes and a progressive clinical course. These changes in dynamic lung images on magnetic resonance imaging can be recorded depending on the phase of the respiratory cycle.

Thus, magnetic resonance imaging, as a radiation-free tool that can be used to examine a patient with acute viral pneumonia COVID-19, can be extremely useful in cases where access to computed tomography is limited and dynamic morphofunctional imaging is required.

**Keywords:** magnetic resonance imaging; dynamic MRI; real time MRI; pneumonia; COVID-19.

### To cite this article

Vasilev YuA, Grik EA, Panina OYu, Khoruzhaya AN, Semenov DS, Bazhin AV, Vasileva YuN. Dynamic MRI in a COVID-19 patient: Case series. *Digital Diagnostics*. 2023;4(1):XX-XX. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD114723>

Received: 19.11.2022 Accepted: 17.03.2023 Published: 04.04.2023

### АКТУАЛЬНОСТЬ

Новая коронавирусная инфекция (COVID-19), вызванная вирусом SARS-CoV-2, стала важным объектом исследований последних двух лет из-за преобладания лёгочных симптомов. Первичными признаками, связанными с инфекцией и наблюдаемыми на компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки, являются очаговые односторонние или диффузные двусторонние помутнения по типу матового стекла, которые прогрессируют и приводят к уплотнениям паренхимы лёгких (консолидации)

[1, 2].

На старте пандемии из-за недостатка средств для специфической лабораторной диагностики результаты КТ органов грудной клетки рассматривались как возможный фактор для принятия решения о том, следует ли тестировать пациента на COVID-19 лабораторными методами. Затем этот подход в качестве скрининга был опровергнут, и в настоящее время КТ органов грудной клетки рекомендуется проводить только при наличии клинической картины [3, 4]. КТ органов грудной клетки при тяжёлом течении заболевания проводится неоднократно с целью мониторинга состояния, что неизбежно приводит в высокой лучевой нагрузке. Магнитно-резонансная томография (МРТ) органов грудной клетки ввиду постоянного совершенствования программного обеспечения томографов является перспективным направлением развития лучевой диагностики лёгочной патологии. Обладая определёнными преимуществами, в частности отсутствием лучевой нагрузки, МРТ лёгких в некоторых случаях может рассматриваться методом выбора [5–7]

В нашей серии случаев представлена динамическая МРТ лёгких пациентов с положительным тестом на SARS-CoV-2. МРТ было выполнено в первые дни от начала появления симптомов вирусной пневмонии (субфебрильная/фебрильная температура, сухой кашель, слабость). В работе описаны патологические изменения при острой вирусной пневмонии COVID-19, которые могут быть выявлены на динамической МРТ путём получения кинематографических изображений грудной клетки в трёх плоскостях.

## ОПИСАНИЕ СЕРИИ СЛУЧАЕВ

*МРТ-сканирование.* Исследование пациента проводилось на МР-сканере 3Т (Signa Pioneer, General Electric, США) в положении лёжа с использованием абдоминальных и встроенных в деку стола позвоночных радиочастотных катушек. Сканирование проводилось без использования дыхательного триггера и на свободном дыхании. Чтобы свести к минимуму динамические артефакты, связанные с дыхательными движениями, радиочастотная катушка была закреплена. Исследование проводилось при свободном дыхании с использованием автоматической синхронизации движения диафрагмы с целью оптимизации времени сбора данных. Кинематографическая МРТ была получена с использованием однократного быстрого спинного эха (SSFSE) с дополнительными параметрами: TR 1460 мс, TE 108,6 мс, угол поворота 90°, FOV 450×450 мм, матрица 384×256, толщина среза 6 мм, расстояние между срезами 6 мм, среднее число 0,6, метод заполнения k-пространства — недекартовый. Чтобы получить эти изображения, мы просили пациента медленно вдохнуть, считая в уме до десяти, а затем таким же образом медленно выдохнуть. Для каждого пациента мы получили по три динамических изображения в трёх ортогональных плоскостях.

