

<https://doi.org/10.24060/2076-3093-2024-14-4-360-368>

Мультимодальный подход к визуализации и стадированию рака мочевого пузыря: стандарты диагностики и будущие тенденции

Кагарманова Альфия Шавкатовна — лаборатория радионуклидной диагностики, orcid.org/0009-0009-3878-6989

Байков Денис Энверович — д.м.н., профессор, кафедра общей хирургии, трансплантологии и лучевой диагностики, orcid.org/0000-0002-3210-6593

Иткулов Артур Фиргатович — специализированный консультативно-диагностический центр, orcid.org/0009-0004-8621-3687

Хафизов Мунавис Мунависович — рентгеновское отделение, orcid.org/0000-0002-1287-814X

А.Ш. Кагарманова^{2,*}, Д.Э. Байков^{1,2}, А.Ф. Иткулов², М.М. Хафизов²

¹ Башкирский государственный медицинский университет, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

² Клиника Башкирского государственного медицинского университета, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

* **Контакты:** Кагарманова Альфия Шавкатовна, e-mail: kagarmanovaxray@gmail.com

Аннотация

К наиболее важным факторам, влияющим на результативность проводимого лечения рака мочевого пузыря, относятся: подтип опухоли, степень ее клеточной анаплазии с определением уровня прорастания слоев стенки и выявлением карциномы *in situ*, степень нарушения функции почек, качество проводимых диагностических манипуляций, адекватная интерпретация получаемых данных, преемственность между специалистами и мотивированность к лечению самого пациента. Появление сверхвысокопольных магнитных томографов, 640-срезовых компьютерных томографов, разработка новых радиофармпрепаратов, развитие программного обеспечения в совокупности определяют мультимодальный подход к поискам оптимальных методов диагностики рака мочевого пузыря. В данном обзоре освещена роль мультипараметрической магнитнорезонансной томографии в определении степени неопластической инвазии в слои стенки мочевого пузыря, роль компьютерной томографии с внутривенным контрастным усилением в диагностике местно-распространенных форм заболевания и роль позитронно-эмиссионной томографии как перспективного метода неинвазивной характеристики физиологии опухоли с чувствительностью в пикомолярном диапазоне. Раскрыты преимущества и недостатки используемых методов визуализации в диагностике уротелиальной карциномы. Также предложены такие альтернативные методики визуализации слоев стенки мочевого пузыря, как перфузионная компьютерная томография, использование которой возможно при наличии абсолютных противопоказаний к проведению магнитно-резонансной томографии.

Ключевые слова: рак мочевого пузыря, стандарты диагностики, стадирование рака мочевого пузыря, визуализация рака мочевого пузыря, мультипараметрическая МРТ, перфузионная КТ, радионуклидная диагностика, лучевая диагностика

Информация о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Информация о спонсорстве. Данная работа не финансировалась.

Вклад авторов. Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Для цитирования: Кагарманова А.Ш., Байков Д.Э., Иткулов А.Ф., Хафизов М.М. Мультимодальный подход к визуализации и стадированию рака мочевого пузыря: стандарты диагностики и будущие тенденции. Креативная хирургия и онкология. 2024;14(4):360–368. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2024-14-4-360-368>

Поступила в редакцию: 18.10.2024

Поступила после рецензирования и доработки: 20.11.2024

Принята к публикации: 22.11.2024

Multimodal Approach to Imaging and Staging of Bladder Cancer: Diagnostic Standards and Future Trends

Alfiya Sh. Kagarmanova^{2*}, Denis E. Baikov^{1,2}, Artur F. Itkulov², Munavis M. Khafizov²

¹ Bashkir State Medical University, Ufa, Russian Federation

² Clinic of Bashkir State Medical University, Ufa, Russian Federation

* **Correspondence to:** Alfiya Sh. Kagarmanova, e-mail: kagarmanovaxray@gmail.com

Alfiya Sh. Kagarmanova —
Radionuclide Diagnostics
Laboratory, orcid.org/0009-0009-3878-6989

Denis E. Baikov — Dr. Sci.
(Med.), Prof., Department of
General Surgery, Transplantology
and X-ray Diagnostics, orcid.org/0000-0002-3210-6593

Artur F. Itkulov — Specialized
Counselling and Diagnostic
Centre, orcid.org/0009-0004-8621-3687

Munavis M. Khafizov — X-ray
department, orcid.org/0000-0002-1287-814X

Abstract

The most significant factors influencing the effectiveness of bladder cancer treatment include a tumor subtype, degree of cellular anaplasia, assessment of the invasion depth into the bladder wall, identification of carcinoma *in situ*, extent of renal function impairment, quality of diagnostic procedures, accurate interpretation of the obtained data, continuity of care among specialists, and the patient's motivation for treatment. The advent of ultra-high-field magnetic resonance imaging, 640-slice computed tomography, development of new radiopharmaceuticals, and advancements in software technology shape a multimodal approach aimed at identifying optimal diagnostic methods for bladder cancer. The present paper reviews a potential of multiparametric magnetic resonance imaging for determining the degree of neoplastic invasion into the layers of the bladder wall, a value of computed tomography with intravenous contrast enhancement in diagnosing locally advanced forms of the disease, and capabilities of positron emission tomography as a promising method for non-invasive characterization of tumor physiology with sensitivity in the picomolar range. The paper discusses advantages and disadvantages of the imaging modalities used in the diagnosis of urothelial carcinoma. In addition, the study explores the perfusion computed tomography as an alternative imaging technology for evaluating the layers of the bladder wall to be utilized in cases of absolute contraindications to magnetic resonance imaging.

Keywords: bladder cancer, diagnostic standards, staging of bladder cancer, imaging of bladder cancer, multiparametric MRI, perfusion CT, radionuclide diagnostics, radiological diagnostics

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

Sponsorship data. This work is not funded.

Author contributions. The authors contributed equally to this article.

For citation: Kagarmanova A.Sh., Baikov D.E., Itkulov A.F., Khafizov M.M. Multimodal approach to imaging and staging of bladder cancer: diagnostic standards and future trends. *Creative Surgery and Oncology*. 2024;14(4):360–368. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2024-14-4-360-368>

Received: 18.10.2024

Revised: 20.11.2024

Accepted: 22.11.2024

ВВЕДЕНИЕ

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) на 2022 год, рак мочевого пузыря (РМП) входит в девять наиболее распространенных в мире онкологических заболеваний [1]. РМП — тяжелое, в ряде случаев инвалидизирующее заболевание, имеющее большую склонность к рецидивированию и прогрессированию [2]. В России в 2023 году зарегистрировано 14342 новых случаев РМП, среди которых 294 случая выявлено в Республике Башкортостан. С 2013 по 2023 год распространенность пациентов с диагнозом РМП выросла с 63,1 до 81,0 на 100 тыс. населения. Среди пациентов с впервые выявленным диагнозом РМП удельный вес по стадиям составил: I–II стадии — 79,4 %, III стадия — 11,2 %, IV стадия — 18,9 %. Доля пациентов, состоявших на учете в онкологических учреждениях России 5 лет и более с момента установления диагноза РМП, от числа состоявших на учете на конец 2023 года, составила 64,6 %. В Республике Башкортостан в 2023 году среди пациентов с впервые зарегистрированным диагнозом РМП 298 человек нуждались в проведении радикального лечения, у 85,9 % из них проводилось хирургическое лечение, а у 14,1 % — комбинированное лечение [3].

