

# Современные возможности лучевой диагностики рака мочевого пузыря

М.М. Сучилова<sup>1</sup>, А.Е. Николаев<sup>1</sup>, А.Н. Шапиев<sup>✉2,3</sup>, Г.З. Мухутдинова<sup>4</sup>, П.В. Ткачева<sup>4</sup>, М.В. Никифорова<sup>4</sup>, В.А. Гомболевский<sup>1</sup>, С.П. Морозов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия;

<sup>2</sup>ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия;

<sup>3</sup>«Российская детская клиническая больница» ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия;

<sup>4</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России

✉shapiev\_an@mail.ru

## Аннотация

Одним из распространенных и наиболее тяжелых заболеваний органов мочеполовой системы является рак мочевого пузыря (РМП). Согласно статистике Всемирной организации здравоохранения РМП занимает 10-е место среди впервые выявленных онкологических заболеваний в мире и 13-е – в структуре смертности. В России он занимает 11-е место в структуре заболеваемости и 16-е – в структуре смертности от онкологических заболеваний. В большинстве случаев первично выявленный РМП диагностируется в возрасте 65–74 лет. Пятилетняя относительная выживаемость при РМП IV стадии составляет около 15%. Своевременное выявление, правильное стадирование процесса и выбранная тактика лечения влияют на прогноз и дальнейшее качество жизни пациента. В статье представлены обзор подходов к стадированию и выявлению РМП, категории стадирования с использованием мультипараметрической магнитно-резонансной томографии и стандартизированной системы диагностики РМП (Vesical Imaging-Reporting and Data System – VI-RADS). Представлены иллюстрации и краткие обзоры альтернативных методов визуализации образований мочевого пузыря и новых направлений в оценке цифровых медицинских изображений – радиомики и радиогеномики. В будущем применение данных методов должно помочь в определении биологических характеристик опухоли без проведения биопсии.

**Ключевые слова:** рак мочевого пузыря, VI-RADS, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, радиомика.

**Для цитирования:** Сучилова М.М., Николаев А.Е., Шапиев А.Н. и др. Современные возможности лучевой диагностики рака мочевого пузыря. Современная онкология. 2020; 22 (4): 101–108. DOI: 10.26442/18151434.2020.4.200257

## Review

# Modern possibilities of radiological diagnosis of bladder cancer

Maria M. Suchilova<sup>1</sup>, Aleksandr E. Nikolaev<sup>1</sup>, Arsen N. Shapiev<sup>✉2,3</sup>, Guzel Z. Mukhutdinova<sup>4</sup>, Polina V. Tkacheva<sup>4</sup>, Marina V. Nikiforova<sup>4</sup>, Viktor A. Gombolevskiy<sup>1</sup>, Sergey P. Morozov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Morozov Children's Clinical Hospital, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Russian Children's Clinical Hospital of Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

<sup>4</sup>Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

✉shapiev\_an@mail.ru

## Abstract

Bladder cancer is one of the most severe and common diseases of genitourinary organs. According to WHO statistics, bladder cancer is the tenth in cancer morbidity structure and the 13th in cancer mortality structure in the world. In Russia, bladder cancer is 11th in cancer morbidity structure and 16th in cancer mortality structure. In most cases, bladder cancer is diagnosed at 65–74 years of age. The 5-year survival rate for stage IV bladder cancer is about 15%. Early detection, correct staging, and management of the patient influence the prognosis and further quality of life. This review shows detection and staging methods of bladder cancer, staging categories based on multiparametric magnetic-resonance imaging with the use of Vesical Imaging-Reporting and Data System (VI-RADS). Illustrations and a brief overview of alternative visualization methods of bladder lesions, and new approaches in assessment of digital medical images, radiomics and radiogenomics, are presented. In the future, these methods should help to determine the biological characteristics of the tumor without taking a biopsy.

**Key words:** bladder cancer, Vesical Imaging-Reporting and Data System, magnetic-resonance imaging, CT, PET/CT, radiomics.

**For citation:** Suchilova M.M., Nikolaev A.E., Shapiev A.N. et al. Modern possibilities of radiological diagnosis of bladder cancer. Journal of Modern Oncology. 2020; 22 (4): 101–108. DOI: 10.26442/18151434.2020.4.200257

**Введение**

Рак мочевого пузыря (РМП) – девятый по частоте встречаемости в мире [1]. Согласно статистике Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) РМП занимает 10-е место среди впервые выявленных онкологических заболеваний в мире и 13-е – в структуре смертности [2]. В России – 11-е место в структуре заболеваемости и 16-е – в структуре смертности от онкологических заболеваний [3].

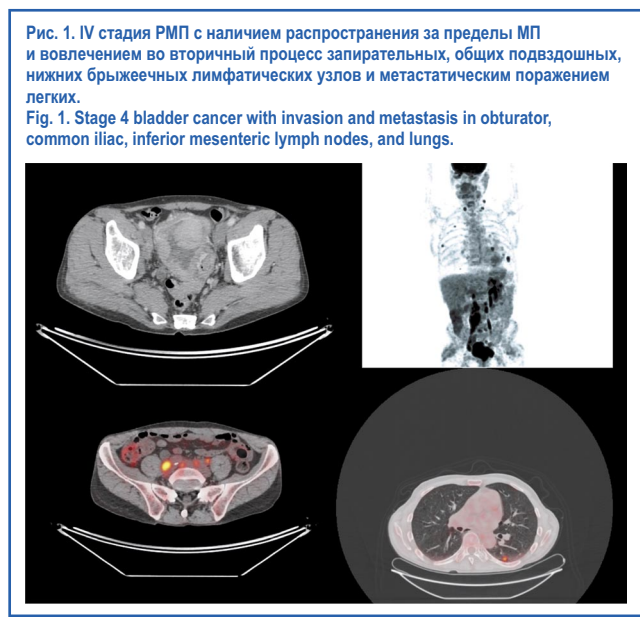
Примерно в 1/3 всех случаев заболевания РМП наблюдается мышечно-инвазивная форма рака [4]. Прогноз и выживаемость также зависят от пола пациента [5]. Частота возникновения РМП у мужчин в 4 раза выше, чем у женщин, тем не менее у женщин данное заболевание диагностируется гораздо позднее, а прогноз хуже [6]. Пятилетняя выживаемость за 2009–2015 гг. составила 77,1% [1].

РМП диагностируется в основном в пожилом и старческом возрасте. В большинстве случаев первично выявленный РМП диагностируется в возрасте 65–74 лет [7]. В соответствии с данными ВОЗ популяция людей старше 65 лет к 2050 г. достигнет приблизительно 1,5 млрд, что составит 16% от всемирной популяции [8].

