

РЕДАКЦИОННАЯ СТАТЬЯ

УДК 616.62-006.6-073.756.8

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-3-5-13>**ОСНОВЫ СИСТЕМЫ VI-RADS — КОНЦЕПЦИЯ
МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ
ТОМОГРАФИИ ПРИ РАКЕ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ***А. В. Мищенко, А. В. Васильев, А. С. Петрова, В. В. Данилов*Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова,
Санкт-Петербург, Россия

© Коллектив авторов, 2019 г.

Высокую актуальность рака мочевого пузыря определяют не только высокие цифры заболеваемости, но и широкий спектр лечебных мероприятий, которые зависят от точного определения степени инвазии и распространенности опухолевого заболевания. Хотя решающую роль играют трансуретральная резекция и последующее патоморфологическое исследование, возможность предварительной оценки, а также контроля проводимого лечения при помощи МРТ открывают широкие перспективы. В связи с этим были разработаны критерии использования МРТ при характеристике опухолевого процесса мочевого пузыря. Правила проведения сканирования, а также интерпретации полученных изображений сведены в рекомендации VI-RADS, которые одобрены авторитетными сообществами лучевых диагностов и урологов. Использование этих рекомендаций позволит избежать множества ошибок и повысить взаимопонимание не только среди лучевых диагностов, но и среди лучевых диагностов и урологов.

Ключевые слова: рак мочевого пузыря, лучевая диагностика, VI-RADS**THE BASICS OF VI-RADS CONCEPT OF MULTIPARAMETRIC
MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF BLADDER CANCER***A. V. Mishchenko, A. V. Vasiliev, A. S. Petrova, V. V. Danilov*

National medical research center of Oncology named after N. N. Petrov, St. Petersburg, Russia

High relevance of bladder cancer is determined not only by high morbidity rates, but a wide range of therapeutic measures that depend on the exact definition of the degree of invasion and the prevalence of tumor disease. Although transurethral resection and subsequent pathological study plays crucial role opportunity of preliminary assessment and treatment monitoring by using MRI open up broad prospects. In this regard, were developed the criteria of MRI in the access of the bladder tumor. Rules of carrying out scanning, and interpretation of the images are consolidated in recommendation VI-RADS. It has been approved by authoritative societies of radiologists and urologists. The use of these recommendations will avoid many mistakes and increase understanding among radiologists as well as urologists.

Key words: urine bladder cancer, diagnostic imaging, VI-RADS

Для цитирования: Мищенко А.В., Васильев А.В., Петрова А.С., Данилов В.В. Основы системы VI-RADS — концепции мультипараметрической магнитно-резонансной томографии при раке мочевого пузыря // *Лучевая диагностика и терапия*. 2019. № 3. С. 5–13, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-3-5-13>.

Введение. По данным различных авторов, рак мочевого пузыря (РМП) является одной из наиболее распространенных и затратных для лечения злокачественных опухолей [1]. При гистологическом исследовании чаще всего определяется переходноклеточный рак (более 90%), значительно реже встречаются плоскоклеточный рак и аденокарцинома.

В качестве ключевой технологии диагностики данной патологии применяется трансуретральная

резекция мочевого пузыря (ТУРМП) с последующим патоморфологическим исследованием. При этом признано, что из лучевых методов наилучшей анатомической визуализацией обладает мультипараметрическая магнитно-резонансная томография (мпМРТ) [2]. В ходе многочисленных исследований было установлено, что, учитывая операторозависимость всех основных методов диагностики, комбинация различных протоколов сканирования при МРТ

способна существенно улучшить определение стадии опухоли [3, 4].

С другой стороны, в развитии заболевания существенную роль играют биологические свойства опухоли. Рак мочевого пузыря подразделяется на мышечно-неинвазивный (МНИРМП) и мышечно-инвазивный (МИРМП). МНИРМП чаще характеризуется низкой степенью злокачественности и медленным ростом, в то время как МИРМП — это более агрессивные опухоли с плохим прогнозом [5].

В соответствии с современной концепцией лечения онкологических заболеваний тактика лечения и прогноз напрямую зависят от стадии карциномы мочевого пузыря: степени инвазии мышечного слоя, распространения за пределы стенки, поражения лимфатических узлов и других органов [6].

С целью представить основные положения разработанной экспертами концепции VI-RADS были изучены международные и отечественные публикации, посвященные мпМРТ диагностике рака мочевого пузыря.

Результаты и их обсуждение. Гистологическое строение стенки мочевого пузыря. Стенка мочевого пузыря (МП) представлена несколькими слоями. Слизистая оболочка состоит из переходного эпителия и собственной пластинки. Она образует складки, кроме участка треугольной формы в нижнезаднем отделе мочевого пузыря, ограниченного устьями мочеточников и внутренним отверстием уретры. В этой зоне (треугольник мочевого пузыря) слизистая оболочка без подслизистого слоя плотно срастается с мышечной, которая не участвует в акте выдавливания мочи из полости мочевого пузыря. Эти мышечные структуры главным образом формируют сфинктеры, которые предназначены для удержания мочи.

Детрузор, или мышечная оболочка остальных областей МП состоит из наружного и внутреннего слоя гладкомышечных клеток с различным направлением. Границу между собственно мышечной оболочкой и перивезикальной жировой клетчаткой обычно трудно четко определить. Скопления жировой ткани часто встречаются в собственной мышечной оболочке. Жировая ткань в структуре мышечной оболочки сливается с перивезикальной жировой тканью без четкой линии разграничения [7].

Подготовка и планирование МРТ. ТУРМП, внутрипузырная вакцинация БЦЖ (Bacille Calmette–Guerin, BCG), инстилляция химиотерапевтических средств вызывают отек и воспаление стенки мочевого пузыря, а также окружающей перивезикальной клетчатки, что неизбежно приводит к трудностям при стадировании РМП, в конечном итоге в результате этого случаются ошибки при стадировании местного распространения процесса [8].

Поскольку на настоящий момент не существует способов избежать возникновения реактивных изменений в мочевом пузыре или количественно их

оценить, мпМРТ мочевого пузыря лучше всего проводить до или хотя бы через 2 недели после ТУРМП, биопсии мочевого пузыря или других воздействий на мочевой пузырь в лечебных целях. Воздух в мочевом пузыре (после проведения цистоскопии, постановки катетера) может привести к искажению диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) из-за артефактов восприимчивости. После цистоскопии или удаления катетера Фолея следует выдержать 2–3-дневную паузу перед мпМРТ.

