

УДК 616-073.755

3.1.25 Лучевая диагностика

DOI: 10.37903/vsgma.2024.3.19 EDN: NRVENT

РОЛЬ ДИФфуЗИОННО-ВЗВЕШЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ЭНТЕРОГРАФИИ© Оточкин В.В.¹, Розенгауз Е.В.^{1,2}, Исабекова А.Э.¹, Ким А.Н.¹¹Северо-западный университет им. И.И. Мечникова, Россия, 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, 41²Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. академика А.М. Гранова, Россия, 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, 70*Резюме*

Цель. Изучить возможности диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) при проведении МР-энтерографии и определить необходимость использования этого режима в стандартном протоколе.

Методика. МР-энтерография выполнена у 374 пациентов с подозрением на болезнь Крона, у 20 пациентов с энтеропатией, у 14 пациентов с подозрением на новообразование тонкой кишки. Оценка сигнальных характеристик ДВИ и значений измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) для пораженных и неизмененных стенок тонкой кишки производилась у пациентов с различной патологией. Пациенты обследованы на магнитно-резонансных томографах с индукцией магнитного поля 1,5 Тесла.

Результаты. При оценке неизменной стенки тонкой кишки (n=152) не отмечалось повышение МР-сигнала в точке измерения на ДВИ и отсутствовало снижение МР-сигнала на ADC (Apparent Diffusion Coefficient) картах. Значения ИКД обследованных пациентов варьировали от 1,43 до $2,87 \times 10^{-3}$ мм²/с в разных отделах одного и того же сегмента кишки. Критериями активного воспалительного процесса (n=52) были: обязательное повышение МР-сигнала на ДВИ и снижение МР-сигнала на ADC-картах. Значения ИКД в этих случаях были <1 и варьировали в пределах $0,6-0,8 \times 10^{-3}$ мм²/с. Минимальное воспаление (n=27) в виде эрозий и гиперемии трудно визуализировалось на T2 FS ВИ, в 11 случаях диагноз поставлен на основании накопления контрастного вещества. Дифференциальная диагностика злокачественных опухолей (n=14) и активной болезни Крона была сложна, так как на обычных режимах и при контрастировании МР-картина была схожа. Значения ИКД опухолей тонкой кишки варьировали в пределах $0,2-0,8 \times 10^{-3}$ мм²/с и пересекались со значениями ИКД пациентов с болезнью Крона (p>0,05).

Заключение. Использование диффузионно-взвешенных изображений при проведении МР-энтерографии позволяет проводить дифференциальную диагностику различных заболеваний кишечника, оценивать активность болезни Крона и выявлять лимфаденопатию.

Ключевые слова: МР-энтерография, Гидро-МРТ, болезнь Крона, ДВИ

ROLE OF DIFFUSION-WEIGHTED IMAGES IN PERFORMING MR-ENTEROGRAPHYOtochkin V.V.¹, Rosengauz E.V.^{1,2}, Isabekova A.E.¹, Kim A.N.¹¹Mechnikov North-western University, 41, Kirochnaya St, 191015, St. Petersburg, Russia²Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies named after Academician A.M. Granov, 70, Leningradskaya St., Pesochny Posyolok, 197758, St. Petersburg, Russia*Abstract*

Objective. To study the possibilities of diffusion-weighted images during MR-enterography and determine the need for its use in a standard protocol.

Methods. MR-enterography was performed in 374 patients with suspected Crohn's disease, in 20 patients with enteropathy, and in 14 patients with suspected neoplasm of the small intestine. The evaluation of the signal characteristics of diffusion-weighted images (DWI) and apparent diffusion coefficient (ADC) values for the affected and unchanged walls of the small intestine was performed in patients with various pathologies. The patients were examined on magnetic resonance imaging machines with 1.5 Tesla magnetic field induction.