*Анализ МРТ.* Основным объектом поиска были полисегментированные участки сигнала повышенной интенсивности (гиперинтенсивного относительно мышечной ткани, но гипоинтенсивного относительно участков лёгочной консолидации, т.е. менее интенсивного по характеру сигнала, чем участки консолидации), которые могли представлять собой признак «облачного неба» (cloudy sky sign). Мы также отметили изменения интенсивности сигнала от патологических участков во время вдоха и выдоха.

### Случай 1

Пациент (женщина, 45 лет) обратился в клинику на 5-й день после появления симптомов сухого кашля и лёгкой лихорадки до 37,5°C. На динамической МРТ лёгких в коронарной плоскости во время вдоха (рис. 1) была выявлена зона гиперинтенсивного

сигнала в нижней доле правого лёгкого (S9–10), интерпретированная как зона уплотнения в центре (более интенсивный сигнал) и окружающая её зона «облачного неба» (менее интенсивный сигнал). В аксиальной и сагиттальной плоскостях в соответствующей области наблюдался гиперинтенсивный сигнал, указывающий на консолидацию, с признаком «облачного неба» вдоль её края. В конце выдоха наблюдалось увеличение интенсивности сигнала в описанной зоне в коронарной плоскости (рис. 2), визуальный размер поражённых участков уменьшился из-за сокращения лёгочной ткани. Не было никаких очевидных изменений в интенсивности сигнала во время выдоха в аксиальной и сагиттальной плоскостях.

Одинаковый гиперинтенсивный сигнал независимо от фаз дыхания может указывать на альвеолярную инфильтрацию (консолидацию), область менее интенсивного сигнала на выдохе — на промежуточные изменения (признак «облачного неба»).

## Случай 2

У пациента (женщина, 25 лет) отмечаются сухой кашель, сильная лихорадка с подъёмом температуры до 39°C, озноб и тяжесть в груди. Женщина обратилась в больницу на 6-й день после появления первых симптомов, когда они стали чрезвычайно выраженными. При динамическом МРТ-исследовании выявлена обширная зона повышенного сигнала в сегментах S6, S8–9 нижней доли левого лёгкого. Во время вдоха наблюдался неоднородный повышенный сигнал в коронарной, аксиальной и сагиттальной плоскостях (рис. 3). Во время выдоха (рис. 4) наблюдалось увеличение интенсивности сигнала в коронарной и сагиттальной плоскостях, визуальный размер поражённых участков увеличился, область с признаком «облачного неба» расширилась. Возможным объяснением этого является экспираторное сокращение лёгочной ткани при выдохе.

Дыхательные движения грудной клетки также могут влиять на уровень сканирования и, следовательно, на наблюдаемую картину. На МР-изображениях в аксиальной плоскости признак «облачного неба», отмеченный на периферии зоны повышения сигнала во время вдоха, становится более интенсивным во время выдоха, вероятно, из-за увеличения плотности лёгочной паренхимы.

## Случай 3

Пациент (мужчина, 49 лет) с лёгким кашлем и субфебрильной температурой до 37,5°C обратился к врачу на 2-й день после появления симптомов. На проведённом динамическом МРТ лёгких выявлена преобладающая картина признаков «облачного неба», что было подтверждено различной интенсивностью сигнала и размером зон изменения сигнала в зависимости от фазы дыхательного цикла. В коронарной, аксиальной и сагиттальной плоскостях во время вдоха (рис. 5) в нижней доле правого лёгкого был обнаружен слабоинтенсивный сигнал (S6, S9–10). На коронарных и сагиттальных изображениях в конце выдоха (рис. 6) сохраняются повышенная интенсивность сигнала от описанных областей и увеличение их размера. На аксиальной плоскости во время выдоха признак «облачного неба» более заметен, при этом область видимого поражения лёгочной ткани расширена.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Компьютерная томография является золотым стандартом оценки лёгких при

пневмонии COVID-19, а также других вирусных пневмоний. Ранние признаки острой коронавирусной пневмонии, вызванной вирусом SARS-CoV-2, наиболее часто проявляются на КТ-изображениях органов грудной клетки в виде паттерна по типу матового стекла (ground-glass opacities, GGO). Области консолидации, сигнализирующие об альвеолярном поражении, появляются, как правило, на поздних стадиях заболевания.