Одними из доказанных факторов риска возникновения РМП являются воздействия на уротелиальный слой ароматических аминов, полициклических ароматических и хлорированных углеводородов, попадающих в организм либо с табачным дымом, либо на производстве различных красителей и нефтепродуктов и выводящихся через почки. Также существует доказанный риск развития первичного РМП, связанного с дистанционной лучевой терапией локализованного рака предстательной железы [4].

При патоморфологической оценке ткани измененной стенки мочевого пузыря наиболее часто патологоанатомы определяют опухоль, состоящую из клеток уротелия. При этом гистологически сопоставимые типы уротелиальных карцином могут отличаться между собой по целому ряду молекулярно-генетических и иммуногистохимических признаков [5]. Поэтому в перспективе в научном обществе разрабатывается молекулярная классификация, изучающая прогностическую роль различных молекулярных маркеров опухолевого роста.

Для выбора оптимальной лечебной тактики наиболее полно потребностям практической онкологии отвечают классификации: клиническая — TNM и патологоанатомическая — pTNM [6]. Все опухоли стенки мочевого пузыря по типу роста подразделяют на плоские и папиллярные, а по глубине прорастания — на немешечно-инвазивные (нмиРМП), мышечно-инвазивные (миРМП) и местнораспространенные (мрРМП). При визуализационных методах исследования определяют: папиллярную ножкообразную опухоль, папиллярную опухоль без ножки, плоские инвазивные карциномы либо сидячие опухоли с интрамуральным ростом. Согласно ряду международных исследований при первичной диагностике РМП чаще всего обнаруживаются опухоли, не прорастающие мышечный слой. Высокодифференцированные опухоли, достигающие субэпи-

телиальной соединительной ткани, папиллярные неинвазивные карциномы, размером не превышающие 3 см у пациентов младше семидесяти лет, относят к группе низкого риска.

Инструментальные методы диагностики рака мочевого пузыря

Согласно практическим рекомендациям российского общества клинической онкологии от 2023 года, клиническим рекомендациям европейской ассоциации урологов по нмиРМП, миРМП, мрРМП от 2023 года, в диагностический алгоритм впервые обнаруживаемого новообразования стенки мочевого пузыря всегда входит цистоскопия с последующей полной резекцией опухоли либо резекцией, выполненной по частям либо единым блоком моно- и биполярной петлей [7–9]. В качестве уточняющих визуализирующих методов диагностики применяют ультразвуковое исследование (УЗИ), магнитно-резонансную томографию (МРТ) и компьютерную томографию (КТ).

Метод УЗИ ввиду общедоступности, простоты использования и отсутствия лучевой нагрузки рекомендован в качестве хорошего дополнения к физикальному осмотру. При наличии каликопиелoureтерозктазии на УЗИ оценивают функциональную значимость обструкции, вызванной ростом РМП в области устьев мочеточников. С помощью этого метода определяется повышение индекса резистивности в синусных и междолевых артериях пораженной почки, значительно отличающийся от контралатеральной неизменной почки. УЗИ при наполненном мочевом пузыре в режимах цветового и энергетического доплеровского картирования, импульсно-волновой доплерографии, второй гармоники является безопасным методом обследования пациента [10–13].

Применяя трансректальный и трансагинальный высокочастотный датчик, в некоторых случаях удается определить признаки неоваскуляризации (оценка мельчайших сосудов с минимальными скоростями и большой разницей величин резистивного индекса в одном и том же сосуде) [14–17]. Но даже при правильной настройке режимов УЗИ с увеличением изображения, установкой минимального доплеровского фильтра, при котором отсутствуют помехи от движения мягких тканей, РМП (особенно расположенный в области треугольника Льюто и в шейке мочевого пузыря, имеющий стелющийся и инфильтративный характер роста с размерами менее 5 мм) малообозрим [18, 19]. Линейным высокочастотным датчиком можно хорошо оценить паховые лимфатические узлы с четкой визуализацией их жировых ворот и васкуляризации. Оценка висцеральных лимфатических узлов затруднительна [20].

Менее распространенным методом визуализации является трансуретральная ультрасонография, определяющая гиперэхогенную слизистую, гипоэхогенную мышечную и гиперэхогенную серозную оболочки, с возможностью определить прерывистость мышечного слоя. В исследовании С. Ху с соавторами, проведенном на 62 пациентах с выявленным РМП, общая точность (95,7 %) и специфичность определения инвазии

мышечного слоя (98,8%) были сопоставимы с трансуретральной резекцией (ТУР) (общая точность 90,2 %, специфичность 100 %); но чувствительность определения инвазии РМП в мышечный слой по ультрасонографии (72,7 %) была выше в сравнении с начальной ТУР (18,2 %) [21].

Дополнительно существует перспективный метод визуализации стенки мочевого пузыря с применением контрастного УЗИ [22]. Препарат для ультразвукового контрастирования представляет собой микропузырьки газа (в частности, гексафторид серы), окруженные слоем фосфолипидов [23]. Новые поколения контрастных препаратов открывают перспективы для целенаправленной молекулярной визуализации наряду с разработкой новых систем УЗ-визуализации [24].

Гипердиагностика РМП приводит к тяжелым последствиям проводимого агрессивного лечения опухолевого процесса, в то время как гиподиагностика степени местной распространенности заболевания становится причиной появления резидуальной опухоли. По этой причине при подозрении на РМП в качестве первичного уточняющего метода визуализации рекомендована мультипараметрическая МРТ органов малого таза.

Согласно созданной V. Panebianco с соавторами в 2018 году пятибалльной шкале VI-RADS при проведении мультипараметрической МРТ рекомендовано применять стандартизованный протокол описания результатов проведенного исследования [25]. Пятибалльная шкала создана для расчета вероятности прорастания образованием мышечного слоя детрузора, что является решающим фактором в определении пригодности органосохраняющей терапии либо планировании дальнейшего хирургического лечения (табл. 1) [26, 27].

В систематическом обзоре от 2022 года ($n = 20\,477$) F. Del Giudice с соавторами показано, что совокупная чувствительность и специфичность применения пятибалльной шкалы различны в зависимости от присуждаемого балла, а также подтверждена тенденция к более высокой диагностической эффективности исследований, в которых использовался МРТ с напряженностью магнитного поля 3 Тл с более тонкими срезами

(3 мм). При присуждении балла VI-RADS ≥ 3 , даже учитывая, что в данную группу включались все подозрительные поражения, совокупная чувствительность составила 0,87 (95 %, доверительный интервал (ДИ) 0,82–0,91), специфичность — 0,86 (95 %, ДИ 0,80–0,90). Это способствует уменьшению ошибочной диагностики миРМП по МРТ. При присуждении балла VI-RADS ≥ 4 , с последующим определением миРМП, совокупная чувствительность составила 0,78 (95 %, ДИ 0,74–0,81), специфичность — 0,94 (95 %, ДИ 0,91–0,96) [28].

В последнее десятилетие в клиническую медицину активно внедряются методики компьютерного моделирования, посредством которых реконструируются различные ткани и органы, что способствует улучшению качества проводимых диагностических и хирургических манипуляций [29]. Применительно к вариантам объемной сегментации опухоли стенки мочевого пузыря интерес вызвала работа Е. Г. Григорьева с соавторами, в которой применяли диффузионное МРТ ($n = 26$). Преимуществами метода являются возможность оценки опухоли независимо от степени наполнения мочевого пузыря и при больших площадях поражения, отсутствие необходимости внутривенного контрастирования [30].

