

УДК 616.428

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-3-56-62>

© Сударкина А.В., Дергилев А.П., Козлов В.В., Фокина Ю.А., Климова И.П., Горбунов Н.А., Шалыгин К.В., 2020 г.

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА МЕДИАСТИНАЛЬНОЙ ЛИМФАДЕНОПАТИИ ПРИ ЛИМФОМЕ И САРКОИДОЗЕ С ПОМОЩЬЮ ДИФФУЗИОННО-ВЗВЕШЕННОЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

<sup>1,2</sup>А. В. Сударкина, <sup>1,2</sup>А. П. Дергилев, <sup>1,3</sup>В. В. Козлов, <sup>3</sup>Ю. А. Фокина, <sup>4</sup>И. П. Климова, <sup>1</sup>Н.А. Горбунов, <sup>1</sup>К. В. Шалыгин

<sup>1</sup>Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Клиническая больница «РЖД-Медицина» города Новосибирск, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Новосибирский областной клинический онкологический диспансер, Новосибирск, Россия

<sup>4</sup>Новосибирский научно-исследовательский институт туберкулеза, Новосибирск, Россия

**Цель.** Изучение возможностей диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии (ДВ-МРТ) грудной клетки с оценкой измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) в дифференциальной диагностике медиастинальной лимфаденопатии при лимфоме и саркоидозе.

**Материалы и методы.** В исследование включены 15 пациентов с саркоидозом и 7 пациентов с лимфомой. У каждого пациента значения ИКД измерены в трех наиболее крупных лимфатических узлах.

**Результаты.** Выявлены значимые отличия средних значений ИКД при лимфоме ( $1,01 \pm 0,3 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с) и саркоидозе ( $1,51 \pm 0,25 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с),  $p < 0,0001$ . При использовании порогового значения ИКД  $\leq 1,1 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с чувствительность, специфичность и точность метода в дифференциальной диагностике лимфомы и саркоидоза составили 76,2; 97,8 и 90,9% соответственно, площадь под ROC-кривой — 0,89.

**Заключение.** Предварительные результаты показали высокую информативность ДВ-МРТ в дифференциальной диагностике лимфомы и саркоидоза и целесообразность продолжения исследования.

**Ключевые слова:** лимфома, саркоидоз, медиастинальная лимфаденопатия, диффузионно-взвешенная МРТ

Контакт: Сударкина Анна Владимировна, [a.sudarkina@mail.ru](mailto:a.sudarkina@mail.ru)

© Сударкина А.В., Дергилев А.П., Козлов В.В., Фокина Ю.А., Климова И.П., Горбунов Н.А., Шалыгин К.В., 2020

## DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF MEDIASTINAL LYMPHADENOPATHY IN LYMPHOMA AND SARCOIDOSIS USING DIFFUSION-WEIGHTED MAGNETIC RESONANCE IMAGING

<sup>1,2</sup>Anna V. Sudarkina, <sup>1,2</sup>Alexandr P. Dergilev, <sup>1,3</sup>Vadim V. Kozlov, <sup>3</sup>Yuliya A. Fokina, <sup>4</sup>Irina P. Klimova,

<sup>1</sup>Nikolay A. Gorbunov, <sup>1</sup>Konstantin V. Shalygin

<sup>1</sup>Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk Railway Clinical Hospital, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Novosibirsk Regional Oncology Clinic, Novosibirsk, Russia

<sup>4</sup>Novosibirsk Tuberculosis Research Institute, Novosibirsk, Russia

**The aim of the study.** Investigation of the potential of diffusion-weighted magnetic resonance imaging (DW-MRI) with apparent diffusion coefficient (ADC) evaluation for differential diagnosis of mediastinal lymphadenopathy in lymphoma and sarcoidosis.

**Materials and methods.** The study included 15 patients with sarcoidosis and 7 patients with lymphoma. In each patient ADC values of 3 largest lymph nodes were measured.

**Results.** Differences of mean ADC values in lymphoma ( $1,01 \pm 0,3 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с) and sarcoidosis ( $1,51 \pm 0,25 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с) were significant,  $p < 0,0001$ . Optimal cut-point value for ADC of  $\leq 1,1 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с differentiated lymphoma from sarcoidosis with sensitivity of 76,2%, specificity of 97,8% and accuracy of 90,9%, the area under the ROC-curve was 0,89.

**Conclusion.** Preliminary results of the study have demonstrated the potential of DW-MRI in differential diagnosis of lymphoma and sarcoidosis and expediency of the further study.

**Key words:** lymphoma, sarcoidosis, mediastinal lymphadenopathy, diffusion-weighted MRI

Contact: Sudarkina Anna Vladimirovna, [a.sudarkina@mail.ru](mailto:a.sudarkina@mail.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Сударкина А.В., Дергилев А.П., Козлов В.В., Фокина Ю.А., Климова И.П., Горбунов Н.А., Шалыгин К.В. Дифференциальная диагностика медиастинальной лимфаденопатии при лимфоме и саркоидозе с помощью диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии // *Лучевая диагностика и терапия*. 2020. Т. 11, № 3. С. 56–62. <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-3-56-62>.

**Conflict of interests:** the author stated that there is no potential conflict of interests.

**For citation:** Sudarkina A.V., Dergilev A.P., Kozlov V.V., Fokina Yu.A., Klimova I.P., Gorbunov N.A., Shalygin K.V. Differential diagnosis of mediastinal lymphadenopathy in lymphoma and sarcoidosis using diffusion-weighted magnetic resonance imaging // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2020. Vol. 11, No. 3. P. 56–62, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-3-56-62>.

