

## МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ ЛЕГКИХ С ПАРАМАГНИТНЫМ КОНТРАСТНЫМ УСИЛЕНИЕМ В ДИНАМИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ ТЕРАПИИ РАКА ЛЕГКОГО У БОЛЬНЫХ С РАДИОФОБИЕЙ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

<sup>1</sup>В. О. Воробьева<sup>1</sup>, <sup>1,2</sup>Н. В. Нуднов<sup>2</sup>, <sup>3</sup>С. В. Миллер<sup>3</sup>, <sup>3</sup>Е. В. Родионов<sup>3</sup>, <sup>4,5</sup>В. Ю. Усов<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Российский научный центр рентгенодиагностики, Москва, Россия

<sup>2</sup>Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

<sup>3</sup>Научно-исследовательский институт онкологии, Томск, Россия

<sup>4</sup>Научно-исследовательский институт кардиологии, Томск, Россия

<sup>5</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

До сих пор возможности магнитно-резонансной томографии (МРТ) в диагностике и контроле лечения рака легкого практически мало востребованы из-за недостаточного опыта и знакомства с ними клиницистов-онкологов. Представлен клинический случай первичного выявления и проспективного наблюдения в ходе терапии рака легкого у пациентки, направленной неврологом поликлиники для проведения МР-томографии головного мозга в связи со стойкими головными болями, после перенесенного двумя месяцами ранее сомнительного эпизода заболевания COVID-19. При МРТ органов грудной клетки (ОГК) было выявлено опухолевое поражение — центральный рак слева с поражением бронха нижней доли левого легкого. МРТ ОГК с парамагнитным контрастным усилением (ПМКУ) выполнялась как часть исследования всего тела после проведенной комплексной терапии рака молочной железы, была выявлена как первичная опухоль рака легкого, так и метастатическое поражение средостенных — суббифуркационных лимфоузлов. Диагноз рака легкого был верифицирован при трансбронхиальной биопсии. В ходе дальнейших повторных контрольных исследований МРТ ОГК с ПМКУ выполнялась повторно и многократно. После начала химиотерапии (ХТ) с использованием схемы винорелбин/карбоплатин был достигнут по результатам МРТ с ПМКУ визуальный полный регресс заболевания с клинической ремиссией. Однако полностью схема химиотерапии не была завершена в связи с отъездом пациентки по настоятельным частным причинам. Спустя два месяца пациентка была вновь обследована по тому же протоколу МРТ органов грудной клетки с парамагнитным контрастным усилением, при этом выявлен рецидив заболевания с более выраженным поражением лимфоузлов средостения, чем при первичном обращении. Вновь проведена под контролем МРТ ОГК с ПМКУ комплексная химиотерапия винорелбином/карбоплатином, на этот раз полностью. По данным контрольной МРТ ОГК с ПМКУ — достигнута визуальная ремиссия, с исчезновением узловых новообразований на месте ранее выявленной первичной опухоли рака легкого и метастатических поражений лимфоузлов. После МРТ с ПМКУ также проведена ПЭТ всего тела с <sup>18</sup>F-фтордезоксиглюкозой. Признаков рецидива или продолженного роста опухоли не выявлено. Спустя 5 мес после этого этапа пациентка была полностью сохранна клинически, активна профессионально и социально. Таким образом, МРТ ОГК с ПМКУ может быть использована для проведения проспективной повторной оценки состояния опухолевого процесса при раке легкого по необходимости, без лучевой нагрузки, без ограничения количества исследований.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** МРТ легких, парамагнитное контрастное усиление, рак легкого, химиотерапия рака легкого, контроль терапии

\*Для корреспонденции: Усов Владимир Юрьевич, e-mail: [ussov1962@yandex.ru](mailto:ussov1962@yandex.ru)

Для цитирования: Воробьева В.О., Нуднов Н.В., Миллер С.В., Родионов Е.В., Усов В.Ю. Магнитно-резонансная томография легких с парамагнитным контрастным усилением в динамическом контроле терапии рака легкого у больных с радиофобией: клинический случай // *Лучевая диагностика и терапия*. 2022. Т. 13, № 3. С. 97–107, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-97-107>.

# MAGNETIC RESONANCE TOMOGRAPHY OF THE LUNGS WITH PARAMAGNETIC CONTRAST ENHANCEMENT IN DYNAMIC FOLLOW-UP CONTROL OF TREATMENT OF LUNG CANCER IN RADIOPHOBIC PATIENT: A CASE REPORT

<sup>1</sup>Valentina O. Vorob'eva<sup>1,2</sup>, <sup>1,2</sup>Nikolay V. Nudnov<sup>1,2</sup>, <sup>3</sup>Sergey V. Miller<sup>3</sup>, <sup>3</sup>Evgenii V. Rodionov<sup>3</sup>,  
<sup>4,5</sup>Wladimir Yu. Ussov<sup>4,5\*</sup>

<sup>1</sup>Russian Scientific Center of Roentgenoradiology, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Research Institute of Oncology of the Tomsk, Tomsk, Russia

<sup>4</sup>Cardiology Research Institute of the Tomsk, Tomsk, Russia

<sup>5</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Till now the facilities of MRI with paramagnetic contrast enhancement (CE-MRI) in detection of lung tumors remain underused and almost ignored. A clinical case of primary detection and prospective follow-up of lung cancer in a patient whose MRI of the chest revealed a tumor lesion — a central cancer of the left lung, in particular a lesion of the bronchus of the lower lobe of the left lung. MRI of the chest with paramagnetic contrast enhancement was carried out as part of the whole body CE-MRI study after the complex therapy of breast cancer, and both the primary lung tumor and metastatic lesion of mediastinal — subbifurcation lymph nodes were revealed. With a transbronchial biopsy, the diagnosis of lung cancer was verified. Chemotherapy (ChT) was started using the vinorelbine/ carboplatin regimen. After this, the CE-MRI has been carried out during the whole period of follow-up of anti-cancer chemotherapy. At the CE-MRI during the first course of ChT visually the complete regression of the disease, also with clinical remission was achieved. However, the ChT scheme was not fully completed due to the patient's departure for urgent private reasons. Two months later, the patient was examined again according to the same CE-MRI protocol, while a relapse of the disease was detected with a more pronounced lesion of the mediastinal lymph nodes than during the initial treatment. ChT with vinorelbine/ carboplatin was again carried out under the control CE-MRI, this time completely. According to the chest CE-MRI, visual remission was achieved, with the disappearance of nodular tumor at the site of the previously identified primary tumor of lung cancer and metastatic lesions of lymph nodes. Thus, it was the CE-MRI which provided the early diagnosis and adequate control of treatment of the lung cancer with extensive local lymph nodes spread. After this CE-MRI, the whole body PET with <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose (FDG) was also performed and no signs of relapse or continued tumor growth were revealed. Five months after this stage, the patient did persist to stay completely preserved clinically, at work and socially active. Thus, the chest CE-MRI can be employed for the follow-up of the tumor process in lung cancer, as necessary, without radiation exposure, without limiting the number and frequency of studies.

**KEYWORDS:** lung MRI, paramagnetic contrast enhancement, lung cancer, lung cancer chemotherapy, therapy follow-up

\*For correspondence: Wladimir Yu. Ussov, e-mail: ussov1962@yandex.ru

**For citation:** Vorob'eva V.O., Nudnov N.V., Miller S.V., Rodionov E.V., Ussov W.Yu. Magnetic resonance tomography of the lungs with paramagnetic contrast enhancement in dynamic follow-up control of treatment of lung cancer in radiophobic patient: a case report // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2022. Vol. 13, No. 3. P. 97–107, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-3-97-107>.

**Введение.** Рак легкого представляет собой сегодня одно из важнейших не только медицинских, но и социально-значимых заболеваний во всех возрастных категориях взрослых [1, с. 92; 2, с. 1625; 3, с. 112]. Если в предшествующие десятилетия хирургическое радикальное удаление опухоли и метастатических узлов было единственной надеждой на сохранение жизни пациента, то в последние пять лет значительно улучшился прогноз пациентов с хирургически нерезектабельными опухолями и при химиотерапевтическом лечении [4, с. 86]. Однако единственным общепринятым средством контроля опухолевого процесса при этом остается рентгеновская компьютерная томография, в том числе с контрастным усилением [5, с. 47].

Позитронная (ПЭТ) и однофотонная эмиссионная (ОФЭКТ) томография, магнитно-резонансная томо-

графия (МРТ) пока остаются лишь предметом исследований опытно-клинического характера [2, с. 1629; 6, с. 41; 7, с. 55].

Между тем, еще в начале 2000-х годов была вполне убедительно доказана роль магнитно-резонансной томографии (МРТ) в выявлении рака легкого [8, с. 22], а также возможности МРТ в проспективной оценке этого заболевания в ходе комплексной терапии [9, с. 456; 10, с. 221]. Тем не менее, пока возможности МРТ в этой области продолжают подвергаться сомнению, несмотря на полную безопасность МРТ (при условии отсутствия металлофрагментов в теле пациента) и возможность практически неограниченного повторения по потребности [11, с. 21].