Артефакты от перистальтики кишечника можно свести к минимуму с помощью внутримышечного введения спазмолитических средств [9]. Адекватное заполнение мочевого пузыря, и, следовательно, адекватное растяжение стенки позволяет отчетливо визуализировать стенку и оценить мышечную оболочку (детрузор) без складок. Для достижения необходимого заполнения мочевого пузыря рекомендуется опорожнить мочевой пузырь за 1–2 часа до исследования или выпить 500–1000 мл воды за 30 минут до обследования [10]. Без достаточного растяжения стенка мочевого пузыря выглядит толстой и неровной, что может привести к гипердиагностике РМП при отсутствии заболевания или завышению стадии уже имеющейся опухоли.

При перерастяжении мочевого пузыря обследуемый может испытывать дискомфорт, возникают артефакты от движений, и визуализация РМП будет неотчетливой. У пациентов с затрудненным опорожнением мочевого пузыря определение остаточного объема мочи по УЗИ до выполнения мпМРТ может быть полезно для оценки оптимального заполнения мочевого пузыря (около 300 мл). Как альтернатива также могут использоваться МР-изображения в реальном времени для определения адекватности заполнения мочевого пузыря. При недостаточном наполнении мочевого пузыря необходимо повторить сканирование через 30–60 мин после того, как пациенту будет проведена пероральная гидратация. В случае переполнения мочевого пузыря пациенту необходимо частично опорожнить мочевой пузырь.

Использование мпМРТ в визуализации стенки и опухоли мочевого пузыря. Режимы сканирования. Для стадирования рака мочевого пузыря используются Т2-взвешенные изображения (Т2-ВИ), Т1-взвешенные изображения (Т1-ВИ), диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ), с построением карт измеряемого коэффициента диффузии (ИКД), Т1-ВИ с динамическим контрастным усилением (ДКУ).

В зону сканирования должны входить мочевой пузырь, проксимальный отдел мочеиспускательного канала, тазовые лимфоузлы, у мужчин — предстательная железа, у женщин — матка с придатками, влагалище. Для оценки тканевой диффузии наиболее оптимальным значением высокого-б-фактора является 800–1000 с/мм². Использование ИКД ограничено ввиду отсутствия четко обозначенных значений изме-

ненных и нормальных тканей, однако имеются данные о возможной корреляции данного показателя со степенью злокачественности опухоли [11].

По мнению S. B. Donaldson и соавт. (2013), при динамическом контрастном усилении, 3D-изображения более точны по сравнению с 2D, хотя допустимы и последние [12]. Производятся серии постконтрастных изображений с интервалом в 30 секунд от начала введения контрастного препарата (до 6 серий). Более поздние серии малоинформативны в связи с накоплением контрастного вещества стенкой мочевого пузыря и уменьшением контрастного градиента с опухолью. Возможно использование параметров накопления (wash-in) и вымывания (wash-out). Было показано, что в опухолях с низкой степенью злокачественности степень вымывания выше, чем в опухолях с высокой степенью [13].

Визуализация стенки мочевого пузыря при мМРТ. МРТ не обладает тем пространственным разрешением, которое позволило бы визуализировать все гистологические слои стенки мочевого пузыря [14]. На Т2-ВИ внутренний слой (уротелий и собственная пластинка слизистой оболочки) не виден, мышечная оболочка отображается в виде однородной гипоинтенсивной линии. На ДВИ внутренний слой также не визуализируется, мышечная оболочка определяется в виде изоинтенсивной

личных доброкачественных заболеваниях, а также после применения некоторых методов лечения. Поэтому важно соотнести результаты МРТ с анамнезом, информацией по проведенному лечению и цистоскопической картиной. Например, кистозный цистит и железистый цистит могут выглядеть как плоские и экзофитные разрастания, гипоинтенсивные на Т1-ВИ и Т2-ВИ, с гиперваскулярными ножками и интактной мышечной оболочкой. Воспалительные миофибробластные опухоли (ВМФО) характеризуются пролиферацией звездчатых или удлинённых веретенообразных клеток в сочетании с воспалительными клетками и отечной стромой, содержащей сеть мелких кровеносных сосудов. Они могут быть неправильно интерпретированы как рак. На Т2-ВИ ВМФО имеют неоднородную структуру, с центральным гиперинтенсивным компонентом, окруженным по периферии гипоинтенсивной линией. После введения контрастного вещества отмечается накопление парамагнетика по периферии ВМФО, а центральный компонент контрастируется плохо [16].

В долгосрочной перспективе ТУРМП приводит к фиброзу и хроническому воспалению, при которых происходит замена нормальных компонентов стенки мочевого пузыря, что часто сопровождается утолщением стенки. При хроническом воспалении и фибро-

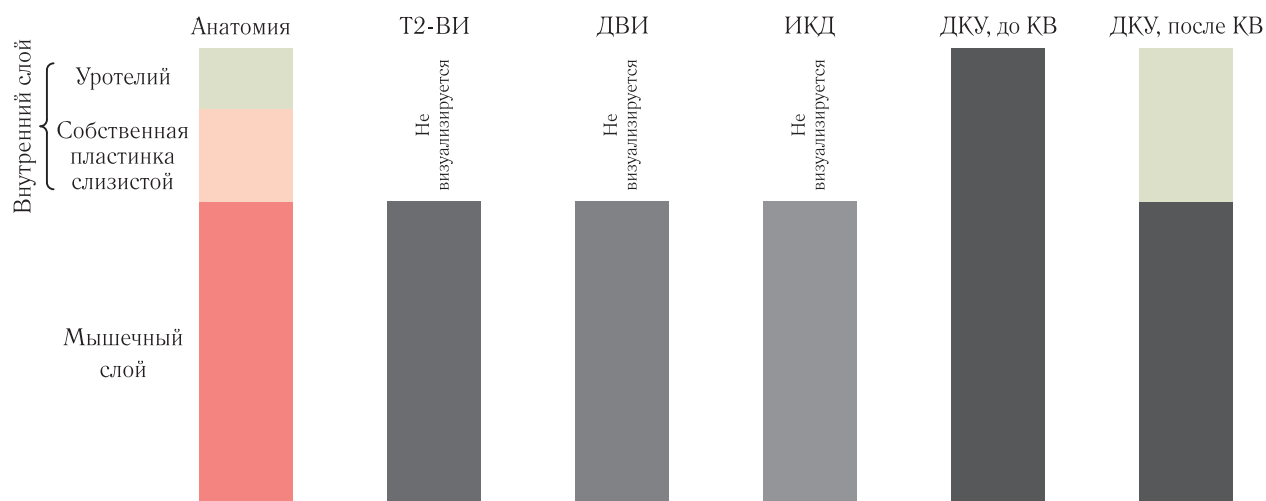


Рис. 1. Схематическая МР-анатомия стенки мочевого пузыря на различных видах МР-изображения: Т2-ВИ — Т2-взвешенные изображения; ДВИ — диффузионно-взвешенные изображения; ИКД — измеряемый коэффициент диффузии; ДКУ — динамическое контрастное усиление; КВ — контрастное вещество. Пояснения в тексте

линии. При использовании карт ИКД моча имеет гиперинтенсивный МР-сигнал, а стенка мочевого пузыря имеет гипоинтенсивный МР-сигнал. При ДКУ отмечается раннее накопление контрастного препарата внутренним слоем, который определяется в виде тонкой гиперинтенсивной линии, в то время как мышечная оболочка представлена в виде гипоинтенсивной полосы, а ее усиление происходит медленнее (рис. 1) [15].