В целом, для пациентов имеет значение наличие таких преимуществ МРТ, как: отсутствие ионизирующего излучения, возможность применения хелатов гадолиния при наличии аллергических реакций. Несмотря на наличие вышеописанных преимуществ использования МРТ в плане превосходной контрастности слоев стенки мочевого пузыря и применения различных импульсных последовательностей, к его недостаткам относятся наличие абсолютных противопоказаний к проведению исследования в ряде случаев, а также ограничения визуализации, определяемые размерами катушки [31]. Учитывая, что злокачественные новообразования в России диагностируются с максимальным уровнем показателя заболеваемости в возрасте 75–79 лет (1818,0 на 100 тыс. населения), на момент диагностики РМП эта группа пациентов имеет сопутствующие хронические заболевания, и нередко в организме у таких пациентов могут

VI-RADS	Характеристики по данным МРТ визуализации
VI-RADS 1	Новообразование стенки мочевого пузыря с выраженным ограничением диффузии, не распространяющимся на область мышечного слоя, с ранним выраженным гетерогенным усилением контрастирования, размером менее 10 мм. Непрерывная линия гипоинтенсивного МР-сигнала, отражающая целостность мышечной оболочки, без ее утолщения и деформации, с сохранением гипоинтенсивного МР-сигнала с последующим отсроченным усилением
VI-RADS 2	Новообразование стенки мочевого пузыря с выраженным ограничением диффузии, не распространяющимся на область мышечного слоя, с ранним выраженным гетерогенным усилением контрастирования, размером более 10 мм. Непрерывная линия МР-сигнала низкой интенсивности, отражающая целостность мышечной оболочки, с утолщенным внутренним слоем детрузора
VI-RADS 3	Утолщенный внутренний слой в сидячей опухоли, с выраженным ограничением диффузии. Раннее контрастное усиление опухоли, прерывающей гипоинтенсивную линию мышечного слоя детрузора с внутренней стороны
VI-RADS 4	Прерывание линии низкой интенсивности сигнала в детрузоре снаружи, представляющее собой инвазию опухолью. Образование с высокой интенсивностью сигнала на диффузионно-взвешенном изображении, с ранним выраженным гетерогенным усилением контрастирования, распространяющееся фокально в мышечный слой. Очаговое распространение раннего усиления на мышечный слой
VI-RADS 5	Образование распространяется по всей стенке мочевого пузыря и в паравезикальную клетчатку, с высоким сигналом на диффузионно-взвешенном изображении и низким сигналом на картах измеряемого коэффициента диффузии

Таблица 1. Оценка данных мультипараметрической МРТ путем применения шкалы VI-RADS (Vesical Imaging-Reporting and Data System)
Table 1. Evaluation of multiparametric MRI data using the VI-RADS scale (Vesical Imaging-Reporting and Data System scale)

присутствовать ферромагнитный имплантат, нейростимулятор, имплант среднего уха [3]. Впоследствии пациенты могут лишаться возможности проведения им МРТ. В таком случае для визуализации стенок мочевого пузыря рекомендовано выполнение КТ с внутривенным контрастным усилением.

Быстрое сканирование, определение показателей плотностных характеристик при фазовом усилении с возможностью точного воспроизведения исследования в динамике являются безусловными преимуществами КТ [32]. Недостатки метода заключаются в высокой кумулятивной дозе ионизирующего облучения, плохой визуализации мышечного слоя стенки и артефактов от прилежащего костного массива. Невозможность при стандартной визуализации оценить дифференцировку слоев и степень инвазии опухолевых масс в стенку мочевого пузыря является причиной ограниченного использования КТ в определении T₁-T_{3a} стадий РМП [33]. Альтернативной методикой способна стать перфузионная КТ (ПКТ), успешно применяемая в нейрорадиологии и активно внедряемая в онкоурологию [34]. Уникальность ПКТ состоит в одновременной оценке особенностей местного кровотока и структурных изменений тканей за счет совмещения томограмм с перфузионными картами и вычислением линейной зависимости концентрации йода в сосудистом русле, определением степени его депонирования тканями [35]. Методика на данный момент находит свое применение в изучении состояния регионарного кровотока паренхиматозных и полых мышечных органов, таких как головной мозг, миокард, печень, поджелудочная железа, легкие, почки, желудок [36, 37]. Тем не менее при анализе опубликованных литературных источников не было найдено работ, посвященных ПКТ стенки мочевого пузыря. Таким образом, учитывая рост показателей распространенности нмиРМП, перфузионная методика в планировании и оценке результатов органосохраняющего лечения может открыть новые возможности в оптимизации хирургической тактики.

Для преодоления существующих ограничений в диагностике, терапии и последующем наблюдении за карциномой мочевого пузыря, а также для выявления рецидива в мировой практике исследуются новые радиофармпрепараты, суть которых состоит в радиоактивном мечении различных лигандов радионуклидами с последующей ОФЭКТ-/ПЭТ-визуализацией. Преимуществом данной методики является ее функциональный характер, а также возможность применения радиотераностики, при которой диагностика сочетается с лечением [38]. О. А. El-Kawy с соавторами в 2022 году провели испытания ¹²⁵I-пирарубина в качестве нового цитотоксического средства с вектором доставки в стенки мочевого пузыря с потенциалом использования в качестве тераностического средства за счет его накопления в патологически измененных клетках [39]. М. М. Tumedei с соавторами в 2020 году в своей работе особое внимание уделили оценке экспрессии PSMA (простатспецифический мембранный антиген) методом иммуногистохимии, с последующим проведением пациентам ПЭТ-визуализации с использованием ⁶⁸Ga-

PSMA-11, ¹⁸F-PSMA-1007 и ¹⁸F-AIF-PSMA-11 как новых тераностических биомаркеров РМП. Анализируя 87 образцов ткани мочевого пузыря, исследователи выявили, что с высокой экспрессией PSMA связано возникновение новой сосудистой сети. Это расценивалось как перспективный метод применения радиомеченых лигандов PSMA для внутрисполостной радионуклидной терапии и определения более точной предоперационной стадии и характеристики поражения [40].

Стадирование рака мочевого пузыря на основании инструментальных методов визуализации

Главным и важным этапом диагностики и лечения I стадии РМП является проведение разграничения T₂/T₁ и T₂ стадий с применением цистоскопии с последующей ТУР мочевого пузыря и патоморфологической верификацией, определением присутствия карциномы *in situ*, применяя в том числе цитологическое исследование мочи и мультифокальную биопсию слизистой [41]. Метод цистоскопии позволяет оценить весь переходноклеточный слой с возможностью обнаружения небольших плоских опухолей, которые не видны на МРТ и КТ изображениях. По цистоскопии уточняют степень вовлечения в патологический процесс наиболее важных структур мочевого пузыря, а также, при внутриспузырном введении 5-аминолевулиновой кислоты и освещении стенки сине-фиолетовым светом, визуализируют опухолевые образования, которые склонны накапливать протопорфирин [42].