При пневмониях вирусного и бактериального генеза МРТ ОГК продемонстрировала диагностические показатели, аналогичные спиральной рентге-

новской компьютерной томографии (СРКТ), и обеспечивает точную оценку распространенности воспалительного процесса, дифференцировку воспалительных процессов между собой [12, с. 69].

Приводим клинический случай проспективного наблюдения эффективности противоопухолевой терапии с помощью МРТ органов грудной клетки (ОГК) с парамагнитным контрастным усилением (ПМКУ).

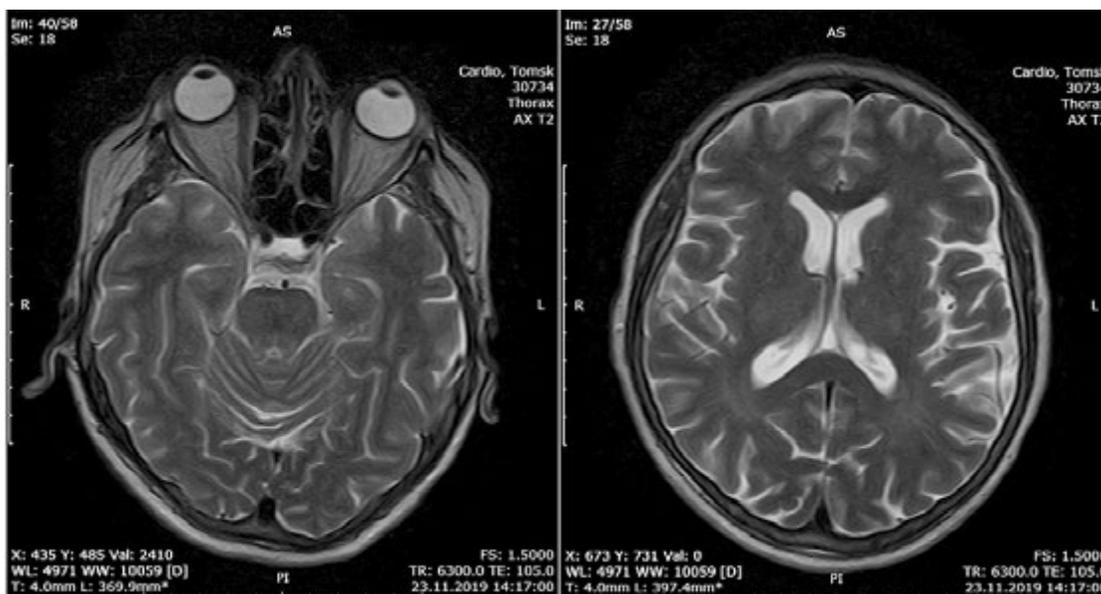
**Материалы и методы.** От пациентки получено информированное согласие. Пациентка М. (59 лет) обратилась в связи со стойкими головными болями по направлению невролога поликлиники для проведения МР-томографии головного мозга, после перенесенного двумя месяцами ранее сомнительного эпизода заболевания COVID-19, с однократно положительным и однократно отрицательным ПЦР-тестом на инфицирование этим вирусом и краткосрочным двухдневным снижением насыщения крови  $pO_2$  до 96%. Шесть лет тому назад у пациентки была выявлена опухоль правой молочной железы T1–2N0M0, удаленная радикально после неoadъювантной химиотерапии, без последующих рецидивов и повторных заболеваний.

При первичном обращении и при последующих контрольных госпитализациях и обследованиях МРТ ОГК с ПМКУ выполнялась в неизменном протоколе, включавшем в себя получение аксиальных,

2 мл 0,5 М раствора. T1-ВИ повторялись после введения контраста-парамагнетика спустя 12–17 мин, также в аксиальных и фронтальных плоскостях, в неизменных расположениях плоскостей томосрезов МРТ и параметров записи. Все исследования были проведены с помощью высокопольного МР-томографа Toshiba Titan Vantage (индукция магнитного поля 1,5 Т). При этом наилучшая визуализация ОГК достигалась при использовании T1-ВИ с относительно длинными временами повторения и эхо, то есть не полностью свободными от T2-компонента (TR=1874 мс, TE=32 мс), при толщине среза 5–6 мм, размерах поля зрения 400×400 мм, с полным охватом грудной клетки, синхронизацией по дыханию. Такие величины времен повторения и эхо позволяли полностью избавиться от артефактов движения крови по крупным сосудам грудной клетки.

Нельзя не отметить с благодарностью, что пациентка не только зафиксировала формально свое информированное согласие на участие в проспективном исследовании и публикацию его результатов, но и поддерживала исследования с энтузиазмом, стремясь, по ее словам, «превратить болезнь в инструмент прогресса и познания».

**Результаты и их обсуждение.** По результатам выполненной при первичном МРТ-обследовании головного мозга (рис. 1) была верифицирована



**Рис. 1.** МРТ-картина головного мозга пациентки М. в T2-ВИ при первичном обращении, срезы на уровне зрительных нервов и середины боковых желудочков, в аксиальной плоскости параллельно основанию черепа.

Параметры исследования непосредственно на изображении. Отсутствие признаков метастатического поражения головного мозга и вообще значимых патологических знаков

**Fig. 1.** MRI of the brain of patient M. in T2-weighted mode at the initial admission, sections at the level of the optic nerves and the middle of the lateral ventricles, in the axial plane parallel to the base of the skull. Absence of signs of metastatic brain damage and any significant pathological signs

сагиттальных и фронтальных срезов ОГК в T1- и T2-взвешенном режиме (ВИ), а также диффузионно-взвешенных изображений, с коэффициентом  $b=800$ , как детально было описано ранее [12, с. 65]. Контраст-парамагнетик вводился внутривенно в дозе

практически нормальная по возрасту картина, без признаков очаговых повреждений.

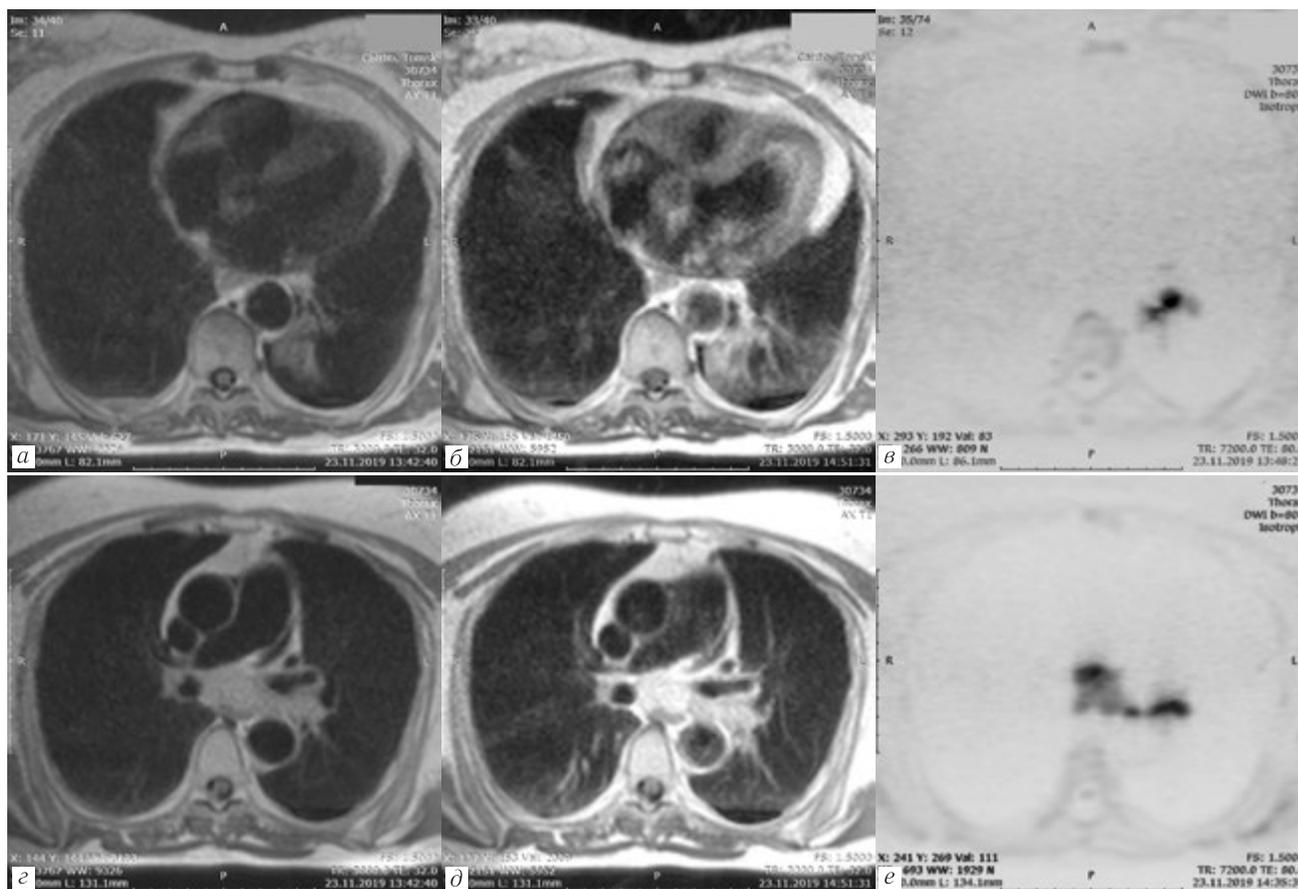
В связи с подозрением на перенесенное поражение легких, связанное с COVID-19, пациентке была выполнена МРТ ОГК, при которой обнаружено

очаговое поражение в области 6-го сегмента левого легкого, с вовлечением средостенных — суббифуркационных инфратрахеальных лимфатических узлов. МРТ ОГК была немедленно дополнена ПМКУ, выявившим интенсивное накопление парамагнетика в толще опухолевых структур (рис. 2, 3).