МР-семиотика реактивных и доброкачественных изменений мочевого пузыря. Структура стенки мочевого пузыря может имитировать рак при раз-

зе отмечается меньшая клеточная плотность, чем при раке, поэтому ограничение диффузии для этих процессов не характерно. Тем не менее при ДКУ может отмечаться раннее контрастирование, поэтому ДВИ и ИКД имеют в этих случаях решающее значение для дифференциальной диагностики [17, 18]. При БЦЖ терапии возможно возникновение бактериального иммуноопосредованного цистита и гранулематозного воспаления, которые могут имитировать рецидив опухоли [7]. Аналогичные изменения возникают после проведения внутрипузырной химиотерапии. Лучевая терапия на область таза в краткосрочных

перспективах может приводить к геморрагическому циститу, сопровождающемуся появлением внутрипросветных сгустков и отека стенки и клетчатки. На МРТ эти изменения проявляются в виде очагового или диффузно неравномерного утолщения стенки, с низкой растяжимостью (небольшой объем мочевого пузыря) и гипervasкулярностью. На Т2-ВИ выявляется гиперинтенсивный сигнал от воспаленной и отечной стенки мочевого пузыря. В дальнейшем после облучения может возникать интерстициальный фиброз, гипоинтенсивный на Т2-ВИ [16].

МР-семиотика рака мочевого пузыря. Рак мочевого пузыря характеризуется изоинтенсивным сигналом на Т2-ВИ, гиперинтенсивным сигналом на ДВИ, гипоинтенсивным сигналом на ИКД и ранним накоплением контрастного вещества при ДКУ.

Японское урологическое общество, Японское общество патологоанатомов, Японское радиологическое общество составили схематическую карту зон мочевого пузыря для обозначения его опухолевого поражения (рис. 2).

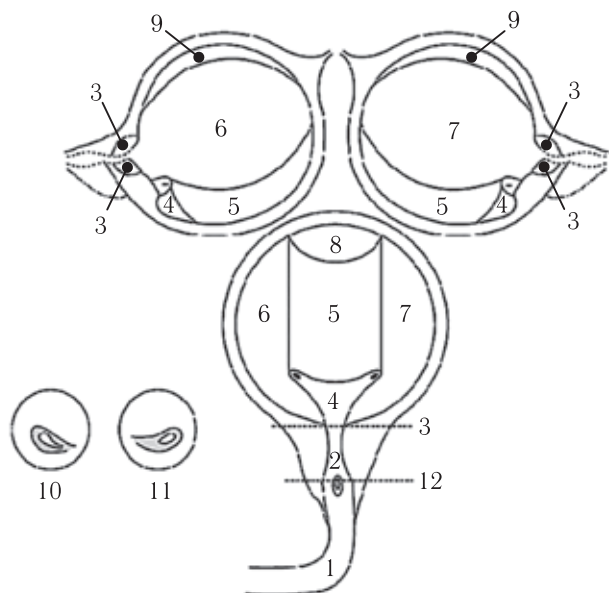


Рис. 2. Схематическая карта мочевого пузыря Японского урологического общества, Японского общества патологоанатомов, Японского радиологического общества: 1 — передняя уретра; 2 — простатический отдел уретры; 3 — шейка мочевого пузыря; 4 — треугольник мочевого пузыря; 5 — задняя стенка мочевого пузыря; 6 — правая стенка мочевого пузыря; 7 — левая стенка мочевого пузыря; 8 — верхушка мочевого пузыря; 9 — передняя стенка мочевого пузыря; 10 — устье правого мочеточника; 11 — устье левого мочеточника; 12 — семенной холмик [19]

Основополагающим фактором в выборе лечебной тактики, определении прогноза заболевания является глубина мышечной инвазии. Оценка именно этих характеристик опухоли является ключевым диагностическим этапом. Несмотря на то, что «золотым стандартом» в решении этой задачи является патоморфологическое исследование при ТУР стенки МП, неинвазивные технологии предположения мышечной инвазии имеют особое значение.

Система VI-RADS. На основе анализа и сопоставления данных различных методик МРТ была разработана система VI-RADS, которая отражает степень риска инвазии рака мочевого пузыря в мышечный слой и состоит из пяти категорий (VI-RADS 1, VI-RADS 2, VI-RADS 3, VI-RADS 4 и VI-RADS 5).

Для такой оценки опухолей мочевого пузыря разработаны конкретные критерии для каждого из основных морфологических и функциональных режимов МР-сканирования: Т2-ВИ, ДВИ и ДКУ (рис. 3).

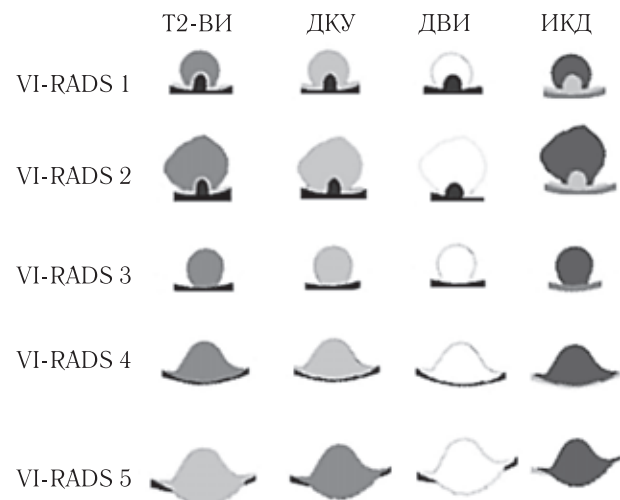


Рис. 3. Схематическая иллюстрация VI-RADS с использованием Т2, ДКУ, ДВИ и ИКД. Пояснения в тексте (см. ниже)

Категории на основе Т2-ВИ:

1. Опухолевое поражение размером менее 10 мм, характеризующееся экзофитным ростом, с наличием ножки или без нее, и/или утолщением слизистой оболочки. МР-сигнал от мышечной оболочки равномерно гипоинтенсивный, с четкими контурами.

2. Опухолевое поражение размером более 10 мм, характеризующееся экзофитным ростом, с наличием ножки, и/или утолщенной гиперинтенсивной слизистой оболочкой (если визуализируется), или опухоль с широким основанием, с утолщенной гиперинтенсивной слизистой оболочкой (если визуализируется). МР-сигнал от мышечной оболочки равномерно гипоинтенсивный, с четкими контурами.

