

Малоинвазивные вмешательства под контролем магнитно-резонансной томографии в уточняющей диагностике опухолей малого таза

Д.В. Неледов, к. м. н., с. н. с. отделения магнитно-резонансной томографии;

З.Н. Шавладзе, к. м. н., заведующий отделением магнитно-резонансной томографии;

Т.П. Березовская, д. м. н., профессор, г. н. с. отделения магнитно-резонансной томографии

ФГБУ «Медицинский радиологический научный центр» Министерства здравоохранения РФ,
ул. Королева, 4, Обнинск, 249036, Российская Федерация

Mini-invasive interventions under magnetic resonance guidance in the clarifying diagnosis of small pelvic tumors

D.V. Neledov, MD, PhD, Senior Researcher of Department MRI;

Z.N. Shavladze, MD, PhD, Head of Department MRI;

T.P. Berezovskaya, MD, PhD, DSc, Professor,
Chief Researcher of Department MRI

Medical Radiological Research Center, Ministry of Health of the RF,
ul. Koroleva, 4, Obninsk, 249036, Russian Federation

Цель исследования – отработать методику и оценить возможности применения малоинвазивных диагностических вмешательств под контролем магнитно-резонансной томографии (МРТ) в сложных анатомических ситуациях при патологических изменениях в области малого таза неясного характера.

Материал и методы. Выполнено 10 интервенционных вмешательств в малом тазу под контролем МРТ. Показаниями к проведению биопсии костных структур под контролем МРТ явились плохая визуализация костных изменений или их отсутствие при рентгенологическом исследовании, в том числе при компьютерной томографии. Биопсия органов и мягких тканей малого таза проводилась в ситуациях сложного расположения патологических изменений рядом с критическими органами, крупными сосудистыми и невральными структурами. Все интервенционные вмешательства выполнены на высокопольном магнитно-резонансном томографе. Биопсия осуществлялась поэтапно методом «свободной руки» под контролем T2-взвешенных изображений в аксиальной и сагиттальной плоскостях.

Результаты. Во всех случаях был получен информативный гистологический материал. Осложнений не наблюдалось.

Заключение. Только благодаря выполнению прицельной биопсии под контролем МРТ у исследуемых 10 больных с неясным характером изменений в малом тазу стало возможным верифицировать диагноз на основании морфологического заключения и своевременно определить тактику ведения.

Введение

Малоинвазивные вмешательства у онкологических больных могут выполняться под контролем различных лучевых методов, таких как ультразвуковое и рентгеновское исследования, компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) [1]. В конкретной клинической ситуации каждый из этих

методов может стать альтернативой. Если нет медицинских оснований, позволяющих предпочесть один из указанных методов, то такие факторы, как доступность, простота и стоимость могут стать решающими при выборе. Исходя из этих условий, очевидно, что МРТ является наименее подходящим методом контроля за выполнением интервенционного

Objective: to perfect and estimate the possibilities of using a mini-invasive diagnostic procedure under magnetic resonance (MR) guidance in the complex anatomic situations in cases of pathological small pelvic changes of unknown origin.

Material and methods. Ten small pelvic interventions were made under MR guidance. The indications for bone biopsy under MR guidance were poor visualization of bone changes or their absence during radiography, including computed tomography. Small pelvic organ and soft tissue biopsies were carried out in the situations of complex location of pathological changes adjacent to critical organs, large vascular and neural structures. All interventions were done using a high-field MR scanner. Freehand biopsy was performed in a stepwise fashion under axial and sagittal T2-weighted image control.

Results. Informative histological material was obtained in 100% of cases. No complications were observed.

Conclusions. It became possible to verify the diagnosis based on morphological findings and to timely determine management tactics only by target biopsy under MR guidance in these 10 patients with small pelvic changes of unknown origin.