Results. When assessing the unchanged wall of the small intestine (n=152), there was no MR signal increase at the measurement point on the DWI and there was no MR signal reduction on ADC maps. The ADC values of the examined patients ranged from 1.43 to $2.87 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ in different parts of the same segment of the intestine. The criteria for an active inflammatory process (n=52) were: a mandatory MR signal increasing on DWI and MR signal decrease on ADC maps. The ADC values in these cases were <1 and ranged from $0.6-0.8 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$. Minimal inflammation (n=27) in the form of erosions and hyperemia was difficult to visualize on T2 FS WI. The ADC values of small intestine tumors ranged from $0.2-0.8 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ and overlapped with the ADC values of patients with Crohn's disease ($p > 0.05$).

Conclusion. The use of diffusion-weighted images during MR enterography makes it possible to carry out differential diagnosis of various intestinal diseases, to assess the activity of Crohn's disease and identify lymphadenopathy.

Keywords: MR-enterography, Hydro-MRI, Crohn's disease, DWI

Введение

Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) - на сегодняшний день незаменимый инструмент в стандартном протоколе большинства МРТ-исследований, в том числе, и при проведении МР-энтерографии [5, 7]. Физические основы этого режима базируются на измерении движения молекул воды, скорость которого снижается при высокой клеточности тканей или набухании клеток [2]. Благодаря этим особенностям, ДВИ позволяют визуализировать воспалительные и опухолевые изменения стенок кишечника в виде участков повышения МР-сигнала [11, 14]. Большую роль играет возможность числового выражения диффузии в виде значений измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) на ADC картах [3, 4]. Дифференциальная диагностика патологии кишечника в настоящее время является важнейшим этапом определения дальнейшей тактики ведения пациента [13]. В спектре патологии тонкой кишки чаще всего встречается болезнь Крона. При выявлении болезни Крона клиницистов интересуют такие параметры как: распространенность изменений и активность заболевания [9]. Отношение к использованию ДВИ и их роли в диагностике патологии кишечника в литературе различное. По мнению ряда авторов, ДВИ – незаменимы для оценки активности болезни Крона, что, в свою очередь, позволяет отбирать пациентов для проведения биологической терапии и контролировать ее эффективность [3, 6]. Другие авторы дополняют пероральное контрастирование внутривенным и пытаются решать задачи без ДВИ [8]. Предпосылкой нашей работы стало противоречие между МР-энтерографией и эндоскопическими методами, преимущественно за счет ложно-отрицательных результатов со стороны первой.

Цель исследования – изучить возможности ДВИ при проведении МР-энтерографии и определить необходимость использования этого режима в стандартном протоколе.

Методика

МР-энтерография выполнена у 374 пациентов с подозрением на болезнь Крона, у 20 пациентов с энтеропатией, 14 пациентов с подозрением на новообразование тонкой кишки. Стандартный протокол сканирования включал T1, T2 взвешенные изображения (ВИ) в трех взаимно перпендикулярных плоскостях и ДВИ с коэффициентом диффузии $b=1000$. Оценка значений ИКД для пораженных и неизмененных стенок тонкой кишки производилась у всех пациентов. Исследование дополнялось внутривенным мультифазным контрастированием.

Полученные результаты обрабатывали с использованием программы STATISTICA для Windows. Абсолютные значения и процентные доли определяли для качественных параметров в соответствующих группах. Сопоставление частотных характеристик качественных показателей проводилось с помощью непараметрических методов с поправкой Йетса (для малых групп), критерия Фишера. Пациенты обследованы при индукции магнитного поля 1,5 Тесла.

Результаты исследования и их обсуждение

Критерии неизменной стенки тонкой кишки. За норму состояния тонкой кишки на МР-изображениях мы считали: толщину стенки меньше 3 мм со средней интенсивностью МР-сигнала на T2 ВИ, отсутствие повышения МР-сигнала на ДВИ и раннего интенсивного накопления контрастного вещества. Наши визуальные критерии неизменной стенки совпадают с

