

Возможности магнитно-резонансной томографии с применением диффузионно-взвешенных изображений в оценке эффективности лечения рака предстательной железы

Т.В. Ридэн¹, д. м. н., профессор кафедры лучевой диагностики;

А.В. Ревизонская², врач-рентгенолог

¹ ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования»

Министерства здравоохранения РФ,

ул. Баррикадная, 2/1, Москва, 123995, Российская Федерация;

² ФКУЗ «Главный клинический госпиталь Министерства внутренних дел Российской Федерации»,

ул. Народного Ополчения, 35, Москва, 143264, Российская Федерация

Capabilities of diffusion-weighted magnetic resonance imaging to evaluate the efficiency of treatment for prostate cancer

T.V. Riden¹, MD, PhD, DSc, Professor of the Department of Radiology;

A.V. Revizonskaya², Radiologist

¹ Russian Medical Academy of Postgraduate Education,

Ministry of Health of the RF,

ul. Barrikadnaya, 2/1, Moscow, 123995, Russian Federation;

² Main Clinical Hospital, Ministry of Internal Affairs of the RF,

ul. Narodnogo Opolcheniya, 35, Moscow, 143264, Russian Federation

Цель исследования – изучить диагностические возможности магнитно-резонансной томографии (МРТ) с применением диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) в оценке эффективности лечения, наличия прогрессирования или рецидива рака предстательной железы (ПЖ).

Материал и методы. Проанализированы результаты МРТ органов малого таза 44 пациентов, которым проводилось консервативное – у 26 (59,1%) или оперативное – у 18 (40,9%) лечение рака ПЖ. Исследование выполнялось на сверхпроводящем магнитно-резонансном томографе (1,5 Тл) с использованием поверхностной многоканальной катушки с фазированной решеткой. Во всех случаях дополнительно к стандартному протоколу МРТ получали ДВИ со значением $b=1000$ с/мм². При оценке ДВИ вычислялся измеряемый коэффициент диффузии (ИКД).

Результаты. Анализ результатов МРТ с применением ДВИ показал, что критериями положительного эффекта консервативного лечения являются прогрессирующее уменьшение объема ПЖ, снижение МР-сигнала опухоли на изотропных ДВИ и увеличение ИКД. О прогрессировании рака ПЖ свидетельствует локальное повышение интенсивности МР-сигнала опухоли на изотропных ДВИ и низкое значение ИКД. По результатам исследования установлено, что после радикальной простатэктомии оценивать характер тканевых масс в области цистоуретрального анастомоза следует не ранее чем через 6 мес после операции.

Заключение. Проведенные исследования показали, что МРТ с применением ДВИ является объективным методом оценки консервативной терапии и оперативного лечения рака ПЖ.

Широкое распространение заболеваний предстательной железы (ПЖ), являясь важной проблемой мужского здоровья, имеет как медицинский, так и социальный аспекты. В структуре

онкологической заболеваемости мужского населения в России в 2011 г. рак ПЖ вышел на второе место [1]. При этом наблюдается неуклонный рост смертности мужчин от данного заболевания

Objective: to study the diagnostic capabilities of diffusion-weighted magnetic resonance imaging (MRI) to evaluate the efficiency of treatment, the presence of progressive or recurrent prostate cancer (PC).

Material and methods. The results of small pelvic MRI in 44 patients who had medical (26 (59.1%) patients) or surgical (18 (40.9%) patients) treatment for PC were analyzed. Examinations were performed on a 1.5-Tesla superconducting MRI scanner with a multichannel phased array surface coil. Diffusion-weighted imaging (DWI) at b values of 1000 s/mm² was used in addition to the standard MRI protocol in all the cases. The measurable diffusion coefficient (MDC) was calculated when estimating DWI.

Results. Analysis of the results of DWI MRI has indicated that the criteria for the positive impact of medical treatment are a progressive decrease in the prostate volume, a reduction in a MRI signal of a tumor on isotropic DWI, and an increase in MDC. Progressive PC is suggested by a local increase in the MRI signal of a tumor on isotropic DWI and a low MDC. The study has established that after radical prostate vesiculectomy, the pattern of tissue masses at the site of cystourethral anastomosis should be assessed not earlier than 6 months post-surgery.

Conclusion. The performed studies have shown that DWI MRI is an objective technique to assess medical and surgical treatment for PC.