Ключевые слова:

магнитно-резонансная томография, биопсия, малоинвазивные вмешательства, интервенционная радиология

Index terms:

magnetic resonance imaging, biopsy, mini-invasive interventions, interventional radiology

вмешательства. Однако существуют патологические состояния, которые обнаруживаются только на МР-томограммах и требуют использования только этого метода в качестве контроля за проведением инвазивной диагностической либо терапевтической процедуры [2]. Кроме того, отсутствие лучевой нагрузки, высокий контраст мягких тканей и возможность получения изображений в любой плоскости делают магнитно-резонансную томографию идеальным способом для контроля при выполнении интервенционного вмешательства [3]. Изначально очень медленная МРТ к настоящему времени превратилась в методику, позволяющую контролировать вмешательства даже в реальном времени, при сохранении адекватного пространственного и контрастного разрешения [4].

В ряде случаев при исследовании малого таза невозможно однозначно оценить результаты лучевых и клинических методов обследования, что требует установления точного диагноза путем целенаправленного получения материала для гистологического исследования с помощью малоинвазивных диагностических интервенционных вмешательств [5]. Сложное анатомическое

расположение органов и сосудов в области малого таза может создавать проблемы при выполнении интервенционных вмешательств под рентгенологическим и ультразвуковым контролем, это повышает риск повреждения важных органов, сосудов и невральных структур [6–8].

Все вышеперечисленное побудило нас к отработке методики биопсии образований неясного характера, расположенных в области таза. В данной статье изложен наш первый опыт ее применения под контролем МРТ в сложных диагностических ситуациях.

Материал и методы

С сентября 2012 г. по март 2013 г. в нашем Центре было выполнено 10 интервенционных вмешательств в малом тазу под контролем МРТ. У 8 пациентов на момент исследования уже имелось верифицированное онкологическое заболевание и целью биопсии в данных случаях явилось исключение метастазирования либо рецидивирования процесса в органах и тканях малого таза. У 2 пациентов с патологическими изменениями неясного характера по данным лучевых методов исследования целью

биопсии было исключение онкологического процесса в малом тазу. Общая характеристика пациентов представлена в таблице.

В 4 случаях объектом вмешательства явились костные структуры, в 6 – мягкие ткани и органы малого таза.

Показанием к проведению биопсии очаговых изменений костных структур под контролем МРТ была их плохая визуализация или ее отсутствие при рентгенологическом исследовании, в том числе при компьютерной томографии. Биопсия образований органов и мягких тканей малого таза проводилась в ситуациях сложного расположения патологических изменений рядом с критическими органами, крупными сосудистыми и невральными структурами.

Все интервенционные вмешательства выполнены на высокопольном магнитно-резонансном томографе закрытого типа Symphony фирмы Siemens с напряженностью (индукцией) магнитного поля 1,5 Тл. Для проведения вмешательства использовались специальные биопсийные иглы из сплавов титана, позволяющие выполнять процедуру в условиях сильного магнитного поля. В зависимости от цели и задачи применялись три вида игл с разным

Общая характеристика пациентов

Первичная локализация опухоли	Пол	Возраст, лет	Локализация области биопсии	Вид биопсии	Результат диагностики
Рак предстательной железы	М	61	Подвздошная кость	Трепан-биопсия	Метастаз
Рак мочевого пузыря	М	45	Дужка тела позвонка	Трепан-биопсия	Метастаз
Рак шейки матки	Ж	53	Образование у стенки таза	Режущая биопсия	Рецидив
Рак шейки матки	Ж	46	Образование у стенки таза	Режущая биопсия	Рецидив
Рак шейки матки	Ж	39	Лонная кость	Трепан-биопсия	Метастаз
Рак шейки матки	Ж	38	Образование у стенки таза	Аспирационная биопсия	Серозная киста
Рак тела матки	Ж	48	Большой сальник	Режущая биопсия	Рецидив
Рак прямой кишки	М	58	Пресакральные мягкие ткани	Режущая биопсия	Фиброз
Без выявленной первичной опухоли	М	47	Тело подвздошной кости	Трепан-биопсия	Нейрофиброматоз
Без выявленной первичной опухоли	Ж	34	Яичник	Режущая биопсия	Рак яичников

диаметром и необходимой длиной (рис. 1).