результатами отечественных [1, 4, 5] и зарубежных [10, 12] авторов. Измерение значений ИКД интактной стенки было затруднено тем, что очень трудно было поместить ROI на зону интереса, не захватив брыжейки или просвета кишки. Исследования, где оценивают числовые значения ИКД немногочисленны, Ninivaggi V., Missere M., Restaino G. et al. [12] определили наименьшее значение ИКД для интактной стенки – $2,4 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$. В нашем исследовании числовые значения ИКД стенки кишки у пациентов с подтвержденной нормой ($n=152$) варьировали от 1,43 до $2,87 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, при этом они отличались в отдаленных и рядом расположенных участках. На нативных изображениях в зоне измерения не было выявлено утолщения стенок, на постконтрастных изображениях не отмечалось раннее интенсивное накопление контрастного вещества. При визуальной оценке петель тонкой кишки на ДВИ: у 49 пациентов отмечено умеренное повышение МР-сигнала от стенок тощей кишки без рестрикции на ADC-картах, у 31 пациента отмечалось аналогичное умеренное неравномерное повышение МР-сигнала от стенок илеоцекального перехода. При фиброколоноскопии ($n=49$) и капсульной эндоскопии ($n=15$) воспалительных изменений в указанных участках не выявлено. Брыжеечные лимфатические узлы при МР-энтерографии у здоровых пациентов не определялись, поэтому наличие лимфатических узлов по ходу тонкой и толстой кишки расценивалось нами как косвенный признак их поражения ($p < 0,05$).

Выявление первичной болезни Крона. Критериями наличия воспалительного процесса тонкой кишки ($n=52$) были: циркулярное утолщение стенок более 5 мм с гиперинтенсивным МР-сигналом на T2 FS, ДВИ, со снижением МР-сигнала на ADC-картах со значениями ИКД в пределах $0,6-0,8 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ и с интенсивным накоплением контрастного вещества (рис. 1).

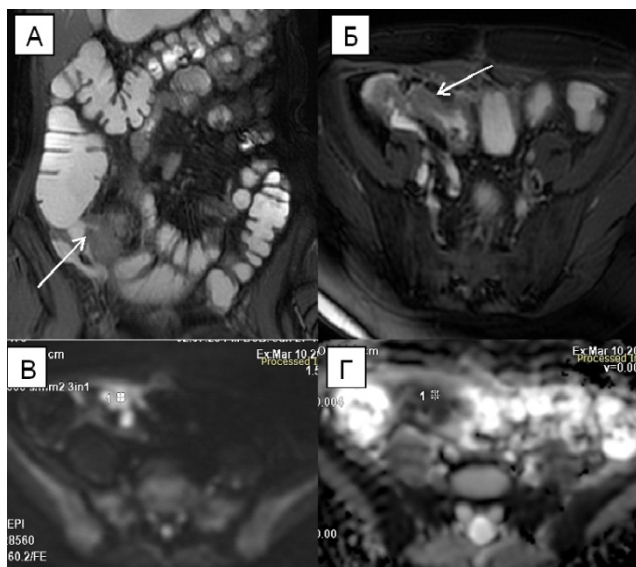


Рис. 1 Пациент Ю. 43 лет. Впервые выявленная болезнь Крона. МР-энтерография: T2 FIESTA Fatsat во фронтальной (А) и аксиальной (Б) плоскости, визуализируется протяженное циркулярное утолщение стенок терминального отдела подвздошной кишки (стрелки). На ДВИ (В) отмечается повышение МР-сигнала от пораженного отдела кишки (ROI с цифрой 1), на ADC картах (Г) выраженное снижение МР-сигнала со значением ИКД – $0,8 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ (ROI с цифрой 1).

Интенсивность МР-сигнала на T2 ВИ, T2 FIESTA, ДВИ от пораженных стенок была значительно выше, чем от интактных отделов кишки. Участки кишки с утолщением стенок от 3 до 5 мм были наиболее трудными для интерпретации ($n=38$), так как эти изменения необходимо дифференцировать с неадекватным наполнением и перистальтическими волнами. В дифференциальной диагностике использовали программу FIESTA CINE, на которой неадекватно наполненные или спазмированные участки тонкой кишки демонстрировали достаточное наполнение без утолщения стенок. В пораженных участках сохранялась сниженная перистальтика. Повышение МР-сигнала на ДВИ в этих случаях не было ярким и не сопровождалось изменениями на ADC-картах, но при этом при ФКС и при морфологическом исследовании биопсированных участков ($n=27$) наблюдали минимальные воспалительные изменения в виде гиперемии и точечных эрозий. Отсутствие значительного повышения МР-сигнала и рестрикции по ДВИ от стенок обусловлено вовлечением в воспалительный процесс только слизистой оболочки кишки без

трансмурального поражения. Диагноз болезнь Крона у 11 пациентов поставить помогло контрастирование, где отмечалось раннее интенсивное накопление слизистой пораженного отдела тонкой кишки, а эндоскопическая картина демонстрировала множественные эрозии и гиперемию (рис. 2).