3. Отсутствие характеристик из категории 2. Опухолевое поражение с экзофитным ростом без ножки или с широким основанием. Отсутствует утолщение слизистой оболочки (отсутствует полоска гиперинтенсивного МР-сигнала). Мышечная оболочка имеет однородный гипоинтенсивный МР-сигнал, без явного нарушения целостности.

4. Прерывание контура мышечной оболочки.

5. Распространение опухолевой ткани до перивезикальной жировой клетчатки.

Категории на основе ДКУ:

1. Раннее контрастное усиление мышечной оболочки отсутствует.

2. Раннее контрастное усиление мышечной оболочки отсутствует, отмечается раннее контрастное усиление слизистой оболочки.

3. Отсутствие характеристик из категории 2. Раннее контрастное усиление опухоли, без явного нарушения целостности мышечной оболочки.

4. Раннее контрастное усиление опухоли с локальным распространением на мышечную оболочку.

5. Раннее контрастное усиление опухоли с распространением на всю толщу стенки мочевого пузыря и перивезикальную клетчатку.

Категории на основе ДВИ:

1. Опухолевое поражение размером менее 10 мм, гиперинтенсивное на ДВИ и гипоинтенсивное на ИКД, с ножкой или без нее и/или утолщенной слизистой оболочкой, гипоинтенсивной на ДВИ. Мышечная оболочка с равномерным изоинтенсивным сигналом на ДВИ.

2. Опухолевое поражение размером более 10 мм, гиперинтенсивное на ДВИ и гипоинтенсивное на ИКД, с гипоинтенсивной ножкой и/или утолщенной, гипоинтенсивной на ДВИ слизистой оболочкой или опухоль на широком основании с утолщенной слизистой оболочкой с низкой или промежуточной интенсивностью сигнала на ДВИ. Мышечная оболочка с равномерным изоинтенсивным сигналом на ДВИ.

3. Отсутствие характеристик из категории 2. Опухолевое поражение гиперинтенсивное на ДВИ. Мышечная оболочка с изоинтенсивным сигналом на ДВИ, без явного нарушения целостности.

различных методик в рамках мпМРТ. При этом особое значение в определении вероятности мышечной инвазии имеют функциональные методики (ДВИ и ДКУ), на основании которых возможно как повысить, так и понизить итоговую категорию образования (рис. 4).

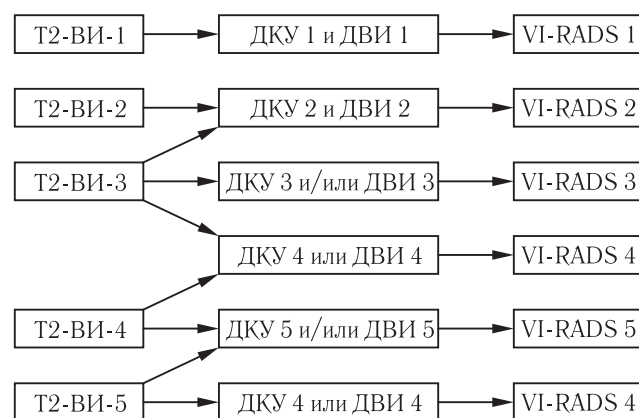


Рис. 4. Интерпретация совокупностей категорий последовательностей мпМРТ по системе VI-RADS

1. VI-RADS 1: мышечная инвазия крайне маловероятна (рис. 5).

2. VI-RADS 2: мышечная инвазия маловероятна (рис. 6).

3. VI-RADS 3: наличие мышечной инвазии сомнительно (рис. 7).

4. VI-RADS 4: мышечная инвазия вероятна (рис. 8).

5. VI-RADS 5: инвазия в мышечный слой и за пределы мочевого пузыря крайне вероятна (рис. 9).

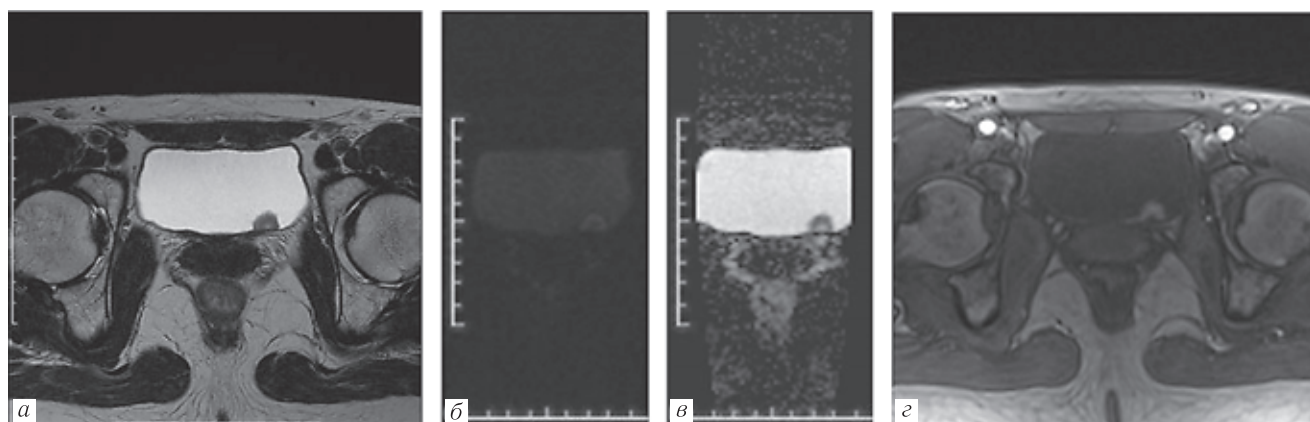


Рис. 5. МпМРТ мочевого пузыря (аксиальная плоскость): а — Т2-ВИ; б — ДВИ ($b > 800$ с/мм²); в — ИКД; з — ДКУ.

Экзофитная опухоль в области дна мочевого пузыря, размером менее 10 мм, изоинтенсивна на Т2-ВИ (а), умеренно гиперинтенсивна на ДВИ (б) и с умеренно сниженным ИКД (в), умеренно накапливает контрастное вещество (з). Мышечная оболочка интактна. Категория VI-RADS 1

4. Гиперинтенсивное на ДВИ и гипоинтенсивное на ИКД опухолевое поражение с локальным распространением на мышечную оболочку.

5. Гиперинтенсивное на ДВИ и гипоинтенсивное на ИКД опухолевое поражение с распространением на всю толщу стенки мочевого пузыря и перивезикальную клетчатку.