К факторам риска относятся: работа на предприятиях с использованием смол и пластмасс; высокое содержание мышьяка, хлора в воде; прием лекарственных средств (анальгетики, содержащие фенацетин, циклофосфамид); курение; радиация; шистосоматоз; хронический цистит; пептическая язва; генетическая предрасположенность, а также заболевания пародонта [6, 9–12].

**Методы исследования РМП**

Существует множество методов визуализации для оценки наличия и распространенности РМП. «Золотым стандартом» визуальной диагностики РМП является цистоскопия [13]. Данный метод применяется для оценки слизистой оболочки мочевого пузыря (МП), устьев мочеточников и уретры. Также одним из относительно недорогих и часто используемых методов визуализации МП без лучевой нагрузки является ультразвуковое исследование (УЗИ) [14]. Для определения локализации и уровня инвазии опухолевого процесса могут применяться как компьютерная томография (КТ), так и магнитно-резонансная томография (МРТ), однако методом выбора считается МРТ [15]. Для оценки опухолевого процесса можно также использовать гибридные методы визуализации, к примеру, позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), совмещенная с КТ (ПЭТ-КТ), и количественная МРТ (диффузионно-взвешенные изображения – ДВИ и карты измеряемого коэффициента диффузии – ИКД) применяются для определения уровня биологической активности и используются в основном для определения стадии и динамики процесса во время лечения (рис. 1) [16–18]. В табл. 1, 2 представлены основные преимущества и недостатки различных методов визуализации образований МП.



Для сравнения эффективности методов визуализации можно также использовать такие показатели точности, как чувствительность, специфичность, показатель ценности положительных результатов (positive predictive value – PPV)

Таблица 1. Преимущества и недостатки негибридных методов визуализации Table 1. Advantages and disadvantages of nonhybrid methods of visualization		
Название метода	Преимущества	Недостатки
Цистоскопия [19, 20]	Возможность оценить поверхностные изменения слизистой оболочки Возможна цистоскопическая резекция поверхностных опухолей В сочетании с биопсией является стандартом диагностики рецидива	Стоимость Инвазивность Ограниченная чувствительность к определению опухоли на ранней стадии Невозможно определить уровень инвазии и наличие метастазов
УЗИ [21–24]	Неинвазивность Отсутствие лучевой нагрузки Низкая стоимость	Невозможно определить уровень инвазии Трудности в выполнении УЗИ у пациентов с избыточной массой тела, кальцинированными или плоскими опухолями Трудности в обнаружении поражения диаметром <5 мм при любой локализации и поражений любого размера, расположенных в области шейки или верхушки МП
КТ [25–28]	Неинвазивность Наиболее чувствительный метод для выявления кальцинации В основном используется для оценки метастатически пораженных лимфатических узлов и отдаленных метастазов	Менее чувствительный, чем МРТ, метод стадирования опухолевого процесса, хуже определяется инвазия в прилежащие органы Невозможно определить наличие метастатического поражения лимфатического узла нормального размера Хуже, чем при МРТ, определяются небольшие опухоли без проведения внутривенного контрастирования Невозможность проведения исследования с внутривенным контрастным усилением при наличии у пациента аллергической реакции на контрастный препарат и при нарушении функции почек и наличии металлических протезов в полости таза
МРТ [25–27, 29]	Неинвазивность Отсутствие лучевой нагрузки Наиболее чувствительный метод для диагностики изменений мягких тканей Возможность дифференцировать инвазивную и неинвазивную формы РМП Выявление уровня инвазии и отдаленных метастазов	Стоимость + Невозможность проведения исследования пациентам с кардиостимулятором, внутривенными клипсами (кроме титановых) Трудности проведения исследования пациентам с клаустрофобией

**Таблица 2. Преимущества и недостатки гибридных методов визуализации**  
**Table 2. Advantages and disadvantages of hybrid methods of visualization**

Название метода	Преимущества	Недостатки
ПЭТ [30, 31]	Неинвазивность Выявление метаболической активности опухолей Выявление отдаленных метастазов	Стоимость+ Применение затруднено вследствие накопления FDG в моче
ПЭТ-КТ [30–38]	Неинвазивность Выявление метаболической активности опухолей Выявление регионарных, отдаленных метастазов Превосходит КТ в выявлении отдаленных метастазов В отличие от ПЭТ без совмещения с КТ более высокая анатомическая привязка Использование в процессе неoadъювантной химиотерапии для оценки ответа на лечение Выявление локального рецидива и отдаленных метастазов после радикальной цистэктомии	Стоимость++ Нет убедительных доказательств превосходства над КТ с контрастным усилением в оценке метастатически пораженных лимфатических узлов и отдаленных метастазов Применение затруднено вследствие накопления FDG в моче По сравнению с КТ с контрастным усилением несколько более чувствительный метод для обнаружения РМП, но менее специфичный
ПЭТ-МРТ [29, 39, 40]	В сравнении с другими лучевыми методиками максимально точная оценка TNM-стадий при первичном стадировании, выявлении локального рецидива Меньше лучевая нагрузка в сравнении с ПЭТ-КТ	Стоимость+++ Длительное время выполнения исследования Невозможность проведения исследования пациентам с кардиостимулятором, внутривенными клипсами (кроме титановых) Трудности проведения исследования пациентам с клаустрофобией

**Примечание.** ПЭТ-МРТ – позитронно-эмиссионная КТ, совмещенная с МРТ.

**Таблица 3. Показатели точности различных методов визуализации РМП (%)**  
**Table 3. Accuracy rates of different methods of bladder cancer visualization (%)**

Название метода	Чувствительность	Специфичность	PPV	NPV
Цистоскопия [41]	87	100	98	98
УЗИ [42]	93,24	100	100	16,66
КТ [43]	96,3	86,4	92,8	92,9
МРТ [44]	98,1	92,3	100	92,3
ПЭТ-МРТ [45]	84	50	70	70

**Таблица 4. Показатели точности различных методов визуализации при выявлении метастазов РМП (%)**  
**Table 4. Accuracy rates of different methods of bladder cancer metastases visualization (%)**

Название метода	Чувствительность	Специфичность	PPV	NPV
КТ [47]	52,6	93,6	73,2	85,6
ПЭТ-КТ [48]	47	95	80	82