**Введение.** Диагностика и дифференциальная диагностика медиастинальной лимфаденопатии являются сложной клинической проблемой вследствие недоступности лимфоузлов данной локализации для оценки физикальными методами обследования и технической сложности забора материала для морфологической верификации. По этой причине первостепенная роль в первичной диагностике и определении дальнейшей маршрутизации пациентов отводится томографическим методам диагностики. Увеличение лимфоузлов средостения может быть обусловлено как доброкачественными, так и злокачественными процессами, среди них наиболее частыми являются саркоидоз, лимфоопролиферативные процессы, метастатическое поражение и туберкулез.

Туберкулез внутригрудных лимфоузлов чаще развивается у детей и подростков при первичном заражении микобактериями туберкулеза и гораздо реже возникает у взрослых при реактивации туберкулезного воспаления в ранее инфицированных лимфоузлах [1]. Для туберкулеза внутригрудных лимфоузлов характерно одностороннее поражение бронхопальмональных лимфоузлов, сочетающееся в порядке убывания с вовлечением смежных групп лимфоузлов (бифуркационных, трахеобронхиальных и паратрахеальных) на стороне поражения [1, 2]. Метастатическое поражение лимфоузлов средостения в подавляющем большинстве случаев диагностируется при установленном первичном опухолевом процессе, что облегчает определение характера лимфаденопатии, в то время как метастазы в медиастинальные лимфоузлы без выявленного первичного очага крайне редки [3]. Отличительным признаком метастатического поражения является соответствие локализации пораженных лимфоузлов путям лимфооттока от первичной опухоли [1, 4].

Множественное поражение медиастинальных лимфоузлов с вовлечением корней легких и переднего средостения наиболее характерно для лимфомы и саркоидоза [1, 4–7]. При схожести лучевой семиотики тактика ведения и прогноз при этих заболеваниях кардинально отличаются, что объясняет важность своевременной дифференциальной диагностики.

Наиболее распространенным методом первичной оценки медиастинальной лимфаденопатии является компьютерная томография. Радионуклидные методики, включая однофотонную эмиссионную компьютерную томографию, позитронную-эмиссионную томографию, совмещенную с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), используют как для стадирования и мониторинга лимфоопролиферативных заболеваний, так и для оценки распространенности

и активности процесса при саркоидозе, однако для дифференциальной диагностики лимфомы и саркоидоза при манифестации заболевания радионуклидные методы не могут быть использованы вследствие гиперфиксации радиофармпрепаратов при обоих процессах [8–11].

В настоящее время активно изучаются возможности ДВ-МРТ всего тела при лимфомах [12–15]. Ввиду ограниченного использования магнитно-резонансной томографии при патологии органов грудной клетки применению ДВ-МРТ в дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных форм медиастинальной лимфаденопатии посвящено ограниченное количество работ [16–19].

**Цель:** изучение возможностей ДВ-МРТ грудной клетки с измерением коэффициента диффузии в дифференциальной диагностике медиастинальной лимфаденопатии при лимфоме и саркоидозе.

**Материалы и методы.** За период с 2016 по 2019 г. ДВ-МРТ грудной клетки проведена 58 пациентам с впервые выявленной медиастинальной лимфаденопатией неустановленной этиологии. После получения результатов морфологического исследования из общей группы обследованных отобрано 22 пациента (15 больных с саркоидозом и 7 — с лимфомой), которые были включены в представленное исследование. Среди пациентов с саркоидозом 5 имели I стадию, 10 — II стадию заболевания. В группу пациентов с лимфомой вошли 2 пациента с неходжкинской лимфомой (у одного из них поражение лимфоузлов средостения сочеталось с поражением аксиллярных лимфоузлов, у второго — шейных, аксиллярных и абдоминальных лимфоузлов) и 5 больных с лимфомой Ходжкина с изолированным поражением медиастинальных лимфоузлов.

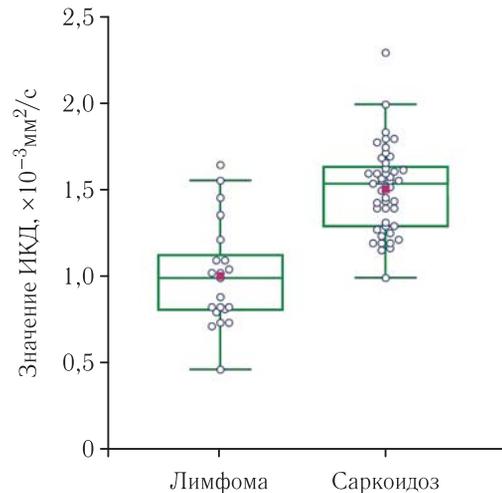
ДВ-МРТ грудной клетки проводилась на томографе с индукцией магнитного поля 1,5 Т с использованием многоканальной поверхностной катушки для тела и встроенной в стол спинальной катушки. Для получения синхронизированных с дыханием диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) использовалась эхо-планарная импульсная последовательность со следующими основными параметрами: время повторения (TR, repetition time) — 2400–6500 мс в зависимости от частоты дыхания, время эхо (TE, echo time) — 88 мс, толщина среза — 6 мм без межсрезового интервала, поле обзора (FOV, field of view) — 300×380 мм, матрица — 192×154, число усреднений (Averages) — 2, количество b-факторов диффузионной взвешенности — 2 (50, 900 с/мм<sup>2</sup>), способ подавления сигнала от жировой ткани — SPAIR (SPectral Attenuated Inversion Recovery), фактор ускорения в направлении фазового кодирования — 2.