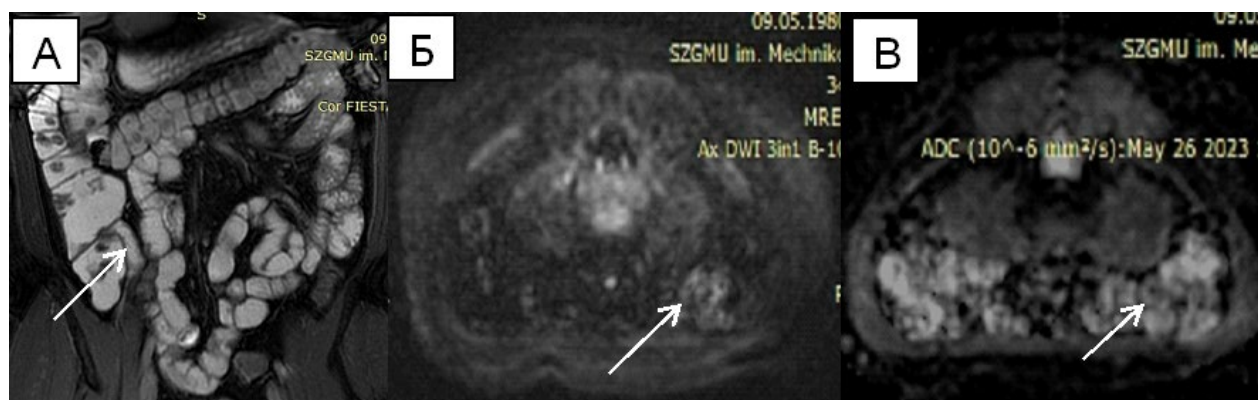


Рис. 2 Пациент Р. 23 года. Болезнь Крона. Терминальный илеит. МР-энтерография: А – T2 Fiesta во фронтальной плоскости, Б – ДВИ в аксиальной плоскости, В – ADC-карта. А – снижение перистальтики и минимальные пристеночные напластования (изъязвление) в терминальном отделе подвздошной кишки (стрелка), Б – слабоинтенсивное повышение МР-сигнала на ДВИ от стенок терминального отдела (стрелка), В – отсутствие рестрикции в области выявленных воспалительных изменений (стрелка)

Интенсивность накопления контрастного вещества у 27 пациентов была идентичной интактным стенкам кишечника, и окончательный диагноз был поставлен на основании совокупных данных, таких как: снижение перистальтики в пораженном участке, регионарная лимфаденопатия, и изменения клинико-лабораторных данных.

Динамическое наблюдение пациентов с болезнью Крона. Целью динамического наблюдения пациентов с уже установленным диагнозом болезнь Крона является коррекция терапии и определение дальнейшей тактики лечения. При МР-энтерографии оценивали активность заболевания и исключали осложнения. Критериями активного воспаления у пациентов с подозрением на болезнь Крона (n=52) были: гиперинтенсивный МР-сигнал от утолщенных стенок тонкой и толстой кишки на ДВИ и гипоинтенсивный – на ADC-картах со снижением значений ИКД до $0,6-0,8 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$. Критериями болезни Крона вне обострения (n=118) было выраженное в разной степени снижение МР-сигнала на T2 ВИ и ДВИ за счет фиброзных изменений и соответствие значений ИКД описанным выше нормальным показателям. На постконтрастных изображениях у этих пациентов отмечалось более интенсивное раннее накопление контрастного вещества только слизистой на уровне фиброзно измененных стенок. Мы наблюдали 4 пациентов с компенсированным стенозом подвздошной кишки с подобными сигнальными характеристиками и накоплением контрастного вещества, которые впоследствии в разное время были прооперированы по срочным показаниям из-за непроходимости. Морфологическое исследование показало фиброз. Тяжелое течение болезни у 14 пациентов сопровождалось высокой лихорадкой, выраженным болевым синдромом, признаками кишечной непроходимости (n=7) МР-энтерография не выполнялась из-за невозможности адекватной подготовки. В этих случаях выполняли МРТ малого таза и брюшной полости, где на изображениях визуализировали выраженное утолщение стенок пораженных сегментов кишки с повышением МР-сигнала на ДВИ, снижением на ADC-картах, сужением просвета кишки и супрастенотическим расширением приводящей петли.