Итоговая категория образования мочевого пузыря определяется на основе интегральной оценки

Особенности клинического использования. Для МНИРМП важно знать стадию (pTa, pTis, и pT1) с целью выбора адекватного метода лечения. Необходимо отметить, что МРТ не позволяет визуализировать опухоль категории CIS в большинстве случаев. Исключение мышечной инвазии приобретает особое значение и характеризует опухоли критерия T1. Как показали многочисленные исследования, положенные в основу VI-RADS, МРТ может не

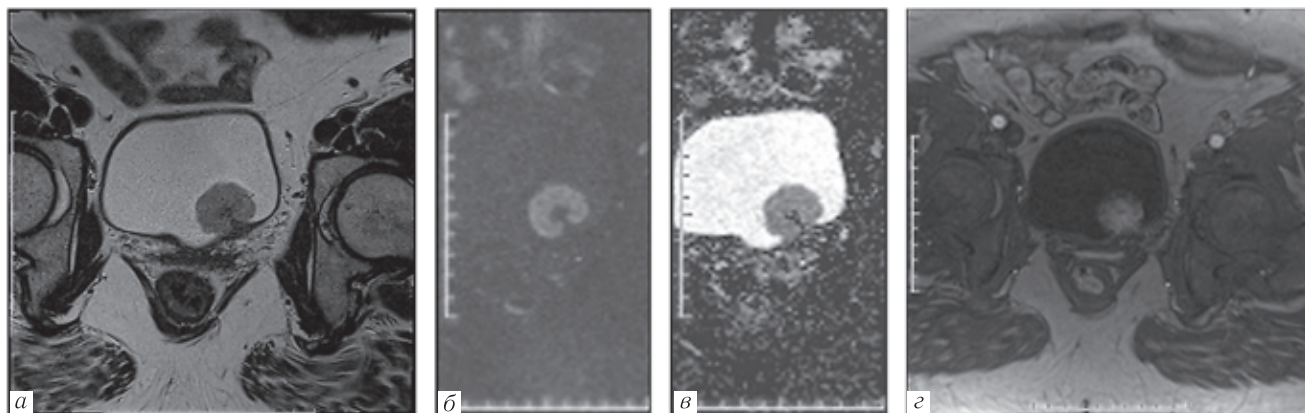


Рис. 6. МпМРТ мочевого пузыря (корональная плоскость): *а* — Т2-ВИ; *б* — ДВИ ($b > 800 \text{ с/мм}^2$); *в* — ИКД; *г* — ДКУ. Экзофитная опухоль мочевого пузыря в области устья левого мочеточника, размером более 10 мм, изоинтенсивна на Т2-ВИ (*а*), умеренно гиперинтенсивна на ДВИ (*б*) и с умеренно сниженным ИКД (*в*), умеренно накапливает контрастное вещество (*г*). Мышечная оболочка интактна. Категория VI-RADS 2

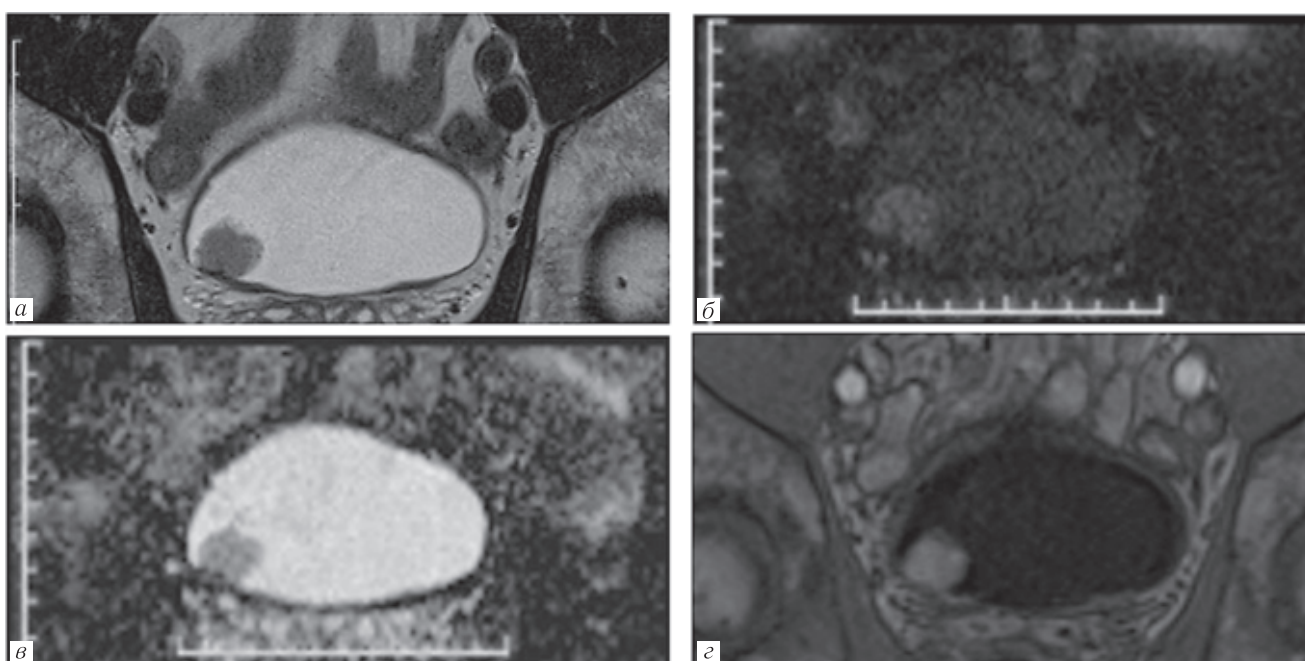


Рис. 7. МпМРТ мочевого пузыря (корональная плоскость): *а* — Т2-ВИ; *б* — ДВИ ($b > 800 \text{ с/мм}^2$); *в* — ИКД; *г* — ДКУ. Экзофитная опухоль правой боковой стенки мочевого пузыря, размером более 10 мм, изоинтенсивна на Т2-ВИ (*а*), умеренно гиперинтенсивна на ДВИ (*б*) и с умеренно сниженным ИКД (*в*), выражено накапливает контрастное вещество. Образование широко прилежит к мышечной оболочке, на постконтрастных изображениях отмечается раннее накопление контрастного вещества вдоль внутренней поверхности мышечной оболочки. Категория VI-RADS 3

только определить размер опухоли, но и предположить отсутствие мышечной инвазии, соответственно, определить тактику лечения. Возможно, в будущем путем совершенствования анатомических и функциональных методик окажется возможным предсказать ответ опухоли на проводимую консервативную терапию и выявить те образования, для которых первичный подход должен быть более радикальным [20].

Для инвазивных неметастатических РМП существуют различные лечебные подходы, которые зависят от точной стадии опухоли. Например, стадия может указывать на относительные преимущества неoadъювантной химиотерапии [21]. В связи с этим МРТ может помочь определить опухоли, которые могут быть удалены с помощью органосохраняющих

методик и химиолучевого лечения (унифокальные, при хорошей емкости мочевого пузыря). Также данные МРТ полезны при планировании радикальной ТУРМП [22].