Ключевые слова:

рак предстательной железы, магнитно-резонансная томография, диффузионно-взвешенная МРТ, измеряемый коэффициент диффузии

Index terms:

prostate cancer, magnetic resonance imaging, diffusion-weighted MRI, measurable diffusion coefficient

[1]. В этих условиях крайне важным становится не только повышение эффективности диагностики рака ПЖ и определение оптимального вида лечения, но и оценка контроля эффективности лечения, своевременное выявление рецидива и прогрессирования рака ПЖ. Все это невозможно решить без внедрения и широкого применения новых высокоэффективных методов диагностики.

Наиболее информативным и перспективным для оценки и контроля эффективности лечения, выявления рецидива и прогрессирования рака ПЖ среди лучевых методов диагностики считается МРТ [2–5]. Однако на сегодняшний день ее роль и возможности в данном вопросе продолжают оставаться дискуссионными [6].

Согласно рекомендациям Европейского общества урогенитальной радиологии (ESUR) 2012 г., для оценки состояния предстательной железы рекомендовано использование высокопольной мультипараметрической МРТ, включающей получение стандартных T2-взвешенных изображений (T2-ВИ) и применение по крайней мере двух функциональных методик МРТ [7].

Некоторые авторы сообщают о высокой эффективности использования методики диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) и считают ее перспективной для выявления рецидива и оценки ответа злокачественного опухолевого процесса на проведенное лечение [8–10]. Однако, несмотря на имеющиеся данные проведенных исследований, методика ДВИ остается не до конца изученной, что требует дальнейшей работы в этом направлении.

Цель нашего исследования – оценить диагностические возможности магнитно-резонансной томографии с применением диффузионно-взвешенных изображений в оценке эффективности лечения, прогрессирования или рецидива рака предстательной железы.

Материал и методы

Были обследованы 44 пациента (средний возраст $68,3 \pm 8,1$ года), которым проводилось консервативное или оперативное лечение рака ПЖ. Обследование и лечение пациенты проходили в ГКГ МВД РФ. Консервативное лечение (дистанционная лучевая и/или антиандрогенная терапия) проводилось в 26 (59,1%) случаях, из них в 8 (30,7%) была выполнена орхэктомия; оперативное лечение (радикальная простатвезикулоэктомия) осуществлялось в 18 (40,9%) случаях. Всем пациентам проведено пальцевое ректальное исследование (ПРИ), исследован уровень простатспецифического антигена (ПСА), выполнено трансректальное УЗИ, МРТ органов малого таза с получением ДВИ. У 16 (36,4%) пациентов МР-исследование выполнялось неоднократно (2–3 раза). МРТ органов малого таза проводилась на сверхпроводящем магнитно-резонансном томографе Toshiba «Exelart Vantage» с индукцией магнитного поля 1,5 Тл и с использованием поверхностной многоканальной катушки с фазированной решеткой. Получали T2-ВИ в трех стандартных ортогональных проекциях, STIR-томограммы – в аксиальной проекции, ДВИ – в аксиальной проекции; толщина среза 3 мм, значение b-фактора 1000 с/мм^2 . Вместе со стандартными T2-ВИ и STIR оценивались ДВИ. При анализе ДВИ вычислялся измеряемый коэффициент диффузии (ИКД).

При наличии признаков распространенного рака ПЖ (парааортальной, бифуркационной и паракавальной лимфаденопатии, метастатического поражения позвоночника) объем МР-исследования расширяли до рекомендованного ESOR: T2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани, а также T1-ВИ забрюшинного пространства и всех отделов позвоночника в сагиттальной и корональной проекциях. Комплексное МР-исследование выполня-

лось в интервале от 2 мес до 3 лет после проведенного лечения. Критерием повышения метаболической активности опухоли при максимальной андрогенной блокаде и/или радикальной простатвезикулоэктомии считалось стойкое и прогрессирующее повышение уровня ПСА – более чем на $0,2 \text{ нг/мл}$ («биохимический рецидив»). Гистологическое исследование биопсийного материала после МРТ проведено всем пациентам с МР-картиной прогрессирования (рецидива) рака ПЖ ($n=13$). Данные МР-исследования сопоставлялись с результатами ПРИ, ТРУЗИ и патогистологической картиной.