При анализе ДВИ по синтезированным на консоли томографа параметрическим картам измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) проводилась оценка ИКД лимфоузлов, для чего выбирались области интереса произвольной формы, включающие всю площадь лимфоузла за исключением краевых отделов. Для проверки точности локализации областей интереса ИКД-карты сопоставлялись с ДВИ с низким b-фактором и анатомическими T2-взвешенными изображениями. Для проведения количественного анализа у каждого пациента средний ИКД оценивался в трех наиболее крупных отдельно расположенных лимфоузлах.

Статистический анализ результатов исследования выполнялся при помощи программы MedCalc. Нормальность распределения количественных данных оценивалась с помощью критериев Колмогорова–Смирнова (ИКД и размеры всех лимфоузлов) и Шапиро–Уилка (возраст пациентов, ИКД и размеры лимфоузлов в отдельных группах). Для выявления корреляционной связи ИКД и размеров исследованных лимфоузлов вычислялся коэффициент ранговой корреляции Спирмена, теснота связи оценивалась по шкале Чеддока. В соответствии с характером распределения количественных показателей в отдельных группах для сравнения средних значений использовался t-критерий Стьюдента или U-критерий Манна–Уитни. Диагностическая эффективность ДВ-МРТ оценивалась при помощи ROC-анализа.

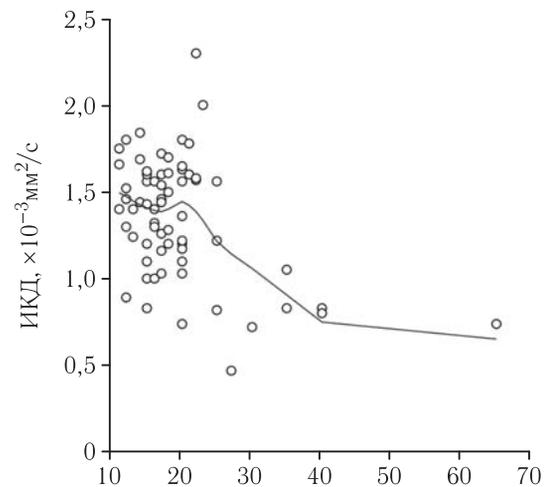
**Результаты и их обсуждение.** Возраст пациентов с лимфомами (средний возраст  $56,3 \pm 14,9$  года; диапазон от 39 до 77 лет) статистически значимо превышал возраст пациентов с саркоидозом (средний возраст  $41,6 \pm 10,9$  года; диапазон от 28 до 64 лет),  $p=0,02$ . Значения ИКД оценены в 66 лимфатических узлах (21 лимфоузел у пациентов с лимфомами и 45 лимфоузлов у пациентов с саркоидозом). Размеры оцененных лимфоузлов, измеренные по короткой оси, у пациентов с лимфомами (средний размер  $26 \pm 12$  мм; диапазон от 12 мм до 65 мм) значимо превышали размеры лимфоузлов у пациентов с саркоидозом (средний размер  $17 \pm 11$  мм; диапазон от 11 до 23 мм);  $p=0,0003$ . Среднее значение ИКД лимфатических узлов при лимфоме составило  $1,01 \pm 0,3 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с (минимальное — 0,47; максимальное — 1,65), при саркоидозе —  $1,51 \pm 0,25 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с (минимальное — 1; максимальное — 2,3); различия ИКД лимфоузлов при лимфоме и саркоидозе статистически значимы,  $p < 0,0001$  (рис. 1).

Между ИКД и размерами исследованных лимфатических узлов выявлена очень слабая статистически значимая корреляционная связь, коэффициент корреляции Спирмена  $r = -0,25$ ,  $p = 0,04$  (рис. 2). Таким образом, более крупные лимфоузлы характеризовались более низкими значениями ИКД, что согласуется с результатами исследований, показывающих возрастание вероятности злокачественного поражения с увеличением размеров лимфоузлов



**Рис. 1.** На диаграмме размаха среднее значение измеряемого коэффициента диффузии при лимфомах значительно ниже, чем при саркоидозе ( $p < 0,0001$ )

**Fig. 1.** On Box and Whisker plot mean ADC value in lymphomas is significantly lower than that in sarcoidosis ( $p < 0,0001$ )

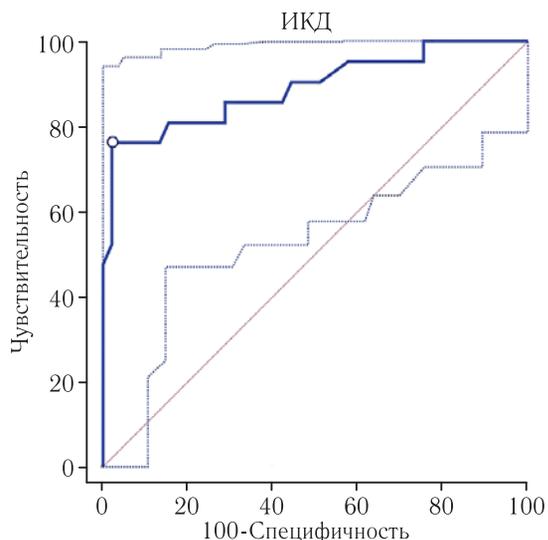


**Рис. 2.** Диаграмма рассеяния отражает очень слабую корреляционную связь между измеряемым коэффициентом диффузии и размерами лимфоузлов

**Fig. 2.** Scatter diagram reflects weak correlation between ADC and size of lymph nodes

[20], а также более низкие значения ИКД при злокачественных поражениях по сравнению с доброкачественными [21]. Слабую силу связи можно объяснить возможностью злокачественного поражения с низкими значениями ИКД при небольших размерах лимфоузлов наряду с возможностью выраженного увеличения лимфоузлов при доброкачественных процессах с высокими значениями ИКД.