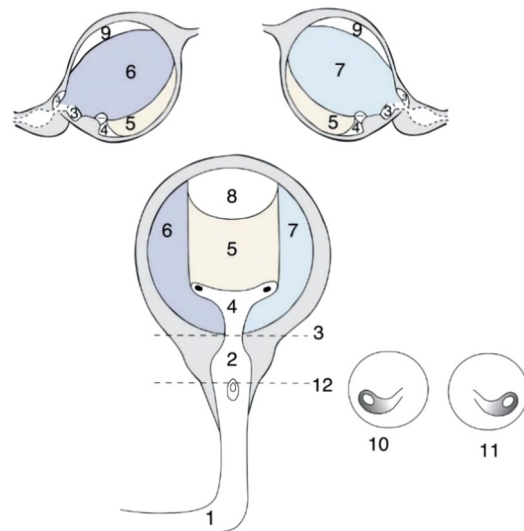
**Таблица 5. Гистологическое строение стенки МП**  
**Table 5. Normal histology of the bladder wall**

Слой стенки МП	Гистологическая картина
Слизистая оболочка	Переходный эпителий Собственная пластинка
Подслизистая оболочка	Рыхлая волокнистая неоформленная соединительная ткань
Мышечная оболочка	Гладкая мышечная ткань Три слоя: внутренний, циркулярный, наружный В шейке циркулярный слой образует внутренний сфинктер
Наружная оболочка	На верхнезадней и частично на боковых поверхностях МП – серозная оболочка В остальной части – адвентициальная оболочка

и показатель ценности отрицательных результатов (negative predictive value – NPV). В табл. 3 приведены значения данных показателей при применении различных методов визуализации в оценке РМП.

Также особое значение имеет оценка распространенности при РМП, поскольку она определяет выбор тактики ведения пациента, объем оперативного вмешательства и дальнейший прогноз. Согласно исследованию, проведенному A. Wallmeroth и соавт., лимфатические узлы поражаются метастазами в 90% случаев, из внутренних органов наиболее

**Рис. 2. Анатомия МП согласно классификации Japanese Urological Association, the Japanese Society of Pathology, Japan Radiological Society.**  
**Fig. 2. Bladder anatomy according to the classification of Japanese Urological Association, the Japanese Society of Pathology, Japan Radiological Society.**



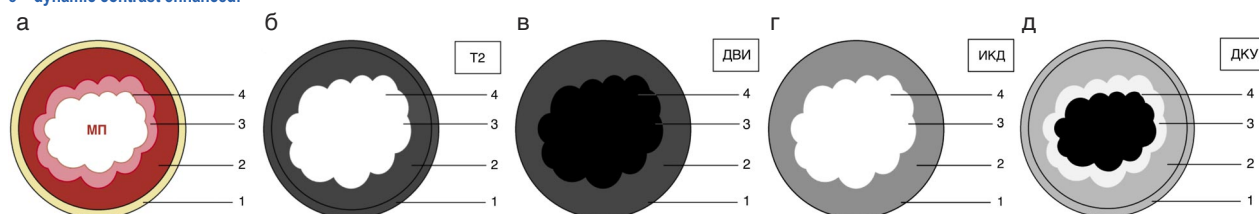
**Примечание.** 1 – передняя уретра; 2 – простатический отдел уретры; 3 – шейка МП; 4 – треугольник МП; 5 – задняя стенка МП; 6 – правая стенка МП; 7 – левая стенка МП; 8 – верхушка МП; 9 – передняя стенка МП; 10 – устье правого мочеточника; 11 – устье левого мочеточника; 12 – семенной холмик.  
**Note.** 1 – anterior urethra; 2 – prostatic urethra; 3 – bladder neck; 4 – trigone; 5 – posterior wall; 6 – right wall; 7 – left wall; 8 – dome; 9 – anterior wall; 10 – right ureteral orifice; 11 – left ureteral orifice; 12 – vermontanum (men).

часто метастазы РМП обнаруживаются в печени (47%), легких (45%), костях (32%), брюшине (19%), плевре (16%), почках (14%), надпочечниках (14%) и кишечнике (13%) [46]. В табл. 4 представлены значения показателей точности различных методов визуализации при оценке метастатического поражения при РМП.

### Система VI-RADS в оценке опухоли МП

Система VI-RADS (Vesical Imaging-Reporting and Data System) разработана Европейской ассоциацией урологов в 2018 г. для предоперационного стадирования РМП [49]. Эта система предназначена для стандартизации интерпретации результатов обследования МП с помощью мультипараметрической МРТ. МРТ является отличным методом визуализации для детальной оценки органов малого таза, также

Рис. 3. Схематичные изображения оболочек МП: а – морфологическая схема; б – Т2-ВИ; в – ДВИ; г – ИКД; д – ДКУ.  
 Fig. 3. Scheme of bladder wall layers: a – morphologic scheme; b – T2-weighted image; c – diffusion-weighted images, d – apparent diffusion coefficient, e – dynamic contrast enhanced.



Примечание. 1 – наружная оболочка; 2 – мышечная оболочка; 3 – собственная пластинка; 4 – переходный эпителий.  
 Note. 1 – the outer layer; 2 – muscularis; 3 – lamina propria; 4 – transitional epithelium.

Таблица 6. Визуализация оболочек на Т2, ДВИ, ИКД, ДКУ  
 Table 6. Layers' visualization on T2, DWI, ADC, DCE

Слой	Т2	ДВИ	ИКД	ДКУ
Слизистая оболочка	Не визуализируется	Не визуализируется	Не визуализируется	Визуализируется
Подслизистая оболочка	Визуализируется	Визуализируется	Визуализируется	Визуализируется
Мышечная оболочка	Визуализируется	Визуализируется	Визуализируется	Визуализируется
Наружная оболочка	Визуализируется	Визуализируется	Визуализируется	Визуализируется

Таблица 7. Протокол для МРТ с намагниченностью поля в 1,5 Тл [49, 54–56]  
 Table 7. Parameter settings for 1.5 T MRI scanner [49, 54–56]

	Т2-ВИ	ДВИ	ДКУ
TR, мс	5000	4500	3,3
TE, мс	80	88	1,2
Угол отклонения	90	90	13
Поле (FOV)	23	27	35
Матрица	256×189–256	128×109	256×214
Толщина, мм	4	4	2
Расстояние между срезами	0–0,4	0–0,4	0
Количество повторений	1–2	10–15	1
ДВИ β-факторы		0–800–1000	

Примечание. TE – время эхо, TR – время повторений.