Постепенно происходит интеграция искусственного интеллекта (ИИ) с применением в диагностике РМП методик, улучшающих процедуру биопсии и хирургических вмешательств, с повышением качества резекции и выявления рецидивирующих опухолей. Алгоритмы достигли высокой эффективности в систематическом обзоре Т. А. Садулаевой с соавторами (*n* = 11). По данным обзора чувствительность цистоскопии при использовании ИИ достигает 89,7–95,4 %, специфичность — 87,8–98,6 %, что превосходит диагностические возможности стандартной цистоскопии в белом свете, чувствительность и специфичность которой составляют примерно 60 и 70 % соответственно [43].

Оценить эффективность лечения в динамике возможно при наличии как минимум двух контрольных точек визуализации опухоли: первичная — для стадирования опухолевого процесса и возможного прогноза, повторная — для проверки состоятельности прогноза и оценки эффекта лечения. Для сопоставления данных цистоскопии и лучевых методов диагностики и получения наиболее достоверных данных цистоскопию нужно проводить не позднее 6 недель после сканирования [44, 45].

Проведение КТ с внутривенным контрастным усилением на I и II стадиях РМП позволяет исключить возможное наличие прорастания опухоли в паравезикальную клетчатку, оценить наружные контуры стенки мочевого пузыря, размер и характер кровоснабжения регионарных лимфатических узлов. Может быть обнаружен дефект наполнения мягких тканей в заполненном контрастным веществом просвете в отсроченную фазу ис-

следования. На поверхности папиллярных разрастаний могут присутствовать фрагменты кальцификации, определяемые в нативную фазу исследования. В большинстве случаев РМП при внутривенном контрастировании наблюдается раннее усиление с максимальным пиком через 60–80 секунд после введения контраста. Измененная стенка мочевого пузыря за счет наличия неопластического при фазовом контрастировании чаще всего характеризуется быстрым вымыванием контраста [46].

На стадии IIIA — $T_{3a}-T_{4a}N_0M_0$ и $T_1-T_{4a}N_1M_0$ — отмечается перивисцеральное распространение опухоли с неровной внешней границей с нечеткостью наружных контуров, тяжистостью паравезикальной клетчатки. При T_{4a} опухоль распространяется на прилежащие «соседние» органы. Возможно обнаружение одного измененного лимфатического узла [47, 48].

Местнораспространенный РМП относится к стадии IIIB $T_1-T_{4a}N_{2-3}M_0$ и характеризуется неровной внешней границей опухоли с нечеткостью наружных контуров, тяжистостью паравезикальной клетчатки, с метастазированием в лимфатические узлы. КТ и МРТ эффективно определяют стадии T_{3b} и выше, чувствительны к выявлению висцеральных очагов, потенциальных зон распространения опухолевого процесса. Но в плане оценки поражения лимфатических узлов существуют подводные камни: при наличии зон некроза, формирования конгломерата — вопросов в определении метастатического поражения не возникает. Критерии на основе измерений лимфатического узла по короткой оси, степени его контрастного усиления не являются специфичными для выявления микрометастазов, поскольку большинство метастатических лимфатических узлов имеют нормальные размеры с диаметром по короткой оси менее 5 мм [48]. Увеличивать ложноположительные результаты может узловая реактивная гиперплазия, поэтому большее значение имеет выявление округлой конфигурации лимфатических узлов, потеря визуализации жировых ворот, наличие неровности контура [47, 48].

Стадия IVA представляет собой местнораспространенный РМП (T_{4b}) с наличием поражения отдаленных лимфатических узлов (M_{1a}). При стадии IVB (M_{1b}) наиболее распространенными метастатическими органами в порядке убывания являются печень, кости и легкие [49]. Изотопное сканирование считается наиболее чувствительным методом для обнаружения отдаленных метастазов. Наибольшей специфичностью обладает ПЭТ/КТ [40, 42, 44, 48]. Перспективным методом является МРТ всего тела на основе применения последовательностей диффузионно-взвешенных изображений, которая позволяет рассчитать количественные параметры измеряемого коэффициента диффузии. Ее преимуществом является отсутствие ионизирующего облучения, возможность применения без внутривенного контрастного усиления [49].

КТ-исследования с контрастным усилением применяют также после выполнения радикальной цистэктомии с различными видами деривации мочи с целью определения состоятельности анастомозов, визуализации

перифокальной клетчатки и самих стенок резервуара и мочеточников, оценки состояния функции почек, определения возможного рецидива РМП [50, 51].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применяемый в настоящее время комплексный подход к диагностике РМП, включающий совокупность инструментальных методов визуализации совместно с гистологической верификацией, обеспечивает всестороннее изучение проблемы ранней диагностики неинвазивной стадии РМП, определяет наличие рецидива и продолженного роста, оценивает эффективность различных этапов лечения во время динамического наблюдения. Такие инструментальные методы визуализации, как УЗИ, мультипараметрическая МРТ, КТ с внутривенным контрастным усилением, включены в клинические рекомендации по мРМП, нмиРМП, мрРМП и метастатическому РМП и имеют жизненно важное значение в выявлении новообразования и определении стадии злокачественности.

