

PI-RADS v2.1: движение на пути к ясности (комментарии к обновленной версии)

Н.А. Рубцова¹, А.В. Мищенко^{2, 3, 4}, В.В. Данилов⁴, Г.А. Гулин⁵, Б.Я. Алексеев¹, А.Д. Каприн¹

¹Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; Россия, 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, 3;

²ГБУЗ г. Москвы «Городская клиническая онкологическая больница № 1 Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 105005 Москва, ул. Бауманская, 17/1;

³Научно-клинический и образовательный центр «Лучевая диагностика и ядерная медицина» медицинского факультета ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Россия, 199034 Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7–9;

⁴ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России; Россия, 197758 Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, 68;

⁵ГБУЗ СО «Свердловский областной онкологический диспансер», ООО «Европейский медицинский центр «УГМК-Здоровье»; Россия, 620144 Екатеринбург, ул. Шейнкмана, 113

Контакты: Наталья Алефтиновна Рубцова RNA17@yandex.ru

Ранее представленная система Prostate Imaging Reporting and Data System version 2 (PI-RADS v2) была разработана на основе консенсуса, достигнутого по результатам опубликованных исследований, содержащих экспертные и аналитические заключения. Многочисленные исследования, посвященные PI-RADS v2, не только подтвердили значимость унифицированной системы в диагностике рака предстательной железы, но и выявили ряд ее недостатков. В целях устранения недостатков, допущенных в системе PI-RADS v2, были предложены некоторые нововведения. Руководящий комитет PI-RADS рекомендовал внести изменения в PI-RADS v2, сохранив при этом структуру в виде определения числа баллов для отдельных методик и использования этих баллов для получения итоговой категории. Обновленная версия была опубликована как PI-RADS v2.1 в начале 2019 г. Ожидается, что использование PI-RADS v2.1 оптимизирует, упростит оценку результатов магнитно-резонансной томографии предстательной железы и уменьшит количество ошибок интерпретации. При этом планируется продолжить дальнейшие исследования, посвященные оценке клинической значимости данной системы при выборе лечебной стратегии и наблюдении за пациентами с высоким потенциалом развития клинически значимого рака предстательной железы.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, рак предстательной железы, PI-RADS

Для цитирования: Рубцова Н.А., Мищенко А.В., Данилов В.В. и др. PI-RADS v2.1: движение на пути к ясности (комментарии к обновленной версии). Онкоурология 2020;16(2):15–28.

DOI: 10.17650/1726-9776-2020-16-2-15-28



PI-RADS v2.1: moving towards clarity (comments on the updated version)

N.A. Rubtsova¹, A.V. Mishchenko^{2, 3, 4}, V.V. Danilov⁴, G.A. Gulin⁵, B.Ya. Alekseev¹, A.D. Kaprin¹

¹P.A. Herten Moscow Oncology Research Institute — branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia; 3 2nd Botkinskiy Proezd, Moscow 125284, Russia;

²City Clinical Oncology Hospital No. 1, Moscow Healthcare Department; 17/1 Baumanskaya St., Moscow 105005, Russia;

³Scientific Clinical and Educational Center “Radiation Diagnostics and Nuclear Medicine”, Medical Faculty, Saint Petersburg State University; 7–9 Universitetskaya Naberezhnaya, Saint Petersburg 199034, Russia;

⁴N.N. Petrov National Medical Research Center of Oncology, Ministry of Health of Russia; 68 Leningradskaya St., Pesochniki, Saint Petersburg 197758, Russia;

⁵Sverdlovsk Regional Oncology Center, Private Medical Center “UGMK-Health”; 113 Sheynkmana St., Ekaterinburg 620144, Russia

Previously presented Prostate Imaging Reporting and Data System version 2 (PI-RADS v2) system was developed on the basis of consensus that was achieved by the results of published studies containing expert and analytical conclusions. Numerous studies on PI-RADS v2, not only confirmed the importance of a unified system in the diagnosis of prostate cancer, but also revealed a number of limitations. In order to eliminate flaws of PI-RADS v2, a number of potential solutions were proposed. The PI-RADS Steering Committee recommended changes in PI-RADS v2, with maintaining the structure of sequence scoring and using these scores to obtain the final category. The updated version was published as PI-RADS v2.1 at the beginning of 2019. It is expected that the use of PI-RADS v2.1 will optimize and simplify the evaluation magnetic resonance imaging of prostate and reduce the number of interpretation errors. At the same time, it is necessary to continue further studies on the assessment of the clinical significance of this system when choosing a treatment strategy and monitoring patients with a high potential for the development of clinically significant prostate cancer.

Key words: magnetic resonance imaging, prostate cancer, PI-RADS

For citation: Rubtsova N.A., Mishchenko A.V., Danilov V.V. et al. PI-RADS v2.1: moving towards clarity (comments on the updated version). *Onkourologiya = Cancer Urology* 2020;16(2):15–28. (In Russ.).

Предпосылки для обновления системы PI-RADS v2

Без сомнения, концепция мультипараметрической магнитно-резонансной томографии (мпМРТ) сегодня доминирует в вопросах выявления и стратификации риска развития клинически значимого рака предстательной железы (кзРПЖ) [1, 2]. Разработаны требования по стандартизации методики сканирования и правила интерпретации [3]. Для легитимизации этих требований авторитетными сообществами специалистов ACR (American College of Radiology) и ESUR (European Society of Uroradiology) при поддержке фонда AdMeTech была создана международная экспертная группа для разработки критериев системы Prostate Imaging Reporting and Data System version 2 (PI-RADS v2) [4]. Концепция PI-RADS v2 предложена для стандартизации техники получения изображений и правил интерпретации данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) предстательной железы (ПЖ), что является критически важным для взаимодействия специалистов, занимающихся диагностикой и лечением рака предстательной железы (РПЖ), и проведения многоцентровых исследований. Система PI-RADS v2 получила международное признание среди радиологического и урологического сообществ, широко используется не только в повседневной практике, но и в рамках научных исследований, результаты которых продемонстрировали ключевое значение унифицированного подхода в выявлении кзРПЖ [5–12].

Система PI-RADS v2 была разработана на основе консенсуса по опубликованным данным, результатам экспертных наблюдений и заключений. В конце 2014 г., после 3 лет разработки, система была размещена онлайн (<https://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/PIRADS>) для ознакомления и обсуждения и далее опубликована в начале 2016 г. [13, 14]. Впоследствии данные многочисленных исследований подтвердили ценность PI-RADS v2, но, как и ожидалось, результаты работ выявили некоторые противоречия и ограничения. Например, заключения специалистов МРТ могли достаточно сильно варьировать между собой [15, 16]. Также был отмечен ряд спорных критериев оценки, которые требовали уточнения или корректировки [17]. Кроме этого, с накоплением опыта появился новый взгляд на технические характеристики, используемые в протоколах мпМРТ.

Для решения этих вопросов руководящий комитет PI-RADS рекомендовал внести несколько изменений во 2-ю версию, обновив ее до PI-RADS v2.1 [18].

Методологические обновления различных компонентов мультипараметрической магнитно-резонансной томографии

В PI-RADS v2.1 был включен ряд изменений технических параметров сканирования для повышения качества изображений мпМРТ.

Технические обновления протокола Т2-взвешенных изображений

В связи с тем, что наличие капсулы у узла гиперплазии – критерий, определяющий его характер, позволяя его отнести к «типичным» или «атипичным», отличием версии PI-RADS v2.1 от PI-RADS v2 являются более жесткие рекомендации в отношении необходимого количества плоскостей сканирования в режиме Т2-взвешенных изображений (ВИ). В обновленной версии Т2-ВИ всегда должны быть получены в аксиальной плоскости (по отношению к телу пациента или в наклонной аксиальной плоскости по оси ПЖ) и как минимум еще в одной дополнительной ортогональной плоскости (т.е. сагиттальной и/или коронарной). Такая рекомендация основана на том, что не всегда можно оценить капсулу узла по протяженности (ее наличие или фрагментарное отсутствие) на всем протяжении в одной плоскости исследования.

Технические обновления протокола диффузионно-взвешенных изображений

Для создания карт измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) в PI-RADS v2 было рекомендовано использовать низкое значение b-фактора в пределах от 50 до 100 с/мм² в целях исключения «загрязнения» карт ИКД «перфузионными» и «Т2»-эффектами. Несколько лет назад считалось, что эти эффекты критически влияют на качество диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ). Впоследствии было установлено, что для некоторых МРТ-систем использование минимального b-фактора в пределах 50–100 с/мм² технически оказалось сложнее, чем значения b-фактора 0 с/мм². Также было доказано, что «перфузионные» эффекты не оказывают столь существенного влияния на клиническую интерпретацию ДВИ.

С другой стороны, установлено, что эффект диффузионного куртозиса, возникающий при использовании значений b-фактора >1000 с/мм², может существенно повлиять на расчет ИКД. Поэтому в PI-RADS v2.1 при расчете ИКД не рекомендуется использование максимального значения b-фактора >1000 с/мм² [19].

В связи с вышеизложенным в официальной формулировке PI-RADS v2.1 технические характеристики для ДВИ были зафиксированы следующим образом: «для расчета карты ИКД рекомендуется использовать одно низкое значение b-фактора, равное 0–100 с/мм² (предпочтительно 50–100 с/мм²), и одно высокое значение b-фактора 800–1000 с/мм². Максимальное значение b-фактора ≥ 1400 с/мм² также обязательно и должно быть получено при отдельном сборе данных или рассчитано при экстраполяции низких и высоких значений b-фактора. Использование максимального значения b-фактора (>1000 с/мм²) в расчете карт ИКД не рекомендовано».

Технические обновления протокола динамического контрастного усиления

Как известно, в системе PI-RADS v2 был уже сточен подход к интерпретации результатов МРТ с динамическим контрастным усилением (ДКУ) в виде сокращения временного интервала между сбором данных ≤ 10 с (предпочтительно временное разрешение < 7 с). Однако в последующих исследованиях не была доказана дополнительная диагностическая ценность такого сбора данных [20, 21]. Также это потенциально может привести к потере качества изображений, в том числе за счет низкого пространственного разрешения. Поэтому в PI-RADS v2.1 технические требования для временного разрешения были увеличены до ≤ 15 с. Тем не менее допускается, что более частый временной интервал может быть выбран, если достигнут необходимый баланс пространственного разрешения и качества изображений.