Таблица 8. Протокол для МРТ с намагниченностью поля в 3 Тл [49]  
 Table 8. Parameter settings for 3 T MRI scanner [49]

	Т2-ВИ	ДВИ	ДКУ
TR, мс	4690	2500 до 5300	3,8
TE, мс	119	61	1,2
Угол отклонения	90	90	13
Поле (FOV)	23	27	15
Матрица	400×256–320	128×128	192×192
Толщина, мм	3–4	3–4	1
Расстояние между срезами	0–0,4	0,3–0,4	0
Количество повторений	2–3	4–10	1
ДВИ β-факторы		0–800–1000 (до 2000 с/мм <sup>2</sup> )	

при применении контрастирования благодаря этому методу можно получить функциональную информацию. МРТ также является методом выбора для местного стадирования, позволяя оценивать на достоверно высоком уровне шейку и верхушку пузыря, местную инвазию, а также поражение заперитальных и пресакральных лимфатических узлов [50–52].

Описание по анатомическим сегментам патологических изменений не только важно для хирургов, но является ключевым элементом протокола с подсчетом индекса опухоли. Наиболее удобно анатомия МП представлена согласно классификации Japanese Urological Association, the Japanese Society of Pathology, Japan Radiological Society (рис. 2) [49].

Гистологическое строение (табл. 5) также важно учитывать при описании полученной МРТ-картины. Посредством различных режимов мультипараметрической МРТ (мпМРТ) можно визуализировать различные слои стенки МП (рис. 3).

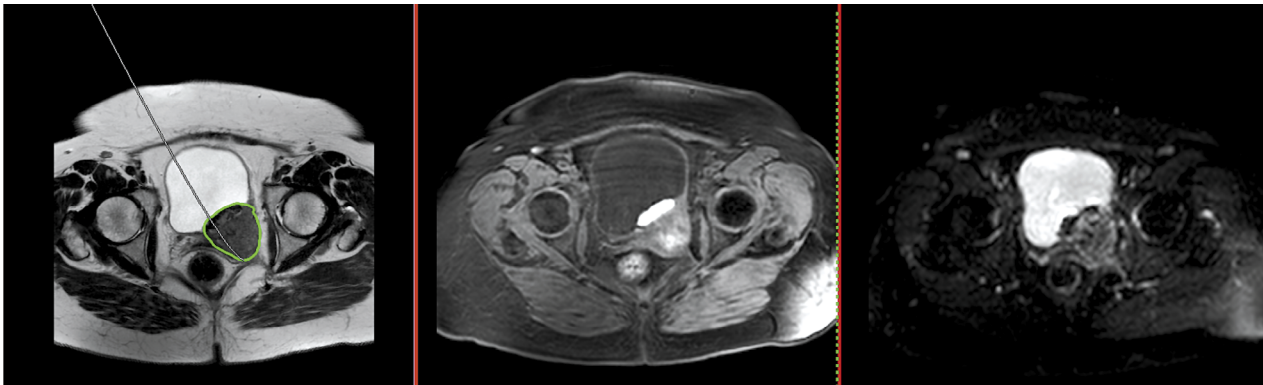
В сводной табл. 6 представлены режимы МРТ и степень визуализации различных слоев стенки МП.

Перед проведением исследования всегда важно помнить о правильной подготовке пациента и планировании исследования, поскольку это может повлиять на качество исследования.

**Подготовка пациента перед исследованием [53]:**

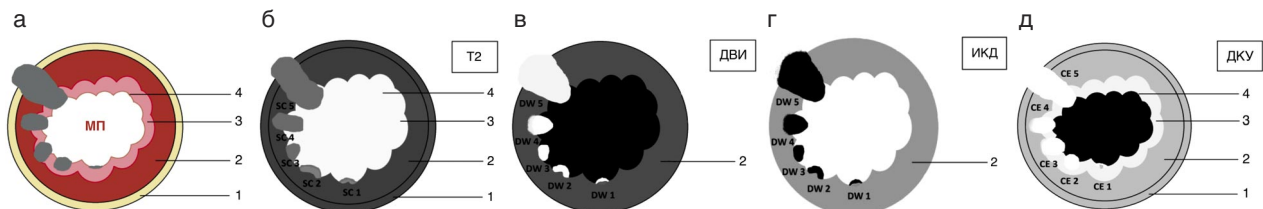
- За 4 ч до исследования не принимать пищу.
- За 1 ч до исследования не мочиться.
- За 1 день до исследования рекомендуются очищение кишечника слабительными средствами, спазмолитики.

Рис. 4. Ключевые МРТ-изображения в аксиальной плоскости для стратификации изменений по VI-RADS.  
Fig. 4. Key axial magnetic-resonance images for VI-RADS stratification.



Примечание. Слева – T2-ВИ; справа – ДВИ-изображение; по центру – изображение с динамическим контрастированием.  
Note. T2W (left), DWI (right), DCE (middle).

Рис. 5. Стадии опухолевого процесса: а – морфологическая схема; б – T2; в – ДВИ; г – ИКД; д – ДКУ.  
Fig. 5. Scheme of tumor stages: a – morphologic scheme; b – T2-weighted image; c – diffusion-weighted images, d – apparent diffusion coefficient, e – dynamic contrast enhanced.



Примечание. 1 – наружная оболочка; 2 – мышечная оболочка; 3 – собственная пластинка; 4 – переходный эпителий; SC – категория структуры; DW – диффузионно-взвешенная категория; CE – категория контрастного усиления.  
Note. 1 – the outer layer; 2 – muscularis; 3 – lamina propria; 4 – transitional epithelium; SC – structural category; DW – diffusion-weighted category; CE – contrast enhanced category.

Таблица 9. Итоговые баллы по VI-RADS в зависимости от баллов по T2-ВИ, ДКУ и ДВИ  
Table 9. VI-RADS final points according to T2-WI, DCE and DWI categories

Итоговый VI-RADS:	Инвазия	Баллы по T2-ВИ	Баллы по ДКУ и ДВИ
VI-RADS 1	Мышечная инвазия крайне маловероятна	1	1 по ДКУ и/или 1 по ДВИ
VI-RADS 2	Мышечная инвазия маловероятна	От 2 до 3	2 по ДКУ и/или 2 по ДВИ
VI-RADS 3	Наличие мышечной инвазии сомнительно	3	3 по ДКУ и/или 3 по ДВИ
VI-RADS 4	Мышечная инвазия вероятна	От 3 до 5	4 по ДКУ и/или 4 по ДВИ
VI-RADS 5	Инвазия в мышечный слой и за пределы МП крайне вероятна	От 4 до 5	5 по ДКУ и/или 5 по ДВИ

**Планирование исследования:**

- Положение лежа на спине.
- Катюшка для туловища устанавливается над тазом:
  - верхняя граница – уровень нижнего межреберья;
  - нижняя граница – на 5 см ниже лобкового симфиза.
- Центральный луч лазера фокусируется над передневерхней подвздошной остью: на 5 см ниже подвздошного гребня.