До выполнения диагностической цистоскопии и ТУР-биопсии проведение мультипараметрической МРТ, особенно с использованием парадигмы VI-RADS, является оптимальным в настоящее время. Также отмечается расширение возможностей применения молекулярной ПЭТ/ОФЭКТ-визуализации в диагностике уротелиальных карцином с использованием различных лигандов, меченных радионуклидами, с дальнейшим улучшением отбора пациентов для радикальной цистэктомии и разработкой таргетных радиофармпрепаратов. Стремительный рост диагностического потенциала раннего выявления опухолевого процесса в стенке мочевого пузыря и совершенствование выбора оптимальной лечебной тактики формируют тенденции к регулярному пересмотру существующих клинических рекомендаций. МРТ, КТ, ПЭТ/КТ, ОФЭКТ/КТ остаются перспективными направлениями развития диагностики РМП, поскольку совершенствуется разрешающая способность аппаратов и применяемое программное обеспечение. Если имеются противопоказания для МРТ исследования, его возможно заменить КТ, ПЭТ/КТ, ОФЭКТ/КТ. Но, тем не менее, проблема отсутствия альтернативного метода визуализации слоев стенки мочевого пузыря у пациентов с наличием абсолютных противопоказаний к проведению МРТ остается актуальной. Это приобретает еще больший смысл у пожилых пациентов, имеющих признаки неоплазии в стенке мочевого пузыря в совокупности с сопутствующими заболеваниями и наличием чувствительных к магнитному полю встроженных имплантов. В этих случаях перспективный метод ПКТ стенки мочевого пузыря, утолщенной в связи с наличием неопластического процесса, способен оценить показатели кровотока в структуре, с определением качественных и количественных показателей кровотока на уровне артериол, микроциркуляторного русла и венул, что не представляется возможным при проведении стандартного четырехфазного КТ-исследования. Если стенка мочевого пузыря имеет толщину более 5 мм, КТ-перфузия может стать альтернативой стадирования VI-RADS по МРТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ferlay J., Ervik M., Lam F., Laversanne M., Colombet M., Mery L., et al. Global Cancer Observatory: Cancer Today. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2024. [cited 23 Aug 2024] Available from: <https://gco.iarc.who.int/today>
- 2 Клинические рекомендации МЗ РФ. Рак мочевого пузыря. М.; 2023. Режим доступа: https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2023/11/rak-mochevogo-puzyrya_23.pdf (дата обращения: 10.09.2024).
- 3 Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ; 2024.
- 4 Safiri S., Kolahi A. A., Naghavi M. Global, regional and national burden of bladder cancer and its attributable risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease study 2019. *BMJ global health*. 2021;6(11):e004128. DOI: 10.1186/s40779-024-00569-w
- 5 Vlachostergios P.J., Faltas B.M. The molecular limitations of biomarker research in bladder cancer. *World J Urol*. 2019;37(5):837–48. DOI: 10.1007/s00345-018-2462-9
- 6 Borgheresi A., Agostini A., Sternardi F., Cesari E., Ventura F., Ottaviani L., et al. Vascular Enlargement as a Predictor of Nodal Involvement in Bladder Cancer. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(13):2227. DOI: 10.3390/diagnostics13132227
- 7 Babjuk M., Burger M., Capoun O., Cohen D., Compérat E.M., Dominguez Escrig J.L., et al. European Association of Urology Guidelines on non-muscle-invasive bladder cancer (Ta, T1, and carcinoma in situ). *Eur Urol*. 2022;81(1):75–94. DOI: 10.1016/j.eururo.2021.08.010
- 8 Alfred Witjes J., Max Bruins H., Carrión A., Cathomas R., Compérat E.,fstathiou J.A., et al. European Association of Urology Guidelines on muscle-invasive and metastatic bladder cancer: Summary of the 2023 Guidelines. *Eur Urol*. 2024;85(1):17–31. DOI: 10.1016/j.eururo.2023.08.016
- 9 Гладков О.А., Булычкин П.В., Волкова М.И., Зуков Р.А., Матвеев В.Б., Носов Д.А. Рак мочевого пузыря. Злокачественные опухоли. 2023;13(352-1):620–39. DOI: 10.18027/2224-5057-2023-13-352-1-620-639
- 10 Rai A., Hsieh A., Smith A. Contemporary diagnosis and management of pelvi-ureteric junction obstruction. *BJU Int*. 2022;130(3):285–90. DOI: 10.1111/bju.15689
- 11 Li C., Gu Z., Ni P., Zhang W., Yang F., Li W., et al. The value of contrast-enhanced ultrasound and magnetic resonance imaging in the diagnosis of bladder cancer. *J Cancer Res Ther*. 2021;17(5):1179–85. DOI: 10.4103/jcrt.jcrt_1056_21
- 12 Berce V., Rataj N., Dorić M., Zorko A., Kolarić T. Association between the clinical, laboratory and ultrasound characteristics and the etiology of peripheral lymphadenopathy in children. *Children (Basel)*. 2023;10(10):1589. DOI: 10.3390/children10101589
- 13 Xu C., Zhang Z., Wang H., Song Q., Wei R., Yu Y., et al. A new tool for distinguishing muscle invasive and non-muscle invasive bladder cancer: the initial application of flexible ultrasound bronchoscope in bladder tumor staging. *PLoS One*. 2014;9(4):e92385. DOI: 10.1371/journal.pone.0092385
- 14 Russell G., Strnad B.S., Ludwig D.R., Middleton W.D., Itani M., Khot R., et al. Contrast-Enhanced Ultrasound for Image-Guided Procedures. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2023;26(3):100913. DOI: 10.1016/j.tvir.2023.100913
- 15 Feng Y., Hao Y., Wang Y., Song W., Zhang S., Ni D., et al. Ultrasound molecular imaging of bladder cancer via extradomain B fibronectin-targeted biosynthetic GVs. *Int J Nanomedicine*. 2023;18:4871–84. DOI: 10.2147/IJN.S412422