Кроме этого, в PI-RADS v2 была указана равнозначность технологий двумерного (2D) или трехмерного (3D) способов сбора данных при ДКУ. Однако с учетом факта широкой доступности 3D-последовательностей ДКУ в современных магнитно-резонансных системах и однозначного мнения экспертного комитета о том, что 3D-сбор данных имеет преимущество в соотношении сигнал/шум, в версии PI-RADS v2.1 появилась обновленная редакция: «могут быть использованы 2D или 3D T1-ВИ с применением технологии градиентного эха (GRE), но 3D T1-ВИ GRE является более предпочтительной технологией».

Обновления критериев интерпретации

Наиболее существенные изменения критериев интерпретации данных мпМРТ в PI-RADS v2.1 по сравнению с PI-RADS v2 коснулись оценки центральной (ЦЗ), транзитной (ТЗ) зон и передней фибромускулярной стромы (ПФМС) [22]. Осуществлен пересмотр категорий 2 и 3 для ДВИ, представлены дополнения в определении критериев положительного и отрицательного паттернов ДКУ.

Обновленная оценка поражений в центральной зоне и передней фибромускулярной строме

В системе PI-RADS v2 были сформулированы критерии оценки для передней зоны (ПЗ) и ТЗ на основании доминантных последовательностей, имеющих наибольшую информативность в диагностике кЗРПЖ, с учетом гистологических особенностей строения данных анатомических структур. В версии PI-RADS v2.1 дополнительно определены критерии оценки для ЦЗ и ПФМС, что также продиктовано особенностями их визуализации, обусловленными гистологической принадлежностью и топографо-анатомическим расположением.

Центральная зона. В норме неизменная ЦЗ, по сравнению с окружающей тканью ПЗ, имеет сигнал сниженной интенсивности на T2-ВИ и карте ИКД и умеренно повышенный сигнал на ДВИ с высоким значением b-фактора. При ДКУ ЦЗ характеризуется отсутствием раннего накопления. Визуализация ЦЗ зависит от уровня исследования и определяется ее топографо-анатомическими особенностями. На коронарных изображениях ЦЗ определяется в форме треугольника с вершиной, обращенной к апексу. Поэтому на аксиальных срезах, полученных на уровне базальных отделов ПЖ, ЦЗ визуализируется в виде 2 симметрично расположенных структур, окружающих семявыбрасывающие протоки, тогда как на уровне средней трети ПЖ ЦЗ визуализируется как единая структура, локализованная между уретрой и семявыбрасывающими протоками, сливающимися на уровне семенного бугорка (рис. 1, 2) [23].

Ошибки диагностики, связанные с интерпретацией ЦЗ, обусловлены, с одной стороны, недостаточным пониманием анатомии либо нарушением топографо-анатомических особенностей за счет узлов гиперплазии, деформирующих и смещающих ЦЗ, с другой — небольшой частотой возникновения РПЖ в данной зоне (не превышает 3–7 % всех случаев РПЖ). Чаще встречается вторичное вовлечение ЦЗ за счет инвазивного роста опухоли, развивающейся из прилежащих отделов ПЗ или ТЗ.

Низкоинтенсивный сигнал на T2-ВИ в сочетании с низким сигналом на карте ИКД и изо-/слабоинтенсивным сигналом на ДВИ с высоким значением b-фактора при отсутствии раннего очагового усиления при ДКУ в проекции ЦЗ свидетельствует об отсутствии опухолевого роста (рис. 3). В тех случаях, когда отмечается асимметрия ЦЗ на T2-ВИ, низкий сигнал на карте ИКД сопровождается повышением сигнала на ДВИ с высоким значением b-фактора и появляется раннее очаговое накопление контраста при ДКУ, картина соответствует проявлениям опухолевого роста, возникшего либо непосредственно в ЦЗ, либо вторичным ее вовлечением опухолью из окружающей паренхимы ТЗ и ПЗ, что встречается значительно чаще (рис. 4).

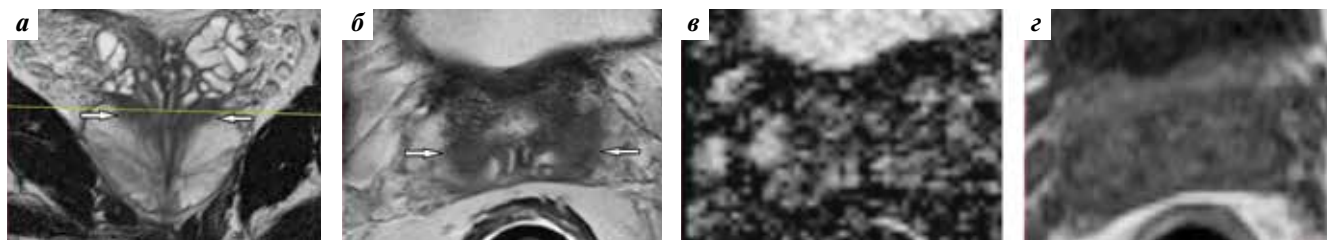


Рис. 1. Магнитно-резонансные томограммы предстательной железы у пациента 67 лет с верифицированным раком предстательной железы локализованным в периферической зоне справа (сумма баллов по шкале Глисона 4 + 3): а – T2-взвешенное изображение (ВИ) в коронарной проекции, горизонтальная линия демонстрирует уровень аксиальных срезов на уровне базальных отделов предстательной железы; б – T2-ВИ в аксиальной проекции; в – карта измеряемого коэффициента диффузии (ИКД); г – динамическое контрастное усиление (ДКУ). На коронарных и аксиальных T2-ВИ определяются симметричные билатеральные, хорошо очерченные, однородно гипоинтенсивные структуры, соответствующие неизменной центральной зоне (стрелки), которая имеет низкоинтенсивный сигнал на карте ИКД и характеризуется отсутствием очагового контрастирования при ДКУ

Fig. 1. Prostate magnetic resonance imaging of a 67-year-old patient with histologically proven prostate cancer localized in the right peripheral zone (Gleason score is 4 + 3): a – coronal T2 weighted image (WI), the horizontal line representing the axial planes level at the base of prostate; б – axial T2-WI; в – apparent diffusion coefficient (ADC) map; г – dynamic contrast enhancement (DCE). Axial and coronal T2-WI showing symmetric bilateral, well-defined homogeneous, hypointense structures corresponding to the normal central zone (arrows), which demonstrates a hypointense signal on ADC map, without any focal contrast enhancement in DCE

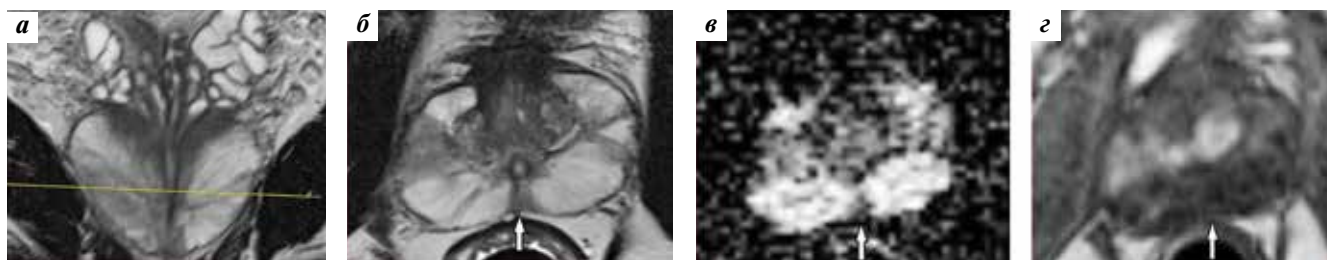


Рис. 2. Магнитно-резонансные томограммы предстательной железы у пациента 67 лет с верифицированным раком предстательной железы, локализованным в периферической зоне справа (сумма баллов по шкале Глисона 4 + 3): а – T2-взвешенное изображение (ВИ) в коронарной проекции, горизонтальная линия демонстрирует уровень аксиальных срезов на уровне средней трети железы; б – T2-ВИ в аксиальной проекции; в – карта измеряемого коэффициента диффузии (ИКД); г – динамическое контрастное усиление (ДКУ). Неизменная центральная зона (стрелки) определяется на аксиальных T2-ВИ в виде центрально расположенной, однородно гипоинтенсивной структуры в сочетании с низкоинтенсивным сигналом на картах ИКД. В отличие от опухоли, локализованной в латеральных отделах периферической зоны правой доли предстательной железы, в неизменной центральной зоне отсутствует очаговое контрастирование при ДКУ

Fig. 2. Prostate magnetic resonance imaging of a 67-year-old patient with histologically proven prostate cancer localized in the right peripheral zone (Gleason score is 4 + 3): а – coronal T2 weighted image (WI), the horizontal line representing the axial planes at the middle third of the gland; б – axial T2-WI; в – apparent diffusion coefficient (ADC) map; г – dynamic contrast enhancement (DCE). The normal central zone (arrows) defined on axial T2-WI as well-defined homogeneous, hypointense structure in the median posterior location. The central zone demonstrates a hypointense signal on ADC maps, without any focal contrast enhancement in DCE, compared to tumor in the lateral sector of the right peripheral zone of the prostate

Передняя фибромускулярная строма. Гистологическая структура ПФМС представлена продольными гладкомышечными и фиброзными волокнами, покрывающими переднюю поверхность ПЖ в виде плотного тяжа стромальной ткани, связанной с гладкомышечными волокнами, вплетающимися в стенку мочевого пузыря. Неизменная ПФМС имеет симметричную серповидную форму на поперечном срезе и характеризуется гипоинтенсивным сигналом на T2-ВИ, картах ИКД и ДВИ с высоким значением b-фактора. Сигнальные характеристики от ПФМС схожи с таковыми от запирающих мышц или мышц тазового дна. Следует отметить, что, как и в случае с ЦЗ, при ДКУ в неизменной ПФМС будет отсутствовать раннее очаговое накопление (рис. 5). Напомним, что исходно РПЖ не может развиваться в ПФМС из-за отсутствия в ее