**Параметры сканирования на МРТ**

В табл. 7, 8 представлены примеры протоколов для проведения МРТ-исследований с намагниченностью поля в 1,5 и 3 Тл.

На рис. 4 представлены ключевые МРТ-изображения в аксиальной плоскости.

**Категории на основе T2-взвешенного изображения (T2-ВИ):**

- **Категория 1 (SC1).** Образование размером 10 мм, характеризующееся экзофитным ростом, с наличием ножки или без нее и/или утолщением слизистой оболочки. МР-сигнал от мышечной оболочки равномерно гипоинтенсивный, с четкими контурами.

- **Категория 2 (SC2).** Образование размером 10 мм, характеризующееся экзофитным ростом, с наличием ножки и/или утолщенной гиперинтенсивной слизистой оболочки (если визуализируется), или опухоль с широким основанием, с утолщенной гиперинтенсивной слизистой оболочкой (если визуализируется). МР-сигнал от мышечной оболочки равномерно гипоинтенсивный, с четкими контурами.
- **Категория 3 (SC3).** Отсутствие характеристик из категории 2:
  - образование с экзофитным ростом без ножки или с широким основанием;
  - отсутствует утолщение слизистой оболочки (отсутствует полоска гиперинтенсивного МР-сигнала);
  - мышечная оболочка имеет однородный гипоинтенсивный МР-сигнал, без явного нарушения целостности.
- **Категория 4 (SC4).** Прерывание контура мышечной оболочки.
- **Категория 5 (SC5).** Распространение опухолевой ткани до перивезикальной жировой клетчатки.

**Категории на основе динамического контрастного усиления (ДКУ):**

- **Категория 1 (CE1).** Раннее контрастное усиление мышечной оболочки отсутствует.
- **Категория 2 (CE2).** Раннее контрастное усиление мышечной оболочки отсутствует, отмечается раннее контрастное усиление слизистой оболочки.
- **Категория 3 (CE3).** Отсутствие характеристик из категории 2. Раннее контрастное усиление опухоли, без явного нарушения целостности мышечной оболочки.
- **Категория 4 (CE4).** Раннее контрастное усиление опухоли с локальным распространением на мышечную оболочку.
- **Категория 5 (CE5).** Раннее контрастное усиление опухоли с распространением на всю толщу стенки МП и перивезикальную клетчатку.

**Категории на основе ДВИ:**

- **Категория 1 (DW1).** Образование размером 10 мм, гиперинтенсивное на ДВИ и гипоинтенсивное на ИКД, с ножкой или без нее и/или утолщенной слизистой оболочкой, гипоинтенсивной на ДВИ. Мышечная оболочка с равномерным изоинтенсивным сигналом на ДВИ.
- **Категория 2 (DW2).** Образование размером 10 мм, гиперинтенсивное на ДВИ и гипоинтенсивное на ИКД, с гипоинтенсивной ножкой и/или утолщенной, гипоинтенсивной на ДВИ слизистой оболочкой или опухоль на широком основании с утолщенной слизистой оболочкой с низкой или промежуточной интенсивностью сигнала на ДВИ. Мышечная оболочка с равномерным изоинтенсивным сигналом на ДВИ.
- **Категория 3 (DW3).** Отсутствие характеристик из категории 2. Образование гиперинтенсивное на ДВИ. Мышечная оболочка с изоинтенсивным сигналом на ДВИ, без явного нарушения целостности.
- **Категория 4 (DW4).** Гиперинтенсивное на ДВИ и гипоинтенсивное на ИКД образование с локальным распространением на мышечную оболочку.
- **Категория 5 (DW5).** Гиперинтенсивное на ДВИ и гипоинтенсивное на ИКД образование с распространением на всю толщу стенки МП и перивезикальную клетчатку.

На рис. 5 схематично представлены разные стадии опухолевого процесса на различных последовательностях.

По результатам мпМРТ-исследования опухолевому процессу присваиваются баллы, по которым определяется степень инвазии у данного пациента, что позволяет лечащему врачу выбрать дальнейшую тактику ведения (табл. 9).

S. Liu и соавт. в своем ретроспективном исследовании рассчитали значения показателей точности для системы VI-RADS и показали, что данная система может эффективно использоваться для определения мышечной инвазии при исследовании пациентов, страдающих РМП [57]. В табл. 10 представлены значения показателей точности при различных итоговых баллах по VI-RADS.

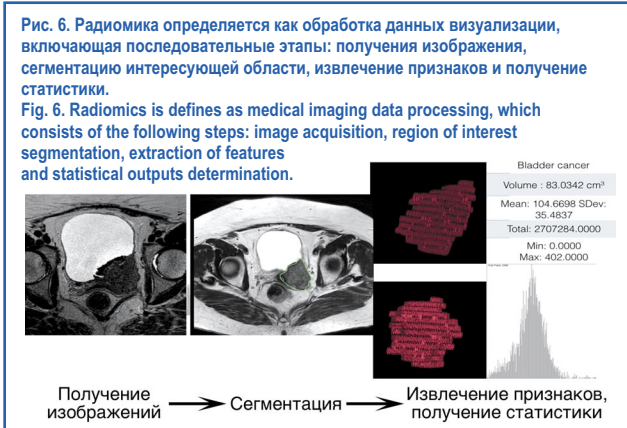
**Радиомика и радиогеномика**

Радиомика – это новое направление в оценке цифровых медицинских изображений, которое заключается в преобразовании изображений в количественные данные с целью объективной и количественной оценки фенотипа опухоли и создания биомаркеров визуализации (рис. 6) [58]. Применение радиомики в практической деятельности должно помочь в определении биологических характеристик опухоли без проведения биопсии. В настоящее время существует множество попыток применения радиомики для определения биомаркеров различных злокачественных опухолей [59].

X. Zhang и соавт. продемонстрировали возможность применения радиомики для анализа ДВИ у пациентов, страдающих РМП [60]. В своем исследовании они отметили, что по цифровым показателям текстуры опухоли можно с высокой долей вероятности отличить низкодифференцированную и высокодифференцированную формы РМП по ДВИ и ИКД-картам. Также вопросом дифференциальной диагностики этих форм рака занимались J. Zheng и соавт. [61]. Они разработали номограмму на основе радиомических признаков, полученных из всей опухоли МП и из базальной части пора-

**Таблица 10. Показатели точности при различных итоговых баллах по VI-RADS (%)**  
**Table 10. Accuracy rates according to VI-RADS final points (%)**

Итоговый VI-RADS:	Чувствительность	Специфичность	PPV	NPV
VI-RADS≥2	100,00	21,05	45,45	100,00
VI-RADS≥3	100,00	50,00	56,82	100,00
VI-RADS≥4	94,00	92,11	88,68	95,89
VI-RADS≥5	68,00	98,68	97,15	82,42



жения на T2-ВИ. В исследовании показано, что такая радиомика – клиническая номограмма может увеличить точность дифференциальной диагностики на предоперационном этапе. X. Xu и соавт. с помощью радиомики разработали номограмму для определения риска развития рецидива в течение 2 лет с помощью мпМРТ [62].