Следует констатировать тот факт, что цистоскопия остается «золотым стандартом» для последующего наблюдения после лечения. При этом необходимость частых повторных осмотров привела к тому, что мпМРТ все чаще рассматривается как разумная альтернатива [23]. Как было представлено выше, было установлено, что качественные и количественные изменения на ДВИ и ДКУ коррелируют с патоморфологической и клинической картинами. Это имеет потенциально важное значение при прогнозировании чувствительности к проводимой терапии и при

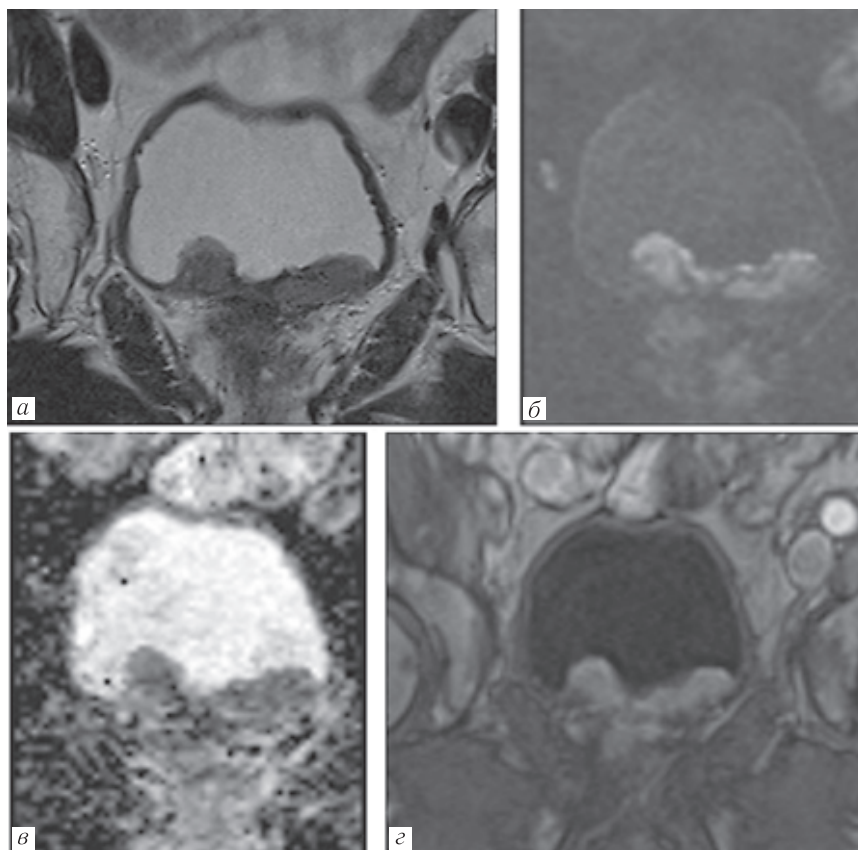


Рис. 8. МпМРТ изображения мочевого пузыря (корональная плоскость): *а* — Т2-ВИ; *б* — ДВИ ($b > 800 \text{ с/мм}^2$); *в* — ИКД; *г* — ДКУ. Опухоль области шейки мочевого пузыря, больших размеров, изоинтенсивна на Т2-ВИ (*а*), гиперинтенсивна на ДВИ (*б*) и с выраженным снижением ИКД (*в*), выражено неоднородно накапливает контрастное вещество (*г*). Отмечается инвазия мышечной оболочки без распространения в паравезикальную клетчатку. Категория VI-RADS 4

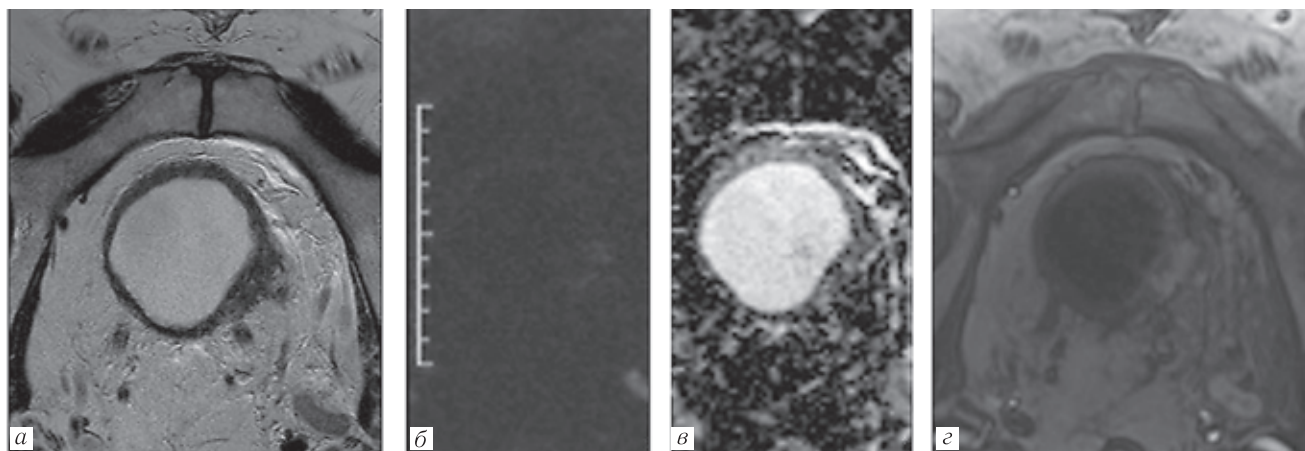


Рис. 9. МпМРТ мочевого пузыря (аксиальная плоскость): *а* — Т2-ВИ; *б* — ДВИ ($b > 800 \text{ с/мм}^2$); *в* — ИКД; *г* — ДКУ. Опухоль левой боковой стенки мочевого пузыря с минимальным внутрипузырным и выраженным инфильтративным ростом, изоинтенсивна на Т2-ВИ (*а*), гиперинтенсивна на ДВИ (*б*) и с умеренным снижением ИКД (*в*), умеренно накапливает контрастное вещество (*г*). Опухоль распространяется через всю толщу мышечной оболочки до паравезикальной клетчатки. Категория VI-RADS 5

мониторинге ответа на лечение, особенно у пациентов, которым проводят неоадьювантную химиотерапию или радикальную химиолучевую терапию.

Воспаление и грануляции после лечения приводят к неравномерному утолщению стенки мочевого пузыря, что проявляется гиперинтенсивным сигналом на Т2-ВИ. Это создает существенные трудности при дифференцировании РМП и доброкачественных изменений после проведенного лечения. В результате реальные показатели чувствительности, специ-

фичности и точности Т2-ВИ в оценке полного ответа на химиолучевую терапию остаются низкими (43, 45 и 44 соответственно) [24]. Более того, доброкачественные изменения могут сохраняться до 18–24 месяцев, что не позволяет рассматривать Т2-ВИ как достоверную методику для принятия обоснованных клинических решений [25].