структуре железистой ткани, что не исключает возможности развития других гистологических типов опухолей, таких как саркома. Не исключено и вторичное вовлечение ПФМС при инвазивном росте РПЖ, исходящего из рядом расположенных отделов ТЗ и переднебоковых отделов ПЗ. Очаг опухолевого поражения в ПФМС, как правило, сопровождается асимметрией и неравномерным увеличением объема и характеризуется повышенным, по сравнению с мышцами таза, сигналом на T2-ВИ, высокой интенсивностью сигнала на ДВИ с высоким значением b-фактора, низкой интенсивностью сигнала на картах ИКД по сравнению с прилежащими мышцами таза и неизменной частью ПФМС, а также ранним накоплением контраста при ДКУ (рис. 6) [24]. Поскольку РПЖ не может развиваться из ПФМС, при обнаружении в ней

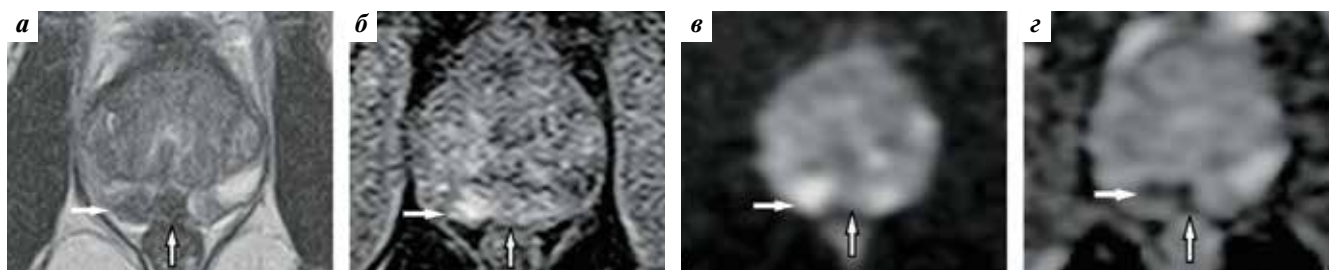


Рис. 3. Магнитно-резонансные томограммы предстательной железы у пациента 59 лет с верифицированным раком предстательной железы (сумма баллов по шкале Глисона 4 + 3): а — T2-взвешенное изображение (ВИ) в аксиальной проекции на уровне средней трети предстательной железы; б — динамическое контрастное усиление (ДКУ); в — диффузионно-взвешенное изображение (ДВИ); г — карта измеряемого коэффициента диффузии (ИКД). Неизменная центральная зона (вертикальные стрелки) демонстрирует низкоинтенсивный сигнал на T2-ВИ и картах ИКД, изоинтенсивный сигнал на ДВИ и отсутствие очагового контрастирования при ДКУ. Очаг клинически значимого рака в задних отделах периферической зоны правой доли предстательной железы (горизонтальные стрелки), прилежащий к центральной зоне, демонстрирует низкоинтенсивный сигнал на T2-ВИ и картах ИКД, гиперинтенсивный сигнал на ДВИ и раннее очаговое накопление контраста при ДКУ

Fig. 3. Prostate magnetic resonance imaging of a 59-year-old patient with histologically proven prostate cancer (Gleason score is 4 + 3): а — axial T2-weighted image (WI) at the middle third of the gland; б — dynamic contrast enhancement (DCE); в — diffusion-weighted image (DWI); г — apparent diffusion coefficient (ADC) map. The normal central zone (vertical arrows) shows hypointense signal on T2-WI and ADC map, isointense signal on DWI and no focal contrast enhancement in DCE. The focus of the clinically significant prostate cancer in the posterior location of the right peripheral zone (horizontal arrows) near to the central zone demonstrates a hypointense signal on T2-WI and ADC map, hyperintense signal on DWI and early focal contrast enhancement in DCE

подозрительного очага следует применять критерии PI-RADS v2.1 для ПЗ или ТЗ в зависимости от того, из какой зоны наиболее вероятно распространяется поражение [25].

Обновленная оценка транзитной зоны

Следует понимать, что доброкачественная гиперплазия ПЖ (ДГПЖ) — клинический диагноз, отражающий наличие гиперпластического процесса, сопровождающегося формированием узлов железистой и стромальной гиперплазии в ТЗ. Признаки ДГПЖ встречаются у большинства мужчин, которым проводят МРТ при подозрении на РПЖ. Часто выраженные по данным МРТ проявления ДГПЖ существенно затрудняют определение категории PI-RADS, при этом в редакции PI-RADS v2.1 даны более четкие рекомендации по трактовке таких изменений и внесены уточнения по их критериям оценки.

Что оценивается в транзитной зоне

Согласно рекомендациям PI-RADS v2.1 в ТЗ на T2-ВИ или ДВИ должны быть оценены очаги или участки с характеристиками, которые либо ассоциированы со злокачественным поражением, либо отличаются от преобладающего окружающего фона:

- участок/зона между узлами с более выраженным ограничением диффузии, чем в окружающих тканях (на изображениях с высоким значением b-фактора и на картах ИКД);
- узел с очевидным ограничением диффузии по сравнению с фоном (на изображениях с высоким значением b-фактора и на картах ИКД);
- очаг, который отличается по структуре от других (фоновых изменений);

- узлы с отсутствием четкой капсулы, линзовидной формы или проявляющие на T2-ВИ признаки инвазии, даже если они не отличаются от окружающих тканей по ограничению диффузии.

Другие изменения в виде схожих очагов ограничения диффузии, определяемых во всей ТЗ, следует рассценивать как особенность фона.

Как оцениваются изменения в транзитной зоне.

Как и в предыдущих версиях системы PI-RADS, для оценки очагов в ТЗ доминирующей последовательностью являются T2-ВИ. В PI-RADS v2 категорией 1 по T2-ВИ обозначалась неизменная ТЗ (при отсутствии узловых образований). Для «типичных» узлов при ДГПЖ (круглые, четко очерченные, полностью или частично инкапсулированные) на T2-ВИ ранее была определена категория 2. В связи с тем, что изменения в виде ДГПЖ в ТЗ присутствуют у большинства мужчин, а также ввиду малой вероятности обнаружения в «типичных» узлах ДГПЖ кЗРПЖ по версии PI-RADS v2.1 выявление ДГПЖ считается условной нормой и оценивается как категория 1 (рис. 7) [26, 27]. Как и ранее, маркировать, выносить в заключение «типичные» узлы ДГПЖ необязательно. Если нет других находок, должна быть указана категория 1 по PI-RADS v2.1 (кЗРПЖ крайне маловероятен).

Однако в соответствии с PI-RADS v2.1, если узлы в ТЗ не полностью или частично инкапсулированы, они признаются «атипичными», в связи с чем по T2-ВИ им присваивается категория 2.

Несмотря на то что оценка по T2-ВИ является доминирующей и определяет категорию PI-RADS в ТЗ, тем не менее, ограничение диффузии признается в PI-RADS v2.1 достаточно весомым признаком злокачественности. Ранее в соответствии с PI-RADS v2 для

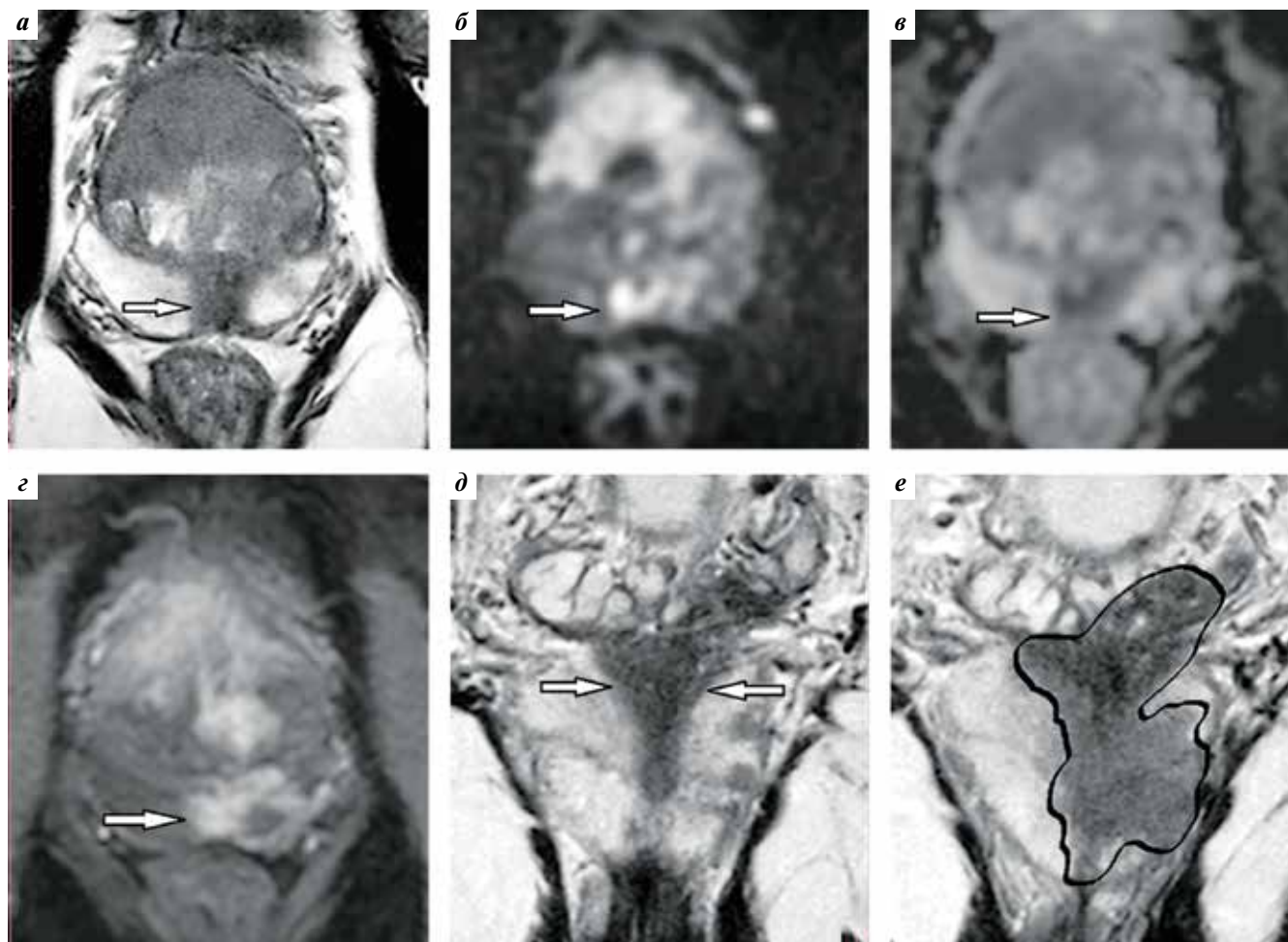


Рис. 4. Магнитно-резонансные томограммы предстательной железы у пациента 72 лет с верифицированным раком предстательной железы (сумма баллов по шкале Глисона 4 + 4): а – T2-взвешенное изображение (ВИ) в аксиальной проекции на уровне средней трети предстательной железы; б – диффузионно-взвешенное изображение (ДВИ); в – карта измеряемого коэффициента диффузии (ИКД); г – динамическое контрастное усиление (ДКУ); д, е – T2-ВИ в коронарной плоскости. Центральная зона, инфильтрированная опухолью (стрелки), демонстрирует низкоинтенсивный сигнал на T2-ВИ и картах ИКД, гиперинтенсивный сигнал на ДВИ и раннее очаговое накопление контраста при ДКУ. Опухолевые массы максимально локализованы в передних отделах предстательной железы, вовлекают все анатомические зоны: передняя фибромускулярная строма, транзитная, периферическая и центральная зоны, с экстрапростатической инвазией и вовлечением левого семенного пузырька (на коронарном T2-ВИ обведены черным – е)