Опухоли тонкой кишки. В исследовании опухоли тонкой кишки гистологически были представлены лимфомой (n=12), аденокарциномой (n=2) и полипами (n=3). Злокачественные опухоли (n=14) характеризовались циркулярным утолщением стенок, выраженным повышением МР-сигнала на ДВИ, со снижением МР-сигнала на ADC-картах и значений ИКД до $0,2-0,8 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ (рис. 3).

Низкие значения ИКД при измерении стенок с опухолевым поражением отличали эту патологию от болезни Крона, где показатели были больше $0,6 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$. Так как значения ИКД опухоли и воспаления отличались незначительно ($p > 0,05$), мы использовали дополнительные критерии, такие как: отсутствие структурности стенки при опухолевом поражении, полицикличность контуров опухоли и лимфатических узлов при лимфоме. Полипы (n=3) при МР-энтерографии

локализовались в тощей кишке (n=2) и 12-перстной кишке (n=1) и выглядели как дефекты наполнения с экспансивным ростом, визуализировались не на всех изображениях из-за перистальтики. На ДВИ полипы демонстрировали отсутствие гиперинтенсивного МР-сигнала и рестрикции.

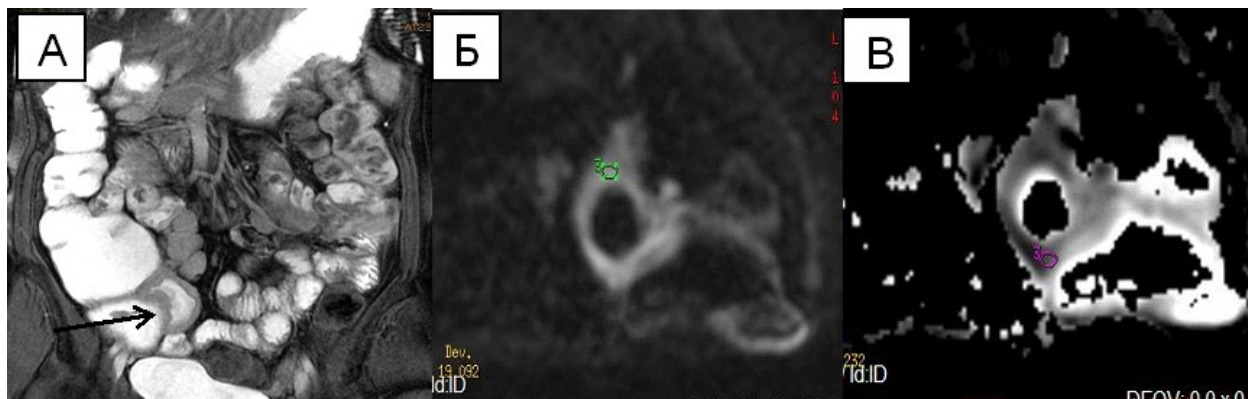


Рис. 3 Пациент К. 56 лет. Лимфома тонкой кишки. МР-энтерография: T2 FIESTA во фронтальной плоскости (А), ДВИ в аксиальной плоскости с фактором $b=1000$ (Б), ADC-карта (В). А – циркулярное утолщение стенок терминального отдела подвздошной кишки (стрелка). На ДВИ отмечается повышение МР-сигнала от пораженных стенок подвздошной кишки (кружок), на ADC карте МР-сигнал от них снижен со значением ИКД до $0,2-0,4 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$.