- 16 Fournier L., de La Taille T., Chauvierre C. Microbubbles for human diagnosis and therapy. *Biomaterials*. 2023;294:122025. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2023.122025
- 17 Panebianco V. VI-RADS for the diagnosis and management of urinary bladder cancer. *Eur Radiol*. 2023;33(10):7209–11. DOI: 10.1007/s00330-023-09677-y
- 18 Del Giudice F., Flammia R.S., Pecoraro M., Moschini M., D'Andrea D., Messina E., et al. The accuracy of Vesical Imaging-Reporting and Data System (VI-RADS): an updated comprehensive multi-institutional, multi-readers systematic review and meta-analysis from diagnostic evidence into future clinical recommendations. *World J Urol*. 2022;40(7):1617–28. DOI: 10.1007/s00345-022-03969-6
- 19 Григорьев Е.Г., Фролова И.Г., Усынин Е.А., Усова А.В., Табакаев С.А. Возможности объемной сегментации опухоли по данным диффузионно-взвешенной МРТ в прогнозировании и оценке эффективности химиотерапии при раке мочевого пузыря. *Сибирский онкологический журнал*. 2023;22(3):25–35. DOI: 10.21294/1814-4861-2023-22-3-25-35
- 20 Cressoni M., Cozzi A., Schiaffino S., Cadringer P., Vitali P., Basso G., et al. Computation of contrast-enhanced perfusion using only two CT scan phases: a proof-of-concept study on abdominal organs. *Eur Radiol Exp*. 2022;6(1):37. DOI: 10.1186/s41747-022-00292-y
- 21 Ломоносова Е.В., Гольбиц А.Б., Рубцова Н.А., Алексеев Б.Я., Каприн А.Д. Перфузионная компьютерная томография в диагностике заболеваний почек (обзор литературы). *Медицинская визуализация*. 2023;27(2):85–98. DOI: 10.24835/1607-0763-1220
- 22 Oprea-Lager D.E., MacLennan S., Bjartell A., Briganti A., Burger I.A., de Jong L., et al. European Association of Nuclear Medicine Focus 5: consensus on molecular imaging and theranostics in prostate cancer. *Eur Urol*. 2024;85(1):49–60. DOI: 10.1016/j.eururo.2023.09.003
- 23 El-Kawy O.A., Abdelaziz G. Preparation, characterization and evaluation of [125I]-pirarubicin: A new therapeutic agent for urinary bladder cancer with potential for use as theranostic agent. *Applied radiation and isotopes: including data, instrumentation and methods for use in agriculture, industry and medicine*. 2022;179:110007. DOI: 10.1016/j.apradiso.2021.110007
- 24 Tumedei M.M., Ravaoli S., Matteucci F., Celli M., De Giorgi U., Gunelli R., et al. Spotlight on PSMA as a new theranostic biomarker for bladder cancer. *Sci Rep*. 2021;11(1):9777. DOI: 10.1038/s41598-021-89160-0
- 25 Садулаева Т.А., Эдильгиреева Л.А., Бимурзаева М.Б., Морозов А.О. Использование искусственного интеллекта в цистоскопической диагностике рака мочевого пузыря. *Онкоурология*. 2023;19(2):146–52. DOI: 10.17650/1726-9776-2023-19-2-148-152
- 26 Bouchelouche K. PET/CT in bladder cancer: an update. *Semin Nucl Med*. 2022;52(4):475–85. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2021.12.004
- 27 Zhan Y., Zhang G., Li M., Zhou X. Whole-body MRI vs. PET/CT for the detection of bone metastases in patients with prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Front Oncol*. 2021;11:633833. DOI: 10.3389/fonc.2021.633833
- 28 Павлов В.Н., Урманцев М.Ф., Бакеев М.Р. Успехи робот-ассистированной цистэктомии в лечении мышечно-инвазивного рака мочевого пузыря. *Онкоурология*. 2022;18(2):123–8. DOI: 10.17650/1726-9776-2022-18-2-123-128
- 29 Павлов В.Н., Урманцев М.Ф., Бакеев М.Р. Выживаемость пациентов с мышечно-инвазивным раком мочевого пузыря после робот-ассистированной радикальной цистэктомии с интракорпоральной деривацией мочи. *Креативная хирургия и онкология*. 2024;14(1):5–12. DOI: 10.24060/2076-3093-2024-14-1-5-12
- 30 Каприн А.Д., Рубцова Н.А., Кабанов Д.О., Гольбиц А.Б., Воробьев Н.В., Пильчук П.С. Опыт применения системы VI-RADS в оценке глубины инвазии опухолей мочевого пузыря. *Медицинская визуализация*. 2023;27(3):118–29. DOI: 10.24835/1607-0763-1242
- 31 Zhang H.P., Liang R.X., Lin X.Y., Xue E.S., Ye Q., Zhu Y.F. Application of contrast-enhanced ultrasound in diagnosis and grading of bladder urothelial carcinoma. *BMC Med Imaging*. 2024;24(1):26. DOI: 10.1186/s12880-024-01199-3
- 32 Mo X., Cui Y., Yuan J., Hang Z., Jiang X., Duan G., et al. Study on a new “One-stop-shop” scan protocol combining brain CT perfusion and head-and-neck CT angiography by using 256-detector CT for stroke patients. *Eur J Radiol*. 2022;154:110426. DOI: 10.1016/j.ejrad.2022.110426
- 33 Ronot M., Leporq B., Van Beers B.E., Vilgrain V. CT and MR perfusion techniques to assess diffuse liver disease. *Abdom Radiol (NY)*. 2020;45(11):3496–506. DOI: 10.1007/s00261-019-02338-z
- 34 Li W., Su Z.Z., Kang J.H., Xie X.Y., Xie X.H., Zhuang B.W. Application of contrast-enhanced ultrasonography for large cell neuroendocrine carcinoma in the urinary bladder: a case report. *BMC Med Imaging*. 2020;20(1):46. DOI: 10.1186/s12880-020-00447-6
- 35 Dietrich C.F., Nolsøe C.P., Barr R.G., Berzigotti A., Burns P.N., Cantisani V., et al. Guidelines and good clinical practice recommendations for Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS) in the Liver — Update 2020 — WFUMB in cooperation with EFSUMB, AFSUMB, AIUM, and FLAUS. *Ultraschall Med*. 2020;41(5):562–85. DOI: 10.1055/a-1177-0530
- 36 Golemati S., Cokkinos D.D. Recent advances in vascular ultrasound imaging technology and their clinical implications. *Ultrasonics*. 2022;119:106599. DOI: 10.1016/j.ultras.2021.106599
- 37 Liu X., Liu D., Long M., Chen F. Application value of ultrasonic contrast imaging and ultrasonic parameters in post-transplant renal