Результаты

Прогрессирование или рецидив рака ПЖ на основании «биохимического рецидива» предполагали у 21 (47,7%) пациента. У 6 (28,6%) пациентов с «биохимическим рецидивом» рака ПЖ при ПРИ и ТРУЗИ были получены данные (дополнительные тканевые образования), свидетельствующие о прогрессировании (рецидиве) аденокарциномы. По результатам комплексного МР-исследования прогрессирование (рецидив) аденокарциномы ПЖ выявлен у 15 (71,4%) из 21 пациента. Для оценки МР-признаков прогрессирования и рецидива аденокарциномы ПЖ выделены две подгруппы: пациенты с прогрессированием заболевания на фоне консервативного лечения ($n=11$) и пациенты с рецидивом после простатвезикулоэктомии ($n=4$) (рис. 1).

Результаты МРТ с ДВИ в оценке консервативного лечения. У пациентов, проходивших консервативное лечение по поводу рака ПЖ и не имевших клинических и МР-признаков прогрессирования заболевания, в сроки от 3 мес до 2,5 года определялись типичные изменения: в результате дистанционной лучевой и/или антиандрогенной терапии на стандартных МР-изображениях наблюдали схожие для обоих видов лечения изменения вида

и структуры ПЖ. Данные изменения характеризовались прогрессирующим уменьшением объема ПЖ и снижением интенсивности МР-сигнала здоровой ткани железы на стандартных МР-изображениях. Степень выраженности изменений напрямую зависела от длительности лечения.

Значимое уменьшение объема ПЖ определялось после продолжительной антиандрогенной терапии (более 5 мес) как за счет редукции опухолевой ткани, так и за счет уменьшения размеров преимущественно периферической зоны железы ($p < 0,05$). Снижение интенсивности МР-сигнала здоровой ткани ПЖ в большей степени наблюдалось также за счет изменений в периферической зоне и носило прогрессирующий характер. У 2 (18,2%) из 11 пациентов с длительным сроком консервативной терапии (более 2 лет) четкая дифференцировка контуров периферической зоны ПЖ оказалась крайне затруднительной из-за значительного ее истончения и выраженного диффузного снижения интенсивности МР-сигнала.

Картина положительного клинического ответа (стойкое снижение уровня ПСА в крови) на проводимое консервативное лечение характеризовалась и снижением объема опухолевой ткани. При этом в период терапии до 5 мес контуры гипоинтенсивной опухоли при локализованном узловом типе поражения предстательной железы (у 8 (72,7%) из 11 пациентов) на стандартных МР-изображениях визуализировались достаточно четко, при мелкоузловом мультифокальном типе поражения (у 3 (27,3%) из 11 больных) участки аденокарциномы не визуализировались. С увеличением сроков терапии (более 5 мес) на фоне прогрессирующих атрофических изменений в ПЖ возникали трудности и с определением контуров опухоли при локализованном узловом типе поражения, так как вся железа становилась умеренно гипоинтенсивной.

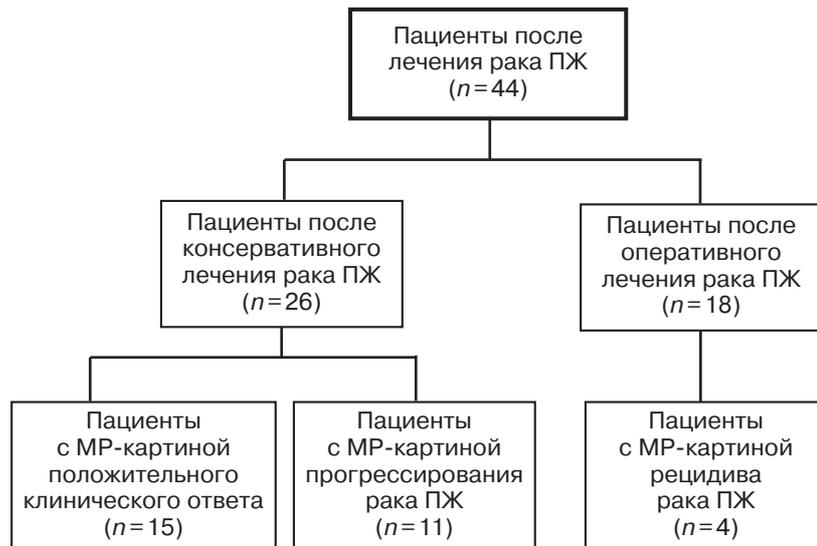


Рис. 1. Схема исследования.