Другие энтеропатии. В нашей практике встречались пациенты, которым на основании клинических данных ставился предварительный диагноз болезнь Крона, но после МР-энтерографии, эндоскопических и лабораторных данных выявляли целиакию (n=18) и эозинофильный энтерит (n=2). Для этих заболеваний характерно было поражение тощей кишки, которая редко была вовлечена в процесс у пациентов с болезнью Крона. Диагностика патологии тощей кишки при МР-энтерографии представляло наибольшую проблему, так как при стандартной подготовке пациента ее петли редко бывают идеально наполнены. Неадекватное наполнение тощей кишки в первую очередь связано с ее анатомическим строением и меньшей растяжимостью. Пораженные отделы тощей кишки у всех пациентов с другими видами энтеропатий (n=20) демонстрировали слабоинтенсивное повышение МР-сигнала на ДВИ, с визуальным умеренным снижением МР-сигнала на ADC картах, но со значениями ИКД соответствующими нормальной стенке (рис. 4).

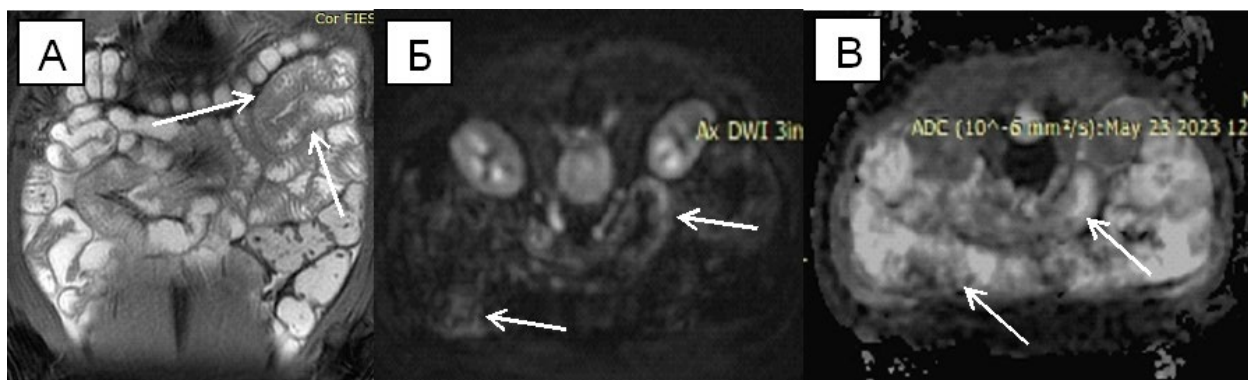


Рис. 4 Пациентка Х., 19 лет. Эозинофильный энтерит. МР-энтерография: А – T2 fiesta во фронтальной плоскости, Б – ДВИ, В – ADC-карта. А – множественные патологически утолщенные складки тощей кишки (стрелки), Б – умеренное повышение МР-сигнала на ДВИ от стенок тощей кишки (стрелки), В – отсутствие рестрикции по ADC-картам (стрелки).

При этом, в режиме T2 FIESTA визуализировалось грубое утолщение складок тощей кишки. На постконтрастных изображениях в 9 случаях отмечалось раннее интенсивное накопление контрастного вещества пораженными стенками тощей кишки. Таким образом, на ДВИ мы не наблюдали изменений при других видах энтеропатий.

Лимфаденопатия. Брыжеечные лимфатические узлы визуализировали у всех пациентов по ходу пораженных отделов тонкой кишки. ДВИ использовали как поисковую программу, позволяющую увидеть даже мелкие лимфатические узлы. Визуализировать лимфатические узлы в режиме T2 FIESTA было затруднительно из-за брыжеечных сосудов и расширенных и наполненных контрастным препаратом петель тонкой кишки (рис. 5).