Fig. 4. Prostate magnetic resonance imaging of a 72-year-old patient with histologically proven prostate cancer (Gleason score is 4 + 4): а – axial T2-weighted image (WI) at the middle third of the prostate; б – diffusion-weighted image (DWI); в – apparent diffusion coefficient (ADC) map; г – dynamic contrast enhancement (DCE); д, е – coronal T2-WI. The central zone is infiltrated by tumor (arrows), it demonstrates hypointense signal on T2-WI and ADC map, hyperintense signal on DWI and early focal contrast enhancement in DCE. Tumor masses are predominantly localized in the anterior parts of the prostate and involving all the anatomical zones: anterior fibromuscular stroma, transition zone, peripheral zone, central zone, with extraprostatic invasion and left seminal vesicle invasion (black shaped on coronal T2-WI – е)

очагов в ТЗ ДВИ не имели формального значения и не принимались во внимание при определении категории. На основании наблюдений именно «атипичные» узлы в ТЗ могут соответствовать РПЖ, а ДВИ могут давать дополнительную информацию при дифференциальной диагностике выявленных изменений. Поэтому в PI-RADS v2.1 ДВИ были включены в систему оценки категории при условии признания узлов ДГПЖ «атипичными», т.е. когда на T2-ВИ узлам присвоена категория 2, а на ДВИ в них отмечается выраженное ограничение диффузии (категория на

ДВИ ≥ 4), финальная категория PI-RADS должна быть повышена до 3 (рис. 8). Модифицированный алгоритм общей схемы подсчета категории для ТЗ в соответствии с системой PI-RADS v2.1 отражен в таблице.

Следует заметить, что слабое или умеренное ограничение диффузии часто встречается в большинстве инкапсулированных и неинкапсулированных узлов, выявленных в ТЗ. Такие изменения могут соответствовать участкам стромальной гиперплазии, которым присваивается категория 1 или 2 по T2-ВИ, при этом категория 3 по ДВИ, соответствующая слабому либо

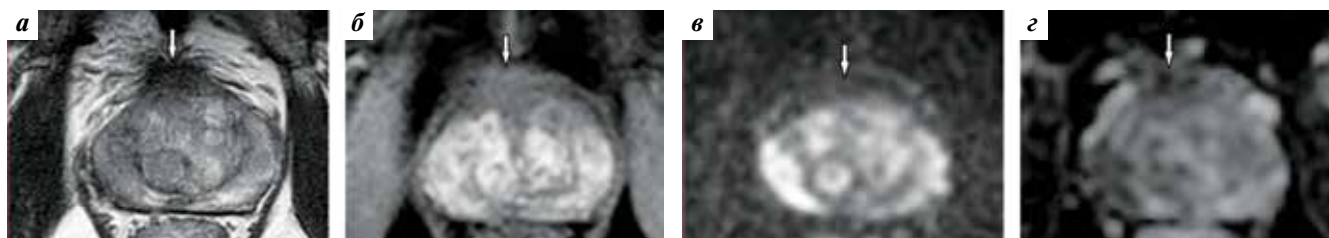


Рис. 5. Магнитно-резонансные томограммы предстательной железы у пациента 62 лет с верифицированным раком предстательной железы (сумма баллов по шкале Глисона 3 + 4), локализованным в периферической зоне справа: а – T2-взвешенное изображение (ВИ) в аксиальной проекции на уровне средней трети предстательной железы; б – динамическое контрастное усиление (ДКУ); в – диффузионно-взвешенное изображение (ДВИ); г – карта измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) на уровне средней трети предстательной железы. Неизмененная передняя фибромускулярная строма (стрелки) характеризуется низкоинтенсивным сигналом на T2-ВИ, ДВИ и карте ИКД в сочетании с отсутствием очагового контрастирования при ДКУ

Fig. 5. Prostate magnetic resonance imaging of a 62-year-old patient with histologically proven prostate cancer (Gleason score is 3 + 4) localized in the peripheral zone of the right lobe: а – axial T2-weighted image (WI) at the middle third of the prostate gland; б – dynamic contrast enhancement (DCE); в – diffusion-weighted image (DWI); г – apparent diffusion coefficient (ADC) map. The normal anterior fibromuscular stroma (arrows) shows a hypointense signal on T2-WI, DWI and ADC map, there is no focal contrast in DCE

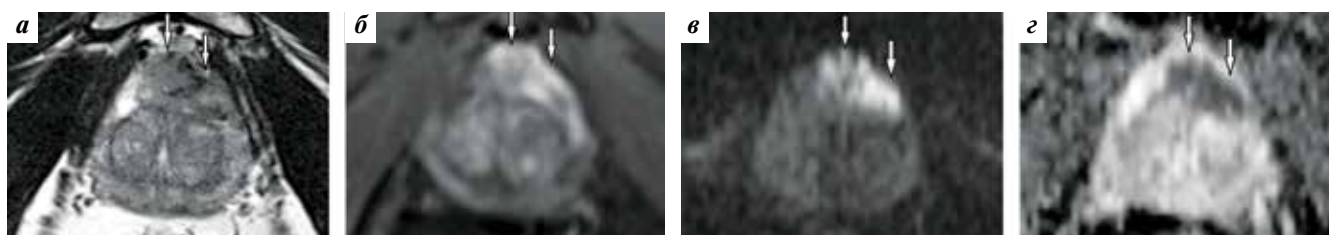


Рис. 6. Магнитно-резонансные томограммы предстательной железы у пациента 57 лет с верифицированным раком предстательной железы (сумма баллов по шкале Глисона 4 + 5): а – T2-взвешенное изображение (ВИ) в аксиальной проекции на уровне средней трети предстательной железы; б – динамическое контрастное усиление (ДКУ); в – диффузионно-взвешенное изображение (ДВИ); г – карта измеряемого коэффициента диффузии (ИКД). Передняя фибромускулярная строма инфильтрирована опухолью (стрелки), характеризующаяся выражено низкоинтенсивным сигналом на T2-ВИ и карте ИКД, высокоинтенсивным сигналом на ДВИ и фокальным контрастированием при ДКУ

Fig. 6. Prostate magnetic resonance imaging of a 57-year-old patient with histologically proven prostate cancer (Gleason score is 4 + 5): а – axial T2-weighted image (WI) at the middle third of the prostate gland; б – dynamic contrast enhancement (DCE); в – diffusion-weighted image (DWI); г – apparent diffusion coefficient (ADC) map. The anterior fibromuscular stroma involved by the tumor (arrows), characterized by a markedly hypointense signal on T2-WI and ADC map, a markedly hyperintense signal on DWI and focal contrast enhancement in DCE

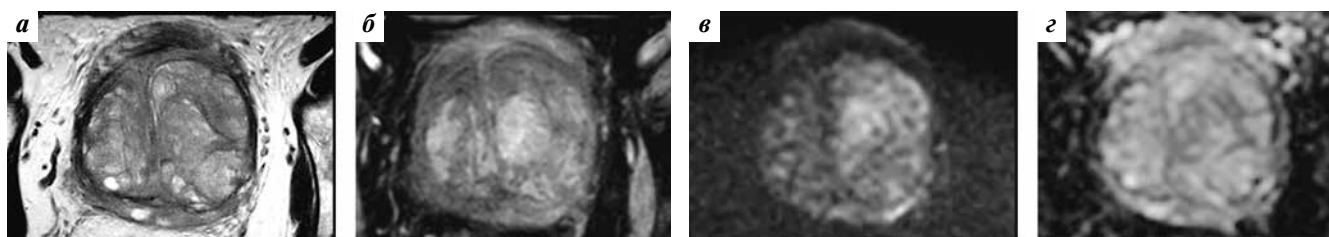


Рис. 7. Магнитно-резонансные томограммы предстательной железы у пациента 59 лет с подозрением на рак предстательной железы (уровень простатического специфического антигена 7,2 нг/мл): а – T2-взвешенное изображение в аксиальной плоскости на уровне в средней трети предстательной железы; б – динамическое контрастное усиление; в – диффузионно-взвешенное изображение; г – карта измеряемого коэффициента диффузии. Транзиторная зона с «типичными» узлами доброкачественной гиперплазии (категория 1 по системе PI-RADS v2.1)

Fig. 7. Magnetic resonance imaging of prostate of a 59-year-old patient with suspicion prostate cancer (prostate specific antigen 7.2 ng/ml): а – axial T2-weighted image at the middle third of the prostate gland; б – dynamic contrast enhancement; в – diffusion-weighted image; г – apparent diffusion coefficient map. The transitional zone is represented by “typical” nodes of benign hyperplasia (PI-RADS v2.1 category 1)

умеренному ограничению диффузии, не повышает общую категорию (рис. 9, 10). В свою очередь, для частично инкапсулированных или неинкапсулированных узлов явное ограничение диффузии (категория по ДВИ, соответствующая 4 или 5) требует повышения общей категории до 3. При определении категории узлов по

T2-ВИ следует помнить, что оценка формы узлов и контуров выполняется не менее чем в 2 плоскостях. Овальная или сферическая форма и особенно кистозные включения являются «типичными» характеристиками для доброкачественных узлов железистой гиперплазии.