Игла для трепан-биопсии костной ткани представляет собой цилиндрическую иглу, дистальная часть которой на протяжении примерно 1,5 см имеет коническое сужение наружного контура и внутренней полости. Аспирационная игла малого диаметра в комбинации со шприцом позволяет получать жидкость и небольшой образец клеток под действием отрицательного давления. При использовании полуавтоматической иглы для режущей биопсии мягких тканей внутренняя игла выводится вручную, а срез ткани осуществляется автоматически, при помощи пружинного механизма.

С учетом локализации области интереса пациента позиционировали на столе магнитно-резонансного томографа в одном из четырех возможных положений (головой или ногами в направлении апертуры магнита лежа на животе или спине), а также сдвигали таз максимально вправо при левосторонней локализации области интереса и, соответственно, сдвигали влево при правосторонней локализации. На область вмешательства накладывалась гибкая матричная радиочастотная катушка для тела. Лазерную центрацию поля обследования осуществляли с учетом локализации предварительно известной области интереса. Предварительное планирование места вкола иглы и угол ее наклона проводили с помощью специальной жировой метки, используя последовательности быстрого спинного эхо (TSE – turbo spin echo) с получением T2-взвешенных изображений (ВИ) в аксиальной и сагиттальной плоскостях (рис. 2).

Биопсия осуществлялась вне отверстия магнита, поэтапно, методом «свободной руки». Каждый этап продвижения иглы, введенной в соответствии с предварительным планированием, контролировали с помощью T2-взвешенных изображений в аксиальной



Рис. 1. Биопсийные иглы для магнитно-резонансной томографии: *a* – игла для трепан-биопсии костной ткани; *б* – аспирационная игла; *в* – полуавтоматическая биопсийная игла для мягких тканей.

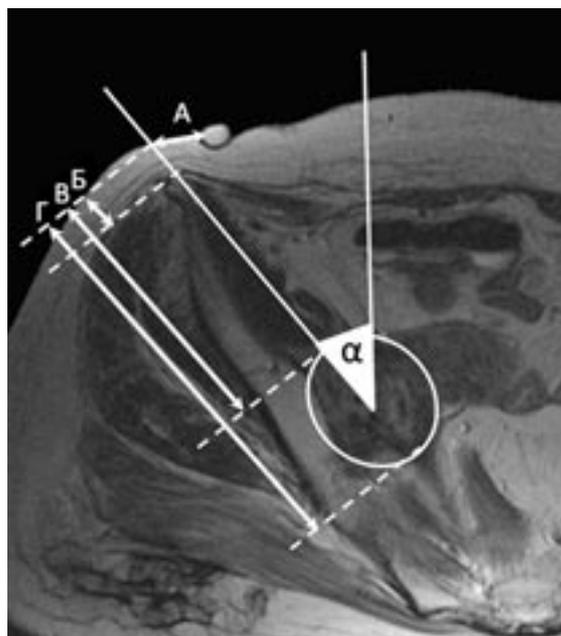


Рис. 2. T2-ВИ в аксиальной плоскости с необходимыми измерениями для планирования введения биопсийной иглы: А – расстояние между жировой меткой и точкой входа биопсийной иглы, α – угол между вертикальной линией и линией, соединяющей точку входа биопсийной иглы с центром области интереса, В – расстояние от кожи до брюшины/мышечной фасции/надкостницы, В – расстояние от кожи до начала области интереса, Г – расстояние от кожи до заднего края области интереса.

и сагиттальной плоскостях быстрого спинного эхо. Материал, полученный из области интереса, направляли на последующее морфологическое исследование.

Результаты

Во всех 100% случаев был получен информативный гистологический материал, что позволило в 80% случаев подтвердить

наличие первичного либо рецидивного онкологического процесса в органах и тканях малого таза, а в 20% случаев установить доброкачественный характер изменений.

В качестве иллюстрации приводим отдельные наиболее показательные клинические примеры, демонстрирующие особенности и результаты методики

выполнения биопсии под контролем МРТ разными иглами, при различных доступах и локализации области вмешательства.