Механизм, лежащий в основе выявленных нами изменений на МРТ у пациентов с вирусной пневмонией, заключается в наличии воспалённой паренхимы и, следовательно, усилении получаемого от неё сигнала. Аналогичным GGO на МР-томограммах является определяющий для вирусной пневмонии признак «облачного неба» [5]. При выполнении динамической серии мы отметили сгущение интенсивности сигнала по типу «облачного неба» на выдохе и выраженное разрежение на входе. Этот признак может быть показателем ранних изменений в лёгочной ткани при острой вирусной пневмонии. Мы предполагаем, что характер консолидации, который отражает вовлечение альвеол, существенно не меняется во время дыхания. Таким образом, динамическая МРТ лёгких позволяет дифференцировать область консолидации и GGO, что не всегда удаётся при статической МРТ лёгких.

Ранее наш коллектив авторов проводил обследования пациентов с использованием протокола MRI-LUNG [5] (режимы статического сканирования) и показал, что визуализируемые поражения паренхимы аналогичны картине поражений, определяемых по КТ. Исследования в режиме реального времени позволили нам установить, что в случае использования МРТ можно быстро и без дискомфорта для пациента сканировать лёгкие на свободном дыхании. Ограничением нашей работы было отсутствие данных КТ для демонстрации с целью сравнения выявленных паттернов.

Применение МРТ у пациентов с COVID-19 уже изучалась другими научными группами [6, 8–14]. Так, D. Dong и соавт. [8] предположили, что МРТ может быть полезна в диагностике беременных и детей; В.К. Fields и соавт. [9] сравнили различные методы диагностики (КТ, МРТ, сочетание позитронно-эмиссионной томографии и КТ) и подтвердили это предположение. В Германии М.С. Langenbach и соавт. [10] получили МРТ пациента, направленного на сканирование в связи с первичным раком лёгкого, и обнаружили изменения в нижних длинных долях, указывающие на COVID-19, что впоследствии было подтверждено. G. Szarf и соавт. [11] представили клинический случай, в котором описали на МРТ перилобулярные помутнения, похожие на признак «облачного неба», и консолидацию, которая может указывать на наличие организуемой пневмонии. S. Akhlaghpour и соавт. [12] получили по МРТ аналогичную картину визуализации вирусной пневмонии, вызванной COVID-19, продемонстрировав и подробно описав восемь клинических случаев. В дополнение к этим изменениям Н. Dheir и соавт. [13] описали узелки, которые были обнаружены у 11 пациентов на МРТ и у 12 — на КТ, с чувствительностью и специфичностью 91,67 и 100% соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ряд клинических случаев наглядно продемонстрировал методику динамической МРТ, позволяющую увидеть признак «облачного неба» (аналогичный паттерн GGO на КТ) и отличить его от консолидации у пациентов с COVID-19.

Результаты показывают, что динамическое исследование лёгких может иметь преимущество по отношению к стандартному статическому протоколу сканирования. Однако, несмотря на свои возможности, МРТ лёгких остаётся экспериментальным инструментом и требует дополнительных исследований для определения её роли в ведении пациентов с COVID-19. Тем не менее наблюдаемые паттерны также могут быть

применимы для других патологических состояний лёгких.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Статья подготовлена при поддержке Департамента здравоохранения г. Москвы в рамках научно-исследовательской работы (№ ЕГИСУ: АААА-А21-123031500007-6) в соответствии с программой «Научное обеспечение столичного здравоохранения» на 2023–2025 годы.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом:

Ю.А. Васильев, А.В. Бажин, Ю.Н. Васильева, Д.С. Семенов — концепция и дизайн исследования, редактирование и утверждение итогового варианта текста рукописи, консультативная поддержка по клинической и технической частям; Е.А. Грик, О.Ю. Панина — концепция и дизайн исследования, анализ МР исследований, описание клинических случаев; А.Н. Хоружая — анализ литературы, написание текста статьи, редактирование.