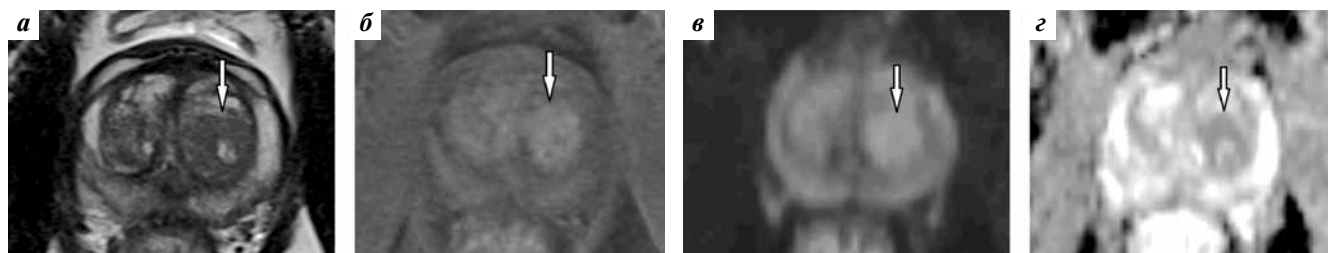


Рис. 8. Магнитно-резонансные томограммы предстательной железы у пациента 61 года с верифицированным раком предстательной железы (прицельная fusion-биопсия, сумма баллов по шкале Глисона 3 + 4) в аксиальной плоскости на одном уровне в средней части: а – T2-взвешенное изображение (ВИ); б – T1-ВИ с динамическим контрастным усилением; в – диффузионно-взвешенное изображение (ДВИ) с b-фактором 800; г – карта измеряемого коэффициента диффузии. Узел в транзитной зоне левой доли предстательной железы (стрелки). Узел не имеет четкой капсулы: T2 категория – 2 и ДВИ категория – 4, повышающая итоговую категорию до 3 по системе PI-RADS v2.1

Fig. 8. Magnetic resonance imaging of prostate of 61-year-old patient with histologically proven prostate cancer (target fusion-biopsy, Gleason score is 3 + 4): а – axial T2-weighted image (WI) at the middle third of the prostate gland; б – dynamic contrast enhancement; в – diffusion-weighted image (DWI); г – apparent diffusion coefficient map. There is node in the transitional zone of the left lobe of prostate (arrows). The node has unclear or missing borders: T2 category – 2 and DWI category – 4, which increasing final category of PI-RADS v2.1 to 3

Система оценки категории для транзитной зоны в соответствии с системой PI-RADS v2.1

Transient zone assessment in accordance with PI-RADS v2.1

Т2-взвешенное изображение T2-weighted image	Диффузионно-взвешенное изображение Diffusion-weighted image	Динамическое контрастное усиление Dynamic contrast enhancement	Общая категория по системе PI-RADS v2.1 PI-RADS v2.1 category
1	Любая Any	Любая Any	1
2	<3	Любая Any	2
	>4	Любая Any	3
3	<4	Любая Any	3
	5	Любая Any	4
4	Любая Any	Любая Any	4
5	Любая Any	Любая Any	5

Таким образом, в PI-RADS v2.1 для очагов в ТЗ оценка по Т2-ВИ изменена следующим образом:

- категория 1 – нормальная однородная структура ТЗ, что встречается редко у мужчин среднего и пожилого возраста, или наличие округлых, полностью инкапсулированных («типичных») узлов;
- категория 2 – субтотально инкапсулированный узел или однородный узел без инкапсуляции («атипичный»), или однородный участок незначительного снижения магнитно-резонансного сигнала между окружающими узлами гиперплазии;
- категория 3 – зоны неоднородного, умеренно гипоинтенсивного сигнала с нечеткими контурами, включая те, которые не подходят под категории 2, 4 или 5 (формулировка без изменений по сравнению с PI-RADS v2);

- категория 4 – линзообразные или неправильной формы очаги однородно сниженного сигнала, <1,5 см в наибольшем измерении (формулировка без изменений по сравнению с PI-RADS v2);
- категория 5 – см. категорию 4, но очаг >1,5 см в наибольшем измерении и/или с наличием экстракапсулярной инвазии (формулировка без изменений по сравнению с PI-RADS v2).

Обновление системы в оценке диффузионно-взвешенных изображений

Опыт применения системы PI-RADS v2 показал существование проблем в оценке ДВИ при определении категорий 2 и 3. Категория 2 по ДВИ подразумевала наличие изменений с нечетким гипоинтенсивным сигналом на картах ИКД, которые в большинстве

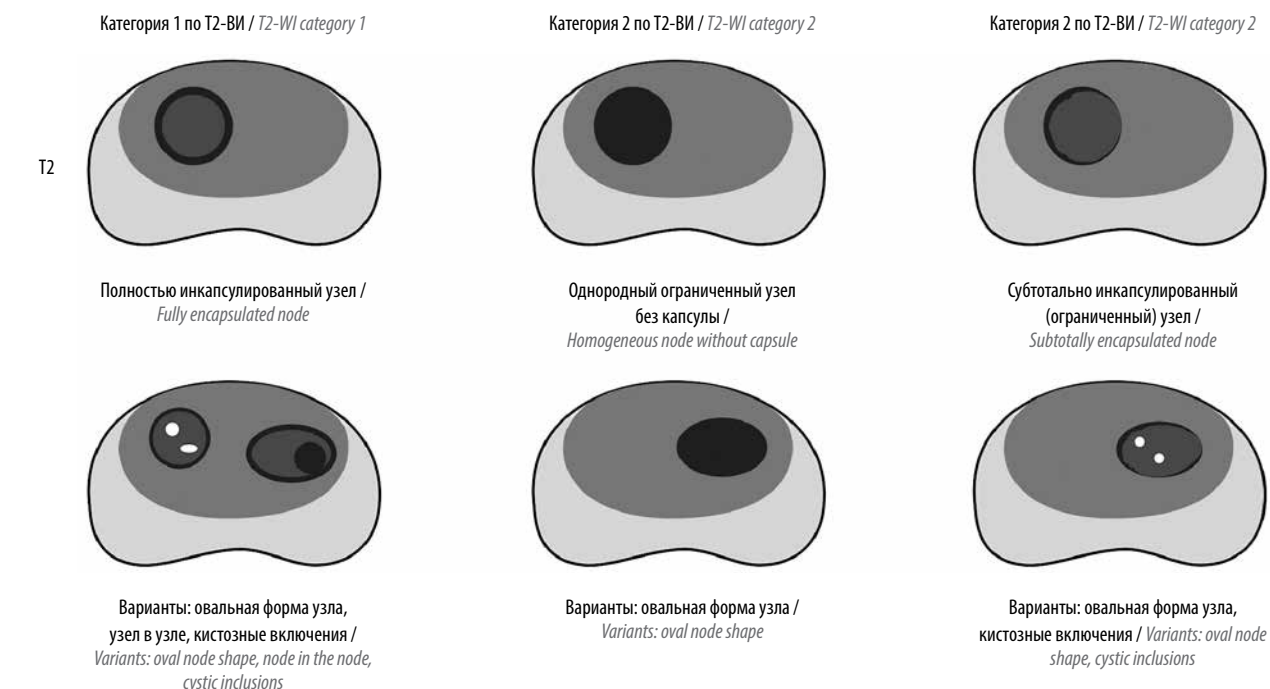


Рис. 9. Схематическое изображение характеристик «типичных» узлов в транзитной зоне в соответствии с критериями системы PI-RADS v2.1 на T2-взвешенных изображениях

Fig. 9. Scheme of "typical" nodes characteristics in the transitional zone with criteria PI-RADS v2.1 on T2-weighted images

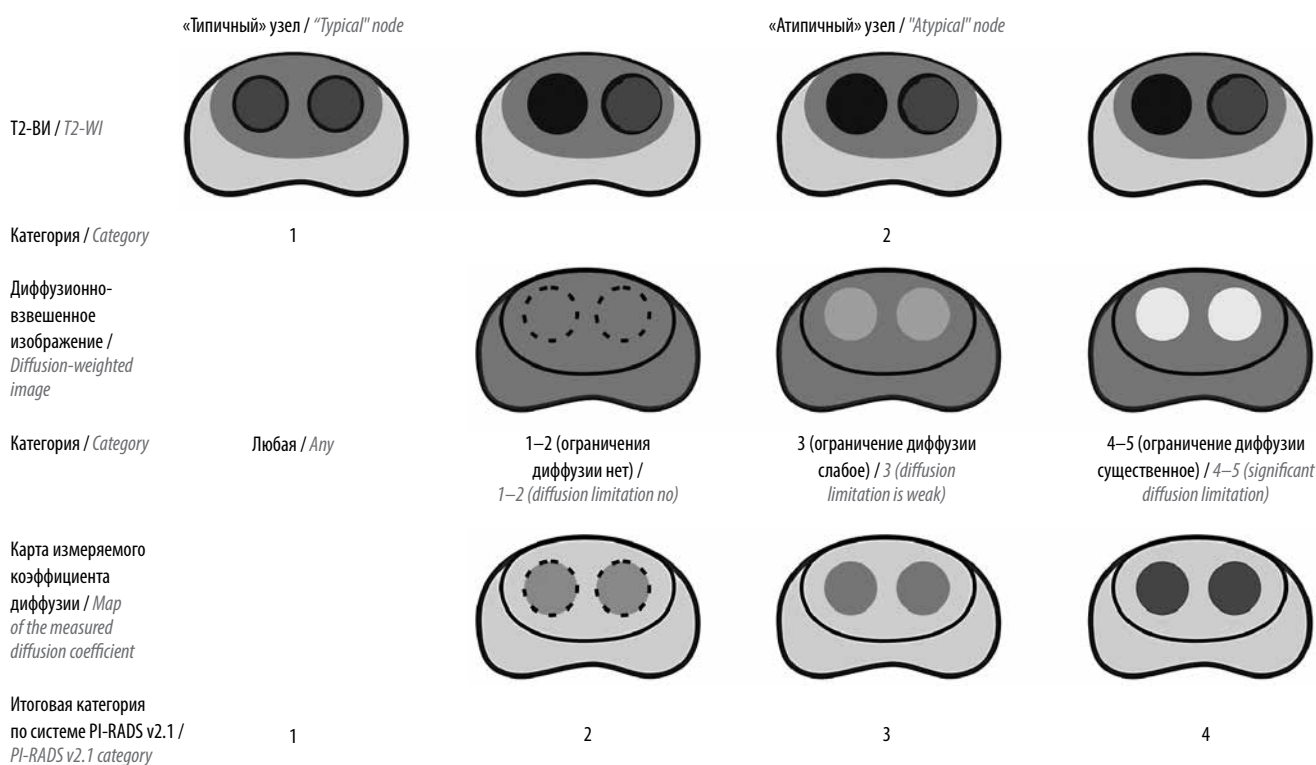


Рис. 10. Схематическое изображение итоговой оценки категории PI-RADS v2.1 для транзитной зоны. Узлы с практически изоинтенсивным сигналом на T2-взвешенных изображениях с нечеткими или отсутствующими границами (пунктирные линии), узлы с капсулой (сплошные линии), узлы без капсулы (нет линий)