Клинический пример 1. Больная Б., 53 лет, с диагнозом: рак шейки матки T2NxM0 в 2008 г. получила сочетанную лучевую терапию на область малого таза, а также курс химиотерапии.

С 2010 г. наблюдается в отделении лучевых повреждений с диагнозом: внутритазовый лучевой фиброз. На основании гинекологического осмотра в правом параметрии до стенки таза выявлена грубая объемная и неподвижная «тяжистость». По данным УЗИ и МРТ диагностированы постлучевые изменения. В 2011 г. по данным спиральной КТ (СКТ) выявлен инфильтрат в правом параметрии, распространяющийся до стенок таза, умеренный гидронефроз справа. В марте 2012 г. выполнена нефр-уретерэктомия, ревизия органов малого таза, на основании которой данных за рецидив опухоли не получено. В июле 2012 г. по данным СКТ выявлено объемное образование правых отделов малого таза, доброкачественной природы, обусловленное рубцово-спаечным процессом. На основании данных УЗИ и МРТ однозначно судить о характере изменений в малом тазу не представляется возможным. Была рекомендована прицельная биопсия. При данной сложной анатомической локализации, наличии рядом расположенных (вовлеченных) крупных сосудистых и невралжных структур методом контроля биопсии стала магнитно-резонансная томография (рис. 3).

Выбран передний доступ к области интереса через брюшную стенку с проведением иглы в косом вертикальном направлении через пояснично-подвздошную мышцу, между наружной подвздошной и obturatorной артериями, для исключения их повреждения (рис. 4, 5). После проведения иглы к области интереса осуществляли автоматический

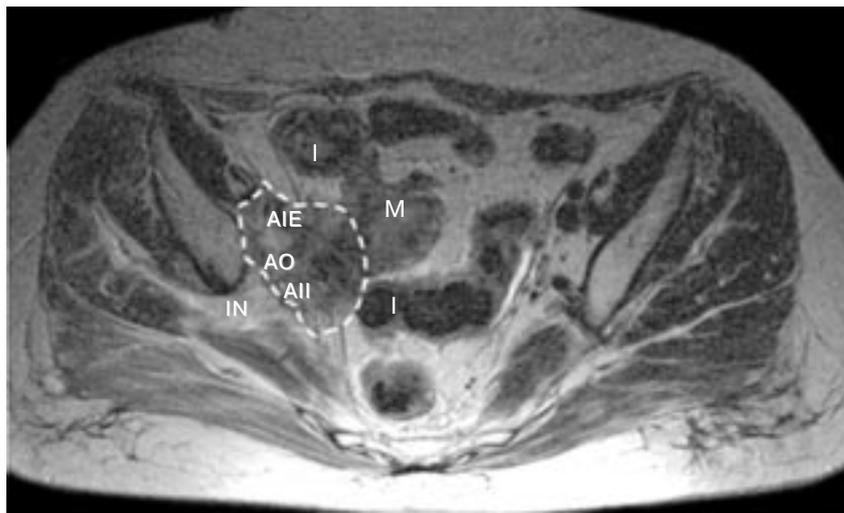


Рис. 3. На поперечной МР-томограмме визуализированы границы инфильтративной зоны у правой стенки таза (пунктирная линия), вовлеченные крупные сосуды малого таза (AIE – наружная подвздошная артерия, АО – запирающая артерия, AI – внутренняя подвздошная артерия), седалищный нерв (IN), кишечные петли (I) и матка (M).

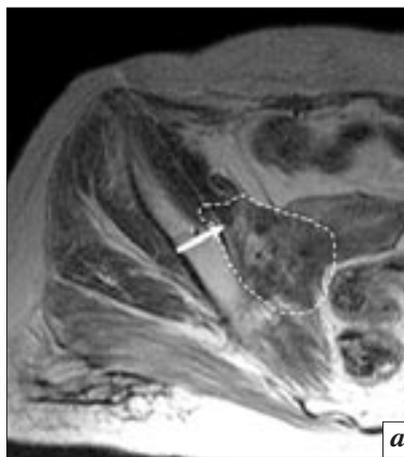


Рис. 4. На поперечной (а) и сагитальной (б) МР-томограммах в ходе биопсии визуализированы границы зоны инфильтративных изменений (пунктирная линия) и кончик пункционной иглы (стрелка).