На следующий день пациентке выполнено эндоскопическое эндобронхиальное исследование

от рентгеновских и в частности рентгеновских компьютерных томографических (КТ) исследований, ей после проведения первого курса ХТ была проведена повторная МРТ ОГК в том же режиме, что и при первичном обращении (рис. 4, 5).

При этом был визуализирован выраженный эффект химиотерапии с субтотальным регрессом новообразования и метастатического поражения



**Рис. 2.** МРТ органов грудной клетки пациентки М. при первичном поступлении. Картина МРТ-визуализации опухолевого поражения 6-го сегмента левого легкого, средостенных лимфоузлов и лимфоузлов корня левого легкого при T1-ВИ с парамагнитным контрастным усилением и при диффузионно-взвешенном исследовании.

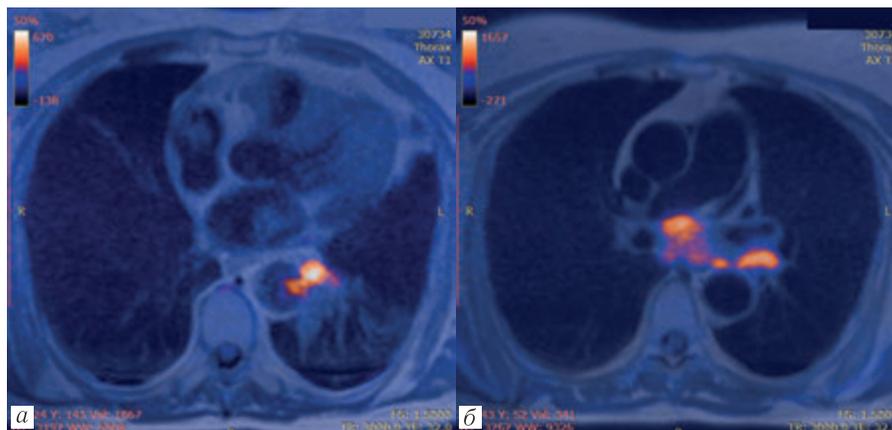
Представлены аксиальные срезы на уровне середины левого желудочка сердца: T1-ВИ — исходный (а), T1-ВИ — после ПМКУ (б) и в диффузионно-взвешенном режиме (в); а также срезы на уровне бифуркации легочной артерии T1-ВИ — исходный (г), T1-ВИ — после ПМКУ (д) и в диффузионно-взвешенном режиме (е)

**Fig. 2.** MRI of the chest organs at the initial admission of patient M. The picture of the MRI imaging of the tumor lesion of the left lung segment 6, mediastinal lymph nodes and lymph nodes of the root of the left lung in T1-w mode with paramagnetic contrast enhancement (PMCE) and diffusion-weighted examination. Axial sections are presented at the level of the middle of the left ventricle of the heart T1-w mode — initial (a), T1-w mode — after PMCE (б) and in diffusion-weighted mode (в); as well as sections at the level of bifurcation of the pulmonary artery T1-w mode — initial (г), T1-w mode — after PMCE (д) and in the diffusion-weighted mode (е)

с трансbronхиальной биопсией, при этом при цитогистохимическом и генетическом исследовании опухолевого материала биоптата подтверждено наличие немелкоклеточного РЛ (аденокарцинома) при отсутствии генов монорезистентности и множественной лекарственной устойчивости (МЛУ) опухолей. Пациентке была запланирована химиотерапия по схеме винорелбин/карбоплатин в количестве 4 курсов с интервалом между курсами 3 нед. В связи с отказом пациентки по причинам радиофобии

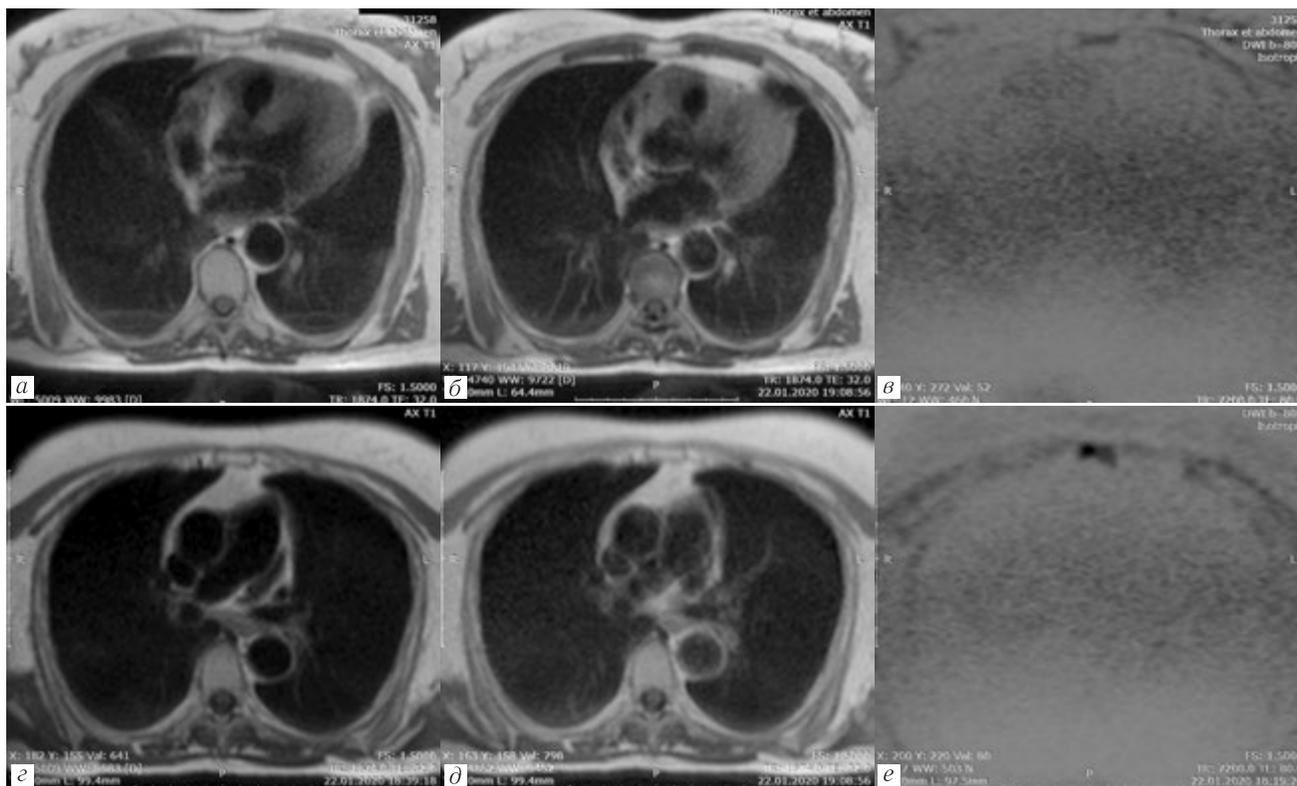
лимфоузлов (рис. 4), при практическом отсутствии изображения опухоли на диффузионном изображении (рис. 5). После первого курса химиотерапии таких осложнений, как фебрильная нейтропения и инфекционные осложнения, отмечено не было. Имели место однократные тошнота и рвота, эти развившиеся осложнения носили кратковременный и спонтанно-обратимый характер.