Fig. 10. Scheme of the final PI-RADS v2.1 category rating for the transition zone. Nodes with mostly isointensive signal on a T2-weighted image with unclear or missing borders (dotted lines), nodes with capsule (continuous line), nodes without capsule (no lines)

случаев сочетались с нечетким гиперинтенсивным сигналом на ДВИ с высоким значением b-фактора. Кроме этого, были недостаточно сформулированы критерии термина «нечеткий» в определении категории 2 и термина «очаговый» в определении категорий 3, 4 и 5.

Как известно, определением категории 3 по ДВИ в PI-RADS v2 было очаговый слабо или умеренно гипоинтенсивный сигнал на картах ИКД в сочетании с изоинтенсивным или слабо гиперинтенсивным сигналом на ДВИ с высоким значением b-фактора. Для категории 4 определением служило выраженное очаговое снижение сигнала на картах ИКД в сочетании с выраженным повышением сигнала на ДВИ с высоким значением b-фактора при наибольшем диаметре очага, измеренном на картах ИКД, <1,5 см. В PI-RADS v2.1 были внесены изменения для оценочных категорий по ДВИ для всех зон:

- категория 1 — норма, когда изменения на карте ИКД и ДВИ отсутствуют (формулировка без изменений по сравнению с PI-RADS v2);
- категория 2 — участки линейной или клиновидной формы, имеющие гипоинтенсивный сигнал на карте ИКД и/или гиперинтенсивный сигнал на ДВИ с высоким значением b-фактора;
- категория 3 — очаги гипоинтенсивного сигнала на карте ИКД (отличающегося от окружающей паренхимы) и/или очаговый гиперинтенсивный сигнал на ДВИ с высоким значением b-фактора; выраженно гипоинтенсивный сигнал на карте ИКД или выраженно гиперинтенсивный сигнал на ДВИ с высоким значением b-фактора, но не одновременно;
- категория 4 — очаги выраженно сниженного сигнала на карте ИКД в сочетании с выраженным повышением сигнала на ДВИ; <1,5 см в наибольшем измерении (формулировка без изменений по сравнению с PI-RADS v2);
- категория 5 — см. категорию 4, но очаг >1,5 см в наибольшем измерении и/или имеется наличие экстрапростатической инвазии (формулировка без изменений по сравнению с PI-RADS v2).

Следует отдельно обратить внимание на то, что в PI-RADS v2.1 в разделе «Предостережения при интерпретации ДВИ» термин «выраженный» определяется как «более значительное изменение сигнала, чем любой другой фокус в той же зоне». Эта формулировка отражает более четкое определение для оценки категории 3 по ДВИ и должна уменьшить гипердиагностику, когда в заключении ложно выносятся завышенная итоговая категория PI-RADS 4.

Обновление критериев динамического контрастного усиления

На основании опыта использования системы PI-RADS v2 было установлено, что характеристики паттернов ДКУ имели недостаточно четкие критерии,

особенно отрицательного. Более того, были сложности в понимании формулировки «диффузное мультифокальное контрастное усиление».

При этом в новой редакции PI-RADS v2.1 критерии для положительного паттерна ДКУ остались без изменений по сравнению с PI-RADS v2 — раннее очаговое накопление, по сравнению окружающей паренхимой, соответствующее подозрительному очагу на T2-ВИ и/или ДВИ. В свою очередь, критерии для отрицательного паттерна ДКУ в PI-RADS v2.1 были изменены и имеют более конкретную формулировку: «не раннее или одновременное усиление, или диффузное мультифокальное усиление, не соответствующее очагам на T2-ВИ и/или ДВИ, или накопление, соответствующее узлам ДГПЖ в ТЗ/ПЗ». Ожидается, что это изменение уменьшит количество различий в оценке ДКУ и число случаев неоправданного повышения категории.

Роль динамического контрастного усиления. Как известно, в PI-RADS v2 ДКУ было обязательным компонентом при мпМРТ для выявления кзРПЖ [4]. С другой стороны, ДКУ не играло роли в определении категории очагов в ТЗ, однако оказывало влияние на оценку категории образований в ПЗ, когда очаговое раннее накопление контраста в ПЗ, соответствующее очагу категории 3 по ДВИ, повышало общую категорию изменений до PI-RADS 4. Тем не менее в ряде случаев ДКУ имеет существенное значение в обнаружении кзРПЖ как в ПЗ, так и в ТЗ. На практике многие эксперты рассматривают ДКУ как обязательную последовательность, особенно в случаях неудовлетворительного качества ДВИ из-за артефактов или неудовлетворительного показателя сигнал/шум [13, 14]. При этом в связи с ограниченной ролью ДКУ растет интерес к проведению МРТ ПЖ без контрастного усиления [28]. Эту методику принято называть бипараметрической МРТ (бпМРТ). Более того, в ряде недавних исследований были представлены весьма показательные данные о высокой эффективности бпМРТ при выявлении кзРПЖ у мужчин, которым прежде не выполняли биопсию [29–33], а также у мужчин с ранее отрицательным результатом биопсии [34]. Руководящий комитет PI-RADS выступает за продолжение исследований эффективности бпМРТ при различных клинических ситуациях и признает потенциальные преимущества данного метода перед мпМРТ, заключающиеся:

- в отсутствии побочных эффектов от гадолинийсодержащихся контрастных препаратов, связанных с их задержкой в организме, особенно у пациентов с нарушениями функции почек;
- сокращении общей продолжительности исследования;
- снижении затрат, что потенциально повышает доступность использования МРТ у мужчин с подозрением на РПЖ, особенно до проведения биопсии.

Однако руководящий комитет PI-RADS выражает беспокойство в отношении радикального отказа от ДКУ, так как наряду с исследованиями по информативности бмМРТ существуют работы, достоверно подтверждающие высокую чувствительность ДКУ в выявлении кзРПЖ, повышающую информативность мпМРТ [13, 14, 34]. Более того, следует заметить, что большинство исследований по бпМРТ являются проспективными, проводятся с использованием различных методологических подходов в изолированных учреждениях с участием 1 или 2 экспертов. Существуют опасения, что бпМРТ покажет меньшую эффективность в мультицентровых клинических исследованиях с большим числом специалистов, интерпретирующих МРТ. В связи с угрозой увеличения частоты случаев гиподиагностики в выявлении кзРПЖ клиническое внедрение бпМРТ остается ограниченным. Несмотря на то что руководящий комитет PI-RADS поддерживает продолжение многоцентровых проспективных исследований по сравнению информативности мпМРТ и бпМРТ с участием нескольких независимых экспертов [33, 35], на данный момент сформулированы показания для выбора мпМРТ:

- отрицательный результат биопсии при сохраняющейся динамике повышения уровня простатического специфического антигена (ПСА);
- выбор тактики активного наблюдения, когда оценивается время удвоения уровня ПСА или изменяется клинический/патоморфологический статус;
- при повторных МРТ в тех случаях, когда по данным инициальной бпМРТ очаг кзРПЖ не был обнаружен, но при динамическом наблюдении клинически сохраняется подозрение на РПЖ;
- оценка на фоне вмешательств на ПЖ (биопсия/трансуретральная резекция), состояния после лечения ДГПЖ, лучевой терапии, аблации или эмболизации, в том числе лекарственной/гормональной терапии (тестостероном, 5-альфа-редуктазой и т.д.). Как известно, в этих случаях изменяется морфология ПЖ, которая должна оцениваться с помощью мпМРТ (в соответствующее время после воздействия) в целях определения очагов поражения и оценки динамики изменений;
- отягощенный семейный анамнез, при известной генетической предрасположенности и более высоких калькуляциях риска развития кзРПЖ, чем в среднем по популяции, даже если не проводилась биопсия;
- условия, потенциально снижающие качество ДВИ (протезы тазобедренных суставов, газ в кишке, тучность пациента, перистальтика и др.).

Без сомнения, ДКУ по-прежнему остается ключевой методикой в оценке местного рецидива после проведенного специализированного противоопухолевого лечения.

Использование бипараметрической магнитно-резонансной томографии при определении категории PI-RADS

При выполнении бпМРТ (в условиях отказа от ДКУ) оценка ТЗ остается без изменений. Оценка образований в ПЗ по-прежнему основывается на ДВИ, при этом категория 3 по ДВИ не может быть повышена, что способствует созданию условий, в которых доля мужчин с суммарной категорией PI-RADS 3 увеличится, а с PI-RADS 4 уменьшится. Как следствие, в этих группах пациентов изменяется соотношение прогностических категорий вероятности кзРПЖ. Широкое использование такого подхода потребует дополнительных расчетов и в последующем может привести к модификации алгоритмов диагностики РПЖ [36].

Измерение объема предстательной железы

Согласно рекомендациям PI-RADS v2 измерение объема ПЖ проводится вручную на основе формулы объема эллипсоида (максимальный переднезадний размер × максимальный поперечный размер × максимальный продольный размер × 0,52) или с помощью автоматических алгоритмов волюметрии. Точность измерения объема приобрела принципиальную важность в последние годы благодаря результатам последних исследований, в которых была продемонстрирована значимость критерия плотности ПСА в сыворотке крови (в нг/мл²), рассчитываемой по следующей формуле: сывороточный ПСА/объем предстательной железы [37, 38]. На сегодняшний день именно плотность ПСА признается большинством экспертов одним из самых надежных прогностических критериев диагностики РПЖ. При этом пороговым значением плотности ПСА считается уровень 0,151 нг/мл/см³.

