

Цитирование: Хоружик С.А. Роль визуального анализа диффузионно-взвешенных магнитно-резонансных изображений при оценке регрессии опухоли после лучевой терапии рака шейки матки // Медицинская панорама. – 2013. - № 4. – С. 39-43.

Роль визуального анализа диффузионно-взвешенных магнитно-резонансных изображений при оценке регрессии опухоли после лучевой терапии рака шейки матки.

С.А. Хоружик, к.м.н., доцент.

Врач-рентгенолог кабинета МРТ, рентгеновское отделение, ГУ «РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова», Минск.

Доцент, кафедры лучевой диагностики, БелМАПО.

Резюме

Статья посвящена проблеме оценки регрессии опухоли при лучевой терапии рака шейки матки. Отмечены трудности стандартного МРТ-исследования при установлении степени регрессии. Диффузионно-взвешенная МРТ – новая нерадиационная, не требующая внутривенного введения контрастных веществ диагностическая методика в онкологии – дает дополнительную ценную информацию у этих пациентов. Обсуждаются преимущества и недостатки диффузионной МРТ.

Ключевые слова: рак шейки матки, диффузионно-взвешенная МРТ, измеряемый коэффициент диффузии, лучевая терапия, регрессия опухоли.

Role of visual analysis of the diffusion-weighted magnetic resonance images in the evaluation of tumor response after radiotherapy for cervical cancer.

S.A. Kharuzhyk, N.N. Alexandrov National Cancer Center of Belarus, Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk.

Abstract

The article is devoted to the problem of assessment of tumor response after radiotherapy for cervical cancer. Difficulties with standard MRI in determining the degree of tumor regression are explained. Diffusion-weighted MRI is a new non-radiation diagnostic technique in oncology which does not require intravenous administration of contrast media. It provides additional valuable information in this cohort of patients. The advantages and disadvantages of diffusion MRI are discussed.

Keywords: cervical cancer, diffusion-weighted MRI, apparent diffusion coefficient, radiation therapy, tumor response.

Введение

В Республике Беларусь рак шейки матки (РШМ) занимает шестое место в структуре онкологической заболеваемости женщин и второе после рака тела матки среди злокачественных опухолей половых органов [1]. Стандартом лечения больных местнораспространенным РШМ является химиолучевая терапия (ХЛТ). Магнитно-резонансная томография (МРТ) обладает высокой контрастной разрешающей способностью, что делает ее одним из лучших методов лучевой диагностики опухолей женских половых органов. Основная роль при визуализации опухолей шейки матки принадлежит Т2-взвешенным изображениям (ВИ), на которых РШМ имеет промежуточную интенсивность сигнала. Критерием эффективности лучевой терапии (ЛТ) является исчезновение патологического очага и восстановление нормальной структуры шейки. Вместе с тем,

после лечения к собственно опухолевым изменениям МР-сигнала присоединяются посттерапевтические, что нередко затрудняет оценку степени регрессии опухоли [2].

Новой методикой лучевой диагностики в онкологии является диффузионно-взвешенная МРТ, или диффузионно-взвешенное исследование (ДВИ). Принцип метода заключается в количественной оценке диффузии молекул воды в тканях. Клеточные мембраны служат естественным ограничителем свободной диффузии. Поэтому гиперцеллюлярные ткани, в том числе солидные злокачественные опухоли, характеризуются сниженной диффузией, что проявляется повышением сигнала на изображениях с высоким значением фактора диффузии b и снижением сигнала на картах измеряемого коэффициента диффузии (ИКД). ДВИ не только улучшает визуализацию злокачественных опухолей, но и позволяет оценить степень диффузии в них количественно – с помощью определения ИКД. При эффективном лечении количество клеток в злокачественной опухоли уменьшается, что ведет к повышению диффузии и увеличению ИКД [3, 4].

Целью данной работы было оценить полезность визуального анализа ДВИ по сравнению с Т2-ВИ при установлении степени регрессии опухоли после ЛТ РШМ.