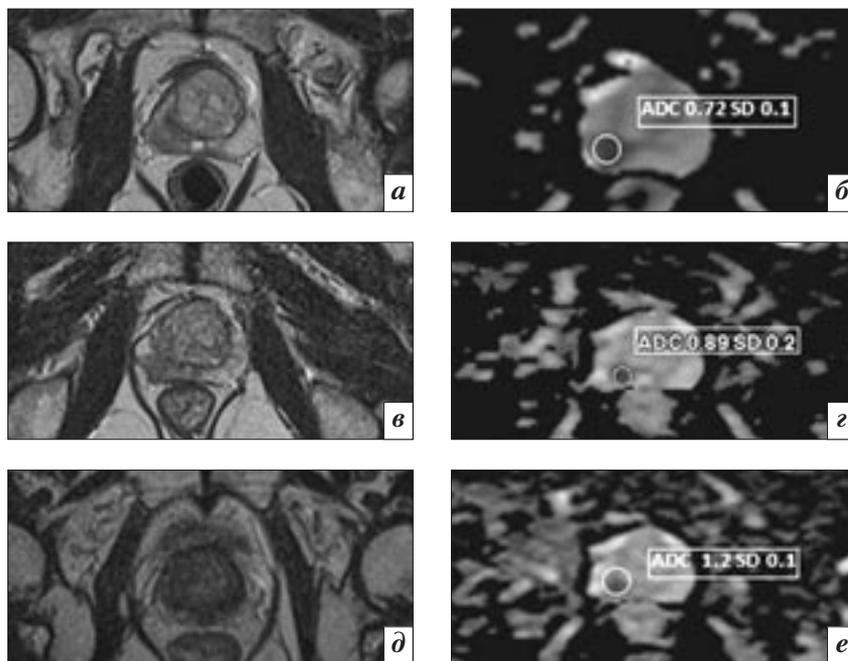


Рис. 2. T2-взвешенные изображения (слева) и карты ИКД (справа) пациента Г., 63 лет, с диагнозом рака ПЖ T2bN0M0, Gleason 6 (3+3): а, б – до лечения, опухоль в периферической зоне правой доли ПЖ; в, г – продолжительность антиандрогенной терапии 4 мес, уменьшение объема опухоли и ПЖ; д, е – через 10 мес после начала лечения, диффузные атрофические изменения в ПЖ, контуры опухоли не определяются, выражено прогрессирующее повышение ИКД опухоли.

Таким образом, выявленные изменения отражают атрофические процессы, развивающиеся вследствие блокады метаболизма как в ткани аденокарциномы ПЖ, так и в интактной ткани железы, которые прогрессируют по мере увеличения продолжительности консервативной терапии (рис. 2).

При оценке диффузионно-взвешенных изображений после проведения дистанционной лучевой и/или антиандрогенной терапии определялось умеренное диффузное повышение интенсивности МР-сигнала от здоровой ткани железы на изотропных ДВИ и его снижение – на картах ИКД. Атрофический процесс

в ткани железы характеризовался снижением значения ИКД, однако статистически значимым снижением ИКД ($p < 0,05$) было только при длительности консервативной терапии более 5 мес.

При положительном эффекте терапии в участках аденокарциномы ПЖ на ДВИ определялись полиморфные изменения, которые напрямую зависели от сроков проводимого консервативного лечения. Так, при длительности терапии до 5 мес на фоне уменьшения объема узла/узлов опухоли при сохранении высокой интенсивности МР-сигнала на изотропных ДВИ и низкой – на картах ИКД было отмечено умеренное повышение значения ИКД аденокарциномы. Однако уменьшение размеров и повышение ИКД опухоли были статистически незначимы ($p < 0,05$) по сравнению с данными МР-исследования до лечения. При сроке консервативной терапии более 5 мес помимо статистически значимого уменьшения объема опухоли ($p < 0,05$) определялось снижение интенсивности МР-сигнала на изотропных ДВИ и ее повышение на картах ИКД, а также достоверное увеличение значения ИКД аденокарциномы ($p < 0,05$).

После 5–7 мес лечения интенсивность МР-сигнала на ДВИ и значение ИКД аденокарциномы практически не отличались от аналогичных показателей интактной железистой ткани, измененной вследствие атрофических процессов. Это значительно затрудняло визуализацию опухоли на ДВИ.

Таким образом, изменения на ДВИ характеризуют не только уменьшение плотности злокачественного клеточного пула в участке аденокарциномы, но и степень снижения гидрофильности здоровой железистой ткани за счет прогрессирования атрофических процессов, что сопровождается увеличением скорости диффузии молекул воды в межклеточном пространстве.