ROC-анализ показал высокую эффективность ДВ-МРТ с оценкой ИКД лимфоузлов в дифференциальной диагностике лимфомы и саркоидоза; площадь под кривой составила 0,89 (95% доверительный интервал: 0,79; 0,95),  $p < 0,0001$  (рис. 3). При использовании расчетного порогового значения ИКД, составившего  $\leq 1,1 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с (95% доверительный интервал: 1,03; 1,22), чувствительность



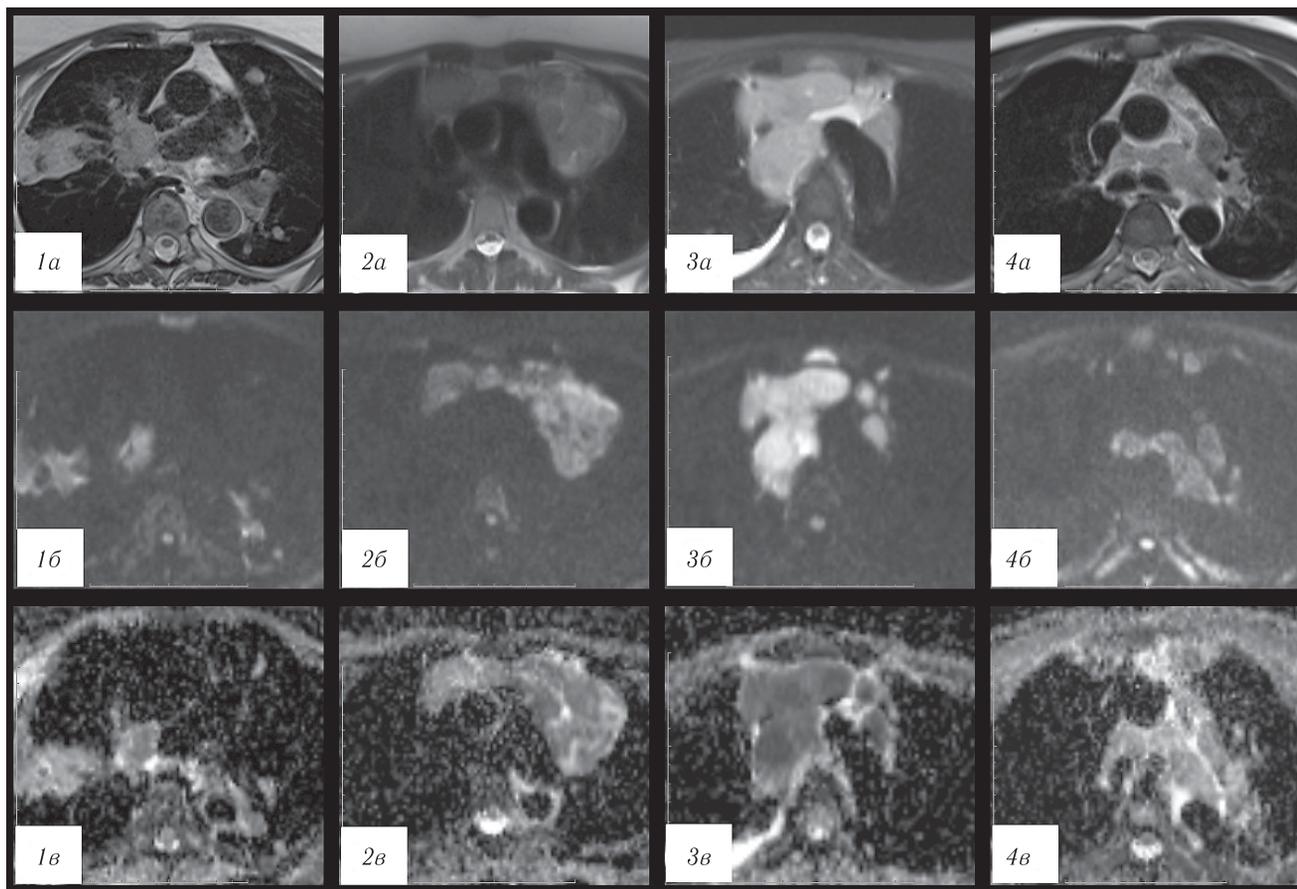
**Рис. 3.** ROC-кривая значений измеряемого коэффициента диффузии всех лимфатических узлов при лимфоме и саркоидозе, площадь под кривой — 0,89

**Fig. 3.** ROC curve of ADC values of all lymph nodes in lymphoma and sarcoidosis. AUC — 0,89

и специфичность ДВИ в отграничении лимфомы от саркоидоза составили 76,2 и 97,8% соответственно, точность методики — 90,9%.

Распределение увеличенных лимфоузлов в средостении с определением частоты вовлечения различных сайтов в нашем исследовании не оценивалось, поскольку в литературе широко освещена возможность поражения любой из групп лимфоузлов как при лимфоме, так и при саркоидозе [1, 4–7]. Исследование было направлено на изучение значений ИКД лимфоузлов при данных заболеваниях с целью объективизации анализа изображений и получения количественных дифференциально-диагностических критериев.