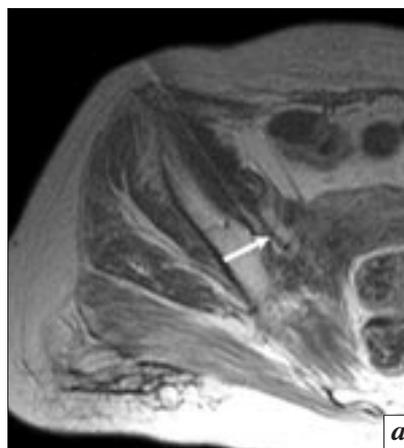


Рис. 5. На поперечной (а) и сагитальной (б) МР-томограммах в ходе биопсии визуализирована режущая внутренняя часть полуавтоматической биопсийной иглы.

забор материала с предварительно рассчитанной глубиной в 2 см.

Полученный биопсийный материал из области интереса был направлен на гистологическое исследование (рис. 6).

На основании гистологического заключения у данной больной подтверждено наличие рецидива рака шейки матки у стенки таза. При проведении и после биопсии каких-либо осложнений не наблюдалось.

Таким образом, в данном клиническом примере, иллюстрирующем сложную диагностическую и анатомическую ситуацию, только благодаря выполнению биопсии под контролем магнитно-резонансной томографии был получен информативный гистологический материал, с минимальной травматизацией и низким риском осложнений, установлен точный диагноз и назначено соответствующее лечение.

Клинический пример 2. Больной М., 46 лет, с диагнозом: рак шейки матки T2N0M0 было проведено комбинированное оперативное и лучевое лечение в 2009 г. Наблюдается в отделении лучевых повреждений с 2010 г. с диагнозом внутритазового лучевого фиброза. В течение 2012 г. усилились боли в области малого таза. По данным МРТ и УЗИ выявлена зона инфильтрации в области культи влагалища и правого параметрия, судить о характере которой однозначно не представляется возможным. Была рекомендована прицельная биопсия данной зоны. Учитывая небольшой размер патологического очага, близкое расположение мочевого пузыря и мочеточника, а также плохую визуализацию при СКТ и УЗИ, методом контроля проведения биопсии стала МРТ. Выбран задний доступ через большую ягодичную мышцу и параректальную клетчатку. Поэтапно выполнена прицельная чрескожная биопсия области интереса под контролем магнитно-резонансной томографии (рис. 7).

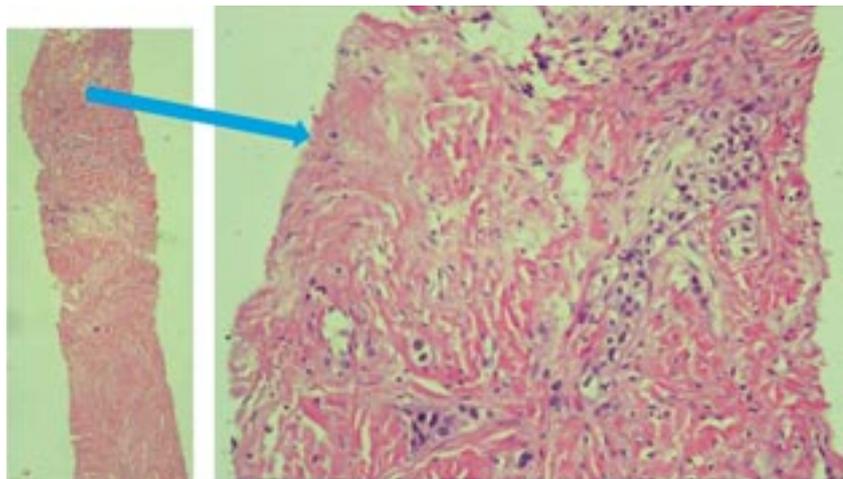


Рис. 6. Микроскопическое исследование: фрагмент волокнистой соединительной ткани с разрозненными группами резко дистрофичных клеток плоскоклеточного рака.