**Согласие пациента.** Пациенты добровольно подписали информированное согласие на публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в журнале Digital Diagnostics.

**Благодарности.** Авторы выражают признательность за помощь в разработке концепции исследования, а также за организационную и методическую поддержку К.А. Сергуновой, С.П. Морозову, А.Г. Масри, А.В. Мидаеву и Э.А. Сулейманову.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The article was prepared with the support of the Moscow Department of Health as part of the research work (No. EGISU: АААА-А21-123031500007-6) in accordance with the program "Scientific support of the capital's healthcare" for 2023-2025

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Yu.A. Vasiliev, A.V. Bazhin, Yu.N. Vasilyeva, D.S. Semenov - concept and design of the study, editing and approval of the final version of the manuscript text, advisory support for clinical and technical parts; E.A. Grik, O.Yu. Panina - study concept and design, analysis of MRI studies, description of clinical cases; A.N. Khoruzhaya - literature analysis, writing the text of the article, editing.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.  
in the journal Digital Diagnostics.

**Acknowledgments.** The authors are grateful for the help in developing the concept of the study, as well as for the organizational and methodological support of K.A. Sergunova, S.P. Morozov, A.G. Masri, A.V. Midaev and E.A. Suleimanov.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shi H., Han X., Jiang N., et al. Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: A descriptive study // *Lancet Infectious Dis.* 2020. Vol. 20, N 4. P. 425–434. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30086-4
2. Salehi S., Abedi A., Balakrishnan S., Gholamrezanezhad A. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A systematic review of imaging findings in 919 patients // *Am J Roentgenol.* 2020. Vol. 215, N 1. P. 87–93. doi: 10.2214/AJR.20.23034
3. ACR Recommendations for the use of chest radiography and computed tomography (CT) for suspected COVID-19 infection [cited March 11, 2020]. Режим доступа: <https://www.acr.org/Advocacy-and-Economics/ACR-Position-Statements/Recommendations-for-Chest-Radiography-and-CT-for-Suspected-COVID19-Infection>. Дата обращения: 15.01.2023.
4. Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 16 (18.08.2022). Москва, 2022. 249 с.
5. Vasilev Y.A., Sergunova K.A., Bazhin A.V., et al. Chest MRI of patients with COVID-19 // *Magn Reson Imaging.* 2021. N 79. P. 13–19. doi: 10.1016/j.mri.2021.03.005
6. Vasilev Y.A., Sergunova K.A., Bazhin A.V., et al. Chest MRI of a pregnant woman with COVID-19 pneumonia // *Digital Diagnostics.* 2020. Vol. 1, N 1. P. 61–68. doi: 10.17816/DD46800
7. Васильев Ю.А., Панина О.Ю., Кудрявцев Н.Д., и др. Магнитно-резонансная томография легких. Методические рекомендации. Вып. 92. Москва, 2022. 102 с. (Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики»).
8. Dong D., Tang Z., Wang S., et al. The role of imaging in the detection and management of COVID-19: A review // *IEEE Rev Biomed Eng.* 2020. N 14. P. 16–29. doi: 10.1109/RBME.2020.2990959
9. Fields B.K., Demirjian N.L., Dadgar H., Gholamrezanezhad A. Imaging of COVID-19: CT, MRI, and PET // *Semin Nucl Med.* 2021. Vol. 51, N 4. P. 312–320. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2020.11.003
10. Langenbach M.C., Hokamp G.N., Persigehl T., Bratke G. MRI appearance of COVID-19 infection // *Diagn Interv Radiol.* 2020. Vol. 26, N 4. P. 377–378. doi: 10.5152/dir.2020.20152
11. Fonseca E.K., Chate R.C., Neto R.S., et al. Findings of COVID-19 on magnetic resonance imaging // *Radiology Cardiothoracic Imaging.* 2020. Vol. 2, N 2. P. e200193. doi: 10.1148/ryct.2020200193
12. Torkian P., Rajebi H., Zamani T., et al. Magnetic resonance imaging features of coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia: The first preliminary case series // *Clin Imaging.* 2021. Vol. 69. P. 261–265. doi: 10.1016/j.clinimag.2020.09.002
13. Ates O.F., Taydas O., Dheir H. Thorax magnetic resonance imaging findings in patients with coronavirus disease (COVID-19) // *Acad Radiol.* 2020. Vol. 27, N 10. P. 1373–1378. doi: 10.1016/j.acra.2020.08.009
14. Ussov W.Y., Nudnov N.V., Ignatenko G.A., et al. Primary and prospective imaging of the chest using magnetic resonance imaging in patients with viral lung damage in COVID-19 // *Med Visualizat.* 2020. T. 24, N 4. С. 11–26. doi: 10.24835/1607-0763-2020-4-11-26