В ряде исследований, проведенных с целью изучения дифференциальной диагностики различных форм медиастинальной лимфаденопатии, включивших пациентов с метастатическим поражением медиастинальных лимфоузлов, лимфопролиферативными заболеваниями, саркоидозом, туберкулезом, реактивной гиперплазией лимфоузлов, а также реже встречающимися гистоплазмозом и лангергансоклеточным гистиоцитозом, показаны значимые различия ИКД при доброкачественных и злокачественных процессах [16–19]. Однако детальное сравнение между поражением лимфоузлов при лимфоме и саркоидозе не проводилось. При этом приводимые в данных исследованиях средние значения ИКД медиастинальных лимфо-



**Рис. 4.** МР-томограммы грудной клетки четырех пациентов (1–4) с лимфомой: *а* — анатомические Т2-взвешенные изображения; *б* — ДВИ с высоким *b*-фактором (900 с/мм<sup>2</sup>); *в* — ИКД-карты. Увеличенные лимфоузлы имеют высокий сигнал на ДВИ и низкий сигнал на ИКД-картах, отражающий ограничение диффузии

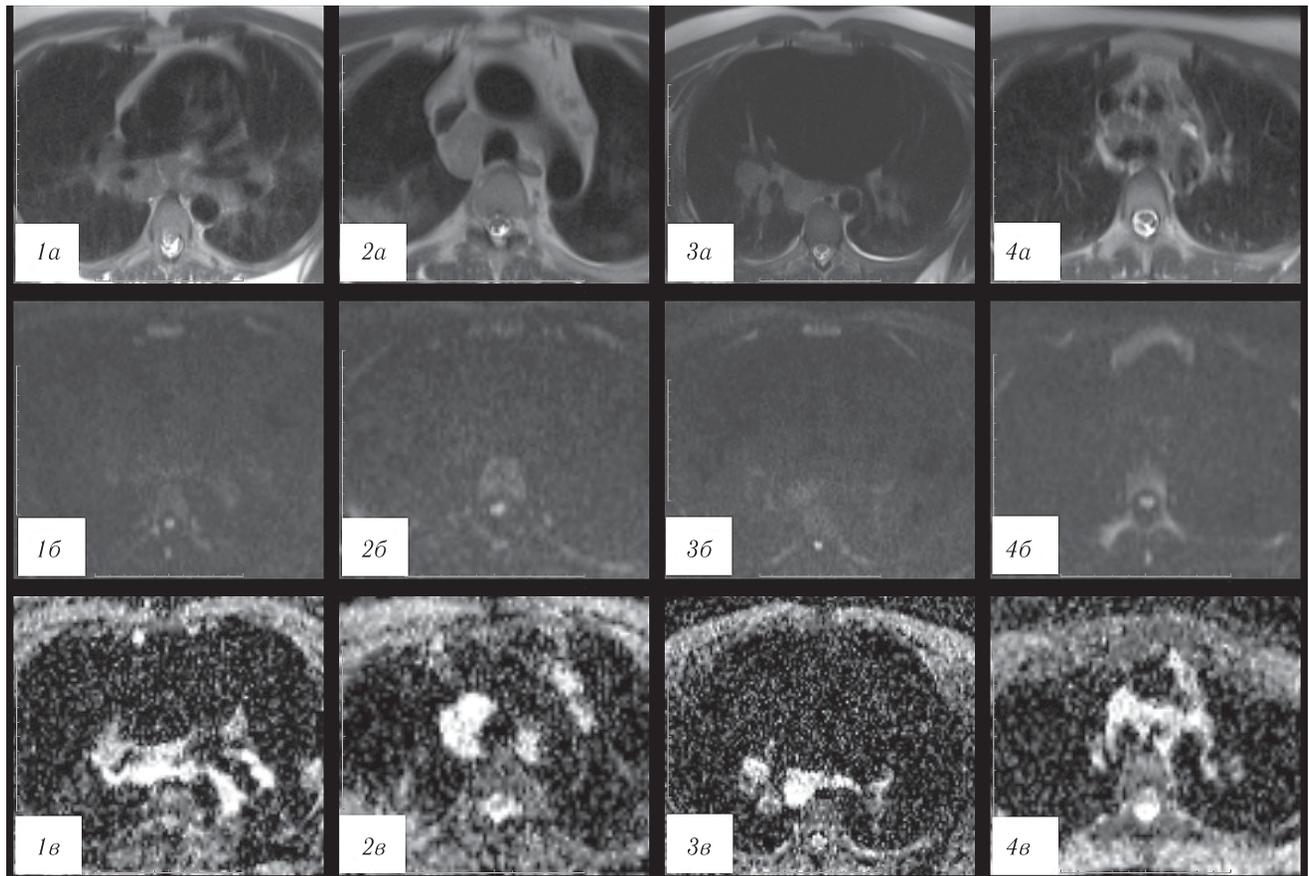
**Fig. 4.** Chest MR images of four patients (1–4) with lymphomas: *a* — anatomic T2-weighted images; *б* — high *b*-value diffusion images (900 s/mm<sup>2</sup>); *в* — ADC-maps. Enlarged lymph nodes have bright signal on DWI and dark signal on ADC-maps reflecting diffusion restriction

узлов при саркоидозе (от  $1,44 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с [17] до  $1,94 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с [16]) выше, чем при лимфоме ( $0,85 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с [17] до  $1,32 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с [18]). Полученные в нашем исследовании средние значения ИКД лимфоузлов при лимфоме и саркоидозе находятся в приведенных диапазонах значений и не противостоят представленным в литературе данным. Разброс значений ИКД, приводимых в разных исследованиях, может быть обусловлен отсутствием унифицированного протокола сканирования и анализа ДВИ.