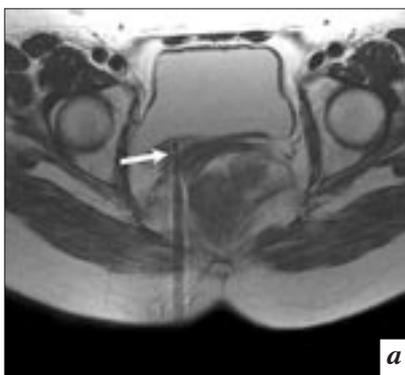


Рис. 7. На поперечной (а) и сагиттальной (б) МР-томограммах в ходе биопсии визуализирована режущая часть полуавтоматической биопсийной иглы.

Осложнений после биопсии не наблюдалось. По данным гистологического исследования полученного материала диагностирован рецидив рака шейки матки. После проведенного курса лучевой терапии удалось уменьшить размеры области рецидива, а также купировать болевой синдром у пациентки.

Клинический пример 3. Больной Л., 45 лет, с диагнозом: рак мочевого пузыря T3bN1M0 получал соответствующее химиолучевое лечение в 2009 г. В 2012 г. при проведении плановой МРТ малого таза в правой дужке и поперечном отростке L5 позвонка была визуализирована зона инфильтративных изменений, не визуализировавшаяся при СКТ и сцинтиграфии скелета. Расхождение результатов дан-

ных методов исследования потребовало проведения прицельной биопсии данной области. Под контролем магнитно-резонансной томографии была выполнена прицельная чрескожная трепан-биопсия области поражения L5 позвонка (рис. 8).

После биопсии осложнений не наблюдалось. По результатам гистологического исследования измененной костной ткани установлено метастатическое поражение L5 позвонка.

Клинический пример 4. Больной М., 38 лет, с диагнозом: рак шейки матки в 2010 г. проведено комбинированное оперативное и лучевое лечение по поводу основного заболевания. При выполнении плановой МРТ в 2012 г. у левой стенки таза выявлено кистозное образование с жидкостным

содержимым. Близкое расположение крупных сосудистых структур и кишечные петли затрудняли выполнение биопсии под контролем КТ и УЗИ. С целью дифференциальной диагностики было решено выполнить аспирационную биопсию косым доступом через переднюю брюшную стенку (рис. 9).

Получено небольшое количество непрозрачного жидкого материала. Осложнений после биопсии не наблюдалось. По данным цитологического исследования данная жидкость является серозной, клеток злокачественного образования не обнаружено.

Обсуждение

Метод МР-томографии, так же как и компьютерная томография, характеризуется широким полем обзора и высоким пространственным разрешением, но значительно превосходит ее по контрасту мягких тканей. Кроме того, у МРТ есть еще одно преимущество, позволяющее получать изображения в любых плоскостях без дополнительной реконструкции. Однако длительность процедуры исследования, ее стоимость, дорогой инструментарий, ограниченный доступ к пациенту и малое пространство для вмешательства служат ограничением для широкого использования МРТ для контроля при проведении интервенционных вмешательств [9].

Впервые успешное выполнение биопсии под контролем МРТ на органах брюшной полости было описано еще в 1986 г. [10]. С тех пор метод МРТ стал успешно применяться для контроля биопсии и в других анатомических областях. Так, было доказано, что выполнение биопсии головного мозга под контролем МРТ превосходит результаты стереотаксической биопсии [11]. Успешное выполнение биопсии костных структур под контролем МРТ обусловлено четкой визуализацией костного мозга и его изменений [12]. Визуализируемые изменения мышц только



Рис. 8. На поперечной (а) и сагиттальной (б) МР-томограммах визуализирована игла для трепан-биопсии (стрелка), находящаяся в измененной дужке L5 позвонка (*).