## REFERENCES

1. Shi H, Han X, Jiang N, et al. Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: A descriptive study. *Lancet Infectious Dis.* 2020;20(4):425–434.

doi: 10.1016/S1473-3099(20)30086-4

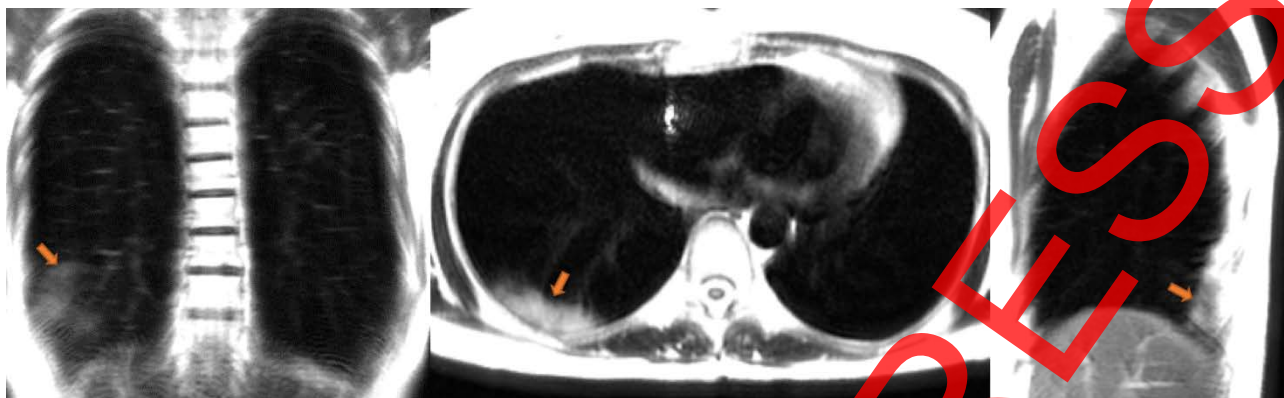
2. Salehi S, Abedi A, Balakrishnan S, Gholamrezanezhad A. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A systematic review of imaging findings in 919 patients. *Am J Roentgenol.* 2020;215(1):87–93. doi: 10.2214/AJR.20.23034
3. ACR Recommendations for the use of chest radiography and computed tomography (CT) for suspected COVID-19 infection [cited March 11, 2020]. Available from: <https://www.acr.org/Advocacy-and-Economics/ACR-Position-Statements/Recommendations-for-Chest-Radiography-and-CT-for-Suspected-COVID19-Infection>. Accessed: 15.01.2023
4. Temporary guidelines "Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19)". Version 16 (08/18/2022). Moscow; 2022. 249 p. (In Russ).
5. Vasilev YA, Sergunova KA, Bazhin AV, et al. Chest MRI of patients with COVID-19. *Magn Reson Imaging.* 2021;(79):13–19. doi: 10.1016/j.mri.2021.03.005
6. Vasilev YuA, Sergunova KA, Bazhin AV, et al. Chest MRI of a pregnant woman with COVID-19 pneumonia. *Digital Diagnostics.* 2020;1(1):61–68. doi: 10.17816/DD46800
7. Vasiliev YuA, Panina OYu, Kudryavtsev ND, et al. Magnetic resonance imaging of the lungs: methodological recommendations. Issue 92. Moscow, 2022. 102 p. (Series "The best practices of radiation and instrumental diagnostics"). (In Russ).
8. Dong D, Tang Z, Wang S, et al. The role of imaging in the detection and management of COVID-19: A review. *IEEE Rev Biomed Eng.* 2021;(14):16–29. doi: 10.1109/RBME.2020.2990959
9. Fields BK, Demirjian NL, Dadgar H, Gholamrezanezhad A. Imaging of COVID-19: CT, MRI, and PET. *Semin Nucl Med.* 2021;51(4):312–320. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2020.11.003
10. Langenbach MC, Hokamp GN, Persigehl T, Bratke G. MRI appearance of COVID-19 infection. *Diagn Interv Radiol.* 2020;26(4):377–378. doi: 10.5152/dir.2020.20152
11. Fonseca EK, Chate RC, Neto RS, et al. Findings of COVID-19 on magnetic resonance imaging. *Radiology Cardiothoracic Imaging.* 2020;2(2):e200193. doi: 10.1148/ryct.2020200193
12. Torkian P, Rajebi H, Zamani T, et al. Magnetic resonance imaging features of coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia: The first preliminary case series. *Clin Imaging.* 2021;(69):261–265. doi: 10.1016/j.clinimag.2020.09.002
13. Ates OF, Taydas O, Dheir H. Thorax magnetic resonance imaging findings in patients with coronavirus disease (COVID-19). *Acad Radiol.* 2020;27(10):1373–1378. doi: 10.1016/j.acra.2020.08.009
14. Ussov WY, Nudnov NV, Ignatenko G, et al. Primary and prospective imaging of the chest using magnetic resonance imaging in patients with viral lung damage in COVID-19. *Med Visualizat.* 2020;24(4):11–26. (In Russ). doi: 10.24835/1607-0763-2020-4-11-26