В нашем исследовании в качестве целевых лимфоузлов для анализа ИКД выбирались самые крупные лимфоузлы (поскольку вероятность вовлечения их в патологический процесс расценивалась как максимальная). При этом у пациентов с саркоидозом встречались лимфоузлы меньшего размера, но с более высокими значениями ИКД по сравнению с целевыми лимфоузлами, в то время как у пациентов с лимфомой встречались мелкие лимфоузлы с более низкими значениями ИКД по сравнению с целевыми лимфоузлами. При визуальной оценке ДВИ при лимфоме большинство лимфоузлов отчетливо дифференцировалось на изображениях с высоким b-фактором, а лимфоузлам с наиболее высоким сигналом на ДВИ

соответствовали наиболее низкие значения ИКД (рис. 4). В то же время при саркоидозе лимфоузлы не визуализировались или слабо дифференцировались на ДВИ с высоким b-фактором, а лимфоузлам с наиболее высоким на ДВИ сигналом чаще соответствовали более высокие значения ИКД, по-видимому, вследствие эффекта T2-просвечивания (рис. 5). Вышеперечисленное объясняет необходимость разработки алгоритма анализа ДВИ с определением методики выбора целевых поражений для анализа ИКД.

Мы не имели возможности проведения ПЭТ/КТ включенным в исследование пациентам, что позволило бы выявить лимфоузлы с максимальной фиксацией трейсера и оценить корреляцию значений максимального стандартизированного уровня захвата (SUVmax) и ИКД в данных лимфоузлах и провести прямое сравнение возможностей данных методик в дифференциальной диагностике лимфомы и саркоидоза. Однако, учитывая данные литературы, указывающие на низкую специфичность ПЭТ/КТ в дифференциальной диагностике лимфомы и саркоидоза, и предварительные результаты проведенного исследования, показавшие высокую информативность оценки значений ИКД в разграничении лимфомы



**Рис. 5.** МР-томограммы грудной клетки четырех пациентов (1–4) с саркоидозом: *а* — анатомические T2-взвешенные изображения; *б* — ДВИ с высоким b-фактором ( $900 \text{ с/мм}^2$ ); *в* — ИКД-карты. Увеличенные лимфоузлы не визуализируются/слабо дифференцируются на ДВИ и имеют высокий сигнал на ИКД-картах, отражающий отсутствие ограничения диффузии

**Fig. 5.** Chest MR images of four patients (1–4) with sarcoidosis: *a* — anatomic T2-weighted images; *б* — high b-value diffusion images ( $900 \text{ s/mm}^2$ ); *в* — ADC-maps. Enlarged lymph nodes are not visualized / poorly visualized on DWI and have bright signal on ADC-maps reflecting absence of diffusion restriction

и саркоидоза (площадь под ROC-кривой — 0,89), можно предположить перспективность применения ДВ-МРТ для данной цели.

**Заключение.** В проведенном исследовании на небольшой группе пациентов выявлены значимые отличия значений ИКД в увеличенных медиа-