Материалы и методы

В исследование включены 47 женщин, получивших ЛТ по поводу РШМ в РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова с 2008 по 2010 гг. Всем женщинам выполнялась МРТ органов таза с ДВИ до начала и через 1-2 месяца после окончания лечения. Одна женщина исключена из-за выраженных артефактов на диффузионных изображениях до начала лечения. Таким образом, в анализируемую группу вошли 46 женщин. Возраст пациенток составил 24-75 лет (в среднем 51,5 года). У 43 верифицирован плоскоклеточный рак, у 3 – аденокарцинома. Клинически установлены стадия IB – у двух женщин, IIA – 2, IIB – 9, IIIB – 32, IVA – 1. Шести пациенткам проведена сочетанная ЛТ по непрерывному курсу, остальным 40 – по расщепленному с 2-3 недельным перерывом в середине лечения. У 27 женщин ЛТ дополнена внутривенной химиотерапией в конкурентном режиме.

МРТ органов таза проводили на сканере MAGNETOM Avanto фирмы Сименс (Эрланген, Германия) с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла. Получали Т2-ВИ в трех плоскостях и Т1-ВИ в трансверсальной плоскости. Подробнее методика сканирования описана в наших предыдущих публикациях [5, 6]. Диффузионно-взвешенную МРТ выполняли с использованием эхопланарной импульсной последовательности с подавлением сигнала от жира со следующими техническими параметрами: диффузионный градиент в трех ортогональных плоскостях, значения фактора диффузии b 0, 500 и 1000 с/мм², время повторения 5400 мсек., время эха 106 мсек., толщина среза 5 мм, расстояние между срезами 1 мм, поле обзора 230×230 мм, матрица реконструкции 128×128, количество повторений – 3, количество срезов – 30, время сканирования – 2 минуты. Поле обзора ДВИ совпадало с полем обзора трансверсальных Т2-ВИ. Толщина, расстояние между срезами и их количество были подобраны таким образом, чтобы обеспечить идентичную с трансверсальными Т2-ВИ зону сканирования в кранио-каудальном направлении. Эти условия облегчали слияние двух серий изображений в программном обеспечении сканера.

Для оценки регрессии опухоли измеряли ее максимальный размер на Т2-ВИ до и после лечения в той же плоскости и использовали критерии RECIST [7]. Полную регрессию (ПР) констатировали при полном исчезновении опухоли в шейке матки; частичную регрессию (ЧР) – при уменьшении максимального размера опухоли более чем на 30%; стабилизацию (СЗ) – при уменьшении менее чем на 30% или увеличении до 20%; прогрессирование (ПС) – при увеличении более 20%. Для подтверждения данных МРТ в отношении степени регрессии и исключения рецидива опухоли проводили динамическое наблюдение, в процессе которого МРТ органов таза выполнена 30 женщинам (59

исследований), у остальных пациенток проводилось клиническое обследование, включая гинекологический осмотр. Медиана наблюдения составила 16,5 месяцев.

При анализе ДВИ вначале оценивали наличие и выраженность артефактов по следующей шкале: 1) артефакты отсутствуют или минимальны; 2) приводят к деформации контура шейки матки, но не оказывают существенного влияния визуализацию опухоли; 3) опухоль не визуализируется из-за артефактов. В последнем случае наблюдение исключали из анализа. На изображениях с фактором диффузии $b\ 1000\ \text{с/мм}^2$ ($b1000$) до и после лечения в шейке матки визуализировали характерный для опухоли участок патологической интенсивности сигнала. Для его анатомической локализации использовали слияние $b1000$ с T2-ВИ. Оценивали полезность визуального анализа ДВИ для установления степени регрессии опухоли. На заключительном этапе определяли ИКД опухоли. Для этого использовали программу Adept (Cancer Research Institute, Лондон, Великобритания), в которой контур опухоли формируется автоматически с помощью функции разрастания областей [8]. Роль оператора заключается в задании стандартного отклонения значений интенсивности сигнала опухоли, которое определяет количество автоматически включаемых вокселей. Контур формировали таким способом на изображении $b1000$, после чего он автоматически переносился на карту ИКД. Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel 2007.