Использование единого подхода к расчету объема ПЖ с помощью формулы объема эллипсоида имеет особое значение. В PI-RADS v2.1 рекомендуется измерение максимального переднезаднего размера и перпендикулярного к нему продольного размера на срединных сагиттальных Т2-ВИ, а максимальный поперечный диаметр рекомендуется измерять по аксиальным Т2-ВИ (рис. 11).

Обновления карты секторов

Карта секторов ПЖ — важнейший компонент системы унифицированных подходов, который обеспечивает междисциплинарную коммуникацию между специалистами МРТ и урологами. Предлагаемая схема является своего рода аппроксимацией ПЖ и выявленных ее изменений. На карте секторов отмечается локализация выявленных изменений в дополнение к письменному отчету. Схема сегментации, используемая в PI-RADS v2, — адаптированная карта из Руководства по МРТ ПЖ ESUR 2012 [39]. Карта иллюстрирует идеализированную «неизменную» ПЖ, которая

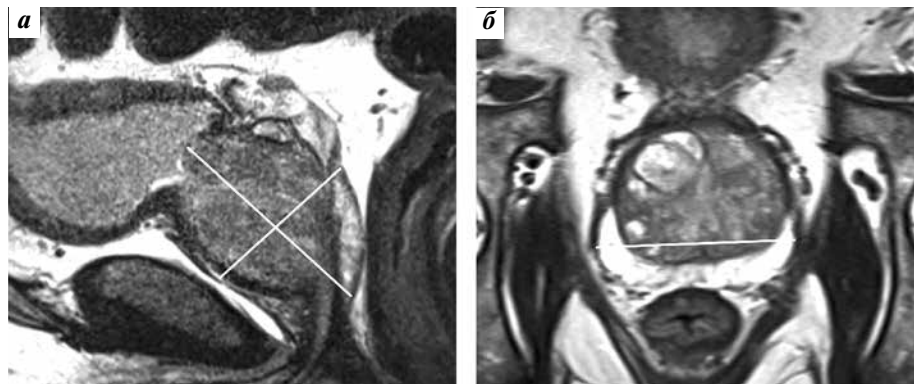


Рис. 11. T2-взвешенные изображения предстательной железы в сагиттальной (а) и аксиальной (б) плоскостях. Измерения согласно системе PI-RADS v2.1 для расчета объема предстательной железы по данным магнитно-резонансной томографии: а – максимальный продольный размер и максимальный переднезадний размер; б – максимальный поперечный размер

Fig. 11. Prostate T2-weighted images in sagittal (a) and axial (b) planes. There are measurements to calculate prostate volume on magnetic resonance imaging by PI-RADS v2.1: a – maximum longitudinal dimension and maximum anterior-posterior dimension; б – maximum transverse dimension

разделена на 39 секторов: 36 для ПЖ, 2 для семенных пузырьков и 1 для наружного сфинктера уретры. В новой редакции PI-RADS v2.1 карта секторов дополнена 2 секторами, выделенными на уровне основания ПЗ: правый и левый заднемедиальные отделы – PZpm (рис. 12). Таким образом, на обновленной карте выделяют 38 секторов для ПЖ, 2 для семенных пузырьков и 1 для наружного сфинктера уретры. Кроме этого, по сравнению с предыдущей версией в дополнение к 2 новым секторам на уровне базальных отделов были внесены коррективы в расположение семявыбрасывающих протоков, изменен угол наклона проксимального отдела мочеиспускательного канала и скорректированы общие пропорции ПЖ по коронарным, сагиттальным и аксиальным магнитно-резонансным изображениям. При этом нужно помнить, что структурные изменения в виде гиперплазии и гипертрофии отдельных анатомических зон могут приводить к выраженной деформации и асимметрии ПЖ, сдавливая и деформируя окружающие структуры.

Заключение

В течение нескольких лет с момента публикации PI-RADS v2 достигнуты важные цели по стандартизации получения изображения и интерпретации МРТ ПЖ. Унифицированная система PI-RADS заслуженно получила всемирное признание в академических и клинических кругах. Кроме этого, система PI-RADS v2 была включена в различные клинические рекомендации по диагностике и лечению РПЖ и встречается в большинстве научных публикаций по всем медицинским специальностям, которые используют в своей практике интерпретацию результатов мпМРТ ПЖ. Тем не менее опыт применения PI-RADS v2 позволил выявить ряд неточностей и ограничений, которые были изложены в некоторых научных публикациях. Руководящий комитет PI-RADS рассмотрел эти пробле-

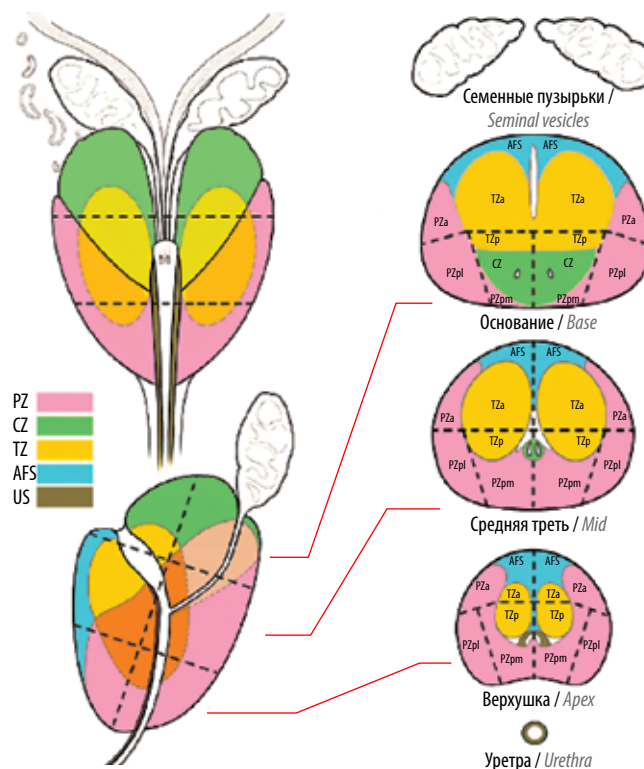


Рис. 12. Секторальная карта по PI-RADS v2.1. PZ – периферическая зона; CZ – центральная зона; TZ – транзитная зона; AFS – передняя фибромускулярная строма; US – сфинктер уретры (а – передние, р – задние, л – латеральные, т – медиальные отделы)

Fig. 12. PI-RADS v2.1 sectoral map. PZ – peripheral zone; CZ – central zone; TZ – transient zone; AFS – anterior fibromuscular stroma; US – urethral sphincter (a – anterior portion, p – posterior portion, l – lateral portion, m – medial portion)

мы и предложил пути их решения в виде обновленной версии PI-RADS v2.1. Предполагается, что принятие модификации PI-RADS v2.1 улучшит междисциплинарное взаимодействие и сделает оценку по системе PI-RADS еще более эффективной. Генерация PI-RADS v.3

ождается по мере накопления необходимого клинического опыта и системного анализа проведенных научных исследований. Руководящий комитет PI-RADS