Однако, к сожалению, дальнейшие запланированные курсы химиотерапии не были выполнены



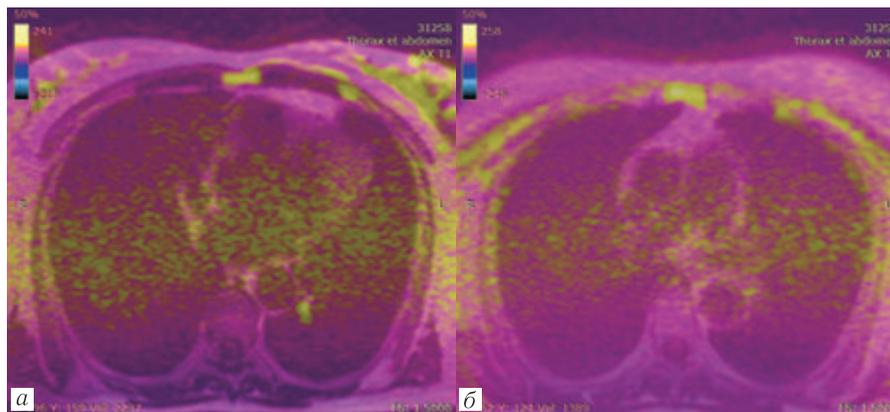
**Рис. 3.** Картина совмещенного диффузионно-взвешенного и T1-взвешенного контрастированного МРТ ОГК пациентки М. при первичном обращении. Совмещенные изображения первичной опухоли в области задней стенки бронха нижней доли левого легкого (а) и в области метастатического поражения лимфоузлов корня левого легкого и средостенных (предбифуркационных паратрахеальных) лимфоузлов (б)

**Fig. 3.** The picture of the fused diffusion-weighted and T1-weighted MRI of the chest of patient M at the initial admission. The pathological image of the primary tumor and lymph nodes in the diffusion mode is fused with the lesion map on the contrast-enhanced T1-w mode. Combined images depict the primary tumor in the area of the posterior bronchial wall of the lower lobe of the left lung (a) and in the area of metastatic lesion in the lymph nodes of the root of the left lung and mediastinal (prebifurcation paratracheal) lymph nodes (b)



**Рис. 4.** МРТ-картина при контрольном обследовании пациентки М. после проведения первого цикла противоопухолевой химиотерапии при T1-взвешенном исследовании с парамагнитным контрастным усилением и при диффузионно-взвешенном исследовании. Аксиальные срезы на уровне середины левого желудочка сердца: T1-ВИ исходный до контрастного усиления (а), T1-ВИ после ПМКУ (б) и в диффузионно-взвешенном режиме (в); а также срезы на уровне бифуркации легочной артерии: T1-ВИ — исходный (с), T1-ВИ — после ПМКУ (д) и в диффузионно-взвешенном режиме (е). Диффузионное и парамагнитное контрастированное изображения — регресс объема опухолевой ткани более 90% по объему

**Fig. 4.** MRI-picture in the control study of patient M, after the first cycle of antitumor chemotherapy. in T1-w mode with paramagnetic contrast enhancement and in diffusion-weighted study. Axial sections at the level of the mid of the left ventricle of the heart in T1-w mode — initial image before contrast enhancement (a), T1-w mode after PMCE (b) and in diffusion-weighted mode (в); as well as sections at the level of bifurcation of the pulmonary artery, in T1-w mode — initial (с), T1-w mode — after PMCE (д) and in diffusion-weighted mode (е) Diffusive and paramagnetic contrasted images demonstrate regression of tumor tissue volume for over 90% of volume



**Рис. 5.** Совмещенные диффузионно-контрастные МРТ-изображения пациентки М. после первого цикла химиотерапии рака легкого. Срезы — на уровне середины левого желудочка (а) и на уровне бифуркации легочной артерии (б). Подтверждается регресс объема опухолевой ткани более чем на 90% по сравнению с исходной картиной.

Изображения легочной паренхимы при диффузионно-взвешенном изображении — на уровне интенсивности шума

**Fig. 5.** Fused diffusion over contrast MRI images of the same patient after the first cycle of chemotherapy for lung cancer. Slices placed at the level of the middle of the left ventricle (a) and at the level of the bifurcation of the pulmonary artery (b). The decrease of the tumor tissue volume by more than 90% compared to the initial picture is confirmed.

Images of the pulmonary parenchyma with diffusion-weighted image are homogenous and at the level of noise intensity

в связи с обстоятельствами личного плана (отъезд), после чего в течение двух месяцев пациентка не наблюдалась. При ее появлении повторно было выполнено контрольное МРТ-исследование, ОГК с контрастом, которое показало очевидную картину рецидивного поражения в той же локализации, но больших размеров и интенсивности (рис. 6, 7), которое послужило основанием к немедленному возобновлению химиотерапии по той же схеме: винорелбин/карбоплатин, четырьмя курсами.

После первого курса второго цикла химиотерапии была выполнена контрольная МРТ ОГК с ПМКУ (рис. 8, 9), выявившая практическое исчезновение опухолевой ткани. После этого химиотерапия была продолжена, а после третьего курса, перед завершающим, четвертым, выполнена ПЭТ/КТ ОГК с  $^{18}\text{F}$ -ФДГ (рис. 10), показавшая визуальную нормальную картину. После завершения терапии пациентка в течение 5 мес остается в состоянии устойчивой ремиссии, планируется ее повторное обследование спустя 6 мес.

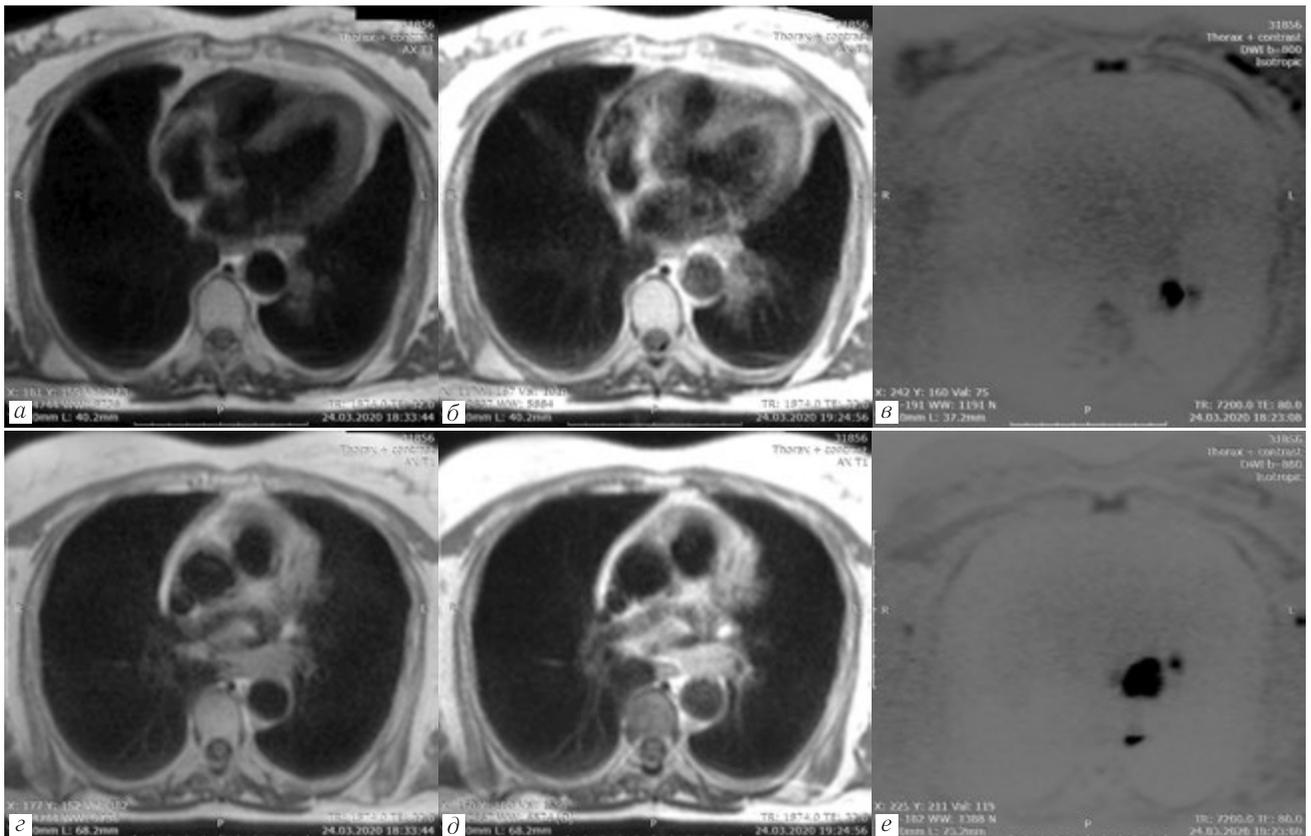
Таким образом, МРТ органов грудной клетки с ПМКУ позволила обеспечить полный доклинический контроль и оценку распространенности неоперабельного немелкоклеточного РЛ, эффективно томографически верифицировать успешную химиотерапию.