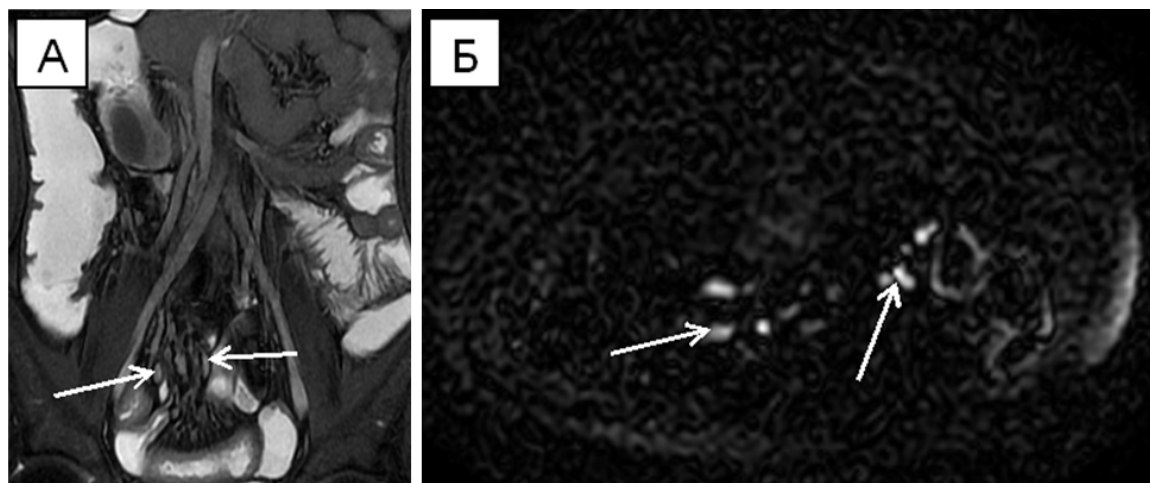


Рис. 5 Пациент И., 26 лет. Болезнь Крона. МР-энтерография: А – T2 fiesta во фронтальной плоскости, ДВИ с коэффициентом $b=1000$ в аксиальной плоскости. А – визуализируются множественные мелкие лимфатические узлы в брыжейке тонкой кишки (стрелки), которые имитируют расширенные сосуды. Б – на ДВИ все лимфатические узлы (стрелки) демонстрируют повышение МР-сигнала, и лимфаденопатия не вызывает сомнений.

Повышение МР-сигнала на ДВИ от лимфатических узлов и значения ИКД при метастатическом поражении и реактивных изменениях не отличались ($p>0,05$), дифференциальная диагностика была невозможна.

Заключение

Диффузионные взвешенные изображения – это неотъемлемый инструмент при проведении МР-энтерографии, позволяющий в совокупности с другими режимами не только выявлять и дифференцировать различные заболевания кишечника, но и определять активность болезни Крона, выявлять пораженные лимфатические узлы. Применение ДВИ ограничено у пациентов с минимальным воспалением и фиброзом стенок тонкой кишки, при поражении тощей кишки, доброкачественных новообразованиях. Повышение МР-сигнала от стенок тонкой кишки при отсутствии рестрикции на ADC картах не исключает минимальное воспаление.

Литература (references)

1. Вялов С.С. Воспалительные заболевания тонкого кишечника: недифференцированные и недифференцируемые энтерит и энтероколит // Консилиум врачей. – 2017. – Т.19., №8. – С. 14-18. [Vjalov S.S. // *Konsilium vrachej. Doctors' consultation.* – 2017. – Т.19, N8. – P. 14-18. (in Russian)]
2. Дуброва С.Э. Значение методов лучевой диагностики в условиях современного подхода к выявлению воспалительных заболеваний кишечника // Визуализация в медицине. – 2021. – Т.25, №3. – С 84-89. [Dubrova S.Je. // *Vizualizacija v medicine. Visualization in medicine.* – 2021. – V.25, N3. – P 84-89. (in Russian)]