S. Wu и соавт. в своем исследовании показали, что радиомика также может успешно использоваться при анализе КТ-изображений для оценки метастатического поражения лимфатических узлов при РМП во время предоперационной подготовки [63]. K. Cha и соавт. исследовали возможность использования радиомики и алгоритмов глубокого машинного обучения для оценки динамики РМП (определения полного и неполного ответа опухоли на терапию) с использованием данных КТ-исследований до и после лечения [64]. Данное исследование не выявило статистически значимой разницы между результатами работы алгоритмов и заключениями врачей-рентгенологов.

Радиомика тесно связана с радиогеномикой, технологией, позволяющей установить связь между фенотипом опухоли и генотипом пациента. P. Lin и соавт. на основе данных КТ с контрастным усилением с применением радиомики, радиогеномики и клиникопатологических данных разработали номограмму для определения выживаемости пациентов с диагностированной уротелиальной карциномой [65].

**Заключение**

РМП входит в десятку самых часто встречающихся онкологических заболеваний в мире, и согласно данным ВОЗ число людей, страдающих данной патологией, будет расти. Существует множество методов выявления РМП, но наибольший интерес вызывает мпМРТ, поскольку обладает максимальной тканевой и пространственной визуализацией при отсутствии лучевой нагрузки и инвазии. Известно, что правильное определение стадии опухолевого процесса играет важную роль в определении тактики ведения пациента и коррелирует с показателями выживаемости, смертности и продолжительности безрецидивного периода для каждого конкретного пациента. Система VI-RADS предназначена для облегчения коммуникаций между врачами различных специальностей. Данная система разработана относительно недавно, требует дальнейшего изучения и, возможно, будет дополнена в будущем.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