Вследствие консервативной терапии локализованного рака ПЖ помимо типичных измене-

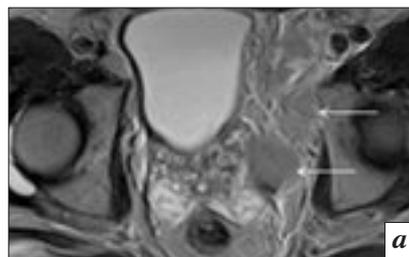


Рис. 3. T2-взвешенные изображения пациента Р., 79 лет, с диагнозом рака предстательной железы Т3bN2M1: а – до лечения; б – через 8 мес после орхэктомии и начала антиандрогенной терапии, регрессирование опухолевой лимфаденопатии (стрелки).

Таблица 1

МР-признаки прогрессирования рака ПЖ (n = 11)

МР-признак	Абс.	%
Увеличение размеров локализованной опухоли	3	27,3
Экстракапсулярное распространение опухоли	8	72,7
экстензия в парапростатическую клетчатку	3	27,3
инвазия в семенные пузырьки	5	45,5
поражение соседних органов и структур (стенка мочевого пузыря, стенка прямой кишки, мышца, поднимающая анус)	2	18,2
Метастатическое поражение лимфатических узлов	5	45,5
Метастатическое поражение костей таза и позвоночника	2	18,2

ний в самой железе определялись изменения в семенных пузырьках. Атрофические процессы в семенных пузырьках характеризовались прогрессирующим снижением их объема, утолщением стенок и уменьшением просвета ($p < 0,05$).

Положительные результаты дистанционной лучевой и/или антиандрогенной терапии при распространенных формах рака ПЖ проявлялись в прогрессирующем снижении объема экстрапростатического компонента опухоли, уменьшении размеров вторично пораженных лимфатических узлов и метастазов в костях ($p < 0,05$) (рис. 3).

На основании клинических данных у 15 (57,7%) из 26 пациентов в период консервативного лечения рака ПЖ выявлены признаки «биохимического рецидива», что предполагало прогрессирование заболевания. По результатам пальцевого ректального исследования и ТРУЗИ признаки прогрессирования рака ПЖ определялись у 4 (26,7%), по результатам комплексного МР-ис-

следования – у 11 (73,3%) из 15 пациентов (табл. 1).

У 4 (26,7%) из 15 пациентов с «биохимическим рецидивом» МР-признаки прогрессирования заболевания выявлены не были.

Следует отметить, что при прогрессировании заболевания на фоне атрофических изменений в ПЖ (диффузное снижение интенсивности МР-сигнала) контуры увеличенной локализованной опухоли на Т2-ВИ четко не визуализировались. Таким образом, достоверно оценить интрапростатическое распространение злокачественного процесса на стандартных МР-изображениях не представлялось возможным. Однако при прогрессировании рака ПЖ определялось значимое повышение интенсивности МР-сигнала опухолевого узла на изотропных ДВИ и его достоверное снижение ($p < 0,05$) на картах ИКД. Это позволяло четко визуализировать контуры аденокарциномы, а следовательно, оценивать ее локализацию, размеры и степень интрапростатического распространения (рис. 4).

Специфические изменения на ДВИ при прогрессировании злокачественного процесса также облегчали визуализацию экстракапсулярного распространения опухоли.

После комплексной МРТ пациентам с МР-признаками прогрессирования рака ПЖ на фоне проведения консервативной терапии ($n=11$) была выполнена прицельная пункционная биопсия предстательной железы. Наличие прогрессирования аденокарциномы ПЖ было подтверждено у всех пациентов. При отсутствии МР-признаков прогрессирования рака ПЖ ($n=4$) морфологические исследования не проводились. Было принято решение об активном клиническом наблюдении этих пациентов (измерение уровня ПСА каждые 3 мес, при наличии роста ПСА – повторная МРТ через 6 мес).

Результаты МРТ с ДВИ в оценке эффективности оперативного лечения. В период от 2 мес до 3 лет после радикальной простатвезикулоэктомии обследованы 18 пациентов. У 6 (33,3%) пациентов с «биохимическим рецидивом» МРТ выполнялась с целью выявления рецидивной опухоли в области операции. У 12 (66,7%) пациентов с дизурическими и обструктивными симптомами МРТ была проведена с целью оценки изменений в области операции, выявления послеоперационных осложнений и исключения рецидива рака ПЖ.