- surgery. *Front Med (Lausanne)*. 2024;11:1397884. DOI: 10.3389/fmed.2024.1397884
- 38 Oglat A.A. A review of ultrasound contrast media. *F1000Res*. 2024;12:1444. DOI: 10.12688/f1000research.140131.2
 - 39 Deng XH, Du ZS, Wu ZG, Chen Y, Wu XY, Tang LN. The Value of Contrast-Enhanced Ultrasound in the Detection of Sentinel Lymph Nodes in Malignant Melanoma. *J Ultrasound Med*. 2023 May;42(5):1015–22. DOI: 10.1002/jum.16110
 - 40 Galiya R, Stanislav K, Jawdat J, Benjamin H, Boris C. Pediatric urothelial bladder neoplasm. *J Pediatr Urol*. 2022 Dec;18(6):833.e1–e4. DOI: 10.1016/j.jpuro.2022.06.026
 - 41 Ng K, Stenzl A, Sharma A, Vasdev N. Urinary biomarkers in bladder cancer: A review of the current landscape and future directions. *Urol Oncol*. 2021;39(1):41–51. DOI: 10.1016/j.urolonc.2020.08.016
 - 42 Muin D, Laukhina E, Hacker M, Shariat S.F. PET in bladder cancer imaging. *Curr Opin Urol*. 2023;33(3):206–10. DOI: 10.1097/MOU.0000000000001090
 - 43 Kozikowski M, Suarez-Ibarrola R, Osiecki R, Bilski K, Gratzke C, Shariat SF, Miernik A, Dobruch J. Role of Radiomics in the Prediction of Muscle-Invasive Bladder Cancer: A Systematic Review and Meta-analysis. *Eur Urol Focus*. 2022 May;8(3):728–38. DOI: 10.1016/j.euf.2021.05.005
 - 44 Qureshi T.A., Chen X., Xie Y., Sakatani T., Kita Y., Kobayashi T. et al. MRI/RNA-Seq-Based Radiogenomics and Artificial Intelligence for More Accurate Staging of Muscle-Invasive Bladder Cancer. *Int J Mol Sci*. 2023;25(1):88. DOI: 10.3390/ijms25010088
 - 45 Panebianco V, Briganti A, Boellaard T.N., Catto J., Comperat E., Efstathiou J., et al. Clinical application of bladder MRI and the Vesical Imaging-Reporting and Data System. *Nat Rev Urol*. 2024;21(4):243–51. DOI: 10.1038/s41585-023-00830-2
 - 46 Mertens L.S., Meijer R.P., Alfred Witjes J. Positron emission tomography/computed tomography for staging of bladder cancer: a continuing clinical controversy. *Eur Urol*. 2023;83(2):95–6. DOI: 10.1016/j.eururo.2022.09.017
 - 47 Liang H., Yang Q., Sun H., Xu Y., Wang J., Huang W., et al. The vascular and morphological characteristics of tumors under narrow-band imaging as predictors for the grade and stage of bladder cancer: a prospective and multi-center study. *Ann Med*. 2023;55(2):2281656. DOI: 10.1080/07853890.2023.2281656
 - 48 Jin Y.H., Zeng X.T., Liu T.Z., Bai Z.M., Dou Z.L., Ding D.G., et al. Treatment and surveillance for non-muscle-invasive bladder cancer: a clinical practice guideline (2021 edition). *Mil Med Res*. 2022;9(1):44. DOI: 10.1186/s40779-022-00406-y
 - 49 Lenis A.T., Lec P.M., Chamie K. Bladder cancer: a review. *JAMA*. 2020;324(19):1980–91. DOI: 10.1001/jama.2020.17598
 - 50 Contieri R., Pichler R., Del Giudice F., Marq G., Gallioli A., Al-bisinni S., et al. Variation in follow-up after radical cystectomy for bladder cancer-an inventory roundtable and literature review. *J Clin Med*. 2024;13(9):2637. DOI: 10.3390/jcm13092637
 - 51 Ghoreifi A., Allgood E., Whang G., Douglawi A., Yu W., Cai J., et al. Risk factors and natural history of parastomal hernia after radical cystectomy and ileal conduit. *BJU Int*. 2022;130(3):381–8. DOI: 10.1111/bju.15658
- ## REFERENCES
- 1 Ferlay J., Ervik M., Lam F., Laversanne M., Colombet M., Mery L., et al. Global Cancer Observatory: Cancer Today. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2024. [cited 23 Aug 2024] Available from: <https://gco.iarc.who.int/today>
 - 2 Clinical guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation. Bladder cancer. Moscow; 2023. [cited 2024 Sep 10] Available from: https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2023/11/rak-mochevogo-puzrya_23.pdf (In Russ.).
 - 3 Kaprin A.D., Starinsky V.V., Shakhzadova A.O. State of cancer care for population in Russia in 2023. P.A Gertsens Moscow Research Oncology Institute — branch of the National Medical Research Center for Radiology; 2024 (In Russ.).
 - 4 Safiri S., Kolahi A. A., Naghavi M. Global, regional and national burden of bladder cancer and its attributable risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease study 2019. *BMJ global health*. 2021;6(11):e004128. DOI: 10.1186/s40779-024-00569-w
 - 5 Vlachostergios P.J., Faltas B.M. The molecular limitations of biomarker research in bladder cancer. *World J Urol*. 2019;37(5):837–48. DOI: 10.1007/s00345-018-2462-9
 - 6 Borgheresi A., Agostini A., Sternardi F., Cesari E., Ventura F., Ottaviani L., et al. Vascular Enlargement as a Predictor of Nodal Involvement in Bladder Cancer. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(13):2227. DOI: 10.3390/diagnostics13132227
 - 7 Babjuk M., Burger M., Capoun O., Cohen D., Compérat E.M., Dominguez Escrig J.L., et al. European Association of Urology Guidelines on non-muscle-invasive bladder cancer (Ta, T1, and carcinoma in situ). *Eur Urol*. 2022;81(1):75–94. DOI: 10.1016/j.eururo.2021.08.010
 - 8 Alfred Witjes J., Max Bruins H., Carrión A., Cathomas R., Compérat E., Efstathiou J.A., et al. European Association of Urology Guidelines on muscle-invasive and metastatic bladder cancer: Summary of the 2023 Guidelines. *Eur Urol*. 2024;85(1):17–31. DOI: 10.1016/j.eururo.2023.08.016
 - 9 Gkadvok O.A., Bulychkin P.V., Volkova M.I., Zukov P.A., Matveev V.B., Nosov D.A. Bladder cancer. Malignant tumors. 2023;13(3S2-1):620–39 (In Russ.). DOI: 10.18027/2224-5057-2023-13-3s2-1-620-639
 - 10 Rai A., Hsieh A., Smith A. Contemporary diagnosis and management of pelvi-ureteric junction obstruction. *BJU Int*. 2022;130(3):285–90. DOI: 10.1111/bju.15689
 - 11 Li C., Gu Z., Ni P., Zhang W., Yang F., Li W., et al. The value of contrast-enhanced ultrasound and magnetic resonance imaging in the diagnosis of bladder cancer. *J Cancer Res Ther*. 2021;17(5):1179–85. DOI: 10.4103/jcrt.jcrt_1056_21
 - 12 Berce V., Rataj N., Dorič M., Zorko A., Kolaric T. Association between the clinical, laboratory and ultrasound characteristics and the etiology of peripheral lymphadenopathy in children. *Children (Basel)*. 2023;10(10):1589. DOI: 10.3390/children10101589
 - 13 Xu C., Zhang Z., Wang H., Song Q., Wei R., Yu Y., et al. A new tool for distinguishing muscle invasive and non-muscle invasive bladder cancer: the initial application of flexible ultrasound bronchoscope in bladder tumor staging. *PLoS One*. 2014;9(4):e92385. DOI: 10.1371/journal.pone.0092385
 - 14 Russell G., Strnad B.S., Ludwig D.R., Middleton W.D., Itani M., Khot R., et al. Contrast-Enhanced Ultrasound for Image-Guided Procedures. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2023;26(3):100913. DOI: 10.1016/j.tvir.2023.100913
 - 15 Feng Y., Hao Y., Wang Y., Song W., Zhang S., Ni D., et al. Ultrasound molecular imaging of bladder cancer via extracellular matrix-targeted biosynthetic GVs. *Int J Nanomedicine*. 2023;18:4871–84. DOI: 10.2147/IJN.S412422
 - 16 Fournier L., de La Taille T., Chauvierre C. Microbubbles for human diagnosis and therapy. *Biomaterials*. 2023;294:122025. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2023.122025
 - 17 Panebianco V. VI-RADS for the diagnosis and management of urinary bladder cancer. *Eur Radiol*. 2023;33(10):7209–11. DOI: 10.1007/s00330-023-09677-y
 - 18 Del Giudice F., Flammia R.S., Pecoraro M., Moschini M., D'Andrea D., Messina E., et al. The accuracy of Vesical Imaging-Reporting and Data System (VI-RADS): an updated comprehensive multi-institutional, multi-readers systematic review and meta-analysis from diagnostic evidence into future clinical recommendations. *World J Urol*. 2022;40(7):1617–28. DOI: 10.1007/s00345-022-03969-6
 - 19 Grigoriev E.G., Frolova I.G., Usynin E.A., Usova A.V., Tabakaev S.A. Volumetric tumor segmentation according to diffusion-weighted MRI data in predicting and evaluating the response to chemotherapy in bladder cancer. *Siberian journal of oncology*. 2023;22(3):25–35 (In Russ.). DOI: 10.21294/1814-4861-2023-22-3-25-35
 - 20 Cressoni M., Cozzi A., Schiaffino S., Cadringer P., Vitali P., Basso G., et al. Computation of contrast-enhanced perfusion using only two CT scan phases: a proof-of-concept study on abdominal organs. *Eur Radiol Exp*. 2022;6(1):37. DOI: 10.1186/s41747-022-00292-y
 - 21 Lomonosova E.V., Golbits A.B., Rubtsova N.A., Alekseev B.Ya., Kaprin A.D. Application of perfusion computed tomography in renal diseases (review of literature). *Medical Visualization*. 2023;27(2):85–98 (In Russ.). DOI: 10.24835/1607-0763-1220
 - 22 Oprea-Lager D.E., MacLennan S., Bjartell A., Briganti A., Burger I.A., de Jong I., et al. European Association of Nuclear Medicine Focus 5: consensus on molecular imaging and theranostics in prostate cancer. *Eur Urol*. 2024;85(1):49–60. DOI: 10.1016/j.eururo.2023.09.003
 - 23 El-Kawy O.A., Abdelaziz G. Preparation, characterization and evaluation of [125I]-pirarubicin: A new therapeutic agent for urinary bladder cancer with potential for use as theranostic agent. *Applied radiation and isotopes including data, instrumentation and methods for use in agriculture, industry and medicine*. 2022;179:110007. DOI: 10.1016/j.apradiso.2021.110007
 - 24 Tumedei M.M., Ravaioli S., Matteucci F., Celli M., De Giorgi U., Gonnelli R., et al. Spotlight on PSMA as a new theranostic biomarker for bladder cancer. *Sci Rep*. 2021;11(1):9777. DOI: 10.1038/s41598-021-89160-0