## Литература/References

1. Статистические данные Национального института онкологии (National Cancer Institute). <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/urinb.html> [Statisticheskie dannye Natsional'nogo instituta onkologii (National Cancer Institute). <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/urinb.html> (in Russian).]
2. Статистические данные ВОЗ. <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/cancers/30-Bladder-fact-sheet.pdf> [Statisticheskie dannye VOZ. <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/cancers/30-Bladder-fact-sheet.pdf> (in Russian).]
3. Статистические данные ВОЗ. <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/643-russian-federation-fact-sheets.pdf> [Statisticheskie dannye VOZ. <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/643-russian-federation-fact-sheets.pdf> (in Russian).]
4. Malayeri AA, Pattanayak P, Apolo AB. Imaging muscle-invasive and metastatic urothelial carcinoma. *Curr Opin Urol* 2015; 25 (5): 441–8.
5. D'Andrea D, Black PC, Zargar H et al. Impact of sex on response to neoadjuvant chemotherapy in patients with bladder cancer. *Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations*. Elsevier 2020.
6. Saginala K, Barsouk A, Aluru JS et al. Epidemiology of Bladder Cancer. *J Med Sci* 2020; 8 (1): 15.
7. Статистические данные Национального института онкологии (National Cancer Institute). <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/urinb.html> [Statisticheskie dannye Natsional'nogo instituta onkologii (National Cancer Institute). <https://seer.cancer.gov/statfacts/html/urinb.html> (in Russian).]
8. Статистические данные ВОЗ. [https://www.who.int/ageing/publications/global\\_health.pdf?ua=1](https://www.who.int/ageing/publications/global_health.pdf?ua=1) [Statisticheskie dannye VOZ. [https://www.who.int/ageing/publications/global\\_health.pdf?ua=1](https://www.who.int/ageing/publications/global_health.pdf?ua=1) (in Russian).]
9. Naka M, Shuto S, Konishi C, Maekawa K. High prevalence of airway obstruction and pulmonary emphysema in urothelial (renal pelvis, ureter, and bladder) cancer patients. *Respir Investig* 2020.
10. Antoni S, Ferlay J, Soerjomataram I et al. Bladder cancer incidence and mortality: a global overview and recent trends. *Eur Urol* 2017; 71 (1): 96–108.
11. Oh H, Lee DH, Giovannucci EL, Keum N. Gastric and duodenal ulcers, periodontal disease, and risk of bladder cancer in the Health Professionals Follow-up Study. *Cancer Causes Control* 2020; 31 (4): 383–91.
12. Mahdaviar N, Ghoncheh M, Pakzad R et al. Epidemiology, incidence and mortality of bladder cancer and their relationship with the development index in the world. *Asian Pac J Cancer Prev* 2016; 17 (1): 381–6.
13. Guideline, N. I. C. E, and National Institute for Clinical Excellence. Bladder Cancer: Diagnosis and Management. *BJU Int* 2017; 120 (6): 755–65.
14. Kamat AM, Karam JA, Grossman HB et al. Prospective trial to identify optimal bladder cancer surveillance protocol: reducing costs while maximizing sensitivity. *BJU Int* 2011; 108 (7): 1119–23.
15. Hafeez S, Huddart R. Advances in bladder cancer imaging. *BMC Med* 2013; 11 (1): 104.
16. Avcu S, Koseoglu MN, Ceylan K et al. The value of diffusion-weighted MRI in the diagnosis of malignant and benign urinary bladder lesions. *Br J Radiol* 2011; 84 (1006): 875–82.
17. El-Assmy A, Abou-El-Ghar ME, Mosbah A et al. Bladder tumour staging: comparison of diffusion- and T2-weighted MR imaging. *Eur Radiol* 2009; 19 (7): 1575–81.
18. Zhou G, Chen X, Zhang J et al. Contrast-enhanced dynamic and diffusion-weighted MR imaging at 3.0T to assess aggressiveness of bladder cancer. *Eur J Radiol* 2014; 83 (11): 2013–8.
19. Isfoss BL. The sensitivity of fluorescent-light cystoscopy for the detection of carcinoma in situ (CIS) of the bladder: a meta-analysis with comments on gold standard. *BJU Int* 2011; 108 (11): 1703–7.
20. Liu JJ, Droller MJ, Liao JC. New optical imaging technologies for bladder cancer: considerations and perspectives. *J Urol* 2012; 188 (2): 361–8.
21. Hafeez S, Huddart R. Advances in bladder cancer imaging. *BMC Med* 2013; 11 (1): 104.
22. Kamat AM, Karam JA, Grossman HB et al. Prospective trial to identify optimal bladder cancer surveillance protocol: reducing costs while maximizing sensitivity. *BJU Int* 2011; 108 (7): 1119–23.
23. Park HJ, Hong SS, Kim JH et al. Tumor detection and serosal invasion of bladder cancer: role of three-dimensional volumetric reconstructed US. *Abdom Imaging* 2010; 35 (3): 265–70.
24. Itzhak Y, Singer D, Fischelovitch Y. Ultrasonographic assessment of bladder tumors. 1. Tumor detection. *J Urol* 1981; 126 (1): 31–3.
25. Wong-You-Cheong JJ, Woodward PJ, Manning MA, Sesterhenn IA. Neoplasms of the urinary bladder: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 2006; 26 (2): 553–80.
26. Huang L, Kong Q, Liu Z et al. The diagnostic value of MR imaging in differentiating T staging of bladder cancer: a meta-analysis. *Radiology* 2018; 286 (2): 502–11.
27. Purysko AS, Leão Filho HM, Herts BR. Radiologic imaging of patients with bladder cancer. *Semin Oncol* 2012; 39 (5): 543–58.
28. Hodson NJ, Husband JE, MacDonald JS. The role of computed tomography in the staging of bladder cancer. *Clin Radiol* 1979; 30 (4): 389–95.
29. Sammet S. Magnetic resonance safety. *Abdom radiol (NY)* 2016; 41 (3): 444–51.
30. Harkirat S, Anand SS, Jacob MJ. Forced diuresis and dual-phase 18F-fluorodeoxyglucose-PET/CT scan for restaging of urinary bladder cancers. *Indian J Radiol Imaging* 2010; 20 (1): 13–9.
31. Anjos DA, Etchebehere EC, Ramos CD et al. 18F-FDG PET/CT delayed images after diuretic for restaging invasive bladder cancer. *J Nucl Med* 2007; 48 (5): 764–70.
32. Goodfellow H, Viney Z, Hughes P et al. Role of fluorodeoxyglucose positron emission tomography (FDG PET)-computed tomography (CT) in the staging of bladder cancer. *BJU Int* 2014; 114 (3): 389–95.
33. Cipollari S, Carnicelli G, Bicchetti M et al. Utilization of imaging for staging in bladder cancer: is there a role for MRI or PET-computed tomography? *Curr Opin Urol* 2020; 30 (3): 377–86.
34. Kibel AS, Dehdashti F, Katz MD et al. Prospective study of [18F] fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography for staging of muscle-invasive bladder carcinoma. *J Clin Oncol* 2009; 27 (26): 4314–20.
35. Driessens O, Oyen R, Van Poppel H et al. FDG-PET for preoperative staging of bladder cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005; 32 (12): 1412–7.
36. Lu YY, Chen JH, Liang JA et al. Clinical value of FDG PET or PET/CT in urinary bladder cancer: a systemic review and meta-analysis. *Eur J Radiol* 2012; 81 (9): 2411–6.
37. Lodde M, Lacombe L, Friede J et al. Evaluation of fluorodeoxyglucose positron-emission tomography with computed tomography for staging of urothelial carcinoma. *BJU Int* 2010; 106 (5): 658–63.
38. Öztürk H, Karapolat I. Efficacy of 18F-fluorodeoxyglucose-positron emission tomography/computed tomography in restaging muscle-invasive bladder cancer following radical cystectomy. *Exp Ther Med* 2015; 9 (3): 717–24.
39. Civelek AC, Apolo A, Agarwal P et al. 18F-FDG PET-MRI in the management of muscle-invasive bladder cancer: Challenges in imaging and solutions. *J Nucl Med* 2016; 57 (Suppl. 2): 1292.
40. Civelek A, Lin J, Agarwal P et al. FDG PET-MRI in the management of patients with muscle-invasive bladder cancer. *J Nucl Med* 2017; 58 (Suppl. 1): 753.
41. Helenius M, Brekkan E, Dahlman P et al. Bladder Cancer Detection in Patients With Gross Haematuria: Computed Tomography Urography With Enhancement-Triggered Scan Versus Flexible Cystoscopy. *Scand J Urol* 2015; 49 (5): 377–81.
42. Gharibvand MM, Kazemi M, Motamedfar A et al. The role of ultrasound in diagnosis and evaluation of bladder tumors. *J Family Med Prim Care* 2017; 6 (4): 840–3.
43. Capalbo E, Kluzer A, Peli M et al. Bladder cancer diagnosis: the role of CT urography. *Tumori* 2015; 101 (4): 412–7.
44. Abou-El-Ghar ME, El-Assmy A, Refaie HF, El-Diasty T. Bladder cancer: diagnosis with diffusion-weighted MR imaging in patients with gross hematuria. *Radiology* 2009; 251: 415–21.
45. Eulitt P, Altun E, Sheikh A et al. Pilot study of [18F] fluorodeoxyglucose positron emission tomography-magnetic resonance imaging (FDG-PET-MRI) for staging of muscle-invasive bladder cancer. *J Clin Oncol* 2019; e16002.
46. Wallmeroth A, Wagner U, Moch H et al. Patterns of metastasis in muscle-invasive bladder cancer (pT2–4): an autopsy study on 367 patients. *Urol Int* 1999; 62 (2): 69–75.
47. Horn T, Zahel T, Adt N et al. Evaluation of computed tomography for lymph node staging in bladder cancer prior to radical cystectomy. *Urol Int* 2016; 96 (1): 51–6.
48. Girard A, Rouanne M, Taconet S et al. Integrated analysis of 18 F-FDG PET/CT improves preoperative lymph node staging for patients with invasive bladder cancer. *Eur Radiol* 2019; 29 (8): 4286–93.
49. Panebianco V, Narumi Y, Altun E et al. Multiparametric magnetic resonance imaging for bladder cancer: development of VI-RADS (Vesical Imaging-Reporting And Data System). *Eur Urol* 2018; 74 (3): 294–306.
50. Malayeri AA, Pattanayak P, Apolo A. B. Imaging muscle-invasive and metastatic urothelial carcinoma. *Curr Opin Urol* 2015; 25 (5): 441–8.
51. Del Giudice F, Barchetti G, De Berardinis E et al. Prospective Assessment of Vesical Imaging Reporting and Data System (VI-RADS) and Its Clinical Impact on the Management of High-risk Non-muscle-invasive Bladder Cancer Patients Candidate for Repeated Transurethral Resection. *Eur Urol* 2020; 77 (1): 101–9.
52. Cipollari S, Carnicelli G, Bicchetti M et al. Utilization of imaging for staging in bladder cancer: is there a role for MRI or PET-computed tomography? *Curr Opin Urol* 2020; 30 (3): 377–86.
53. Johnson W, Taylor MB, Carrington BM et al. The value of hyoscine butylbromide in pelvic MRI. *Clin Radiol* 2020; 62 (11): 1087–93.
54. Donaldson SB, Bonington SC, Kershaw LE et al. Dynamic contrast-enhanced MRI in patients with muscle-invasive transitional cell carcinoma of the bladder can distinguish between residual tumour and post-chemotherapy effect. *Eur J Radiol* 2013; 82 (12): 2161–8.
55. Takeuchi M, Sasaki S, Naiki T et al. MR imaging of urinary bladder cancer for T-staging: a review and a pictorial essay of diffusion-weighted imaging. *J Magn Reson Imaging*. 2013; 38 (6): 1299–309.
56. Takeuchi M, Sasaki S, Ito M et al. Urinary bladder cancer: diffusion-weighted MR imaging-accuracy for diagnosing T stage and estimating histologic grade. *Radiology* 2009; 251 (1): 112.
57. Liu S, Xu F, Xu T et al. Evaluation of Vesical Imaging-Reporting and Data System (VI-RADS) scoring system in predicting muscle invasion of bladder cancer. *Transl Androl Urol* 2020; 9 (2): 445–51.
58. Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: Images Are More than Pictures, They Are Data. *Radiology* 2016; 278 (2): 563–77.