У 4 из 6 пациентов с клиническими признаками рецидива рака предстательной железы помимо повышения уровня ПСА в сыворотке крови при контрольном ТРУЗИ было выявлено наличие тканевых масс в области операции. При комплексной МРТ признаки рецидива заболевания обнаружены у 4 пациентов, которым простатвезикулоэктомия была проведена в сроки более 12 мес (табл. 2).

Метастатическое поражение костей таза было выявлено у 1 пациента этой группы.

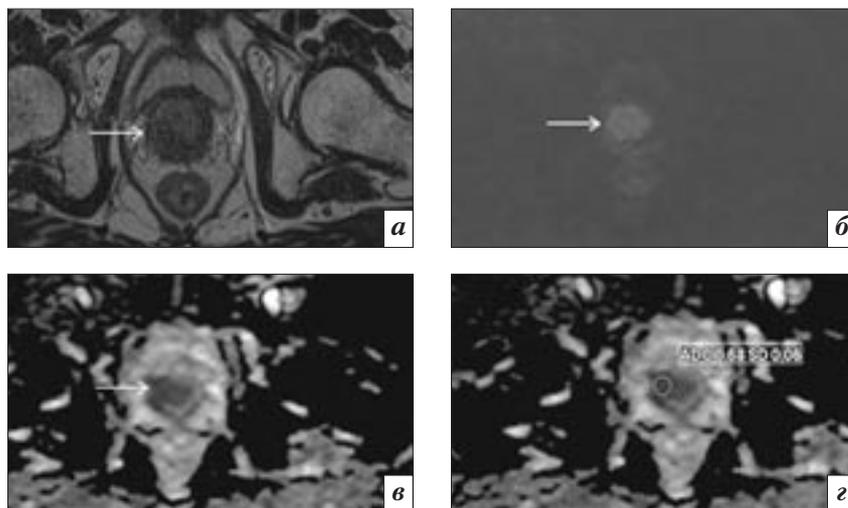


Рис. 4. Результаты исследования пациента В., 77 лет, с диагнозом рака ПЖ T2cN0M0 (проведена орхэктомия, начало антиандрогенной терапии 2 года назад). На T2-ВИ (а) на фоне атрофических изменений в ПЖ (диффузное неоднородное снижение интенсивности МР-сигнала) контуры локализованной опухоли четко не визуализируются. На изотропных ДВИ (б) в передне-правых отделах железы определяется зона гиперинтенсивного МР-сигнала с низким ИКД (в, г). При гистологическом исследовании биоптата выявлен рак ПЖ, Gleason 7 (3+4).

Таблица 2

МР-признаки рецидива рака ПЖ ($n=4$)

МР-признак	Абс.	%
Рецидивная опухоль в области удаленной ПЖ	2	50
Метастатическое поражение лимфатических узлов	2	50

Пациентам с клиническими и МР-признаками рецидива рака была выполнена прицельная пункционная биопсия тканевых масс в области удаленной ПЖ ($n=2$). В обоих случаях наличие местного рецидива рака предстательной железы подтвердилось.

У 2 пациентов с клиническими и УЗ-признаками рецидива рака ПЖ, которым простатвезикулоэктомия была проведена в сроки от 2 до 4 мес, МР-признаков рецидива заболевания не выявлено. Визуализируемая при ТРУЗИ и МРТ ткань, расположенная перифокально от цистоуретрального анастомоза, была расценена как гранулематозная. Кроме того, в обоих случаях определялась реактивная лимфаденопатия (умеренное увеличение размеров подвздошных лимфатических узлов с неизменной МР-структурой и сохранением соотношения длинного диаметра

к короткому – 2:1). Известно, что периуретральная гранулематозная ткань трансформируется в фиброзную в течение 4–6 мес, поэтому обоим пациентам было рекомендовано активное клиническое наблюдение. Через 6 мес выполнено контрольное МР-исследование. Уровень ПСА в обоих случаях за период динамического наблюдения снизился. По данным МРТ структура ткани, расположенной перифокально от цистоуретрального анастомоза, соответствовала фиброзной, имела прежние размеры и была расценена как сформированный периуретральный фиброз. Регионарная лимфаденопатия нивелировалась. У этих пациентов морфологическое исследование периуретральной ткани не проводили в связи с ее малыми размерами и трудностью доступа для выполнения пункционной биопсии, а также в связи с отсутствием

роста уровня ПСА в сыворотке крови.