крайне заинтересован, приветствует и настоятельно рекомендует проведение исследований в целях анализа ценности и ограничений PI-RADS v2.1.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Renard-Penna R., Rouviere O., Puech P. et al. Current practice and access to prostate MR imaging in France. *Diagn Interv Imaging* 2016;97(11):1125–9. DOI: 10.1016/j.diii.2016.06.010.
- Oberlin D.T., Casalino D.D., Miller F.H., Meeks J.J. Dramatic increase in the utilization of multiparametric magnetic resonance imaging for detection and management of prostate cancer. *Abdom Radiol* 2017;42(4):1255–8. DOI: 10.1007/s00261-016-0975-5.
- Gupta R.T., Spilseth B., Froemming A.T. How and why a generation of radiologists must be trained to accurately interpret prostate mpMRI. *Abdom Radiol* 2016;41(5):803–4. DOI: 10.1007/s00261-016-0745-4.
- Weinreb J.C., Barentsz J.O., Choyke P.L. et al. PI-RADS prostate imaging – reporting and data system: 2015, version 2. *Eur Urol* 2016;69(1):16–40. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.08.052.
- Мищенко А.В., Рубцова Н.А., Алексеев Б.Я. и др. Система унифицированного подхода к интерпретации магнитно-резонансной томографии предстательной железы согласно руководству PI-RADS v2. *Онкоурология* 2016;12(1):81–9. DOI: 10.17650/1726-9776-2016-12-1-81-89. [Mishchenko A.V., Rubtsova N.A., Alekseev B.Ya. et al. A system of a unified approach to interpreting prostate magnetic resonance imaging according to the PI-RADS v2 guidelines. *Onkourologiya = Cancer Urology* 2016;12(1):81–9. (In Russ.)].
- Spilseth B.D., Patel G.S., Taneja N.U. et al. A comparison of radiologists' and urologists' opinions regarding prostate MRI reporting: results from a survey of specialty societies. *Am J Roentgenol* 2018;210(1):101–7. DOI: 10.2214/AJR.17.18241.
- Purysko A.S., Bittencourt L.K., Bullen J.A. et al. Accuracy and inter-observer agreement for Prostate Imaging Reporting and Data System, version 2, for the characterization of lesions identified on multiparametric MRI of the prostate. *AJR Am J Roentgenol* 2017;209(2):339–49. DOI: 10.2214/AJR.16.17289.
- Seo J.W., Shin S.J., Taik Oh.Y. et al. PI-RADS version 2: detection of clinically significant cancer in patients with biopsy Gleason score 6 prostate cancer. *AJR Am J Roentgenol* 2017;209(1):W1–9. DOI: 10.2214/AJR.16.16981.
- Mehralivand S., Bednarova S., Shih J.H. et al. Prospective evaluation of Prostate Imaging Reporting and Data System, version 2 using the International Society of Urological Pathology Prostate Cancer Grade Group system. *J Urol* 2017;198(3):583–90. DOI: 10.1016/j.juro.2017.03.131.
- Woo S., Suh C.H., Kim S.Y. et al. Diagnostic performance of Prostate Imaging Reporting and Data System version 2 for detection of prostate cancer: a systematic review and diagnostic meta-analysis. *Eur Urol* 2017;72(2):177–88. DOI: 10.1016/j.eururo.2017.01.042.
- Padhani A.R., Weinreb J., Rosenkrantz A.B. et al. Prostate Imaging-Reporting and Data System Steering Committee: PI-RADS v2 status update and future directions. *Eur Urol* 2019;75(3):385–96. DOI: 10.1016/j.eururo.2018.05.035.
- Коссов Ф.А., Черняев В.А., Ахвердиева Г.И. и др. Роль и значение мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в диагностике рака предстательной железы. *Онкоурология* 2017;13(1):122–33. DOI: 10.17650/1726-9776-2017-13-1-122-133. [Kossov Ph.A., Chernyaev V.A., Akhverdiev G.I. et al. Role and significance of multiparametric magnetic resonance imaging in prostate cancer diagnostics. *Onkourologiya = Cancer Urology* 2017;13(1):122–33. (In Russ.)].
- Greer M.D., Shih J.H., Lay N. et al. Validation of the dominant sequence paradigm and role of dynamic contrast-enhanced imaging in PI-RADS version 2. *Radiology* 2017;285(3):859–69. DOI: 10.1148/radiol.2017161316.
- Rosenkrantz A.B., Babb J.S., Taneja S.S., Ream J.M. Proposed adjustments to PI-RADS version 2 decision rules: impact on prostate cancer detection. *Radiology* 2017;283(1):119–29. DOI: 10.1148/radiol.2016161124.
- Greer M.D., Brown A.M., Shih J.H. et al. Accuracy and agreement of PIRADSV2 for prostate cancer mpMRI: a multireader study. *J Magn Reson Imaging* 2017;45(2):579–85. DOI: 10.1002/jmri.25372.
- Rosenkrantz A.B., Ginocchio L.A., Cornfeld D. et al. Interobserver reproducibility of the PI-RADS version 2 lexicon: a multicenter study of six experienced prostate radiologists. *Radiology* 2016;280(3):793–804. DOI: 10.1148/radiol.2016152542.
- Rosenkrantz A.B., Oto A., Turkbey B., Westphalen A.C. Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS), version 2: a critical look. *AJR Am J Roentgenol* 2016;206(6):1179–83. DOI: 10.2214/AJR.15.15765.
- Turkbey B., Rosenkrantz A.B., Haider M.A. et al. Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2.1: 2019 Update of Prostate Imaging Reporting and Data System Version 2. *Eur Urol* 2019;76(3):340–51. DOI: 10.1016/j.eururo.2019.02.033.
- Rosenkrantz A.B., Padhani A.R., Chenevert T.L. et al. Body diffusion kurtosis imaging: basic principles, applications, and considerations for clinical practice. *J Magn Reson Imaging* 2015;42(5):1190–202. DOI: 10.1002/jmri.24985.
- Ream J.M., Doshi A.M., Dunst D. et al. Dynamic contrast-enhanced MRI of the prostate: an intraindividual assessment of the effect of temporal resolution on qualitative detection and quantitative analysis of histopathologically proven prostate cancer. *J Magn Reson Imaging* 2017;45(5):1464–75. DOI: 10.1002/jmri.25451.
- Othman A.E., Falkner F., Weiss J. et al. Effect of temporal resolution on diagnostic performance of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the prostate. *Invest Radiol* 2016;51(5):290–6. DOI: 10.1097/RLI.0000000000000234.
- Громов А.И., Капустин В.В. Практические подходы к использованию системы PI-RADS v2.1 при выполнении магнитно-резонансной томографии предстательной железы. *Медицинская визуализация* 2019;(3):107–25. DOI: 10.24835/1607-0763-2019-3-107-125. [Gromov A.I., Kapustin V.V. Practical approaches to using the PI-RADS v2.1 system when performing magnetic resonance imaging of the prostate gland. *Medicinskaya vizualizaciya = Medical Imaging* 2019;(3):107–25. (In Russ.)].
- Vargas H.A., Akin O., Franiel T. et al. Normal central zone of the prostate and central zone involvement by prostate cancer: clinical and MR imaging implications. *Radiology* 2012;262(3):894–902. DOI: 10.1148/radiol.11110663.
- Ward E., Baad M., Peng Y. et al. Multiparametric MR imaging of the anterior

- fibromuscular stroma and its differentiation from prostate cancer. *Abdom Radiol (NY)* 2017;42(3):926–34. DOI: 10.1007/s00261-016-0951-0.
25. Bouye S., Potiron E., Puech P. et al. Transition zone and anterior stromal prostate cancers: zone of origin and intraprostatic patterns of spread at histopathology. *Prostate* 2009;69(1):105–13. DOI: 10.1002/pros.20859.
 26. Turkbey B., Huang R., Vourganti S. et al. Age-related changes in prostate zonal volumes as measured by high-resolution magnetic resonance imaging (MRI): a cross-sectional study in over 500 patients. *BJU Int* 2012;110(11):1642–7. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2012.11469.x.
 27. Chesnais A.L., Niaf E., Bratan F. et al. Differentiation of transitional zone prostate cancer from benign hyperplasia nodules: evaluation of discriminant criteria at multiparametric MRI. *Clin Radiol* 2013;68(6):e323–30. DOI: 10.1016/j.crad.2013.01.018.
 28. Sabouri S., Chang S.D., Goldenberg S.L. et al. Comparing diagnostic accuracy of luminal water imaging with diffusion-weighted and dynamic contrast-enhanced MRI in prostate cancer: a quantitative MRI study. *NMR Biomed* 2019;32(2):e4048. DOI: 10.1002/nbm.4048.
 29. Boesen L., Nørgaard N., Løgager V. et al. Assessment of the diagnostic accuracy of biparametric magnetic resonance imaging for prostate cancer in biopsy-naïve men: the Biparametric MRI for Detection of Prostate Cancer (BIDOC) study. *JAMA Netw* 2018;1(2):e180219. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2018.0219.
 30. Jambor L., Bostrom P.J., Taimen P. et al. Novel biparametric MRI and targeted biopsy improves risk stratification in men with a clinical suspicion of prostate cancer (IMPROD trial). *J Magn Reson Imaging* 2017;46(4):1089–95. DOI: 10.1002/jmri.25641.
 31. Cuocolo R., Stanzione A., Rusconi G. et al. PSA-density does not improve bi-parametric prostate MR detection of prostate cancer in a biopsy naïve patient population. *Eur J Radiol* 2018;104:64–70. DOI: 10.1016/j.ejrad.2018.05.004.
 32. Weiss J., Martirosian P., Notohamprojo M. et al. Implementation of a 5-minute magnetic resonance imaging screening protocol for prostate cancer in men with elevated prostate-specific antigen before biopsy. *Invest Radiol* 2018;53(3):186–90. DOI: 10.1097/RLI.0000000000000427.
 33. Barth B.K., De Visschere P.J.L., Cornelius A. et al. Detection of clinically significant prostate cancer: short dual-pulse sequence versus standard multiparametric MR imaging – a multireader study. *Radiology* 2017;284(3):725–36. DOI: 10.1148/radiol.2017162020.
 34. Krishna S., McInnes M., Lim C. et al. Comparison of Prostate Imaging Reporting and Data System versions 1 and 2 for the detection of peripheral zone Gleason score 3 + 4 = 7 cancers. *AJR Am J Roentgenol* 2017;209(6):W365–73. DOI: 10.2214/AJR.17.17964.
 35. Kuhl C.K., Bruhn R., Kramer N. et al. Abbreviated biparametric prostate MR imaging in men with elevated prostate-specific antigen. *Radiology* 2017;285(2):493–505. DOI: 10.1148/radiol.2017170129.
 36. Junker D., Steinkohl F., Fritz V. et al. Comparison of multiparametric and biparametric MRI of the prostate: are gadolinium-based contrast agents needed for routine examinations? *World J Urol.* In press. <https://doi.org/10.1007/s00345-018-2428-y>.
 37. Lee S.J., Oh Y.T., Jung D.C. et al. Combined analysis of biparametric MRI and prostate-specific antigen density: role in the prebiopsy diagnosis of Gleason score 7 or greater prostate cancer. *AJR Am J Roentgenol* 2018;211(3):W166–72. DOI: 10.2214/AJR.17.19253.
 38. Mehralivand S., Shih J.H., Rais-Bahrami S. et al. A magnetic resonance imaging-based prediction model for prostate biopsy risk stratification. *JAMA Oncol* 2018;4(5):678–85. DOI: 10.1001/jamaoncol.2017.5667.
 39. Barentsz J.O., Richenberg J., Clements R. et al. ESUR prostate MR guidelines 2012. *Eur Radiol* 2012;22(4):746–57. DOI: 10.1007/s00330-011-2377-y.

Вклад авторов

Н.А. Рубцова: написание текста рукописи, получение и подготовка иллюстраций;
 А.В. Мищенко, Б.Я. Алексеев: обзор публикаций по теме статьи;
 В.В. Данилов: написание текста рукописи;
 Г.А. Гулин: обзор публикаций по теме, получение и подготовка иллюстраций;
 А.Д. Каприн: анализ полученных данных.

Authors' contributions

N.A. Rubtsova: article writing, receiving and preparing illustrations;
 A.V. Mishchenko, B.Ya. Alekseev: reviewing of publications of the article's theme;
 V.V. Danilov: article writing;
 G.A. Gulin: reviewing of publications of the article's theme, receiving and preparing illustrations;
 A.D. Kaprin: analysis of the obtained data.

ORCID авторов / ORCID of authors

Н.А. Рубцова / N.A. Rubtsova: <https://orcid.org/0000-0001-8378-4338>
 А.В. Мищенко / A.V. Mishchenko: <https://orcid.org/0000-0002-7626-7567>
 В.В. Данилов / V.V. Danilov: <https://orcid.org/0000-0002-9902-9414>
 Г.А. Гулин / G.A. Gulin: <https://orcid.org/0000-0001-9889-2593>
 Б.Я. Алексеев / B.Ya. Alekseev: <https://orcid.org/0000-0002-3398-4128>
 А.Д. Каприн / A.D. Kaprin: <https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Financing. The work was performed without external funding.

Статья поступила: 20.04.2020. Принята к публикации: 18.05.2020.

Article submitted: 20.04.2020. Accepted for publication: 18.05.2020.