3. Елигулашвили Р.Р., Зароднюк И.В., Варданян А.В. и др. Возможности магнитно-резонансной энтероколонографии в количественной оценке активности воспалительного процесса в тонкой и толстой кишке при болезни Крона // Российский электронный журнал по радиологии. – 2020. – Т.10(1). – С. 99-109. [Eligulashvili R.R., Zarodnjuk I.V., Vardanyan A.V. i dr. *Rossijskij jelektronnyj zhurnal po radiologii*. Russian electronic journal of radiology. – 2020. – V.10(1). – P. 99-109. (in Russian)]
4. Лысенков В.А., Поздняков А.В., Габруская Т.В. и др. Опыт применения магнитно-резонансной гидрографии у детей с воспалительными заболеваниями кишечника // Визуализация в медицине. – 2020. – Т.2, №3. – С. 28-35. [Lysenkov V.A., Pozdnjakov A.V., Gabrusskaja T.V. i dr. // *Vizualizacija v medicine*. Visualization in medicine. – 2020. – T.2, N3. – P. 28-35. (in Russian)]
5. Яковлева Е.К., Трофимова Т.Н. Магнитно-резонансная энтерография при воспалительных заболеваниях тонкой кишки. Критерии анализа изображений // Стандарты оказания медицинской помощи. – 2019. – № 4. – С. 98-108. [Jakovleva E.K., Trofimova T.N. *Standarty okazanija medicinskoj pomoshhi*. Standarts of medical care. – 2019. – № 4. – P. 98-108. (in Russian)]
6. Bane O., Gee M.S., Menys A. et al. Emerging Imaging Biomarkers in Crohn Disease // Topics in Magnetic Resonance Imaging. – 2021. – V.30, N1. – P. 31-41.
7. Chatterji M., Fidler J.L., Taylor S.A. et al. State of the Art MR Enterography technique // Topics in Magnetic Resonance Imaging. – 2021. – V.30, N1. – P. 3-11.
8. Deepak P., Ludwig D.R., Fidler J.L. et al. Medical and Endoscopic Management of Crohn Disease // Topics in Magnetic Resonance Imaging. – 2021. – V.30, N1. – P. 43-61.
9. Gonzales-Montpetit E., Ripolles T., Martinez- Perez M.J. et al. Ultrasound findings of Crohn's disease: correlation with MR enterography // Special Section: Crohn disease. – 2020. – P. 57-69.
10. Grajo J.R., Huang C., Dillman J.R. et al. Art MR Enterography of complicated Crohn Disease Stricturing and Penetrating Disease // Topics in Magnetic Resonance Imaging. – 2021. – V.30, N1. – P. 23-30.
11. Nehra A.K., Sheedy S.P., Wells M.L. et al. Fletcher Imaging Findings of Ileal Inflammation at Computed Tomography and Magnetic Resonance Enterography: What do They Mean When Ileoscopy and Biopsy are Negative? // Journal of Crohn's and Colitis. – 2020. – P. 455-464.
12. Ninivaggi V., Missere M., Restaino G. et al. MR-enterography with diffusion weighted imaging: ADC values in normal and pathological bowel loops, a possible threshold ADC value to differentiate active from inactive Crohn's disease // European review for medical and pharmacological sciences. – 2016. – V.20. – P. 4540-4546.
13. Santillan C.S., Huang C., Eisenstein S. et al. MRI of Perianal Crohn Disease. Technique and Interpretation // Topics in Magnetic Resonance Imaging. – 2021. – V.30, N1. – P. 63-76.
14. Shumskaya Yu.F., Nefedova T.S., Akhmedzyanova D.A. et al. Latent course of Crohn's disease: the role of tomographic imaging in diagnosis // Digital Diagnostics. – 2022. – V.3, N4. – P. 394-402.

Информация об авторах

Оточкин Владимир Вячеславович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Северо-западный университет им. И.И. Мечникова» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, врач-рентгенолог кабинета МРТ Клиники им. Э.Э.Эйхвальда. E-mail: Otovv@yandex.ru

Розенгауз Евгений Владимирович – доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Северо-западный университет им. И.И. Мечникова» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, главный научный сотрудник Российского научного центра радиологии и хирургических технологий им. академика А.М. Гранова Министерства Здравоохранения Российской Федерации. E-mail: rozengaouz@yandex.ru

Исабекова Алина Эдуардовна – студентка ФГБОУ ВО «Северо-западный университет им. И.И. Мечникова» Министерства Здравоохранения Российской Федерации. E-mail: ainaed.2001@gmail.com

Ким Анастасия Николаева – студентка ФГБОУ ВО «Северо-западный университет им. И.И. Мечникова» Министерства Здравоохранения Российской Федерации. E-mail: anastasiya.kim.006@list.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 25.02.2024

Принята к печати 20.09.2024