Традиционно МРТ ОГК с ПМКУ не рассматривалась как надежный метод первичного выявления РЛ и последующего контроля эффективности его терапии, зачастую обзорные материалы по методам томографии РЛ ее и не упоминают [2, с. 1639; 5, с. 50]. Однако еще в конце 1990-х — начале 2000-х гг. было показано, что визуализация РЛ средствами МРТ не только диагностически эффективна, но и имеет ряд преимуществ перед рентгеновской КТ, ПЭТ и ОФЭКТ, в первую очередь — отсут-

ствии лучевой нагрузки [7, с. 60; 10, с. 222], а кроме того, возможность использования более безопасных, и в меньших дозах, нежели при КТ, парамагнитных контрастных препаратов [9, с. 458; 13, с. 63]. Впоследствии были продемонстрированы возможности детального исследования МР-спектроскопических характеристик первичной опухоли и метастазов РЛ [14, с. P100445], в эксперименте — возможности МРТ с ПМКУ в оценке состояния опухолей у экспериментальных животных [15, с. 59]. При однократном сравнении МРТ с ПМКУ и в диффузионно-взвешенном режиме оказываются практически эквивалентными в оценке распространенности опухолевого процесса при сопоставлении с ПЭТ-КТ с  $^{18}\text{F}$ -фтордезоксиглюкозой [16, с. 253].

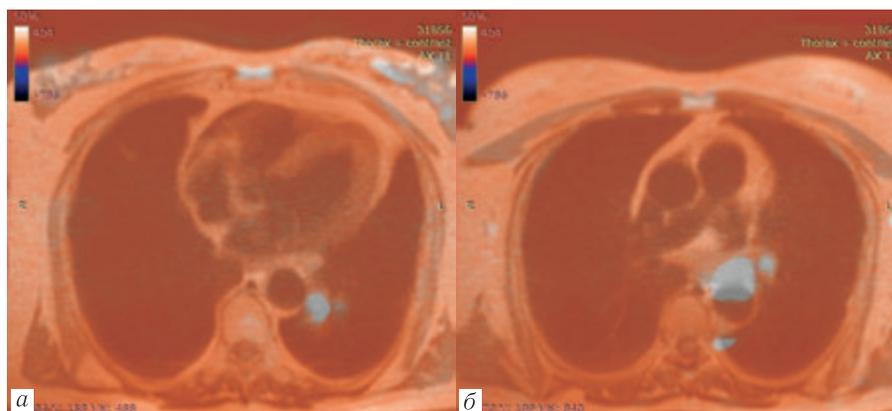
При таком анатомически близком по расположению к легким заболеванию, как рак молочной железы, МРТ ОГК с ПМКУ сегодня стала наиболее надежным методом первичного выявления и проспективного контроля в динамике неoadъювантного, хирургического, лучевого и адъювантного лечения [17, с. 9; 18, с. 295]. Однако для длительного проспективного повторного контроля МРТ ОГК с ПМКУ при раке легкого пока не нашла столь же массового применения, как при раке молочной железы [6, с. 43]. Приведенный нами случай подтверждает возможность использования МРТ ОГК с ПМКУ именно для проспективного контроля процесса лечения РЛ, тем более что в случае возникновения сопутствующих кардиотоксических эффектов ХТ МРТ с ПМКУ (в нашем случае их, к счастью, не было) также может обеспечить их надежное выявление [19, с. 33].

**Заключение.** Приведенный случай многократно безопасного высокоинформативного использования МРТ ОГК с ПМКУ при химиотерапии рака легкого позволяет рекомендовать более широкое регулярное изучение этого метода, возможно, в рамках



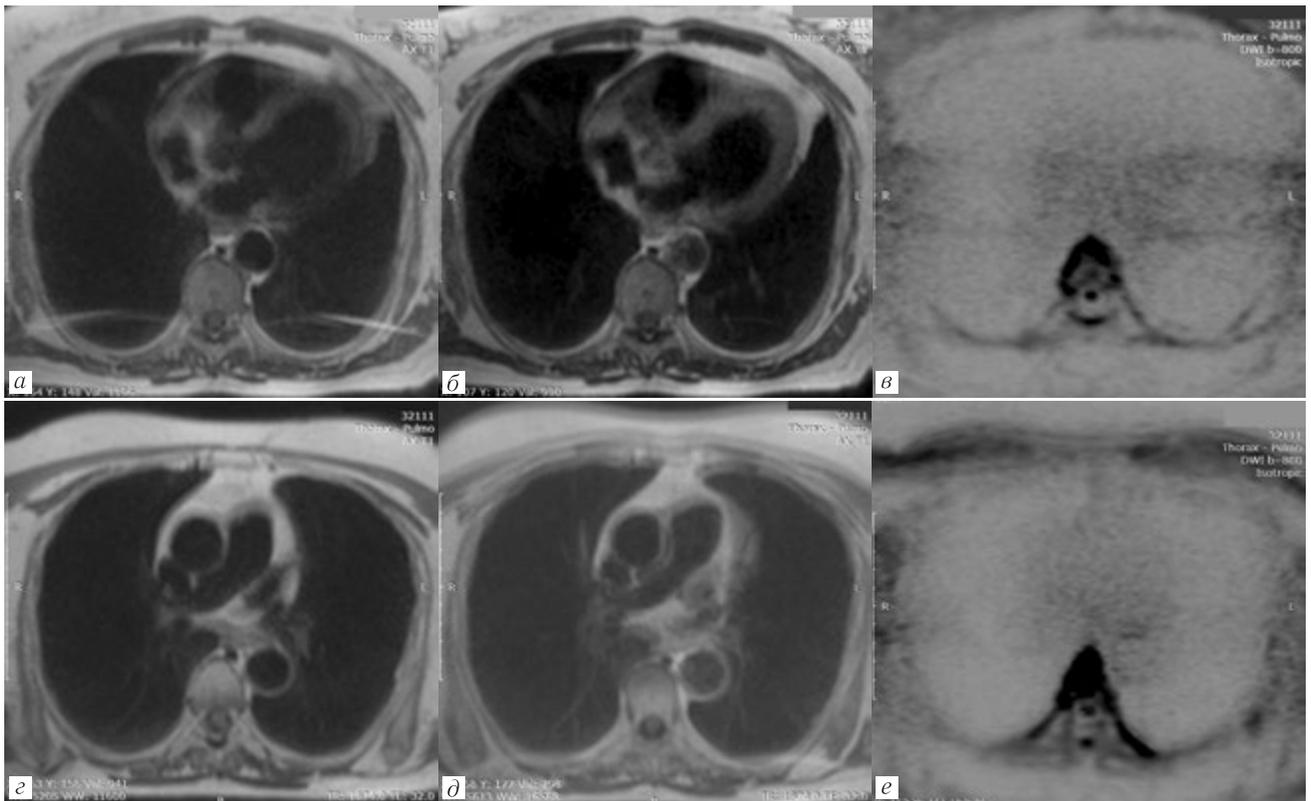
**Рис. 6.** МРТ-картина пациентки М., обращение при ухудшении спустя 2 мес после незавершенного первого цикла противоопухолевой химиотерапии. Аксиальные срезы на уровне середины левого желудочка сердца: T1-ВИ — исходный (а), T1-ВИ — после ПМКУ (б) и в диффузионно-взвешенном режиме (в); а также срезы на уровне бифуркации легочной артерии: T1-ВИ — исходный (з), T1-ВИ — после ПМКУ (д) и в диффузионно-взвешенном режиме (е). На МРТ-срезах с ПМКУ и в диффузионном режиме очевидны изображения опухолевых структур

**Fig. 6.** MRI picture in the study of patient M, admission with deterioration 2 months after the incomplete first cycle of antitumor chemotherapy. Axial slices at the level of the middle of the left ventricle of the heart: T1-w images — initial (a), after PMCE (b) and in diffusion-weighted mode (v); as well as slices at the level of bifurcation of the pulmonary artery: T1-w images — initial (z), after PMCE (d) and in diffusion-weighted mode (e). On MRI scans with PMCE and in the diffusion mode, the image of tumor structures are obvious



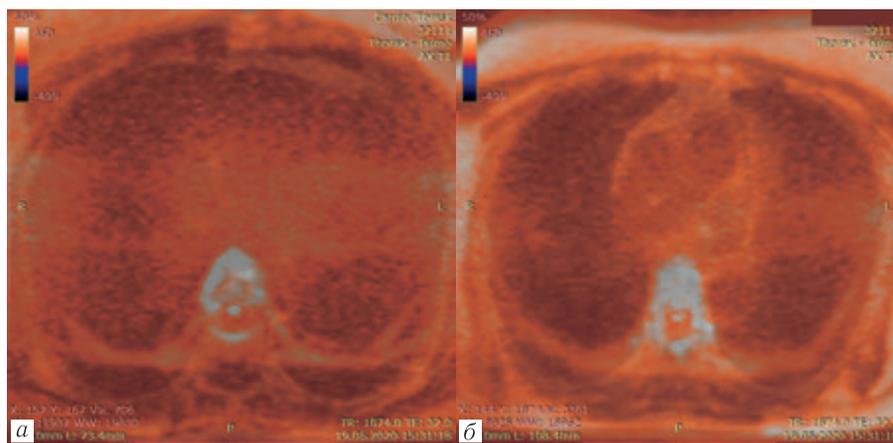
**Рис. 7.** Совмещенные МРТ-изображения органов грудной клетки пациентки М. при «рецидивном» обращении, комбинирующие диффузионные и контрастно-усиленные изображения. Срезы — на уровне середины левого желудочка (а) и на уровне бифуркации легочной артерии (б). Выраженное интенсивное диффузионно-взвешенное изображение в области рецидивно пролиферирующей первичной и метастатической опухолевой ткани