Для тканевых масс рецидивной опухоли в области операции была характерна неправильная форма и бугристые контуры. На Т2-ВИ на фоне послеоперационных фиброзных изменений в окружающей клетчатке опухоль имела умеренно гипоинтенсивный МР-сигнал и нечеткие контуры.

На изотропных ДВИ рецидивная опухолевая ткань имела гиперинтенсивный МР-сигнал, на картах ИКД – гипоинтенсивный, что улучшало визуализацию контуров опухоли и оценку ее распространения (рис. 5).

Гранулематозная и фиброзная периуретральная ткань на Т2-ВИ имела схожие с рецидивной опухолью МР-характеристики, однако на изотропных ДВИ доброкачественная пролиферация характеризовалась менее интенсивным МР-сигналом и изоинтенсивным – на картах ИКД. Рецидивная опухоль имела низкое значение ИКД, соответствующее таковому при злокачественной пролиферации ($p < 0,05$). Трудности в измерении значения ИКД гранулематозной и фиброзной периуретральной ткани были связаны с недостаточным объемом тканевой массы.

Следовательно, комплексное МР-исследование после оперативного лечения рака ПЖ в сроки до 6 мес позволяет выявлять локальные мягкотканые изменения в зоне операции, которые необходимо наблюдать и достоверно оценивать в более отдаленные сроки. Магнитно-резонансная томография с применением ДВИ в сроки более 12 мес после простатэктомии позволяет достоверно дифференцировать рецидив рака ПЖ как за счет наличия местного рецидива, так и за счет выявления признаков лимфогенного прогрессирования процесса.

Заключение

Магнитно-резонансная томография с применением ДВИ яв-

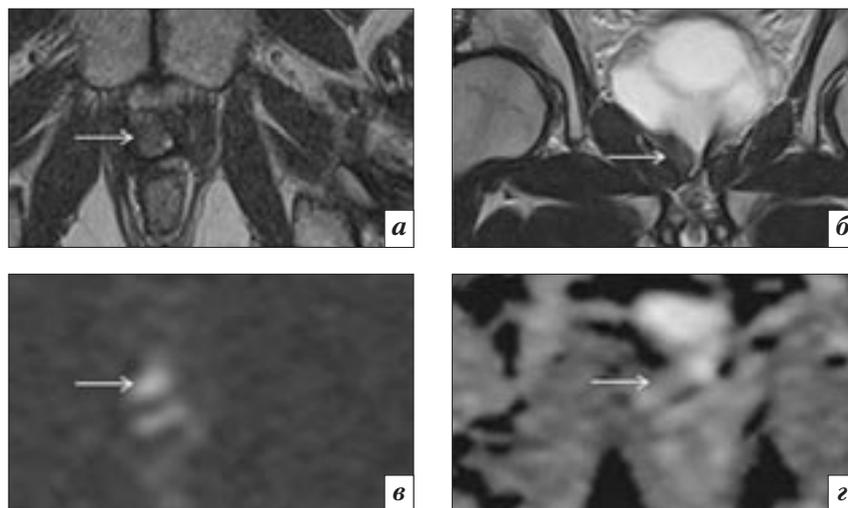


Рис. 5. Результаты исследования пациента З., 64 лет, с диагнозом рака ПЖ T2cN0M0 (состояние после радикальной простатвезикулоэктомии 2 года назад). На Т2-ВИ (а, б) в ложе удаленной ПЖ определяется участок умеренно гипоинтенсивной тканевой массы с четкими бугристыми контурами (стрелки). На изотропных ДВИ (в) тканевая масса имеет гиперинтенсивный МР-сигнал и гипоинтенсивный – на картах ИКД (з), что характерно для злокачественной пролиферации (стрелки). МР-картина расценена как рецидив рака ПЖ. При гистологическом исследовании выявлен рак предстательной железы, Gleason 8 (4+4).

ляется объективным методом оценки проводимой консервативной терапии и оперативного лечения рака ПЖ. Критериями положительного эффекта консервативного лечения являются прогрессирующее уменьшение объема ПЖ, снижение интенсивности МР-сигнала опухоли на изотропных ДВИ и увеличение ИКД. О прогрессировании рака ПЖ свидетельствует локальное повышение интенсивности МР-сигнала опухоли на изотропных ДВИ и низкое значение ИКД. После радикальной простатвезикулоэктомии оценивать характер тканевых масс в области цистуретрального анастомоза следует не ранее чем через 6 мес после операции.