- 25 Sadulaeva T.A., Edilgireeva L.A., Bimurzaeva M.B., Morozov A.O. Use of artificial intelligence in diagnostic cystoscopy of bladder cancer. *Cancer Urology*. 2023;19(2):146–52 (In Russ.). DOI: 10.17650/1726-9776-2023-19-2-148-152
- 26 Bouchelouche K. PET/CT in bladder cancer: an update. *Semin Nucl Med*. 2022;52(4):475–85. DOI: 10.1053/j.semnucmed.2021.12.004
- 27 Zhan Y., Zhang G., Li M., Zhou X. Whole-body MRI vs. PET/CT for the detection of bone metastases in patients with prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Front Oncol*. 2021;11:633833. DOI: 10.3389/fonc.2021.633833
- 28 Pavlov V.N., Urmantsev M.F., Bakeev M.R. The success of robot-assisted cystectomy in the treatment of muscle-invasive bladder cancer. *Cancer Urology*. 2022;18(2):123–8 (In Russ.). DOI: 10.17650/1726-9776-2022-18-2-123-128
- 29 Pavlov V.N., Urmantsev M.F., Bakeev M.R. Survival in patients with muscle-invasive bladder cancer after robot-assisted radical cystectomy with intracorporeal urinary derivation. *Creative surgery and oncology*. 2024;14(1):5–12 (In Russ.). DOI: 10.24060/2076-3093-2024-14-1-5-12
- 30 Kaprin A.D., Rubtsova N.A., Kabanov D.O., Golbits A.B., Vorobyev N.V., Pilchuk P.S. Experience in using the VI-RADS system in assessing the depth of invasion of bladder tumors. *Medical Visualization*. 2023;27(3):118–29 (In Russ.). DOI: 10.24835/1607-0763-1242
- 31 Zhang H.P., Liang R.X., Lin X.Y., Xue E.S., Ye Q., Zhu Y.F. Application of contrast-enhanced ultrasound in diagnosis and grading of bladder urothelial carcinoma. *BMC Med Imaging*. 2024;24(1):26. DOI: 10.1186/s12880-024-01199-3
- 32 Mo X., Cui Y., Yuan J., Hang Z., Jiang X., Duan G., et al. Study on a new “One-stop-shop” scan protocol combining brain CT perfusion and head-and-neck CT angiography by using 256-detector CT for stroke patients. *Eur J Radiol*. 2022;154:110426. DOI: 10.1016/j.ejrad.2022.110426
- 33 Ronot M., Laporq B., Van Beers B.E., Vilgrain V. CT and MR perfusion techniques to assess diffuse liver disease. *Abdom Radiol (NY)*. 2020;45(11):3496–506. DOI: 10.1007/s00261-019-02338-z
- 34 Li W., Su Z.Z., Kang J.H., Xie X.Y., Xie X.H., Zhuang B.W. Application of contrast-enhanced ultrasonography for large cell neuroendocrine carcinoma in the urinary bladder: a case report. *BMC Med Imaging*. 2020;20(1):46. DOI: 10.1186/s12880-020-00447-6
- 35 Dietrich C.F., Nolsøe C.P., Barr R.G., Berzigotti A., Burns P.N., Cantisani V., et al. Guidelines and good clinical practice recommendations for Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS) in the Liver — Update 2020 — WFUMB in cooperation with EFSUMB, AFSUMB, AIUM, and FLAUS. *Ultraschall Med*. 2020;41(5):562–85. DOI: 10.1055/a-1177-0530
- 36 Golemati S., Cokkinos D.D. Recent advances in vascular ultrasound imaging technology and their clinical implications. *Ultrasonics*. 2022;119:106599. DOI: 10.1016/j.ultras.2021.106599
- 37 Liu X., Liu D., Long M., Chen F. Application value of ultrasonic contrast imaging and ultrasonic parameters in post-transplant renal surgery. *Front Med (Lausanne)*. 2024;11:1397884. DOI: 10.3389/fmed.2024.1397884
- 38 Oglat A.A. A review of ultrasound contrast media. *F1000Res*. 2024;12:1444. DOI: 10.12688/f1000research.140131.2
- 39 Deng X.H., Du Z.S., Wu Z.G., Chen Y., Wu X.Y., Tang L.N. The Value of Contrast-Enhanced Ultrasound in the Detection of Sentinel Lymph Nodes in Malignant Melanoma. *J Ultrasound Med*. 2023 May;42(5):1015–22. DOI: 10.1002/jum.16110
- 40 Galiya R., Stanislav K., Jawdat J., Benjamin H., Boris C. Pediatric urothelial bladder neoplasm. *J Pediatr Urol*. 2022 Dec;18(6):833.e1–e4. DOI: 10.1016/j.jpuro.2022.06.026
- 41 Ng K., Stenzl A., Sharma A., Vasdev N. Urinary biomarkers in bladder cancer: A review of the current landscape and future directions. *Urol Oncol*. 2021;39(1):41–51. DOI: 10.1016/j.urolonc.2020.08.016
- 42 Muin D., Laukhtina E., Hacker M., Shariat S.F. PET in bladder cancer imaging. *Curr Opin Urol*. 2023;33(3):206–10. DOI: 10.1097/MOU.0000000000001090
- 43 Kozikowski M., Suarez-Ibarrola R., Osiecki R., Bilski K., Gratzke C., Shariat SF, Miernik A, Dobruch J. Role of Radiomics in the Prediction of Muscle-invasive Bladder Cancer: A Systematic Review and Meta-analysis. *Eur Urol Focus*. 2022 May;8(3):728–38. DOI: 10.1016/j.euf.2021.05.005
- 44 Qureshi T.A., Chen X., Xie Y., Sakatani T., Kita Y., Kobayashi T. et al. MRI/RNA-Seq-Based Radiogenomics and Artificial Intelligence for More Accurate Staging of Muscle-Invasive Bladder Cancer. *Int J Mol Sci*. 2023;25(1):88. DOI: 10.3390/ijms25010088
- 45 Panebianco V., Briganti A., Boellaard T.N., Catto J., Comperat E., Efstathiou J., et al. Clinical application of bladder MRI and the Vesical Imaging-Reporting and Data System. *Nat Rev Urol*. 2024;21(4):243–51. DOI: 10.1038/s41585-023-00830-2
- 46 Mertens L.S., Meijer R.P., Alfred Witjes J. Positron emission tomography/computed tomography for staging of bladder cancer: a continuing clinical controversy. *Eur Urol*. 2023;83(2):95–6. DOI: 10.1016/j.eururo.2022.09.017
- 47 Liang H., Yang Q., Sun H., Xu Y., Wang J., Huang W., et al. The vascular and morphological characteristics of tumors under narrow-band imaging as predictors for the grade and stage of bladder cancer: a prospective and multi-center study. *Ann Med*. 2023;55(2):2281656. DOI: 10.1080/07853890.2023.2281656
- 48 Jin Y.H., Zeng X.T., Liu T.Z., Bai Z.M., Dou Z.L., Ding D.G., et al. Treatment and surveillance for non-muscle-invasive bladder cancer: a clinical practice guideline (2021 edition). *Mil Med Res*. 2022;9(1):44. DOI: 10.1186/s40779-022-00406-y
- 49 Lenis A.T., Lec P.M., Chamie K. Bladder cancer: a review. *JAMA*. 2020;324(19):1980–91. DOI: 10.1001/jama.2020.17598
- 50 Contieri R., Pichler R., Del Giudice F., Marcq G., Gallioli A., Al-bisinni S., et al. Variation in follow-up after radical cystectomy for bladder cancer-an inventory roundtable and literature review. *J Clin Med*. 2024;13(9):2637. DOI: 10.3390/jcm13092637
- 51 Ghoreifi A., Allgood E., Whang G., Douglawi A., Yu W., Cai J., et al. Risk factors and natural history of parastomal hernia after radical cystectomy and ileal conduit. *BJU Int*. 2022;130(3):381–8. DOI: 10.1111/bju.15658