ОБ АВТОРАХ	AUTHORS' INFO
<p><b>* Хоружая Анна Николаевна;</b>                      адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка д. 24, стр. 1;                      ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-4857-5404">https://orcid.org/0000-0003-4857-5404</a>;                      eLibrary SPIN: 7948-6427;                      e-mail: a.khoruzhaya@npcmr.ru</p>	<p><b>* Anna N. Khoruzhaya;</b>                      address: 24/1 Petrovka street, 127051 Moscow, Russia;                      ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-4857-5404">https://orcid.org/0000-0003-4857-5404</a>;                      eLibrary SPIN: 7948-6427;                      e-mail: a.khoruzhaya@npcmr.ru</p>
<p><b>Васильев Юрий Александрович, к.м.н.;</b>                      ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-0208-5218">https://orcid.org/0000-0002-0208-5218</a>;</p>	<p><b>Yuriy A. Vasilev, MD, Cand. Sci. (Med.);</b>                      ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-0208-5218">https://orcid.org/0000-0002-0208-5218</a>;</p>



eLibrary SPIN: 4458-5608; e-mail: y.vasilev@npcmr.ru	eLibrary SPIN: 4458-5608; e-mail: y.vasilev@npcmr.ru
<b>Грик Евгения Андреевна;</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-7908-3982">https://orcid.org/0000-0002-7908-3982</a> ; eLibrary SPIN: 5558-7307; e-mail: evgeniyagrik@gmail.com	<b>Evgeniia A. Grik;</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-7908-3982">https://orcid.org/0000-0002-7908-3982</a> ; eLibrary SPIN: 5558-7307; e-mail: evgeniyagrik@gmail.com