Результаты

При МРТ до начала лечения опухоль имела промежуточную (выше миометрия, ниже эндометрия) интенсивность сигнала на T2-ВИ, высокий сигнал на изображениях $b1000$ и сниженный на картах ИКД. На изображениях $b1000$, за счет подавления сигнала от окружающих нормальных тканей, опухоль обладала наилучшей «заметностью», четко определялась во всех случаях как гиперинтенсивное образование на темном фоне (рис. 1). Участки некроза в опухоли характеризовались повышением сигнала на T2-ВИ и картах ИКД, снижением – на $b1000$. Помимо опухоли повышенный сигнал на $b1000$ имели лимфатические узлы, яичники (особенно в молодом возрасте), эндометрий, стенки кишечника, гематопозитический костный мозг. ИКД опухоли до начала лечения варьировал от 0,50 до $1,11 \times 10^{-3}\ \text{мм}^2/\text{с}$ и в среднем составил $0,82 \pm 0,14 \times 10^{-3}\ \text{мм}^2/\text{с}$.

На ДВИ после окончания лечения артефакты отсутствовали или были минимальны в 23 случаях, вызывали деформацию контура шейки матки, но не оказывали существенного влияния на визуализацию опухоли – у 19, были выраженными, что делало невозможным визуализацию опухоли – в 4 случаях. Причинами выраженных артефактов были газ в прямой и сигмовидной кишке (3 случая) и металлический протез тазобедренного сустава (1 случай).

После окончания лечения у 28 женщин радиологически установлена ПР опухоли, у 15 – ЧР, у 2 – СЗ и у 1 – ПС. При ПР практически полное восстановление нормальной структуры шейки матки имело место у двух пациенток, умеренный дефицит тканей шейки – у 19, выраженный дефицит – у 7. Дефицит тканей был связан с их необратимой деструкцией опухолью, в дальнейшем имела место атрофия шейки. На T2-ВИ у 14 женщин (50%) полностью исчез характерный для опухоли очаг промежуточной интенсивности сигнала, полностью или частично восстановилась гипointенсивная строма шейки (рис. 1). У остальных 14 (50%) женщин шейка матки и/или стенки влагалища на T2-ВИ, несмотря на отсутствие четко визуализируемого узла опухоли, оставались неструктурными, с неоднородным повышением сигнала, что затрудняло категоричное исключение остаточной опухоли. Однако гиперинтенсивный очаг на $b1000$ в зоне ранее определявшейся опухоли после окончания лечения не выявлялся ни в одном из случаев ПР, в том числе при неоднозначных данных T2-ВИ. Это, при совместной интерпретации с данными T2-ВИ, позволяло дать заключение о радиологической ПР, подтвердившееся при динамическом наблюдении во всех случаях – рецидивов опухоли в шейке матки не было.

Таким образом, неоднородное повышение сигнала шейки и влагалища на Т2-ВИ после лечения могло быть обусловлено посттерапевтическими изменениями. Визуальная оценка ДВИ дала дополнительную ценную информацию, позволив классифицировать степень регрессии опухоли как полную.

У 5 пациенток при ПР на изображениях b1000 после лечения был выявлен очаг повышения сигнала в проекции шейки матки, но за пределами исходной локализации опухоли. Установить его точную локализацию можно было только путем слияния с Т2-ВИ: жидкость в эндоцервикальном канале – в двух случаях, параметрий – 2, наружная строма шейки – 1. ИКД в этих очагах имел гораздо более высокие значения ($1,33-1,72 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$), чем ИКД опухоли у этих же пациенток до начала лечения ($0,50-0,82 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$). Данные очаги носили неопухолевый характер, их причиной при локализации в мягких тканях могли быть постлучевые изменения, отек.

У 15 женщин на Т2-ВИ после окончания лечения в шейке матки сохранялся очаг патологической интенсивности сигнала, на основании чего дано заключение о радиологической ЧР опухоли. Динамическое наблюдение подтвердило ЧР у 11 из них. На изображениях b1000 при этом продолжал выявляться гиперинтенсивный очаг, характерный для опухоли, что соответствовало данным Т2-ВИ (рис. 2). ИКД остаточной опухоли составил $1,07 \pm 0,20 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ (до лечения ИКД составлял $0,88 \pm 0,13 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$). Восемью из этих женщин проведены дополнительные курсы химиотерапии, двум – хирургическое лечение, одна отказалась от дальнейшего лечения. В период наблюдения прогрессирование опухолевого процесса имело место в 8 из 11 случаев.