59. Yip SS, Aerts HJ. Applications and limitations of radiomics. *Phys Med Biol* 2016; 61 (13): R150.
60. Zhang X, Xu X, Tian Q et al. Radiomics assessment of bladder cancer grade using texture features from diffusion-weighted imaging. *J Magn Reson Imaging* 2017; 46 (5): 1281–8.
61. Zheng J, Kong J, Wu S et al. Development of a noninvasive tool to preoperatively evaluate the muscular invasiveness of bladder cancer using a radiomics approach. *Cancer* 2019; 125 (24): 4388–98.
62. Xu X, Wang H, Du P et al. A predictive nomogram for individualized recurrence stratification of bladder cancer using multiparametric MRI and clinical risk factors. *J Magn Reson Imaging* 2019; 50 (6): 1893–904.
63. Wu S, Zheng J, Li Y et al. A radiomics nomogram for the preoperative prediction of lymph node metastasis in bladder cancer. *Clin Cancer Res* 2017; 23 (22): 6904–11.
64. Cha KH, Hadjiiski L, Chan HP et al. Bladder cancer treatment response assessment in CT using radiomics with deep-learning. *Sci Rep* 2017; 7 (1): 1–12.
65. Lin P, Wen DY, Chen L, Li X et al. A radiogenomics signature for predicting the clinical outcome of bladder urothelial carcinoma. *Eur Radiol* 2020; 30 (1): 547–57.

## Информация об авторах / Information about the authors

**Сучилова Мария Максимовна** – мл. науч. сотр. отд. развития качества радиологии ГБУЗ НПКЦ ДиТ. E-mail: maria.suchilova@gmail.com; ORCID: 0000-0003-1117-0294; SPIN-код: 4922-1894

**Николаев Александр Евгеньевич** – мл. науч. сотр. отд. развития качества радиологии ГБУЗ НПКЦ ДиТ. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-5151-4579; SPIN-код: 1320-1651

**Шапиев Арсен Нуруллаевич** – науч. сотр., отдел ДПО ГБУЗ «Морозовская ДГКБ», Российская детская клиническая больница ФГАОУ «РНИМУ им. Н.И. Пирогова». E-mail: shapiev\_an@mail.ru; ORCID: 0000-0002-1890-6711; SPIN-код: 1662-0349

**Мухутдинова Гузель Зуферовна** – студентка лечебного фак-та ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова». E-mail: dr.guzelzuferovna@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0623-7194; SPIN-код: 5568-0859

**Ткачева Полина Витальевна** – студентка педиатрического фак-та ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова». E-mail: polya\_tkacheva@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8349-6598; SPIN-код: 7190-7661

**Никифорова Марина Владиславовна** – ординатор каф. лучевой диагностики и терапии ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова». E-mail: marina.nikif.802@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8933-6544; SPIN-код: 1086-5509

**Гомболевский Виктор Александрович** – канд. мед. наук, рук. отд. развития качества радиологии ГБУЗ НПКЦ ДиТ. E-mail: gombolevskiy@npcmr.ru; ORCID: 0000-0003-1816-1315; SPIN-код: 6810-3279

**Морозов Сергей Павлович** – д-р мед. наук, проф., дир. ГБУЗ НПКЦ ДиТ. E-mail: npcmr@zdrav.mos.ru; ORCID: 0000-0001-6545-6170; SPIN-код: 8542-1720

**Maria M. Suchilova** – Research Assistant, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies. E-mail: maria.suchilova@gmail.com; ORCID: 0000-0003-1117-0294; SPIN code: 4922-1894

**Aleksandr E. Nikolaev** – Research Assistant, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-5151-4579; SPIN code: 1320-1651

**Arsen N. Shapiev** – Morozov Children's Clinical Hospital, Russian Children's Clinical Hospital of Pirogov Russian National Research Medical University. E-mail: shapiev\_an@mail.ru; ORCID: 0000-0002-1890-6711; SPIN code: 1662-0349

**Guzel Z. Mukhutdinova** – Student, Pirogov Russian National Research Medical University. E-mail: dr.guzelzuferovna@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0623-7194; SPIN code: 5568-0859

**Polina V. Tkacheva** – Student, Pirogov Russian National Research Medical University. E-mail: polya\_tkacheva@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8349-6598; SPIN code: 7190-7661

**Marina V. Nikiforova** – Resident, Pirogov Russian National Research Medical University. E-mail: marina.nikif.802@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8933-6544; SPIN code: 1086-5509

**Viktor A. Gombolevskiy** – Cand. Sci. (Med.), Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies. E-mail: gombolevskiy@npcmr.ru; ORCID: 0000-0003-1816-1315; SPIN code: 6810-3279

**Sergey P. Morozov** – D. Sci. (Med.), Prof., Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies. E-mail: npcmr@zdrav.mos.ru; ORCID: 0000-0001-6545-6170; SPIN code: 8542-1720

Статья поступила в редакцию / The article received: 21.06.2020

Статья принята к печати / The article approved for publication: 10.12.2020