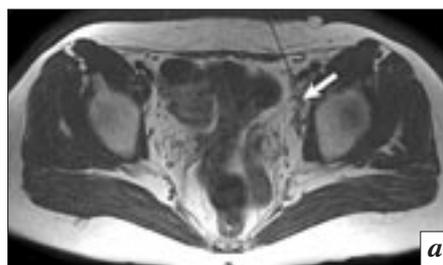


Рис. 9. На поперечной (а) и сагиттальной (б) МР-томограммах визуализирована аспирационная игла (стрелка) в полости кистозного образования у левой стенки таза.

на МР-изображениях требуют выполнения прицельной биопсии только под контролем МРТ [13]. Широко обсуждается применение МРТ при интервенционных вмешательствах на предстательной и молочной железах [14, 15].

Наш выбор магнитно-резонансной томографии как метода контроля при проведении интервенционных вмешательств связан с диагностическими особенностями всех описанных выше клинических случаев. Низкий контраст тканей, плохая визуализация объекта вмешательства, расположение рядом критических органов, крупных сосудистых и невралгических структур затрудняли выполнение вмешательства у этих больных под контролем УЗИ и КТ. Магнитно-резонансная томография, характеризующаяся высокой контрастностью тканей, большим полем обзора и возможностью получения изображений в любых плоскостях, позволила сделать выполнение биопсии у данных

больных более доступным и безопасным.

Наш опыт проведения интервенционных вмешательств свидетельствует о том, что каждая процедура должна начинаться с четкой визуализации органа-мишени, очага поражения и пути к выбранной цели. Высокая контрастность получаемых изображений необходима для четкой визуализации очага поражения и окружающей анатомии. Особенно важна четкая визуализация структур, которые находятся вдоль предполагаемого пути иглы.

В настоящем исследовании представлены результаты биопсии под контролем высокопольного МР-томографа закрытого типа с использованием техники «свободной руки». Вся процедура биопсии проводилась вне отверстия магнита, что, по сути, предполагало «слепое» поэтапное продвижение биопсийной иглы, с последующим контролем ее положения при размещении пациента в аппарате, вследствие чего увеличивается продолжи-

тельность процедуры. Однако в настоящее время уже разработаны автоматизированные устройства, оснащенные пультом дистанционного управления, это позволяет пациенту постоянно находиться в отверстии магнита и тем самым обеспечить непрерывный контроль процедуры [16].

Несмотря на имеющиеся технические сложности, у всех наших пациентов были успешно выполнены наведение, контроль продвижения биопсийной иглы и забор материала из области интереса. По результатам исследования продемонстрирована 100% информативность биопсии под контролем МРТ образований неясного характера, расположенных в органах и тканях области таза. Наши данные соответствуют результатам исследований других авторов, выполнявших малоинвазивные вмешательства под контролем МРТ (информативность 96–100%) [17–21].

Заключение

Выполнение биопсии под контролем МРТ позволяет сделать процедуру более информативной и минимизировать риск развития осложнений. Несмотря на небольшое число пациентов в нашем исследовании, методика малоинвазивных диагностических вмешательств под контролем МРТ показала высокую диагностическую эффективность, что служит предпосылкой для ее дальнейшего развития и совершенствования.

Литература/References

1. Gupta S., Madoff D.C. Image-guided percutaneous needle biopsy in cancer diagnosis and staging. *Tech. Vasc. Interv. Radiol.* 2007; 10: 88–101.
2. Solomon S.B., Bohlman M.E., Choti M.A. Percutaneous gadolinium