У остальных 4 женщин с радиологическим заключением о ЧР опухоли патологический очаг в шейке матки на Т2-ВИ в дальнейшем перестал визуализироваться без какого-либо дополнительного лечения, местного рецидива при длительном наблюдении (период наблюдения от 25 до 46 месяцев) не возникало и лишь у одной женщины развились отдаленные метастазы. У двух из этих пациенток гиперинтенсивный очаг на b1000 в шейке матки после окончания лечения отсутствовал, что могло указывать на ПР (рис. 3), у двух других – визуализировался, но ИКД в нем был выше ($0,99$ и $1,36 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$), чем ИКД опухоли до начала лечения ($0,87$ и $0,94 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ соответственно). Следовательно, очаг патологического сигнала у четырех женщин на Т2-ВИ и у двух из них на b1000 мог быть обусловлен как не успевшим реализоваться эффектом лечения, так и постлучевой реакцией тканей.

Случаи СЗ и ПС не вызывали каких либо диагностических сложностей – продолжала выявляться опухоль промежуточной интенсивности сигнала на Т2-ВИ и повышенного сигнала на b1000. ИКД опухоли при СЗ увеличивался с $0,94 \pm 0,04$ до лечения до $1,09 \pm 0,16 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ после лечения, при ПС – не менялся ($0,90$ и $0,92 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ соответственно). При динамическом наблюдении у этих женщин имело место дальнейшее прогрессирование опухолевого процесса.

На изображениях b1000 после окончания лечения достаточно часто (чаще, чем до лечения) определялась имеющая повышенный сигнал прямая кишка (рис. 2), а в ряде случаев и мочевого пузыря. Причиной этого можно считать постлучевые изменения в слизистой указанных органов.

Обсуждение

Степень регрессии опухоли играет важное значение для долговременной выживаемости пациенток при РШМ. В нашем исследовании ПР была достигнута у 28 женщин, ни у одной из них в дальнейшем не возникало местного рецидива опухоли. В противоположность этому, из 14 женщин с неполной регрессией дальнейшее прогрессирование опухолевого процесса, несмотря на проведенное дополнительное лечение, имело место у 11. Для контроля эффективности ЛТ РШМ используют гинекологический осмотр с морфологическим исследованием, а также метод МРТ.

Vincens E. с соавт. определили диагностическую эффективность МРТ при установлении степени регрессии опухоли после ХЛТ у 44 пациенток с РШМ. МРТ-исследование включало Т2-ВИ и Т1-ВИ до и по динамической программе после внутривенного введения контрастного вещества. Результаты МРТ разделили на три группы: нормальные – восстановление нормальной анатомии шейки матки и отсутствие раннего контрастного усиления; неопределенные – неоднородный гиперинтенсивный сигнал от шейки или умеренное контрастное усиление, что могло соответствовать как посттерапевтическим изменениям, так и остаточной опухоли; характерные для остаточной опухоли – гиперинтенсивное на Т2-ВИ образование или быстрое контрастное усиление. Из 44 человек критерию нормы, т.е. полной радиологической регрессии опухоли, соответствовали 12 (27%), неопределенные результаты получены у 16 (36%), признаки остаточной опухоли выявлены также у 16 (36%). В дальнейшем все женщины были оперированы и получена морфологическая верификация. Радиологическое заключение о ПР морфологически подтвердилось у 10 (83%) женщин, в то время как при радиологической неполной регрессии у 4 человек (25%) клеток рака найдено не было. В группе неопределенных заключений имели место как полная (69%), так и неполная регрессия (31%) опухоли. Чувствительность и специфичность МРТ в выявлении остаточной опухоли составили 80% и 55%. Данное исследование указывает на наличие существенных сложностей при МРТ для точной оценки степени регрессии опухоли после ХЛТ, в том числе в случае использования внутривенного контрастного усиления [2].