**Fig. 7.** Fused MRI images of the chest of patient M. at «recurrent» admission, combining diffusion and contrast-enhanced images. Sections at the level of the middle of the left ventricle (a) and at the level of the bifurcation of the pulmonary artery (б). Pronounced intense diffusion-weighted image in the area of recurrent proliferating primary and metastatic tumor tissue



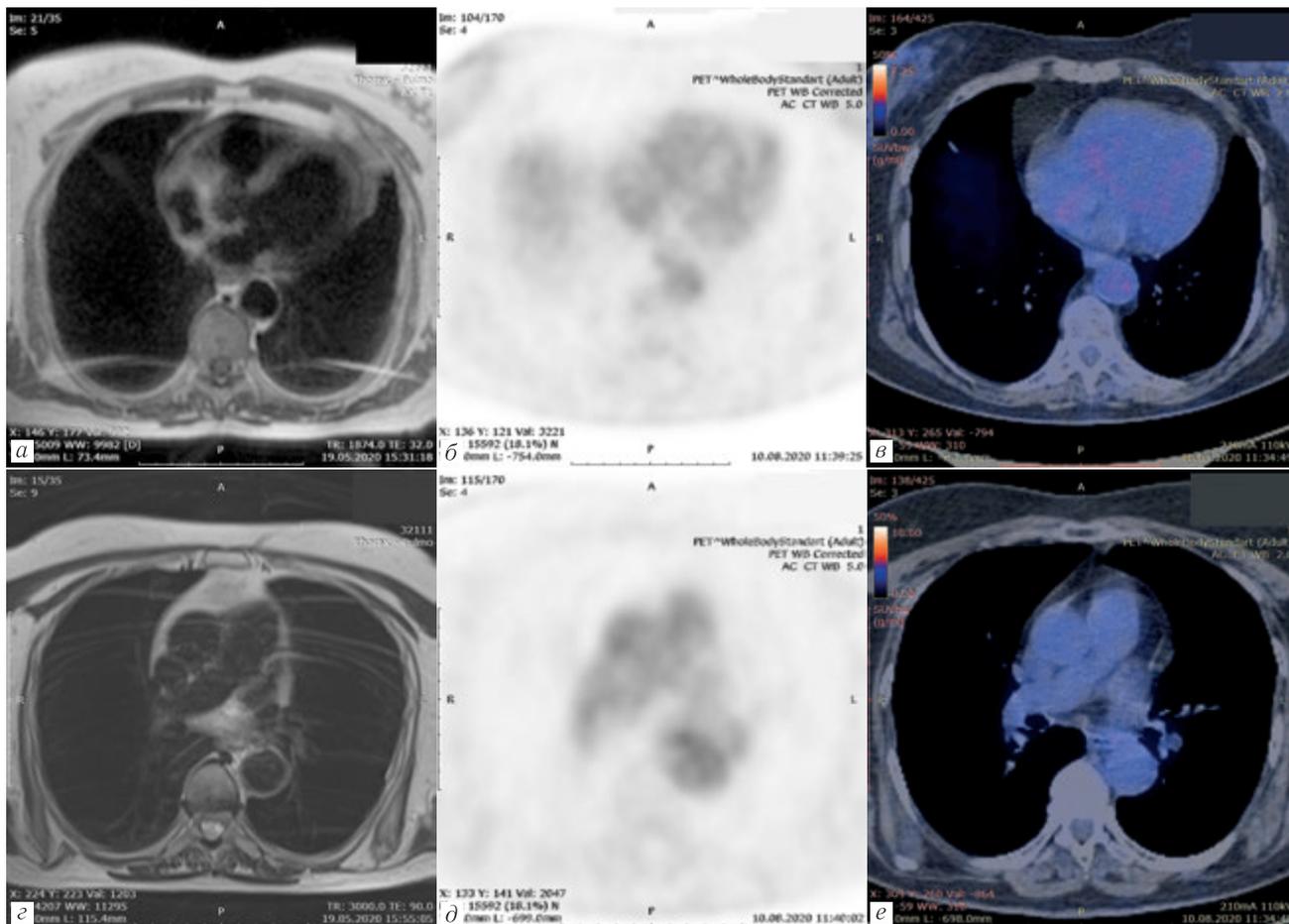
**Рис. 8.** МРТ-картина органов грудной клетки при контрольном обследовании пациентки М. после проведения первого цикла повторного курса противоопухолевой химиотерапии, T1-ВИ с парамагнитным контрастным усилением и диффузионно-взвешенное исследование. Аксиальные срезы на уровне середины левого желудочка сердца: T1-ВИ — исходный до контрастного усиления (а), T1-ВИ после ПМКУ (б) и в диффузионно-взвешенном режиме (в); а также срезы на уровне бифуркации легочной артерии: T1-ВИ — исходный (г), T1-ВИ после ПМКУ (д) и в диффузионно-взвешенном режиме (е). На диффузионном и парамагнитно-контрастированном изображениях — отсутствие признаков опухолевой ткани в области легких и средостения

**Fig. 8.** The MRI picture of chest in the control study of patient M, after the first cycle of the repeated course of antitumor chemotherapy, T1-w image with PMCE and in diffusion-weighted study. Axial sections at the level of the middle of the left ventricle of the heart: initial T1-w image before contrast enhancement (a), T1-w image after PMCE (б) and in diffusion-weighted mode (в); as well as sections at the level of bifurcation of the pulmonary artery T1-w image — initial (г), T1-w image after PMCE (д) and in diffusion-weighted mode (е). In diffusion-weighted and PMCE images, there are no signs of viable tumor tissue in the lung and mediastinum



**Рис. 9.** Совмещенные диффузионно-контрастные изображения пациентки М. после повторного, полностью проведенного цикла химиотерапии рака легкого. Срезы на уровне середины левого желудочка (а) и на уровне бифуркации легочной артерии (б). Картина полной ремиссии

**Fig. 9.** Fused diffusion over contrast-enhanced images of patient M. after a repeated, fully completed cycle of lung cancer chemotherapy. Sections — at the level of the middle of the left ventricle (a) and at the level of the bifurcation of the pulmonary artery (б). The picture of complete recovery



**Рис. 10.** Сравнительная картина МРТ органов грудной клетки с ПМКУ и ПЭТ ОГК с  $^{18}\text{F}$ -ФДГ после проведения повторной (полностью проведенной) химиотерапии. Срезы на уровне середины левого желудочка сердца — МРТ (а), ПЭТ (б), ПЭТ-КТ (в), и на уровне бифуркации легочной артерии — МРТ (г), ПЭТ (д), ПЭТ-КТ (е).

Визуализируется отсутствие опухолевого включения как парамагнетика на МРТ-срезах, так и  $^{18}\text{F}$ -ФДГ при ПЭТ-КТ (Fig. 10). Comparative picture of chest MRI with PMCE and chest PET with  $^{18}\text{F}$ -FDG, after repeated (entirely carried out) chemotherapy. Sections — at the level of the middle of the left ventricle — MRI (a), PET (б), PET-CT (в), and at the level of bifurcation of the pulmonary artery — MRI (г), PET (д), PET-CT (е). The absence of tumor uptake of both paramagnetic on MRI slices and of  $^{18}\text{F}$ -FDG in PET-CT scans is obvious

межцентровых исследований и регистров, в качестве способа контроля рака легкого при всех видах лечения, и в перспективе — включение МРТ ОГК с ПМКУ в регулярный арсенал онкопульмонологии.

#### Сведения об авторах:

**Воробьева Валентина Олеговна** — клинический ординатор по специальности «рентгенология» федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр рентгенодиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 117485, Москва, Профсоюзная ул., д. 86; SPIN-код 3018–2527; Researcher ID (WOS): AAZ-6142-2021; ORCID 0000–0002–6704–3676;

**Нудов Николай Васильевич** — доктор медицинских наук, 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, заведующий НИО комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр рентгенодиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 117485, Москва, Профсоюзная ул., д. 86; SPIN-код 3018–2527; Researcher ID (WOS): W-1296-2017; ORCID 0000–0001–5994–0468; Author ID (Scopus): 7004927053;

**Миллер Сергей Викторович** — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник торакального отделения Научно-исследовательского института онкологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»; 634009, Томск, Кооперативный пер., д. 5; SPIN-код 6510–9849; Researcher ID (WOS): C-8970-2012; ORCID 0000–0002–5365–9840; Author ID (Scopus): 56525429400;

**Родионов Евгений Олегович** — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник торакального отделения Научно-исследовательского института онкологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»; 634009, Томск, Кооперативный пер., д. 5; ассистент кафедры онкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, г. Томск, Московский тракт, д. 2; e-mail: rodionov\_eo@oncology.tomsk.ru; SPIN-код 7650–2129. Researcher ID (WOS): B-7280-2017; ORCID 0000–0003–4980–8986; Author ID (Scopus): 57189622130;

**Усов Владимир Юрьевич** — доктор медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»; 634009, Томск, Кооперативный пер., д. 5; e-mail: usov1962@yandex.ru; ORCID 0000–0001–7978–5514.