- um injection under MR guidance to mark target for CT-guided radiofrequency ablation. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2002; 13: 419–21.
3. Lamb G.M., Gedroyc W.M. Interventional magnetic resonance imaging. *Br. J. Radiol.* 1997; 70: 81–8.
4. Buecker A., Spuentrup E., Grabitz R. et al. Magnetic resonance-guided placement of atrial septal closure device in animal model of patent foramen ovale. *Circulation.* 2002; 106: 511–5.
5. Barentsz J.O. MR intervention in the pelvis: an overview and first experiences in MR-guided biopsy in nodal metastases in urinary bladder cancer. *Abdom. Imaging.* 1997; 22: 524–30.
6. Wells P.N. Ultrasound imaging. *Phys. Med. Biol.* 2006; 51: 83–98.
7. Feuerbach S., Schreyer A., Schlottmann K. Standards in radiographically guided biopsies – indications, techniques, complications. *Radiologie Up2date.* 2003; 3: 207–23.
8. Haaga J.R. Interventional CT: 30 years' experience. *Eur. Radiol.* 2005; 15 (4): 116–20.
9. Mahnken A.H., Rieke J. CT- and MR-guided interventions in radiology. Berlin, Heidelberg: Springer; 2009: 3–9.
10. Mueller P.R. et al. MR-guided aspiration biopsy: needle design and clinical trials. *Radiology.* 1986; 161(3): 605–9.
11. Hall W.A., Liu H., Martin A.J. et al. Comparison of stereotactic brain biopsy to interventional magnetic resonance-imaging-guided brain biopsy. *Stereotact. Funct. Neurosurg.* 1999; 73: 148–53.
12. Neuerburg J.M., Adam G., Buecker A. et al. MRI-guided biopsy of bone in a hybrid system. *J. Magn. Reson. Imaging.* 1998; 8: 85–90.
13. Tuen V.C., Zingula S.N., Moir C. MRI guided wire localization muscle biopsy in a child with juvenile dermatomyositis. *Pediatr. Rheumatol. Online J.* 2013; 11: 15.
14. Stoianovici D., Song D., Petrisor D., Ursu D., Mazilu D., Muntener M. et al. MRI stealth robot for pro-

- state interventions. *Minim. Invas. Ther. Allied Technol.* 2007; 16 (4): 241–8.
15. Floery D., Helbich T.H. MRI-guided percutaneous biopsy of breast lesions: materials, techniques, success rates, and management in patients with suspected radiologic-pathologic mismatch. *Magn. Reson. Imaging. Clin. N. Am.* 2006; 14: 411–25.
16. Kaiser W.A., Fischer H., Vagner J. et al. Robotic system for biopsy and therapy of breast lesions in a high-field whole-body magnetic resonance tomography unit. *Invest. Radiol.* 2000; 35: 513–9.
17. Daniel B.L., Birdwell R.L., Butts K., Nowels K.W., Ikeda D.M., Heiss S.G. et al. Freehand MRI-guided large-gauge core needle biopsy: a new minimally invasive technique for diagnosis of enhancing breast lesions. *J. Magn. Reson. Imaging.* 2001; 13: 896–902.
18. Van den Bosch M.A., Daniel B.L., Pal S., Nowels K.W., Birdwell R.L., Jeffrey S.S. et al. MRI-guided needle localization of suspicious breast lesions: results of a freehand technique. *Eur. Radiol.* 2006; 16: 1811–7.
19. Meeuwis C., Peters N.H., Mali W.P., Gallardo A.M., van Hillegersberg R., Schipper M.E. et al. Targeting difficult accessible breast lesions: MRI-guided needle localization using a freehand technique in a 3.0 T closed bore magnet. *Eur. J. Radiol.* 2007; 62: 283–8.
20. Hauth E.A., Jaeger H.J., Lubnau J., Maderwald S., Otterbach F., Kimmig R. et al. MR-guided vacuum-assisted breast biopsy with a handheld biopsy system: clinical experience and results in postinterventional MR mammography after 24 h. *Eur. Radiol.* 2008; 18: 168–76.
21. Van de Ven S.M., Lin M.C., Daniel B.L., Sareen P., Lipson J.A., Pal S. et al. Freehand MRI-guided preoperative needle localization of breast lesions after MRI-guided vacuum-assisted core needle biopsy without marker placement. *J. Magn. Reson. Imaging.* 2010; 32: 18–21, 101–9.

Поступила 29.10.2013