Диффузионно-взвешенная МРТ – новый нерадиационный метод диагностики в онкологии, не требующий внутривенного введения контрастных веществ. ДВИ органов таза добавляет к стандартному протоколу МРТ-исследования всего несколько минут. При опухолях женских половых органов ДВИ использовали для первичной диагностики РШМ [9], дифференциации доброкачественных и злокачественных опухолей [10], мониторинга эффективности лечения [11]. Нами проведено сравнение возможностей метода ДВИ со стандартными Т2-ВИ при оценке регрессии РШМ после ЛТ. Первое, на что необходимо обратить внимание, это качество получаемых изображений. В основе ДВИ лежит специальная эхопланарная импульсная последовательность, очень чувствительная к локальной неоднородности магнитного поля. В организме человека главными факторами, ведущими к нарушению однородности магнитного поля, являются газ в кишечнике, а также имплантированные металлические инородные тела. В нашем исследовании артефакты стали причиной невозможности визуализации опухоли шейки матки на ДВИ до начала лечения у одной из 47 пациенток (2%), после окончания лечения – у 4 из 46 (9%). Почему после лечения артефакты встречаются чаще? Можно предположить, что вследствие уменьшения опухоли после лечения шейка матки также уменьшается в размере, что способствует расправлению прямой кишки и большему заполнению ее газом.

Наше исследование подтвердило сложность интерпретации Т2-ВИ после проведения ХЛТ. Основным признаком ПР РШМ считается восстановление нормальной анатомии шейки матки, гипоинтенсивного на Т2-ВИ сигнала от нее [2, 5]. Вместе с тем, полное восстановление нормальной структуры шейки при ПР происходило в нашем исследовании лишь у 2 (7%) женщин, у остальных имел место умеренный (19 случаев) или выраженный (7) дефицит тканей. У 14 (50%) из 28 пациенток шейка и/или стенки влагалища оставались на Т2-ВИ неоднородными, что не позволяло полностью исключить остаточную опухоль. С другой стороны, у 4 женщин с радиологическим заключением о ЧР опухоль в дальнейшем перестала визуализироваться без дополнительного лечения. Таким образом, у 18 (39%) женщин данные стандартного МРТ-исследования были неопределенными, что соответствует результатам Vincens E. с соавт. [2]. Какова роль ДВИ для уточнения степени регрессии опухоли у этих женщин? У всех 14 пациенток с подтвержденной динамическим наблюдением ПР и неоднозначным результатом Т2-ВИ на изображениях b1000 отсутствовал характерный для остаточной опухоли очаг повышенного сигнала. Из 4 женщин с радиологической ЧР и исчезновением «опухоли»

при динамическом наблюдении повышение сигнала на b1000 имелось у двух. Таким образом, визуальный анализ ДВИ давал дополнительную ценную информацию в 16 (89%) из 18 неясных случаев, что составило 35% от общего количества пациенток. В верно классифицированных как ПР, ЧР, СЗ или ПС наблюдениях результаты визуальной оценки ДВИ и T2-ВИ не противоречили друг другу. Недостатком проведенного исследования является отсутствие морфологического подтверждения полной или неполной регрессии опухоли, поскольку большинство женщин после ЛТ хирургическому лечению не подвергались. По этой причине показатели чувствительности, специфичности и точности методов T2-ВИ и ДВИ не рассчитывались.

Кроме злокачественных опухолей повышенный сигнал на диффузионных изображениях имеет ряд нормальных анатомических структур, в том числе лимфатические узлы и слизистая кишечника. После ЛТ в слизистых оболочках происходят реактивные изменения, аналогичные воспалению, что ведет к ограничению диффузии в них и повышению сигнала на b1000. Кроме этого очаги повышения сигнала выявлялись у трех женщин в проекции шейки матки и параметриев, но за пределами исходной локализации опухоли, расцененные как посттерапевтические. Поскольку ДВИ не несут анатомической информации, то во всех этих случаях необходимо производить слияние изображений b1000 с «анатомическими» T2-ВИ. Данная методика анализа аналогична установившейся практике слияния позитронных эмиссионных и компьютерно-томографических изображений. Точная локализация очагов повышения сигнала на b1000 позволяет, с одной стороны, определить расположение опухоли, с другой – избежать ложноположительных заключений.