Ограничения, связанные с дифференцировкой доброкачественных и злокачественных изменений после ТУРМП, могут успешно преодолеваться при примене-

нии функциональных методик: ДКУ и ДВИ [26]. Однако Wang и соавт. (2014) продемонстрировали, что ДВИ превосходит ДКУ при выявлении рецидива опухоли после ТУРМП или парциальной цистэктомии. Точность, чувствительность, специфичность и положительные прогностические значения ДВИ составляют 93, 100, 82 и 89% соответственно, по сравнению с 59, 81, 27 и 54% соответственно для ДКУ [18].

Логично, что полный ответ после индукционного лечения повышает выживаемость и позволяет отобрать кандидатов для последующей органосохраняющей операции. Наиболее распространенный алгоритм индукционной стратегии предполагает неоадьювантную химиотерапию, ТУРМП и химиолучевую терапию до 40 Гр. При полном ответе, который определяется по данным цистоскопии и биопсии, назначается курс консолидирующей химиолучевой терапии до общей дозы 64–65 Гр [27].

В этой связи важным являются результаты исследования Yoshida и соавт. (2012), продемонстрировавшего возможность применения мпМРТ для оценки терапевтического ответа на индукционную терапию [28]. По данным мпМРТ после индукционной химиолучевой терапии при T2–T4a N0M0 РМП было показано, что ДВИ значительно превосходят по специфичности (92%) и точности (80%) T2-ВИ (45 и 44%) и ДКУ (18% и 33%) при прогнозировании ответа. Однако для всех последовательностей отмечена достаточно низкая чувствительность при выявлении остаточной опухолевой ткани (43–57%).

Так было показано, что ДВИ до лечения помогают предположить чувствительность опухоли к индук-

ционной химиолучевой терапии. Чувствительные к лечению опухоли мочевого пузыря имели значительно более низкие значения ИКД, чем химиорезистентные опухоли (в среднем $0,63 \pm 10^{-3}$ мм²/с против $0,84 \times 10^{-3}$ мм²/с; $p=0,001$) [28].

У пациентов с опухолями в поздних стадиях, которые могут получать до шести циклов химиотерапии, с помощью ДКУ возможно прогнозировать общий ответ на химиотерапию после проведения двух циклов с большей чувствительностью, специфичностью и точностью по сравнению с методикой T2-ВИ [29].

Таким образом, мпМРТ является многообещающим инструментом для мониторинга ответа на лечение. Тем не менее немногочисленные на данный момент доступные исследования имеют либо небольшую выборку, либо существенные ограничения в дизайне исследований. На сегодняшний день существуют сложности в стандартизации сбора данных и их анализе, валидации и проспективного планирования в рамках рандомизированных мультицентровых клинических испытаний [30].

Заключение. Система VI-RADS, основанная на интегральной оценке данных мпМРТ с целью выявления симптомов опухолевого поражения стенки МП для оценки степени вероятности инвазии рака мочевого пузыря в мышечную оболочку, способна улучшить интерпретацию и клиническое использование данных МРТ. Существенными промежуточными задачами являются стандартизировать мпМРТ при сканировании пациентов с подозрением на РМП и усилить обратную связь при сопоставлении с данными патоморфологического исследования.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Svatek R.S., Hollenbeck B.K., Holmang S. et al. The economics of bladder cancer: costs and considerations of caring for this disease // *Eur. Urol.* 2014. Vol. 66. P. 253–262. DOI: 10.1016/j.eururo.2014.01.006.
2. Barentsz J.O., Ruijs S.H., Strijk S.P. The role of MR imaging in carcinoma of the urinary bladder // *AJR Am. J. Roentgenol.* 1993. Vol. 160. P. 937–947. DOI: 10.2214/ajr.160.5.8470608.
3. Woo S., Suh C.H., Kim S.Y., Cho J.Y., Kim S.H. Diagnostic performance of MRI for prediction of muscle-invasiveness of bladder cancer: a systematic review and meta-analysis // *Eur. J. Radiol.* 2017. Vol. 95. P. 46–55. DOI: 10.1016/j.ejrad.2017.07.021.
4. Huang L., Kong Q., Liu Z., et al. The Diagnostic value of MR imaging in differentiating T staging of bladder cancer: a meta-analysis // *Radiology.* 2018. Vol. 286. P. 502–511. DOI: 10.1148/radiol.2017171028.
5. Witjes J.A., Comperat E., Cowan N.C. et al. EAU guidelines on muscle-invasive and metastatic bladder cancer: summary of the 2013 guidelines // *Eur. Urol.* 2014. Vol. 65. P. 778–792. DOI: 10.1016/j.eururo.2013.
6. Fonteyne V., Ost P., Bellmunt J. et al. Curative treatment for muscle-invasive bladder cancer in elderly patients: a systematic review // *Eur. Urol.* 2018. Vol. 73. P. 40–50. DOI: 10.1016/j.eururo.2017.03.019.
7. Ma W., Kang S.K., Hricak H., Gerst S.R., Zhang J. Imaging appearance of granulomatous disease after intravesical Bacille Calmette-Guerin (BCG) treatment of bladder carcinoma // *AJR Am. J. Roentgenol.* 2009. Vol. 192. P. 1494–1500. DOI: 10.2214/AJR.08.1962.
8. Kim B., Semelka R.C., Ascher S.M., Chalpin D.B., Carroll P.R., Hricak H. Bladder tumor staging: comparison of contrast-enhanced CT, T1- and T2-weighted MR imaging, dynamic gadolinium-enhanced imaging, and late gadolinium-enhanced imaging // *Radiology.* 1994. Vol. 193. P. 239–245. DOI: 10.1148/radiology.193.1.8090898.
9. Johnson W., Taylor M.B., Carrington B.M., Bonington S.C., Swindell R. The value of hyoscine butylbromide in pelvic MRI // *Clin. Radiol.* 2007. Vol. 62. P. 1087–1093. DOI: 10.1016/j.crad.2007.05.007.
10. Panebianco V., Barchetti F., de Haas R.J. et al. Improving staging in bladder cancer: the increasing role of multiparametric magnetic resonance imaging // *Eur. Urol. Focus.* 2016. Vol. 2. P. 113–121. DOI: 10.1016/j.euf.2016.04.010.
11. Takeuchi M., Sasaki S., Ito M. et al. Urinary bladder cancer: diffusion-weighted MR imaging accuracy for diagnosing T stage and estimating histologic grade // *Radiology.* 2009. Vol. 251. P. 112–121. DOI: 10.1148/radiol.2511080873.