<b>Панина Ольга Юрьевна;</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-8684-775X">https://orcid.org/0000-0002-8684-775X</a> ; eLibrary SPIN: 5504-8136; e-mail: o.panina@npcmr.ru	<b>Olga Yu. Panina;</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-8684-775X">https://orcid.org/0000-0002-8684-775X</a> ; eLibrary SPIN: 5504-8136; e-mail: o.panina@npcmr.ru
<b>Семенов Дмитрий Сергеевич;</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-4293-2514">https://orcid.org/0000-0002-4293-2514</a> ; eLibrary SPIN: 2278-7290; e-mail: d.semenov@npcmr.ru	<b>Dmitriy S. Semenov;</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-4293-2514">https://orcid.org/0000-0002-4293-2514</a> ; eLibrary SPIN: 2278-7290; e-mail: d.semenov@npcmr.ru
<b>Бажин Александр Владимирович;</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-3198-1334">https://orcid.org/0000-0003-3198-1334</a> ; eLibrary SPIN: 6122-5786; e-mail: a.bazhin@npcmr.ru	<b>Alexander V. Bazhin;</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-3198-1334">https://orcid.org/0000-0003-3198-1334</a> ; eLibrary SPIN: 6122-5786; e-mail: a.bazhin@npcmr.ru
<b>Васильева Юлия Николаевна, к.м.н.;</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-1066-3989">https://orcid.org/0000-0002-1066-3989</a> ; eLibrary SPIN: 9777-2067; e-mail: drugya@yandex.ru	<b>Yulia N. Vasileva, MD, Cand. Sci. (Med.);</b> ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-1066-3989">https://orcid.org/0000-0002-1066-3989</a> ; eLibrary SPIN: 9777-2067; e-mail: drugya@yandex.ru
* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author	

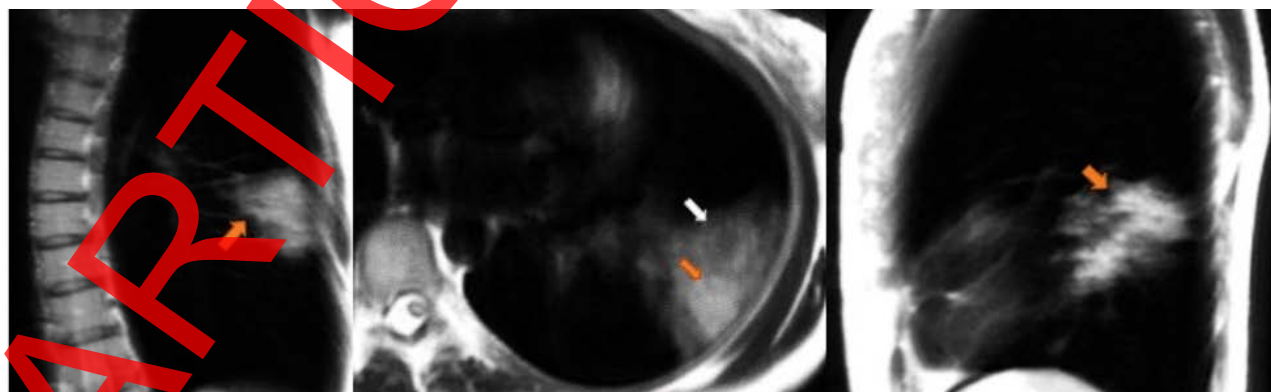
ARTICLE



**Рис. 1.** Динамическая магнитно-резонансная томография лёгких во время вдоха в коронарной, аксиальной и сагиттальной плоскостях. Стрелки указывают на области уплотнения в аксиальной и сагиттальной плоскостях, а в коронарной плоскости стрелка указывает на признак «облачного неба (S9–10).