В данной публикации сделан упор на важность и полезность визуального анализа ДВИ, но также представлены некоторые результаты их количественной обработки с помощью расчета ИКД. После ЛТ ИКД опухоли повышался, причем при ЧР в большей степени, чем при СЗ и ПС, что согласуется с данными других авторов [11, 12]. Более детальный количественный анализ ДВИ выходит за рамки данной статьи и заслуживает рассмотрения в отдельной публикации.

Заключение

ДВИ может быть выполнено на большинстве современных МР-сканеров, не требует введения контрастных веществ и радиоактивных изотопов, что означает неинвазивность, отсутствие риска побочных реакций и дает экономию материальных ресурсов. ДВИ может быть повторено неограниченное число раз без негативных последствий для здоровья пациента, что особенно важно для мониторинга лечения. При РШМ опухоль имеет повышенный сигнал на изображениях с высоким значением фактора диффузии b и сниженный на картах ИКД. T2-ВИ давали неопределенные результаты в отношении степени регрессии опухоли в 39% случаев. В большинстве из них визуальный анализ изображений b1000 позволял верно установить степень регрессии опухоли. В остальных случаях данные T2-ВИ и ДВИ не противоречили друг другу. Для определения степени регрессии опухоли после ЛТ при РШМ рекомендуется проводить интерпретацию T2-ВИ совместно с ДВИ, используя слияние этих серий изображений. Отсутствие очага повышения сигнала на диффузионных изображениях с высоким фактором b указывает на ПР опухоли, в то время как наличие такого очага – на неполную регрессию. При интерпретации ДВИ необходимо знать и учитывать влияние характерных артефактов, а также обращать внимание на физиологическое ограничение диффузии в некоторых органах.

Литература

1. Злокачественные новообразования в Беларуси 1999-2008 / С.М.Поляков [и др.] / Под ред. И.В. Михайловой, И.В. Залуцкого. – Мн: РНПЦ МТ, 2009. – 205 с.
2. Accuracy of magnetic resonance imaging in predicting residual disease in patients treated for stage IB2/II cervical carcinoma with chemoradiation therapy: correlation of radiologic findings with surgicopathologic results / E. Vincens [et al.] // *Cancer*. – 2008. – Vol. 113, № 8. – P. 2158-2165.
3. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a cancer biomarker: consensus and recommendations / A.R. Padhani [et al.] // *Neoplasia*. – 2009. – Vol. 11, № 2. – P. 102-125.
4. Diffusion MR imaging for monitoring of treatment response / A.R. Padhani [et al.] // *Magn. Reson. Imaging Clin. N. Am.* – 2011. – Vol. 19, № 1. – P. 181-209.
5. Возможности магнитно-резонансной томографии в стадировании рака шейки матки и оценке эффективности неоадьювантной химиотерапии / С.А. Хоружик [и др.] // *Онкологический журнал*. – 2010. – № 1 – С. 54-60.
6. Сравнительная нормальная анатомия шейки матки на T1-, T2- и диффузионно-взвешенных магнитно-резонансных изображениях / С.А. Хоружик [и др.] // *Медицинская визуализация*. – 2012. – № 2. – С. 71-80.
7. New response evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1) / E.A. Eisenhauer [et al.] // *Eur. J. Cancer*. – 2009. – Vol. 45, № 2. – P. 228-247.
8. Metastatic ovarian and primary peritoneal cancer: assessing chemotherapy response with diffusion-weighted MR imaging – value of histogram analysis of apparent diffusion coefficients / S. Kyriazi [et al.] // *Radiology*. – 2011. – Vol. 261, № 1. – P. 182-192.
9. Apparent diffusion coefficient in cervical cancer of the uterus: comparison with the normal uterine cervix / S. Naganawa [et al.] // *Eur. Radiol.* – 2005. – Vol. 15. – P. 71-78.
10. Diagnostic accuracy of the apparent diffusion coefficient in differentiating benign from malignant uterine endometrial cavity lesions: initial results / S. Fujii [et al.] // *Eur. Radiol.* – 2008. – Vol. 18. – P. 384-389.
11. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the early detection of response to chemoradiation in cervical cancer / V.N. Harry [et al.] // *Gynecol. Oncol.* – 2008. – Vol. 111. – P. 213-220.
12. The utility of diffusion-weighted MR imaging in cervical cancer / J. Chen [et al.] // *Eur. J. Radiol.* – 2010. – Vol. 74, № 3. – P. e101-106.