Литература

1. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2011 году (заболеваемость и смертность). М.: МНИОИ им. П.А. Герцена Минздрава России; 2013.
2. Труфанов Г.Е. Магнитно-резонансная томография: Руководство для врачей. СПб.: Фолиант; 2007.
3. Cirillo S., Petracchini M., Scotti L. et al. Endorectal magnetic resonance imaging at 1.5 Tesla to assess local recurrence following radical prostatectomy using T2-weighted and contrast-enhanced imaging. *Eur. Radiol.* 2009; 19: 761–9.
4. Panebianco V., Sciarra A., Lisi D. et al. Prostate cancer: 1HMRS-DCEMR at 3T versus [(18)F] choline PET/CT in the detection of local prostate cancer recurrence in men with biochemical progression after radical retropubic prostatectomy (RRP). *Eur. J. Radiol.* doi:10.1016/j.ejrad.2011.01.095.
5. Pasquier D., Hugentobler A., Masson P. Which imaging methods should be used before salvage radiotherapy after prostatectomy for prostate cancer? *Cancer Radiother.* 2009; 13: 173–81.
6. Dickinson L., Ahmed H.U., Allen C., Barentsz J.O., Carey B. et al. Magnetic resonance imaging for the detection, localisation, and characterisation of prostate cancer: recommendations from a European consensus meeting. *Eur. Urol.* 2011; 59: 477–94.
7. Barentsz J., Richenberg J., Clements R., Choyke P., Verma S., Villeirs G. et al. ESUR prostate MR guidelines 2012. *Eur. Radiol.* 2012; 22 (4): 746–57.

8. Мищенко А.В. Комплексное магнитно-резонансное исследование в диагностике заболеваний внутренних половых органов у мужчин: Дис. ... д-ра мед. наук. С.-Пб.; 2009.
9. Charles-Edwards E.M., De Souza N.M. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging and its application to cancer. *Cancer Im.* 2006; 6 (1): 135–43.
10. Thoeny H.C., Ross B.D. Predicting and monitoring cancer treatment response with diffusion-weighted MRI. *J. Magn. Reson. Imag.* 2010; 194 (4): 2–16.

References

1. Chissov V.I., Starinskiy V.V., Petrova G.V. Malignancies in Russia in 2011 (morbidity and mortality). Moscow: MNIOI P.A. Herzen Russian Ministry of Health; 2013 (in Russian).
2. Trufanov G.E. Magnetic resonance imaging: Guide for physicians. St. Petersburg: Foliant; 2007 (in Russian).
3. Cirillo S., Petracchini M., Scotti L. et al. Endorectal magnetic resonance imaging at 1.5 Tesla to assess local recurrence following radical prostatectomy using T2-weighted and contrast-enhanced imaging. *Eur. Radiol.* 2009; 19: 761–9.
4. Panebianco V., Sciarra A., Lisi D. et al. Prostate cancer: 1HMRS-DCEMR at 3T versus [(18)F] choline PET/CT in the detection of local prostate cancer recurrence in men with biochemical progression after radical retropubic prostatectomy (RRP). *Eur. J. Radiol.* doi:10.1016/j.ejrad.2011. 01.095.
5. Pasquier D., Hugentobler A., Masson P. Which imaging methods should be used before salvage radiotherapy after prostatectomy for prostate cancer? *Cancer Radiother.* 2009; 13: 173–81.
6. Dickinson L., Ahmed H.U., Allen C., Barentsz J.O., Carey B. et al. Magnetic resonance imaging for the detection, localisation, and characterisation of prostate cancer: recommendations from a European consensus meeting. *Eur. Urol.* 2011; 59: 477–94.
7. Barentsz J., Richenberg J., Clements R., Choyke P., Verma S., Villeirs G. et al. ESUR prostate MR guidelines 2012. *Eur. Radiol.* 2012; 22 (4): 746–57.
8. Mishchenko A.V. Integrated magnetic resonance imaging in the diagnosis diseases of internal sex organs in males. Dr. med. sci. Diss. St. Petersburg; 2009 (in Russian).
9. Charles-Edwards E.M., De Souza N.M. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging and its application to cancer. *Cancer Im.* 2006; 6 (1): 135–43.
10. Thoeny H.C., Ross B.D. Predicting and monitoring cancer treatment response with diffusion-weighted MRI. *J. Magn. Reson. Imag.* 2010; 194 (4): 2–16.

Поступила 13.02.2014