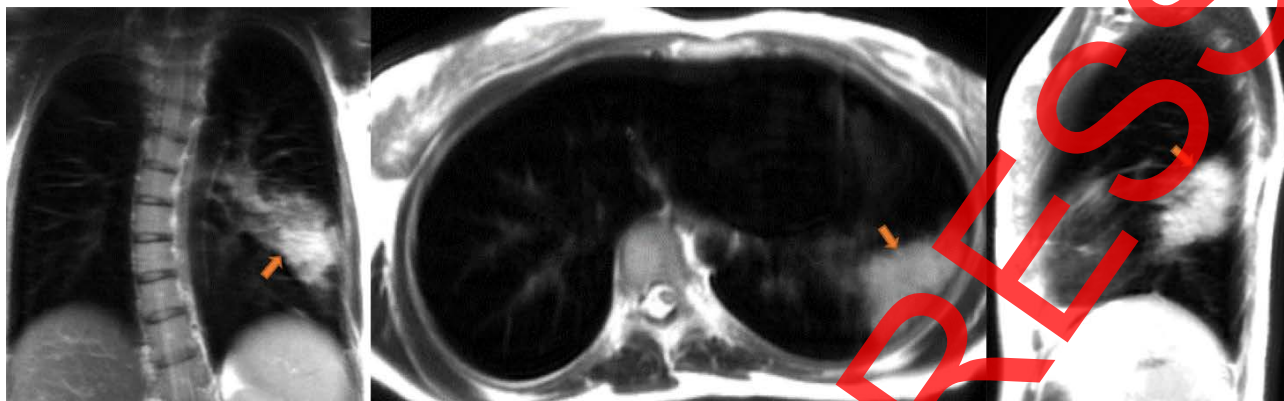


**Рис. 2.** Динамическая магнитно-резонансная томография лёгких во время выдоха в коронарной, аксиальной, сагиттальной плоскостях. Стрелки указывают на области консолидации (S9–10).

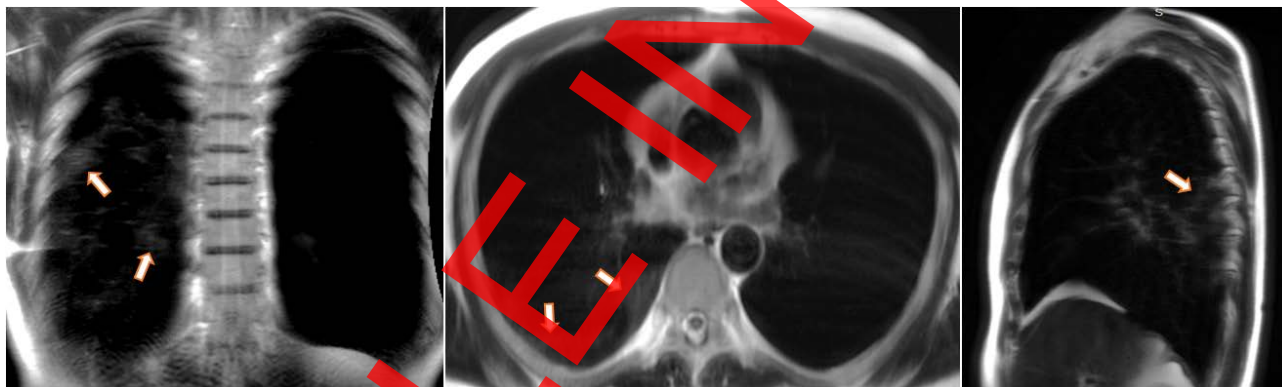


**Рис. 3.** Динамическая магнитно-резонансная томография лёгких во время вдоха в коронарной, аксиальной и сагиттальной плоскостях. Оранжевые стрелки указывают на области консолидации, видимые на вдохе (S6, 8–9), белая стрелка — на область с признаком «облачного неба».

неба».



**Рис. 4.** Динамическая магнитно-резонансная томография лёгких во время выдоха в корональной, аксиальной и сагиттальной плоскостях. Стрелки указывают на участки поражённой ткани, которые включают в себя зоны как из отмеченных интерстициальных (признак «облачного неба»), так и альвеолярных (уплотнение) изменений, которые можно дифференцировать на вдохе (см. рис. 3).



**Рис. 5.** Динамическая магнитно-резонансная томография лёгких во время вдоха в корональной, аксиальной и сагиттальной плоскостях. Стрелки указывают на участки слабоинтенсивного сигнала, соответствующие паттерну «облачного неба» (S6, S9–10).



**Рис. 6.** Динамическая магнитно-резонансная томография лёгких во время выдоха в корональной, аксиальной и сагиттальной плоскостях. Стрелки указывают на увеличение участков

---

слабоинтенсивного сигнала, соответствующие паттерну «облачного неба» (S6, S9–10).

ARTICLE IN PRESS