**Information about the authors:**

- Valentina O. Vorob'eva* — Clinical resident in the specialty «radiology», FSBI «Russian Scientific Center of Roentgenoradiology» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. Researcher ID (WOS): AAZ-6142-2021; ORCID 0000-0002-6704-3676;
- Nikolay V. Nudnov* — Dr. of Sci. (Med.), Professor Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Vice-Director (Science), Chief of the research institute of complex diagnostics of diseases and radiotherapy of the FSBI «Russian Scientific Center of Roentgenoradiology», Moscow. Researcher ID (WOS): W-1296-2017; ORCID 0000-0001-5994-0468. Author ID (Scopus): 7004927053;
- Sergey V. Miller* — Dr. of Sci. (Med.), Leading Researcher, Thoracic Department, Cancer Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia). Researcher ID (WOS): C-8970-2012; ORCID 0000-0002-5365-9840; Author ID (Scopus): 56525429400;
- Evgenii O. Rodionov* — Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher, Thoracic Department, Cancer Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia); Assistant of the Department of Oncology, Siberian State Medical University (Tomsk, Russia); e-mail: rodionov\_eo@oncology.tomsk.ru. Researcher ID (WOS): B-7280-2017; ORCID 0000-0003-4980-8986; Author ID (Scopus): 57189622130;
- Wladimir Y. Ussov* — Dr. of Sci. (Med.), Professor, senior researcher in Research Institute of Cardiology of the Tomsk National medical Research Center, Tomsk; e-mail: ussov1962@yandex.ru; ORCID 0000-0001-7978-5514.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — *Н.В. Нуднов, С.В. Миллер, В.Ю. Усов*; сбор и математический анализ данных — *О.В. Воробьева, С.В. Миллер, Е.О. Родионов, В.Ю. Усов*; подготовка рукописи — *О.В. Воробьева, Н.В. Нуднов, С.В. Миллер, Е.О. Родионов, В.Ю. Усов*.

**Author contribution.** All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution: *NVN, SVM, WYuU* aided in the concept and plan of the study; *OVV, SVM, EOR, WYuU* provided collection and mathematical analysis of data; *OVV, NVN, SVM, EOR, WYuU* preparation of the manuscript.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Disclosure.** The authors declare no conflicts of interest.

**Соответствие принципам этики:** информированное согласие получено от пациентки.

**Adherence to ethical standards:** informed consent is obtained of the patient.

Поступила/Received: 12.07.2022  
Принята к печати/Accepted: 21.08.2022  
Опубликована/Published: 30.09.2022

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Лаврова Д.И. Динамика злокачественных новообразований в Российской Федерации за 22-летний период // *Научная дискуссия: вопросы медицины*. 2015. № 4–5. С. 91–95. Lavrova D. Dinamika zlokachestvennykh novoobrazovaniy v Rossiyskoy Federatsii za 22-letnyy period // *Nauchnaya diskussiya: voprosy meditsiny*. 2015. № 4–5. S. 91–95. [Lavrova D. Dynamics of malignant tumors in Russian Federation for 22 years. *Scientific discussion: problems of medicine*, 2015, No. 4–5, pp. 91–95 (In Russ.).]
- Duma N., Santana-Davila R., Molina J.R. Non-Small Cell Lung Cancer: Epidemiology, Screening, Diagnosis, and Treatment // *Mayo Clin. Proc.* 2019. Vol. 94, No. 8. P. 1623–1640. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2019.01.013>. PMID: 31378236.
- Родионов Е.О., Тузиков С.А., Миллер С.В., Кульбакин Д.Е., Чернов В.И. Методы ранней диагностики рака легкого (обзор литературы) // *Сибирский онкологический журнал*. 2020. Т. 19, № 4. С. 112–122. Rodionov E.O., Tuzikov S.A., Miller S.V., Kulbakin D.E., Chernov V.I. Metody ranney diagnostiki raka legkogo (obzor literatury) // *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal*. 2020. T. 19, No. 4. S. 112–122. [Rodionov E.O., Tuzikov S.A., Miller S.V., Kulbakin D.E., Chernov V.I. Methods for early detection of lung cancer (review). *Siberian Journal of Oncology*, 2020, Vol. 19, No. 4, pp. 112–122 (In Russ.).] <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2020-19-4-112-122>.
- Лактионов К.К., Казаков А.М., Реутова Е.В., Ардзинба М.С., Арзуманян А.Л. Перспективы развития адьювантной терапии при немелкоклеточном раке легкого // *Современная онкология*. 2020. Т. 22, № 3. С. 85–87. Laktionov K.K., Kazakov A.M., Reutova E.V., Ardzinba M.S., Arzumanyan A.L. Perspektivy razvitiya ad'yuvantnoy terapii pri nemelkokletochnom rake legkogo // *Sovremennaya onkologiya*. 2020. T. 22, No. 3. S. 85–87. [Laktionov K.K., Kazakov A.M., Reutova E.V., Ardzinba M.S., Arzumanyan A.L. Prospects for the development of adjuvant therapy for non-small-cell lung cancer. *Modern Oncology*, 2020, Vol. 22, No. 3, pp. 85–87 (In Russ.).] <https://doi.org/10.26442/18151434.2020.3.200339>.
- Тюрин И.Е. Лучевая диагностика в Российской Федерации // *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2018. Т. 1, № 4. С. 43–51. Tyurin I.E. Luchevaya diagnostika v Rossiyskoy Federatsii // *Onkologicheskii zhurnal: luchevaya diagnostika, luchevaya terapiya*. 2018. T. 1, No. 4. S. 43–51. [Tyurin I.E. Radiology in Russian Federation. *Oncologic Journal: radiologic diagnosis, radiologic therapy*, 2018, Vol. 1, No. 4, pp. 43–51 (In Russ.).]
- Агафонов А.О., Амосов В.И., Золотницкая В.П. Эффективность применения мультиспиральной компьютерной томографии и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии с <sup>99m</sup>Tc-МАО и цитратом Ga-67 в оценке распространенности рака легкого при определении тактики оперативного вмешательства // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2018. Т. 18, № 1. С. 39–47. Agaionov A.O., Amosov V.I., Zolotnitskaia V.P. Effektivnost' primeniya multispiral'noy komp'yuternoy emissionnoy komp'yuternoy tomografi s <sup>99m</sup>Tc-MAA i tsitratom Ga-67 v otsenke rasprostranennosti raka legkogo pri opredelenii taktiki operativnogo vmeshatel'stva // *Regionarnoye krovoobrashcheniye i mikrotsirkulyatsiya*. 2018. T. 18, No. 1. S. 39–47. [Agaionov A.O., Amosov V.I., Zolotnitskaia V.P. Effectiveness of use of CT and SPECT with <sup>99m</sup>Tc-MAA and Ga-67 citrate in assessing the expansion of lung cancer in the determination of surgical intervention tactics. *Regional hemodynamics and microcirculation*, 2018, Vol. 18, No. 1. S. 39–47 (In Russ.).] <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2019-18-1-39-47>.
- Усачев В.С., Смоленев Е.И., Рагулин Ю.А. Морфологическая и молекулярно-генетическая диагностика рака легкого: методики и проблемы // *Исследования и практика в медицине*. 2020. Т. 7, № 3. С. 51–62. [Usachev V.S., Smolenov E.I., Ragulin Yu.A. Morphological and molecular genetic diagnosis of lung cancer: methods and problems. *Research and practice in medicine*, 2020, Vol. 7, No. 3, pp. 51–62 (In Russ.).] <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2020-7-3-5>.
- Гамова Е.В., Нуднов Н.В. Возможности МРТ в дифференциальной диагностике периферического рака легкого и воспалительных изменений // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2006. Т. 87, № 4. С. 19–23. Gamova Ye.V., Nudnov N.V. Vozmozhnosti MRT v differentsial'noy diagnostike perifericheskogo raka legkogo i vospalitel'nykh izmeneniy // *Vestnik rentgenologii i radiologii*. 2006. T. 87, No. 4. S. 19–23. [Gamova Ye.V., Nudnov N.V. Potentialities of MRI in the differential diagnosis of peripheral lung cancer and inflammatory changes. *Russian Journal of Radiology*, 2006, Vol. 87, No. 4, pp. 19–23 (In Russ.).]
- Лукияненко П.И., Усов В.Ю., Коломиетц С.А., Мочула О.В., Миллер С.В. Возможности магнитно-резонансной томографии с контрастированием в диагностике рака легкого // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 11–3. С. 455–459. Lukyanenok P.I., Ussov W.Y., Kolomiets S.A., Mochula O.V., Miller S.V. Vozmozhnosti magnitno-rezonansnoy tomografii s kontrastirovaniyem v diagnostike raka legkogo // *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2014. No. 11–3. S. 455–459. [Lukyanenok P.I., Ussov W.Y., Kolomiets S.A., Mochula O.V., Miller S.V. Possibilities of MRI with contrast in the diagnosis of lung cancer. *International Journal of applied and fundamental studies*, 2014, No. 11–3, pp. 455–459 (In Russ.).]
- Котляров П.М., Лагуева И.Д., Сергеев Н.И., Солодкий В.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике заболеваний легких // *Пульмонология*. 2018. Т. 28, № 2. С. 217–223. Kotlyarov P.M., Laguyeva I.D., Sergeev N.I., Solodkiy V.A. Magnitno-rezonansnaya tomografiya v diagnostike zabolevaniy legkikh // *Pul'monologiya*. 2018. T. 28, No. 2. S. 217–223. [Kotlyarov P.M., Laguyeva I.D., Sergeev N.I., Solodkiy V.A. Magnetic resonance imaging for diagnostics of lung diseases. *Russian Pulmonology*, 2018, Vol. 28, No. 2, pp. 217–223 (In Russ.).] <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2018-28-2-217-223>.
- Ахадов Т.А., Гурьяков С.Ю., Ублинский М.В. Магнитно-резонансная томография в исследовании легких. // *Медицинская визуализация*. 2019. Т. 23, № 4. С. 10–23. Akhadov T.A., Guryakov S.Yu., Ublinsky M.V. Magnitno-rezonansnaya tomografiya v issledovanii legkikh // *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2019. T. 23, No. 4. S. 10–23. [Akhadov T.A., Guryakov S.Yu., Ublinsky M.V. Magnetic resonance imaging in study of lungs. *Medical Visualization*, 2019, Vol. 23, No. 4, pp. 10–23 (In Russ.).] <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-4-10-23>.