стинальных лимфоузлах при лимфоме и саркоидозе, что позволяет сделать вывод о целесообразности продолжения исследования и перспективности использования ДВ-МРТ грудной клетки в качестве дополнительного метода исследования в дифференциальной диагностике указанных заболеваний.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Тюрин И.Е. *Компьютерная томография органов грудной полости*. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2003. 371 с. [Tyurin I.E. *Computed tomography of the Chest*. St. Petersburg: ELBI-SPb, 2003, 371 p. (In Russ.).]
2. Гаврилов П.В., Скворцова Л.А., Савелло В.Е., Алексеев Д.Ю. Возможности лучевых методов исследования в визуализации внутригрудных лимфатических узлов при туберкулезе органов дыхания // *Вестн. С-Петербурга. ун-та. Медицина*. 2009. Вып. 3. С. 216–222 [Gavrilov P.V., Skvortsova L.A., Savello V.E., Alekseev D.Y. Opportunities ray visualization techniques to study for intrathoracic lymph nodes in patients with pulmonary tuberculosis. *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*, 2009, Vol. 3, pp. 216–222 (In Russ.).]
3. Riquet M., Badoual C., le Pimpec B.F., Dujon A., Danel C. Metastatic thoracic lymph node carcinoma with unknown primary site // *Ann. Thorac. Surg.* 2003. Vol. 75, No. 1. P. 244–249. doi: 10.1016/s0003-4975(02)04119-x.
4. Sharma A., Fidiya P., Hayman L.A., Loomis S.L., Taber K.H., Aquino S.L. Patterns of lymphadenopathy in thoracic malignancies // *Radiographics*. 2004. Vol. 24, No 2. P. 419–434. doi: 10.1148/rg.242035075.
5. Сташук Г.А., Дуброва С.Э., Адель Салем Али Нуман. Дифференциальная диагностика поражения внутригрудных лимфатических узлов при лимфомах // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2008. № 4–6. С. 16–24 [Stashuk G.A., Dubrova S.E., Adel Salem Ali Numan. Differential diagnosis of intrathoracic lymph node lesions in lymphomas. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 2008, No 4–6, pp. 16–24 (In Russ.).]
6. Criado E., Sánchez M., Ramírez J. et al. Pulmonary sarcoidosis: typical and atypical manifestations at high-resolution CT with pathologic correlation // *Radiographics*. 2010. Vol. 30. No. 6. P. 1567–1586. doi:10.1148/rg.306105512.
7. Соколина И.А. Различные проявления саркоидоза внутригрудных лимфоузлов и легких при компьютерной томографии высокого разрешения // *Практическая пульмонология*. 2016. № 4. С. 48–58 [Sokolina I.A. Different Manifestations of Sarcoidosis of Lungs and Intrathoracic Lymph Nodes at High-resolution Computed Tomography. *Practical Pulmonology*, 2016, No 4, pp. 48–58 (In Russ.).]
8. Prabhakar H.B., Rabinowitz C.B., Gibbons F.K., O'Donnell W.J., Shepard J.A., Aquino S.L. Imaging features of sarcoidosis on MDCT, FDG PET, and PET/CT // *Am. J. Roentgenol.* 2008. Vol. 190 (3 Suppl). P. S1–S6. doi:10.2214/AJR.07.7001.
9. Чернов В.И., Дудникова Е.А., Гольдберг В.Е., Кравчук Т.Л., Данилова А.В., Зельчан Р.В., Медведева А.А., Синилкин И.Г., Брагина О.Д., Полова Н.О., Гольдберг А.В. Позитронная эмиссионная томография в диагностике и мониторинге лимфолипролиферативных заболеваний // *Мед. радиология и радиационная безопасность*. 2018. Т. 63, № 6. С. 41–50 [Chernov V.I., Dudnikova E.A., Goldberg V.E., Kravchuk T.L., Danilova A.V., Zelchan R.V., Medvedeva A.A., Sinilkin I.G., Bragina O.D., Popova N.O., Goldberg A.V. Positron Emission Tomography in the Diagnosis and Monitoring of Lymphomas. *Medical Radiology and Radiation Safety*, 2018, Vol. 63, No. 6, pp. 41–50 (In Russ.).] doi: 10.12737/article\_5c0b8d72a8bb98.40545646.
10. Cheson B.D. PET/CT in Lymphoma: Current Overview and Future Directions // *Semin. Nucl. Med.* 2018. Vol. 48, No. 1. P. 76–81. doi:10.1053/j.semnuclmed.2017.09.007
11. Чернов В.И., Дудникова Е.А., Гольдберг В.Е., Кравчук Т.Л., Данилова А.В., Зельчан Р.В., Медведева А.А., Синилкин И.Г., Брагина О.Д., Белевич Ю.В., Королева Е.С. Однофотонная эмиссионная компьютерная томография в диагностике и мониторинге лимфолипролиферативных заболеваний // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2019. Т. 64, № 3. С. 58–63 [Chernov V.I., Dudnikova E.A., Goldberg V.E., Kravchuk T.L., Danilova A.V., Zelchan R.V., Medvedeva A.A., Sinilkin I.G., Bragina O.D., Belevich Yu.V., Koroleva E.S. Single-Photon Emission Computerized Tomography in the Diagnosis and Monitoring of Lymphomas. *Medical Radiology and Radiation Safety*, 2019, Vol. 64, No. 3, pp. 58–63 (In Russ.).] doi: 10.12737/article\_5cf3dfe60b13.90120976.
12. Хорузык С.А., Жаврид Э.А., Сачивко Н.В. Диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография с расчетом измеряемого коэффициента диффузии при мониторинге и раннем прогнозировании регрессии опухолевых очагов в процессе химиотерапии лимфом // *Медицинская визуализация*. 2015. № 5. С. 83–89. [Kharuzhyk S.A., Zhavrid E.A., Sachivko N.V. Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging with Apparent Diffusion Coefficient Measurement for Monitoring and Early Tumor Response Prediction During Lymphoma Chemotherapy. *Medical Visualization*, No. 5, pp. 83–89 (In Russ.).]
13. Михайлов А.И., Панов В.О., Тюрин И.Е. Диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография всего тела с оценкой измеряемого коэффициента диффузии при лимфоме Ходжкина // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2015. № 2. С. 28–34 [Mikhaylov A.I., Panov V.O., Tyurin I.E. Whole-body diffusion-weighted magnetic resonance imaging by estimating the measurable diffusion coefficient in Hodgkin lymphoma. *Journal of radiology and nuclear medicine*, 2015, No. 2, pp. 28–34 (In Russ.).] https://doi.org/10.20862/0042-4676-2015-0-2-28-34.
14. Sun M., Cheng J., Zhang Y., Bai J., Wang F., Meng Y., Li Z. Application of DWBS in malignant lymphoma: correlation between ADC values and Ki-67 index // *Eur. Radiol.* 2018. Vol. 28, No. 4. P. 1701–1708. doi: 10.1007/s00330-017-5135-y.
15. Albano D., Bruno A., Patti C. et al. Whole-body magnetic resonance imaging (WB-MRI) in lymphoma: State of the art // *Hematol. Oncol.* 2020. Vol. 38, No 1. P. 12–21. doi:10.1002/hon.2676.
16. Abdel Razek A.A., Elkamary S., Elmorsy A.S., Elshafey M., Elhadedy T. Characterization of mediastinal lymphadenopathy with diffusion-weighted imaging // *Magn. Reson. Imaging*. 2011. Vol. 29, No. 2. P. 167–172. doi: 10.1016/j.mri.2010.08.002.
17. Abdel Razek A.A., Gaballa G., Elashry R., Elkhamary S. Diffusion-weighted MR imaging of mediastinal lymphadenopathy in children // *Jpn. J. Radiol.* 2015. Vol. 33, No. 8. P. 449–454. doi: 10.1007/s11604-015-0434-1.
18. Ustabasioglu F.E., Samanci C., Alis D., Samanci N.S., Kula O., Olgun D.C. Apparent Diffusion Coefficient Measurement in Mediastinal Lymphadenopathies: Differentiation between Benign and Malignant Lesions // *J. Clin. Imaging Sci.* 2017. No 6. P. 7–12. doi: 10.4103/jcis.JCIS\_84\_16.
19. Gümüştas S., Inan N., Sarisoy H.T., Anik Y., Arslan A., Ciftçi E., Akansel G., Demirci A. Malignant versus benign mediastinal lesions: quantitative assessment with diffusion weighted MR imaging // *Eur Radiol.* 2011. Vol. 21, No. 11. P. 2255–2260. doi: 10.1007/s00330-011-2180-9.
20. De Langen A.J., Raijmakers P., Riphagen I., Paul M.A., Hoekstra O.S. The size of mediastinal lymph nodes and its relation with metastatic involvement: a meta-analysis // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2006. Vol. 29, No. 1. P. 26–29. doi: 10.1016/j.ejcts.2005.10.002.
21. Herneth A.M., Mayerhoefer M., Scherthaner R., Ba-Ssalamah A., Czerny Ch., Fruehwald-Pallamar J. Diffusion weighted imaging: Lymph nodes // *European Journal of Radiology*. 2010. Vol. 76, No. 3. P. 398–406. doi:10.1016/j.ejrad.2010.08.016.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 9.04.2020 г.