12. Donaldson S.B., Bonington S.C., Kershaw L.E. et al. Dynamic contrast-enhanced MRI in patients with muscle-invasive transitional cell carcinoma of the bladder can distinguish between residual tumour and post-chemotherapy effect // *Eur. J. Radiol.* 2013. Vol. 82. P. 2161–2168. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.08.008.
13. Zhou G., Chen X., Zhang J., Zhu J., Zong G., Wang Z. Contrast-enhanced dynamic and diffusion-weighted MR imaging at 3.0T to assess aggressiveness of bladder cancer // *Eur. J. Radiol.* 2014. Vol. 83. P. 2013–2018. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.08.012.
14. Narumi Y., Kadota T., Inoue E. et al. Bladder wall morphology: in vitro MR imaging-histopathologic correlation // *Radiology.* 1993. Vol. 187. P. 151–155. DOI: 10.1148/radiology.187.1.8451403.
15. Narumi Y., Kadota T., Inoue E. et al. Bladder tumors: staging with gadolinium-enhanced oblique MR imaging // *Radiology.* 1993. Vol. 187. P. 145–150. DOI: 10.1148/radiology.187.1.8451401.
16. Cheong J.J.W., Woodward P.J., Maria A., Davis C.J. From the archives of the AFIP inflammatory and nonneoplastic bladder masses: radiologic-pathologic objectives // *RadioGraphics.* 2006. Vol. 1595. P. 1847–1869. DOI: 10.1148/rg.266065126.
17. El-Assmy A., Abou-El-Ghar M.E., Refaie H.F., Mosbah A., El-Diasty T. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in follow-up of superficial urinary bladder carcinoma after transurethral resection: initial experience // *BJU Int.* 2012. Vol. 110E. P. 622–627. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2012.11345.x.
18. Wang H.J., Pui M.H., Guo Y., Yang D., Pan B.T., Zhou X.H. Diffusionweighted MRI in bladder carcinoma: the differentiation between tumor recurrence and benign changes after resection // *Abdom. Imaging.* 2014. Vol. 39. P. 135–141.
19. Seiji N., Shojiro M., Yasuyuki Y. *General Rule for Clinical and Pathological Studies on Renal Pelvic, Ureteral and Bladder Cancer.* 1st edn. Tokyo, Kanehara-publisher, 2011.
20. Wang F., Wu L.M., Hua X.L., Zhao Z.Z., Chen X.X., Xu J.R. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging in assessing bladder cancer invasiveness and cell proliferation // *J. Magn. Reson. Imaging.* 2018. Vol. 47. P. 1054–1060. DOI: 10.1002/jmri.25839.
21. International Collaboration of Trialists, Medical Research Council Advanced Bladder Cancer Working Party (now the National Cancer Research Institute Bladder Cancer Clinical Studies Group), European Organisation for Research and Treatment of Cancer Genito-urinary Tract Cancer Group. et al. International phase III trial assessing neoadjuvant cisplatin, methotrexate, and vinblastine chemotherapy for muscle-invasive bladder cancer: long-term results of the BA06 30894 trial // *J. Clin. Oncol.* 2011. Vol. 29. P. 2171–2177. DOI: 10.1200/JCO.2010.32.3139.
22. Seisen T., Sun M., Lipsitz S.R. et al. Comparative effectiveness of trimodal therapy versus radical cystectomy for localized muscle-invasive urothelial carcinoma of the bladder // *Eur. Urol.* 2017. Vol. 72. P. 483–487. DOI: 10.1016/j.eururo.2017.03.038.
23. Nguyen H.T., Jia G., Shah Z.K. et al. Prediction of chemotherapeutic response in bladder cancer using K-means clustering of dynamic contrast-enhanced (DCE)-MRI pharmacokinetic parameters // *J. Magn. Reson. Imaging.* 2015. Vol. 41. P. 1374–1382. DOI: 10.1002/jmri.24663.
24. Yoshida S., Koga F., Kawakami S., et al. Initial experience of diffusion-weighted magnetic resonance imaging to assess therapeutic response to induction chemoradiotherapy against muscle-invasive bladder cancer // *Urology.* 2010. Vol. 75. P. 387–391. DOI: 10.1016/j.urology.2009.06.111.
25. Johnson R.J., Carrington B.M., Jenkins J.P., Barnard R.J., Read G., Isherwood I. Accuracy in staging carcinoma of the bladder by magnetic resonance imaging // *Clin. Radiol.* 1990. Vol. 41. P. 258–263. DOI: 10.1016/S0009-9260(05)81661-7.
26. Barentsz J.O., Jager G.J., van Vierzen P.B. et al. Staging urinary bladder cancer after transurethral biopsy: value of fast dynamic contrast-enhanced MR imaging // *Radiology.* 1996. Vol. 201. P. 185–193. DOI: 10.1148/radiology.201.1.8816542.
27. Mak R.H., Hunt D., Shipley W.U. et al. Long-term outcomes in patients with muscle-invasive bladder cancer after selective bladder-preserving combined-modality therapy: a pooled analysis of radiation therapy oncology group protocols 8802, 8903, 9506, 9706, 9906, and 0233 // *J. Clin. Oncol.* 2014. Vol. 32. P. 3801–3809. DOI: 10.1200/JCO.2014.57.5548.
28. Yoshida S., Koga F., Kobayashi S. et al. Role of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in predicting sensitivity to chemoradiotherapy in muscle-invasive bladder cancer // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2012. Vol. 83. P. 21–27. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2011.11.065.
29. Schrier B.P., Peters M., Barentsz J.O., Witjes J.A. Evaluation of chemotherapy with magnetic resonance imaging in patients with regionally metastatic or unresectable bladder cancer // *Eur. Urol.* 2006. Vol. 49. P. 698–703. DOI: 10.1016/j.eururo.2006.01.022.
30. O'Connor J.P., Aboagye E.O., Adams J.E. et al. Imaging biomarker roadmap for cancer studies // *Nat. Rev. Clin. Oncol.* 2017. Vol. 14. P. 169–86. DOI: 10.1038/nrclinonc.2016.162.

Поступила в редакцию / Received by the Editor: 08.06.2019 г.

Контакт: Мищенко Андрей Владимирович, dr.mishchenko@mail.ru

Сведения об авторах:

Мищенко Андрей Владимирович — доктор медицинских наук, заведующий научным отделением диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; e-mail: dr.mishchenko@mail.ru;

Васильев Александр Викторович — врач-рентгенолог, врач ультразвуковой диагностики отделения лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; e-mail: alexandr-sigma@yandex.ru;

Петрова Анна Сергеевна — врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; e-mail: a.petrova.05@gmail.com;

Данилов Всеволод Вячеславович — клинический ординатор отделения лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н. Н. Петрова» МЗ РФ; 197758, Санкт-Петербург, п. Песочный, Ленинградская ул., д. 68; e-mail: sevadani50@gmail.com.