12. Усов В.Ю., Нуднов Н.В., Игнатенко Г.А., Фисенко А.Ю., Гуляев В.М., Марицкий С.В., Калужин В.В., Лукьяненко П.И. Оценка поражения легких при внебольничных пневмониях по данным магнитно-резонансной томографии при первичной диагностике и в ходе лечения // *Медицинская визуализация*. 2020. Т. 24, № 2. С. 63–77. [Ussov W.Yu., Nudnov N.V., Ignatenko G.A., Fisenko A.Yu., Gulyaev V.M., Maritskii S.V., Kalyuzhin V.V., Lukyanenok P.I. Otsenka porazheniya legkikh pri vnebol'nichnykh pnevmoniyakh po dannym magnitno-rezonansnoy tomografii pri pervichnoy diagnostike i v khode lecheniya // *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2020. T. 24, № 2. S. 63–77. [Ussov W.Yu., Nudnov N.V., Ignatenko G.A., Fisenko A.Yu., Gulyaev V.M., Maritskii S.V., Kalyuzhin V.V., Lukyanenok P.I. Evaluation of lung damage in pneumonia, from chest magnetic resonance imaging, in primary diagnosis and in the follow-up of treatment. *Medical Visualization*. 2020. Vol. 24, No. 2. P. 63–77 (In Russ.). <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2020-2-63-77>.
13. Грищенко А.С., Сигина О.А., Декан В.С., Рудь С.Д., Труфанов Г.Е. Возможности компьютерной томографии в дифференциальной диагностике пневмонии и пневмониеподобной формы бронхоальвеолярного рака легкого // *Военно-медицинский журнал*. 2015. Т. 336, № 4. С. 62–65. EDN WDCAEN. [Grishchenkov A.S., Sigina O.A., Dekan V.S., Rud S.D., Trufanov G.E. Vozmozhnosti komp'yuternoy tomografii v differentsial'noy diagnostike pnevmonii i pnevmoniyepodobnoy formy bronkhioalveolyarnogo raka legkogo // *Voyenno-meditsinskiy zhurnal*. 2015. T. 336, No. 4. S. 62–65. EDN WDCAEN.] [Grishchenkov A.S., Sigina O.A., Dekan V.S., Rud S.D., Trufanov G.E. Possibilities of the computed tomography considere as a part of differential diagnosis of pneumonia and pneumonia-like form bronchoalveolar pulmonary cancer. *Military Medical Journal*, 2015, Vol. 336, No. 4, pp. 62–65. EDN WDCAEN (In Russ.).]
14. Ahmed N., Kidane B., Wang L., Qing G., Tan L., Buduhan G., Srinathan S., Aliani M. Non-invasive exploration of metabolic profile of lung cancer with Magnetic Resonance Spectroscopy and Mass Spectrometry // *Contemp. Clin. Trials Commun.* 2019. Vol. 16. P. 100445. <https://doi.org/10.1016/j.conctc.2019.100445>.
15. Усов В.Ю., Безлепкин А.И., Коваленко А.Ю., Белянин М.Л., Лучич М.А., Филимонов В.Д., Шимановский Н.Л. Доклиническое исследование парамагнитного контрастного усиления комплексом Mn(II) с димеркаптоянтарной кислотой при магнитно-резонансной томографии первичной опухоли и метастатических поражений при раке молочной железы // *Лучевая диагностика и терапия*. 2020. Т. 11, № 1. С. 56–63. [Ussov W.Yu., Bezlepkin A.I., Kovalenko A.Yu., Belyanin M., Lucic M.A., Filimonov V.D., Shimanovskii N.L. Doklinicheskoye issledovaniye paramagnitno-diagnosticheskogo kompleksa povyshennoy chuvstvitel'nosti Mn(II) s dimerkaptoyantarnoy kislotoy pri magnitno-rezonansnoy tomografii predpolagayet nalichiyе opukholey i metastaticheskikh porazheniy pri rake molochnoy zhelezy // *Luchevaya diagnostika i terapiya*. 2020. T. 11, No. 1. S. 56–63. [Ussov W.Yu., Bezlepkin A.I., Kovalenko A.Yu., Belyanin M., Lucic M.A., Filimonov V.D., Shimanovskii N.L. Pre-clinical study of paramagnetic contrast enhancement with Mn(II)-dimercaptosuccinate complex in magnetic resonance imaging of primary tumor and metastatic spread of breast cancer. *Diagnostic radiology and radiotherapy*, 2020, Vol. 11, No. 1, pp. 56–63 (In Russ.).] <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-1-56-63>.
16. Kim H.S., Lee K.S., Ohno Y., van Beek E.J., Biederer J. PET/CT versus MRI for diagnosis, staging, and follow-up of lung cancer // *J. Magn. Reson. Imaging*. 2015. Vol. 42, No. 2. P. 247–260. doi: 10.1002/jmri.24776.
17. Van Bodegraven E.A., van Raaij J.C., Van Goethem M., Tjalma W.A.A. Guidelines and recommendations for MRI in breast cancer follow-up: A review // *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod Biol.* 2017. Vol. 218. P. 5–11. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2017.09.009>.
18. Егоров М.В., Синицын В.Е., Бакунович А.В. Магнитно-резонансная спектроскопия в диагностике и прогнозировании развития рака молочной железы // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2019. Т. 100, № 5. С. 293–297. [Egorov M.V., Sinityn V.E., Bakunovich A.V. Magnitno-rezonansnaya spektroskopiya v diagnostike i prognozirovaniy razvitiya raka molochnoy zhelezy // *Vestnik rentgenologii i radiologii*. 2019. T. 100, No. 5. S. 293–297. [Egorov M.V., Sinityn V.E., Bakunovich A.V. Magnetic resonance spectroscopy in the diagnosis and prognosis of breast cancer. *Russian Journal of Radiology*, 2019, Vol. 100, No. 5, pp. 293–297 (In Russ.).] <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-5-293-297>.
19. Safaei A.M., Kamangar T.M., Asadian S., Rezaeian N., Esmati E., Kolahdouzan K., Hosseini L., Lashkari M., Jafari F., Hashemi F.A. Detection of the Early Cardiotoxic Effects of Doxorubicin-Containing Chemotherapy Regimens in Patients with Breast Cancer through Novel Cardiac Magnetic Resonance Imaging: A Short-term Follow-up // *J. Clin. Imaging Sci.* 2021. Vol. 11. P. 33. [https://doi.org/10.25259/JCIS\\_58\\_2021](https://doi.org/10.25259/JCIS_58_2021).

Открыта подписка на 1-е полугодие 2023 года.

Подписной индекс:

Объединенный каталог «Пресса России» **42177**