### Авторский вклад в подготовку статьи:

Вклад в концепцию и план исследования — А.В.Сударкина, А.П.Дергилев. Вклад в сбор данных — А.В.Сударкина, В.В.Козлов, Ю.А.Фокина, И.П.Кашмова, К.В.Шальгин. Вклад в анализ данных и выводы — А.В.Сударкина, А.П.Дергилев. Вклад в подготовку рукописи — А.В.Сударкина, А.П.Дергилев, Н.А.Горбунов.

### Сведения об авторах:

Сударкина Анна Владимировна — ассистент кафедры лучевой диагностики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет»; 630091, Новосибирск, Красный пр., д. 52; врач-рентгенолог рентгеновского отделения частного учреждения здравоохранения «Клиническая больница «РЖД-Медицина» города Новосибирска»; 630003, Новосибирск, ул. Владимировский спуск, д. 2а; e-mail: a.sudarkina@mail.ru; ORCID 0000–0003–0810–4720; SPIN 8885–9065;

*Дергилев Александр Петрович* — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет»; 630091, Новосибирск, Красный пр., д. 52; заведующий рентгеновским отделением частного учреждения здравоохранения «Клиническая больница «РЖД-Медицина» города Новосибирска»; 630003, Новосибирск, ул. Владимировский спуск, д. 2а; e-mail: a.dergilev@mail.ru; ORCID 0000-0002-8637-4083; SPIN 5768-5293;

*Козлов Вадим Викторович* — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры онкологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет»; 630091, Новосибирск, Красный пр., д. 52; заведующий отделением торакальной онкологии государственного бюджетного учреждения здравоохранения Новосибирской области «Новосибирский областной клинический онкологический диспансер»; 630108, Новосибирск, ул. Плеханова, д. 2; e-mail: vadimkozlov80@mail.ru; ORCID 0000-0003-3211-5139;

*Фокина Юлия Александровна* — врач-онколог отделения торакальной онкологии государственного бюджетного учреждения здравоохранения Новосибирской области «Новосибирский областной клинический онкологический диспансер»; 630108, Новосибирск, ул. Плеханова, д. 2; e-mail: smetannikova.julalex@gmail.com; ORCID 0000-0002-4384-951X;

*Климова Ирина Петровна* — кандидат медицинских наук, заведующая отделением лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Новосибирский научно-исследовательский институт туберкулеза»; 630040, Новосибирск, Охотская ул., д. 81а; e-mail: rgenip@ya.ru; ORCID 0000-0003-2033-2857;

*Горбунов Николай Алексеевич* — доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет»; 630091, Новосибирск, Красный пр., д. 52; e-mail: n\_gorbunov@inbox.ru; ORCID 0000-0003-4799-6338; SPIN 9995-1221;

*Шалыгин Константин Владимирович* — ассистент кафедры лучевой диагностики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет»; 630091, Новосибирск, Красный пр., д. 52; e-mail: shalygin3@yandex.ru; ORCID 0000-0002-9762-9723.



**Курс последипломного обучения  
профессора Т. Н. Трофимовой  
кафедры рентгенологии и радиационной медицины  
ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова  
приглашает**

на программы обучения, посвященные актуальным вопросам лучевой диагностики.

**Подробная информация по телефону:** 7 (981) 744-72-46, e-mail: [luchevayadiagnostica1@mail.ru](mailto:luchevayadiagnostica1@mail.ru), на сайте: [radiomed.ru](http://radiomed.ru)

**Регистрация для участия в программах повышения квалификации:** Отдел дополнительного профессионального образования ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. Телефон: +7 (812) 338-60-48, e-mail: [edudogovor@spb-gmu.ru](mailto:edudogovor@spb-gmu.ru)

**Регистрация для участия в программах НМО через личный кабинет на сайте:** [edu.rosminzdrav.ru](http://edu.rosminzdrav.ru), [sovetnmo.ru](http://sovetnmo.ru)

Название программы	Вид обучения	Академ часы	Сроки проведения
Менеджмент в радиологии	ТУ	16	По мере комплектования групп
Современные стандарты лучевой диагностики в системе ОМС	ТУ	16	По мере комплектования групп
Современные стандарты анализа лучевых изображений в системе ОМС	НМО	18	По мере комплектования групп
Современные стратегии лучевой диагностики онкологических заболеваний в системе ОМС	НМО	18	По мере комплектования групп
Онкология в системе ОМС: Стандарты и принципы анализа лучевых изображений	НМО	18	28.09–30.09.2020
МРТ плода	ТУ	16	По мере комплектования групп
Рентгенодиагностика, КТ и МРТ	СЦ	144	По мере комплектования групп
Лучевая диагностика в нейроонкологии	ТУ	16	По мере комплектования групп
Лучевая диагностика опухолей мочеполовой системы	ТУ	16	По мере комплектования групп
Лучевая диагностика в нейрорепедиатрии	НМО	18	По мере комплектования групп
Ультразвуковая диагностика	ПП	504	По мере комплектования групп
Ультразвуковая диагностика в клинической практике	СЦ	144	По мере комплектования групп
Ранний пренатальный ультразвуковой скрининг	НМО	18	14.09–30.09.2020
Ультразвуковая диагностика в маммологии	НМО	18	По мере комплектования групп