Рисунки

Рис. 1. Пациентка Г., 63 года, РШМ IIВ стадии. МРТ органов таза до (а-в) и после (г) ХЛТ. Полная регрессия опухоли. (а) На T2-ВИ в сагиттальной плоскости в шейке матки определяется опухоль максимальным размером 5,6 см. (б) На изображении b1000 в трансверсальной плоскости опухоль имеет высокий сигнал на темном фоне окружающих нормальных тканей, вследствие чего четко визуализируется. (в) Карта ИКД на том же уровне. Опухоль имеет сниженный сигнал на фоне более ярких параметров (тонкая гиперинтенсивная полоска по периферии опухоли). ИКД опухоли составил $0,50 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$. (г) На T2-ВИ после лечения опухоль не визуализируется, гипоинтенсивная строма шейки восстановилась.

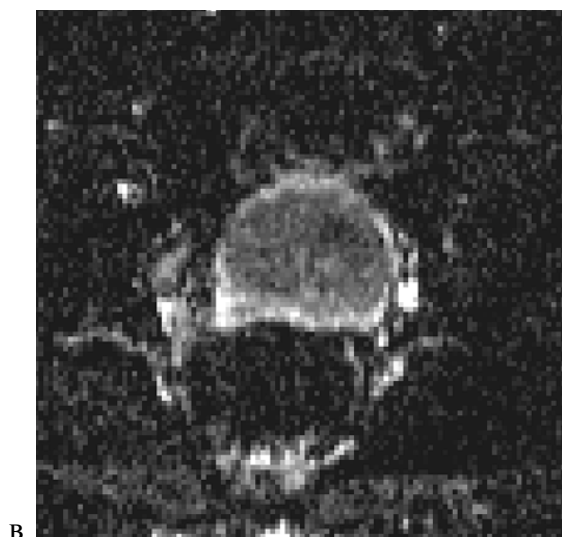
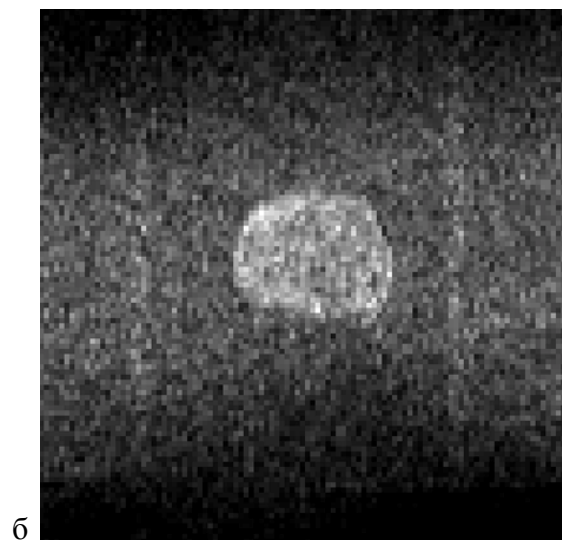


Рис. 2. Пациентка Н., 48 лет, РШМ IIIВ стадии. МРТ органов таза до (а-в) и после (г-е) ХЛТ. Частичная регрессия опухоли. (а) На T2-ВИ в шейке матки определяется опухоль максимальным размером 6,6 см. (б) На изображении b1000 сигнал опухоли повышен. (в) На карте ИКД опухоль имеет сниженный сигнал и хорошо отграничена от гиперинтенсивных параметриев. ИКД опухоли составил $0,99 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$. (г) На T2-ВИ после лечения опухоль уменьшилась до 3 см, частично восстановилась гипоинтенсивная строма. (д) Изображение b1000 на том же уровне показывает остаточную опухоль как гиперинтенсивный очаг. Кольцевидный участок повышения сигнала кзади от опухоли – прямая кишка. (е) Карта ИКД. ИКД опухоли после лечения повысился до $1,06 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$.

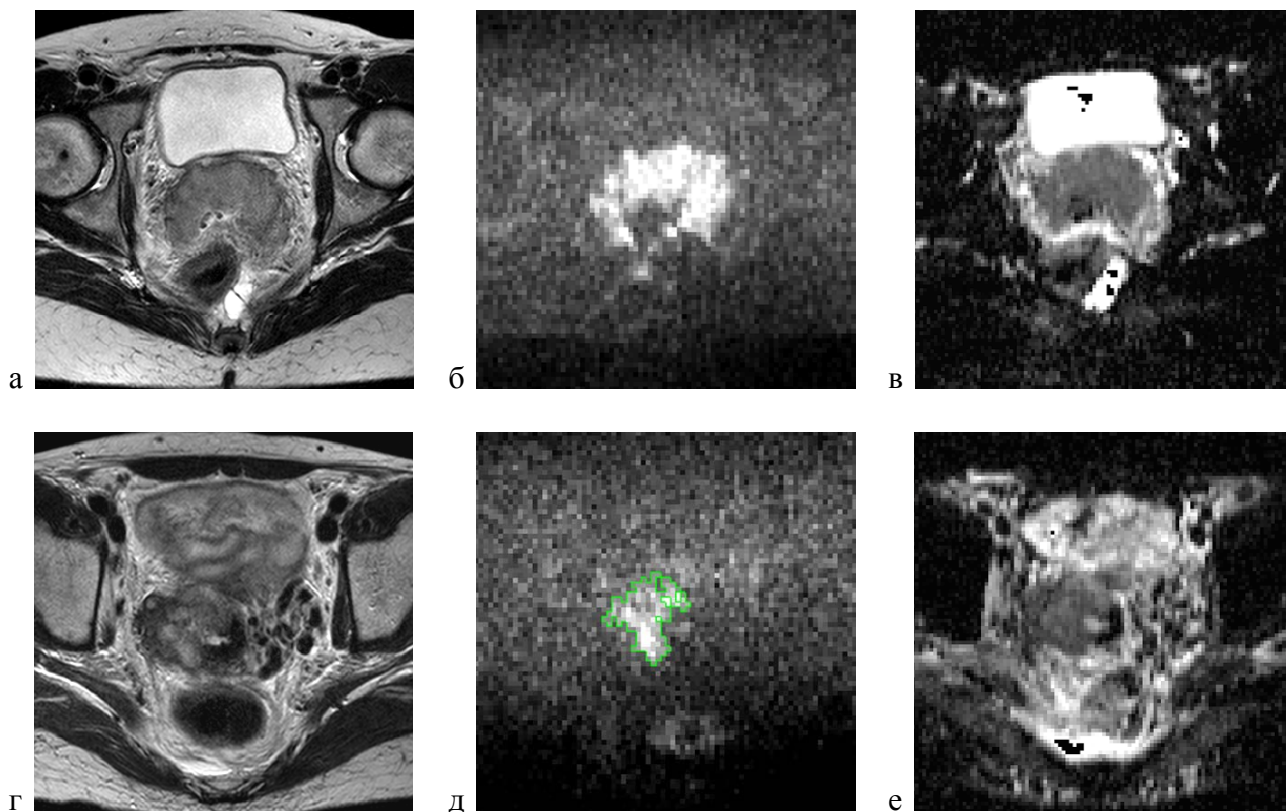


Рис. 3. Пациентка П., 73 года, РШМ IIIВ стадии. МРТ органов таза до (а-б) и после (в-г) сочетанной ЛТ. Расхождение данных Т2-ВИ и ДВИ в отношении степени регрессии опухоли. (а) На Т2-ВИ до лечения в шейке матки определяется опухоль максимальным размером 5,5 см. (б) На изображении b1000 сигнал опухоли повышен. (в) На Т2-ВИ после лечения в шейке продолжает выявляться очаг промежуточной интенсивности сигнала максимальным размером 2,7 см, расцененный как опухоль. (д) На изображении b1000 на том же уровне патологический очаг не определяется. При динамическом наблюдении подтверждена ПР опухоли.

